Luce per l'era digitale

Pubblicato il: 11/11/2003
Aggiornato al: 11/11/2003

di *Mario Giorgio Bartolo*

Relegati per molto tempo al ruolo di **spie da pannello**, i led hanno assunto una posizione di primo piano tra le **sorgenti per illuminazione** proponendosi in applicazioni tradizionalmente "roccaforte" di lampade ad incandescenza o fluorescenza

1. Generalità

I **diodi ad emissione** (*emitting diode*) sono giunzioni pn realizzate con materiali semiconduttori, aventi la caratteristica di emettere radiazione elettromagnetica quando attraversati da corrente.

A seconda che l'emissione avvenga, spettralmente parlando, nel campo del visibile (380÷780 nm) o dell'infrarosso, si parla rispettivamente di **led** (*light emitting diode*) o di **ired** (*infra red emitting diode* detti anche, seppur impropriamente, *led all'infrarosso*).

La figura 1 illustra la costituzione generale di un **diodo ad emissione**. Il **chip attivo** è collegato ai due terminali esterni ed è adagiato su un riflettore che aumenta l'efficienza luminosa del componente. Il tutto è **annegato in una resina dielettrica epossidica** caratterizzata da adeguate caratteristiche meccaniche ed ottiche: ne segue un dispositivo "monoblocco" privo di parti mobili o fragili (e.g. filamenti), con elevatissima resistenza agli urti o altre sollecitazioni, e con **assoluta ermeticità a liquidi e polveri**.

Il **componente** è **polarizzato**: la differente lunghezza dei due terminali esterni ed un'asimmetria del contenitore plastico (causata dalla "tacca" visibile in figura 1) consentano l'individuazione permanente di anodo e catodo. Fondamentale importanza assume l'assorbimento della resina alle frequenze ottiche di emissione, assorbimento che deve essere il più basso possibile onde permettere alla radiazione emessa dal chip di giungere all'interfaccia dielettrico-aria con bassa attenuazione.
La parte superiore del contenitore realizza una **lente focalizzatrice** dalla quale dipendono il pattern di radiazione e l'angolo di vista del componente. La tecnologia a stato solido, unitamente all'assenza di elementi deteriorabili tipici di altre sorgenti (il componente è privo di filamento e non usa gas per produrre la radiazione luminosa) ed all'elevata robustezza meccanica, conferiscono al led una vita media dell'ordine di 10^5 ore, corrispondenti a circa 11 anni di funzionamento continuo (contro le 10^3 ore delle normali lampade ad incandescenza, corrispondenti a circa 40 giorni).
Il fine vita viene convenzionalmente fissato nell'istante in cui l'intensità luminosa emessa scende al 50% del suo valore iniziale.

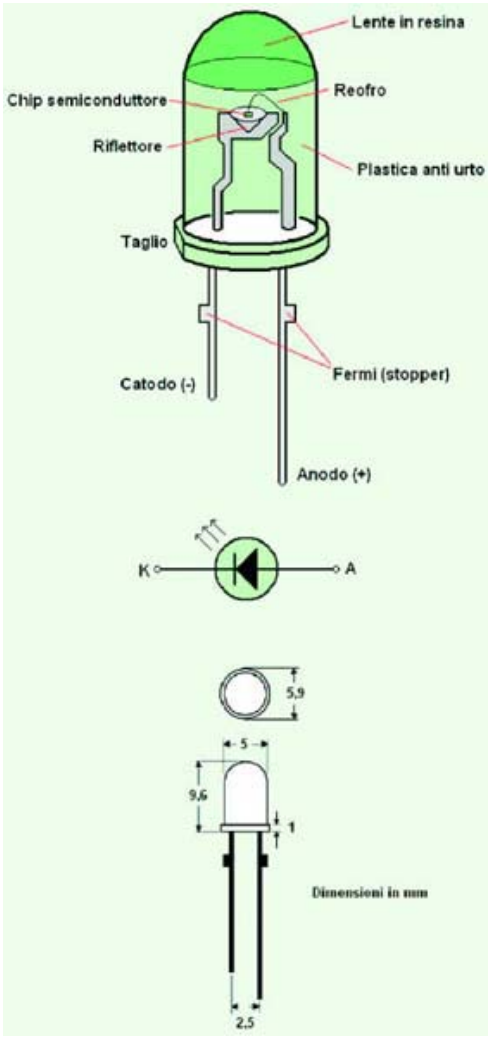


Fig. 1: Struttura generale di un diodo ad emissione

Le informazioni contenute nel presente documento **sono tutelati dal diritto** d'autore e possono essere usati solo in conformità alle norme vigenti. In particolare Voltimum Italia s.r.l. a socio Unico si riserva tutti i diritti sulla scheda e su tutti i relativi contenuti.
Il materiale e i contenuti presentati nel sono stati attentamente vagliati e analizzati, e sono stati elaborati con la massima cura. In ogni caso errori, inesattezze e omissioni sono possibili.
Voltimum Italia s.r.l. a socio Unico declina qualsiasi responsabilità per errori ed omissioni eventualmente presenti nel sito.

2. Led a luce bianca

Il **led a luce bianca**, così come è oggi conosciuto, è il risultato di quasi mezzo secolo di ricerche e continui miglioramenti che, dai primi esemplari a **bassissima efficienza emittenti nell'ir e nel rosso**, condussero a dispositivi caratterizzati da efficienze sempre più alte e cromaticità sempre più variegate.

Si dovette tuttavia attendere i **led a luce blu**, disponibili solo all'inizio degli anni 90, per schiudere la porta alla generazione di luce bianca.

Ottenere una **radiazione spettralmente bianca** a partire da dispositivi intrinsecamente monocromatici come i led è possibile con due distinte tecnologie:

- utilizzo della **tricromia**: ossia di tre singoli led caratterizzati da emissione ad appropriate lunghezze d'onda (nel rosso, nel verde e nel blu) e fasci opportunamente collimati. Tale tecnica è utilizzata maggiormente nella riproduzione digitale del colore;
- utilizzo del **principio della conversione**: si utilizza un led a luce blu (generalmente in tecnologia InGaN) la cui radiazione (emissione primaria) stimola un'opportuna polvere fluorescente (depositata su una superficie interna al componente) la quale emette nel campo del giallo (emissione secondaria).

Dalla miscelazione dell'emissione primaria con quella secondaria è possibile ottenere una radiazione spettralmente uniforme percepita, dal senso della vista, come "luce bianca".
Variando la **quantità** e la **concentrazione della polvere fluorescente**, è possibile ottenere tonalità variabili dal bianco "freddo" (simile a quello emesso dalle lampade a fluorescenza), ad un più "caldo" biancogiallognolo (più vicino a quello che caratterizza l'emissione di lampade ad incandescenza).

La tecnologia della conversione permette di ottenere efficienze ed intensità luminose di gran lunga superiori a quelle dei tradizionali **led monocromatici**. Nel seguito una breve digressione sulle caratteristiche dei led a luce bianca che più da vicino interessano le applicazioni illuminotecniche.

Le informazioni contenute nel presente documento **sono tutelati dal diritto** d'autore e possono essere usati solo in conformità alle norme vigenti. In particolare Voltimum Italia s.r.l. a socio Unico si riserva tutti i diritti sulla scheda e su tutti i relativi contenuti.
Il materiale e i contenuti presentati nel sono stati attentamente vagliati e analizzati, e sono stati elaborati con la massima cura. In ogni caso errori, inesattezze e omissioni sono possibili.
Voltimum Italia s.r.l. a socio Unico declina qualsiasi responsabilità per errori ed omissioni eventualmente presenti nel sito.

3. Caratteristiche

Caratteristiche cromatiche

La luce bianca dei led viene caratterizzata mediante la **temperatura di colore** e le **coordinate cromatiche**.
La prima è normalmente compresa tra 6500K (luce bianco giallognola) e 8000K (luce bianca fredda).
Le coordinate cromatiche vengono espresse con riferimento allo standard Cie 1931 e si posizionano generalmente nella zona caratterizzata da 0,27<X<y<Ra<Ra<Ra<Ra<Ra< SPAN>

Caratteristiche di efficienza

Poiché il led è un **trasduttore di energia** dalla forma elettrica a quella luminosa è ragionevole, al fine di quantificarne l'efficienza, definire un rendimento di conversione come rapporto (adimensionale) tra la potenza irradiata e quella elettrica assorbita dalla rete di alimentazione.

Generalmente tale valore è pertinente al solo diodo e non include le perdite nel circuito alimentatore dc.
Per scopi illuminotecnici legati alla sensazione della visione, viene più comodamente utilizzato il rapporto tra flusso luminoso emesso (in lumen) e potenza elettrica assorbita (in watt). Tale rapporto (espresso in lm/w) è detto efficienza luminosa e permette anche un raffronto più diretto del led con le tradizionali sorgenti utilizzate nell'illuminazione.

Le informazioni contenute nel presente documento **sono tutelati dal diritto** d'autore e possono essere usati solo in conformità alle norme vigenti. In particolare Voltimum Italia s.r.l. a socio Unico si riserva tutti i diritti sulla scheda e su tutti i relativi contenuti.
Il materiale e i contenuti presentati nel sono stati attentamente vagliati e analizzati, e sono stati elaborati con la massima cura. In ogni caso errori, inesattezze e omissioni sono possibili.
Voltimum Italia s.r.l. a socio Unico declina qualsiasi responsabilità per errori ed omissioni eventualmente presenti nel sito.

4. Alcune proprietà

L'**intensità luminosa** di una sorgente è in generale definita come il flusso luminoso (potenza raggiante pesata con la curva di sensibilità fotopica dell'occhio umano) emesso per unità di angolo solido; essa è quindi misurata in lumen/steradiante o candela.

La sua misura avviene disponendo la sorgente in esame al centro di una sfera cava (figura 2A) avente superficie interna bianca e perfettamente diffondente (**sfera di Ulbricht**).

In tali condizioni, il totale flusso emesso dalla sorgente è proporzionale all'illuminamento della superficie il quale può essere a sua volta misurato mediante un opportuno sensore calibrato (schermato dai raggi diretti) collegato ad un fotometro esterno.

Dividendo il flusso totale così determinato, per l'angolo solido di 4π steradianti, si ottiene una misura dell'intensità luminosa in un'unità comunemente indicata come candela sferica media.

Nel caso di radiatori a fascio stretto, come i led, la misura viene spesso effettuata non sul valore medio ma su quello massimo, posizionando il sensore direttamente sull'asse ottico del radiatore ad una distanza prefissata da questo (figura 2B).

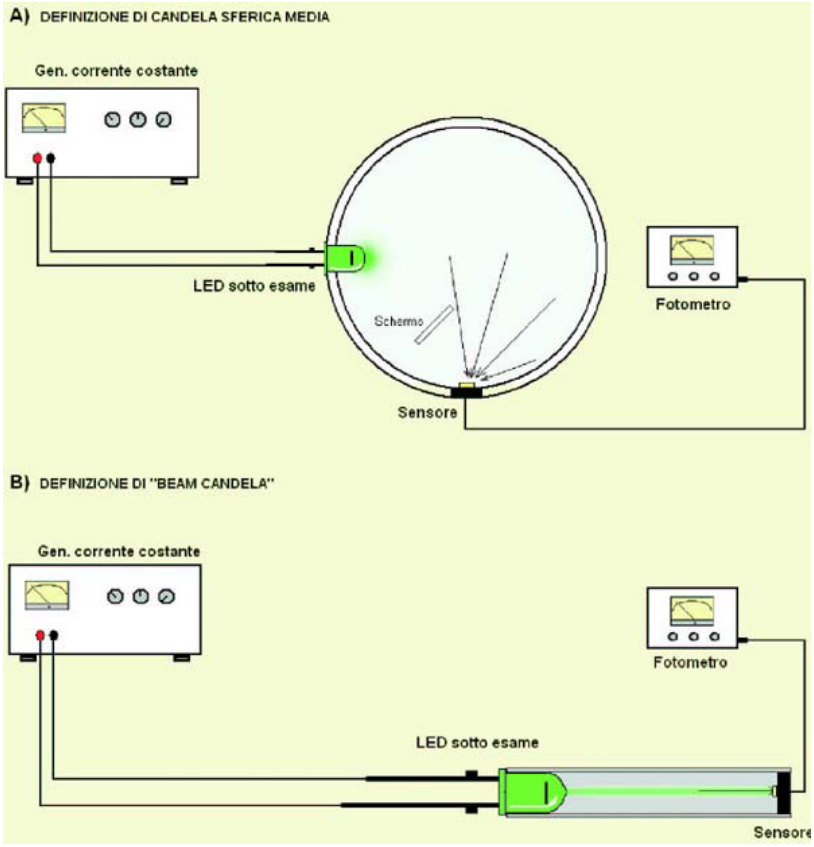


Fig. 2: Il concetto di "candela sferica" media e di "beam candela"

Concettualmente ciò equivale a valutare il flusso emesso su un ristrettissimo angolo solido al picco del fascio di radiazione. Si ottiene in tal modo un valore dell'intensità luminosa espresso ancora in lm/sr, ma che è risultato di una misura locale e quindi non confrontabile con la usuale candela media sferica. Per questo motivo esso è comunemente indicato come "**beam candela**".

Le due valutazioni sono spesso fonte di confusione ed ambiguità, dato che utilizzano la stessa unità di misura. Opportuni pattern di ripartizione esprimono, in coordinate polari, l'intensità in funzione dell'angolo di osservazione su un assegnato piano contenente la direzione di massima intensità.

Un'importante caratteristica direttamente desumibile da tali diagrammi è l'**apertura del fascio** detta, nel caso dei led, "**angolo di vista**". Questo è definito come l'angolo "α" entro il quale il diagramma di radiazione si mantiene sempre al di sopra di una fissata percentuale della intensità massima. Il valore del 50% è quello più comunemente adottato: il motivo di tale scelta risiede nel fatto che esso risulta comodo per il calcolo della interdistanza massima tra sorgenti adiacenti ubicate con lo scopo di ottenere uniformità di illuminamento su ampie superfici.

L'angolo di vista dipende ovviamente dal layout del sistema ottico implementato che, nel caso di singolo led, si riduce alla lente antistante il chip. Se l'angolo di vista è molto stretto, il flusso emesso è concentrato in un ristretto fascio: come già notato, anche se ciò consente di ottene re elevati valori di intensità questi sono limitati ad una ristretta apertura angolare.

Intensità luminosa ed **angolo di vista** devono essere dunque due parametri da valutare congiuntamente per evitare che alte intensità siano frutto solamente di fasci molto direzionali e dunque inutili ai fini dell'illuminazione. Elevate luminosità con più ampi angoli di vista possono essere ottenute utilizzando più led unitamente a sistemi ottici secondari per uniformare il fascio multiplo.

Le informazioni contenute nel presente documento **sono tutelati dal diritto** d'autore e possono essere usati solo in conformità alle norme vigenti. In particolare Voltimum Italia s.r.l. a socio Unico si riserva tutti i diritti sulla scheda e su tutti i relativi contenuti.
Il materiale e i contenuti presentati nel sono stati attentamente vagliati e analizzati, e sono stati elaborati con la massima cura. In ogni caso errori, inesattezze e omissioni sono possibili.
Voltimum Italia s.r.l. a socio Unico declina qualsiasi responsabilità per errori ed omissioni eventualmente presenti nel sito.

5. Problematiche di polarizzazione

Polarizzare il led significa **determinare tensione e corrente di funzionamento a regime**.

Questa operazione è spesso sottovalutata, nonostante abbia influenza sulla durata e sulla stabilità di funzionamento del componente. Il modo migliore per effettuare una corretta polarizzazione è quello di riferirsi alla **caratteristica corrente-tensione del bipolo**, espressa da una curva di tipo esponenziale (figura 3).

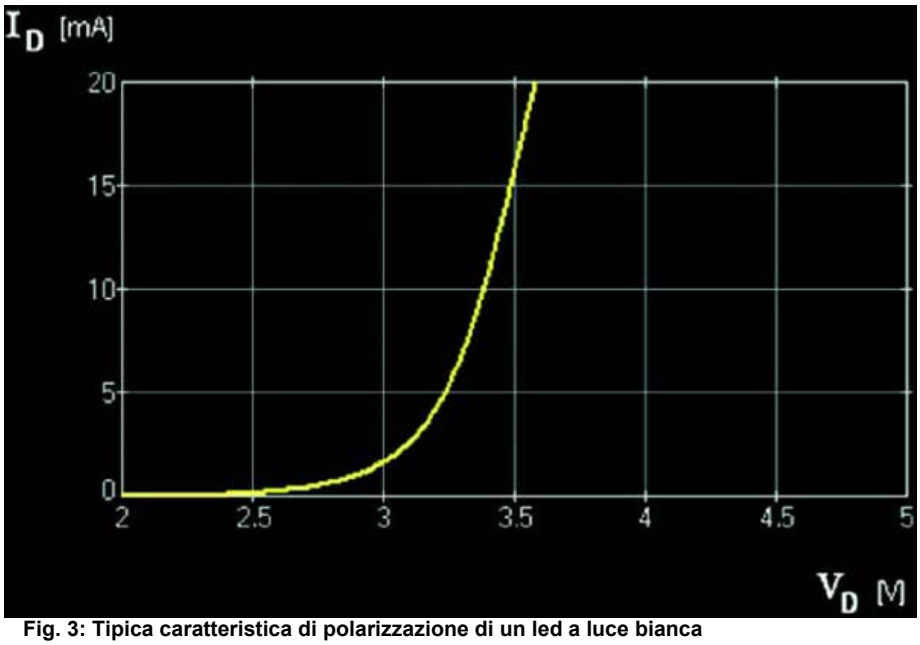


Fig. 3: Tipica caratteristica di polarizzazione di un led a luce bianca

Da questa si evince che non vi è passaggio di corrente diretta "I_D" al di sotto di un valore di tensione (detto di soglia) V<>
Oltre Vs la corrente "I_D" cresce invece molto rapidamente: poiché variazioni anche piccole di tensione causerebbero brusche variazioni di corrente, è necessario l'utilizzo di una **resistenza limitatrice**.

Il **dimensionamento** inizia fissando, sulla base di considerazioni illuminotecniche, un valore di intensità luminosa adatto all'assegnato compito visivo. Successivamente, mediante la caratteristica corrente-intensità luminosa del componente, viene determinata la corrente "I_D" necessaria a produrre l'intensità desiderata.

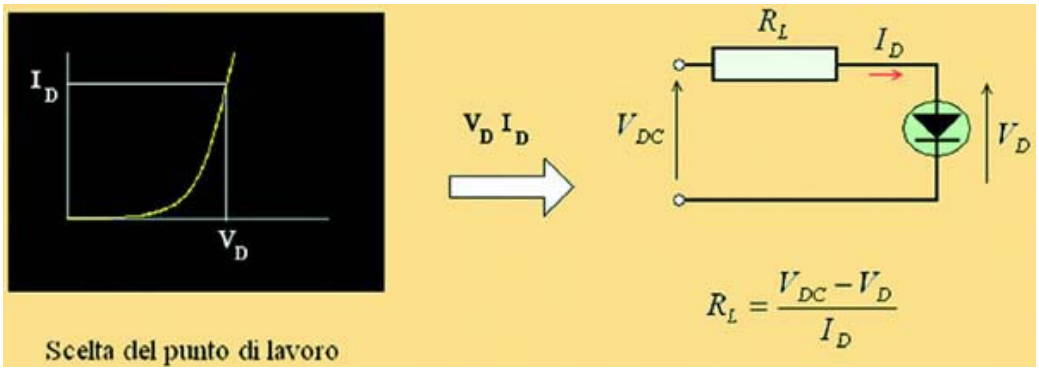


Fig. 4: Dimensionamento della resistenza limitatrice

È buona norma mantenere la corrente tra 12 e 15 mA aumentando, se necessario, il numero di led utilizzati per la produzione dell'intensità necessaria (vedasi oltre). Per la maggior parte dei led a luce bianca conviene scegliere una corrente di funzionamento che mantenga la **caduta di tensione** sulla giunzione prossima ai 3,4V o al valore specificato al costruttore.

In alcuni casi può essere necessario **stabilizzare termicamente** il led mediante appositi **circuiti retroazionati**, tenendo presente che l'intensità della radiazione emessa varia con la temperatura secondo una legge del tipo exp [k(T-Ta)] dove "k" dipende dal materiale impiegato ma è dell'ordine di 0,01/°C.

Ciò significa che quando la temperatura aumenta (o diminuisce) linearmente, l'intensità della radiazione emessa diminuisce (o aumenta) esponenzialmente. La riduzione del flusso luminoso è in ogni caso reversibile e non ha influenza sul "fisiologico" decadimento che si riscontra nel corso della vita del componente.

Fissato in ogni caso il punto di funzionamento sulla curva di polarizzazione si sceglie una tensione di alimentazione dc primaria superiore, almeno del 20%, alla tensione sul led (ad esempio, un punto di lavoro a 3,4V necessiterà di una V_{DC} ≥4,5V). È quindi possibile dimensionare la resistenza limitatrice "R_L": nota la tensione di alimentazione V_{DC} si ha, con riferimento alla figura 4: $V_{DC} = R_L \cdot I_D + V_D$ da cui si ricava:

Le informazioni contenute nel presente documento **sono tutelati dal diritto** d'autore e possono essere usati solo in conformità alle norme vigenti. In particolare Voltimum Italia s.r.l. a socio Unico si riserva tutti i diritti sulla scheda e su tutti i relativi contenuti.
Il materiale e i contenuti presentati nel sono stati attentamente vagliati e analizzati, e sono stati elaborati con la massima cura. In ogni caso errori, inesattezze e omissioni sono possibili.
Voltimum Italia s.r.l. a socio Unico declina qualsiasi responsabilità per errori ed omissioni eventualmente presenti nel sito.

$$R_L = \frac{V_{DC} - V_D}{I_D}$$

Dividendo volt per ampere si ottiene un valore di resistenza in ohm; dividendo invece volt per milli ampere si ottiene un valore in kilo-ohm (1000 ohm).
Il valore così ottenuto dovrà essere approssimato al più vicino valore commerciale (utilizzando preferibilmente la progressione E24, o superiore, dello standard Iec63).

Il passo successivo è quello di **verificare la potenza dissipata dal resistore** moltiplicando il suo valore in ohm per la corrente "I_D" che lo attraversa.
È a tal fine raccomandabile non superare il 60% della potenza nominale del resistore (resistori di potenza 0,25W o 0,5 W risultano generalmente sufficienti a stabilizzare singoli led). In caso di apparecchi destinati ad operare in condizioni ambientali estreme, occorre tenere presente che la potenza elettrica tollerata dal resistore è tanto più bassa del valore nominale quanto più alta è la temperatura ambiente (figura 5).

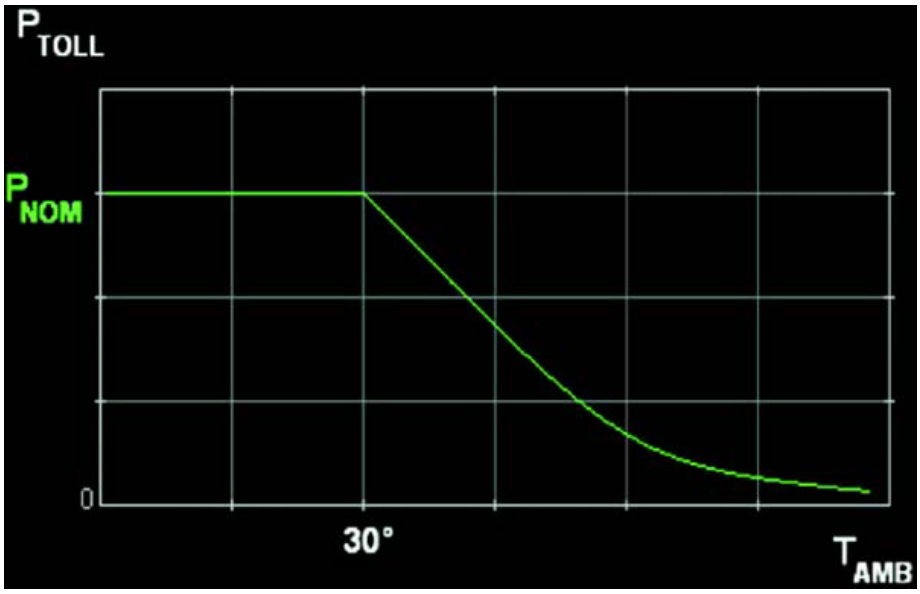


Fig. 5: Diminuzione della potenza nominale di un resistore in funzione della temperatura ambiente

Le informazioni contenute nel presente documento **sono tutelati dal diritto** d'autore e possono essere usati solo in conformità alle norme vigenti. In particolare Voltimum Italia s.r.l. a socio Unico si riserva tutti i diritti sulla scheda e su tutti i relativi contenuti.
Il materiale e i contenuti presentati nel sono stati attentamente vagliati e analizzati, e sono stati elaborati con la massima cura. In ogni caso errori, inesattezze e omissioni sono possibili.
Voltimum Italia s.r.l. a socio Unico declina qualsiasi responsabilità per errori ed omissioni eventualmente presenti nel sito.

6. Realizzazione di moduli a più led

In campo illuminotecnico, al fine di ottenere l'intensità necessaria a garantire il giusto illuminamento su una assegnata superficie, si ricorre spesso a **moduli preassemblati composti da più led**.

Una soluzione comunemente adottata in tal senso prevede l'**alimentazione** di "n" led in serie **mediante singolo resistore**.
Scelta la corrente "I_D" (uguale per ogni led), occorre sommare tutte le "n" cadute di tensione "V_D" sulle singole giunzioni: il risultato non deve superare l'80% della tensione V_{DC} di alimentazione. Ciò si traduce nel criterio $V_{DC} > 0{,}8 \cdot n \cdot V_D$.

La **caduta di tensione sulla resistenza limitatrice** sarà in tal caso pari alla differenza tra la V_{DC} e la tensione somma così determinata per cui il valore della "R_L" si otterrà dividendo tale differenza per la corrente "I_D".

Nella tabella 1 è riportato un esempio di progetto per l'impiego di più unità led a luce bianca in serie.
Si è fatta l'ipotesi che la caratteristica di polarizzazione dei led impiegati sia quella di figura 3 e che si voglia far operare gli stessi sui punti di lavoro caratterizzati da una coppia corrente-tensione rispettivamente di 15mA-3,4V e 20mA-3,6V.

La tabella riporta il valore ohmico commerciale (Iec63, progressione E24) e la potenza del corrispondente resistore di limitazione, in funzione della tensione di alimentazione V_{DC} e del numero di unità led impiegate.
Ove il valore della tensione di alimentazione non consenta di soddisfare il criterio $V_{DC} > 0{,}8 \cdot n \cdot V_D$ si è posta la dicitura na (non applicabile).

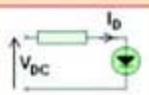
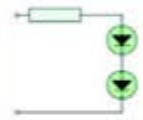
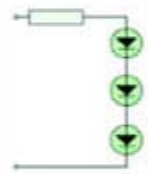
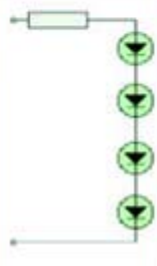
Configurazione	VDC									
	6 V		9 V		12 V		15 V		24 V	
	15 mA	20 mA	15 mA	20 mA	15 mA	20 mA	15 mA	20 mA	15 mA	20 mA
	180 Ω 1/4 W	120 Ω 1/4 W	360 Ω 1/4 W	270 Ω 1/4 W	560 Ω 1/4 W	430 Ω 1/2 W	750 Ω 1/2 W	560 Ω 1/2 W	1300 Ω 1 W	1000 Ω 1 W
	N.A.	N.A.	150 Ω 1/4 W	91 Ω 1/4 W	360 Ω 1/4 W	240 Ω 1/4 W	560 Ω 1/4 W	390 Ω 1/2 W	1200 Ω 1/2 W	820 Ω 1 W
	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	120 Ω 1/4 W	62 Ω 1/4 W	330 Ω 1/4 W	220 Ω 1/2 W	910 Ω 1/2 W	680 Ω 1 W
	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	91 Ω 1/4 W	30 Ω 1/2 W	680 Ω 1/2 W	470 Ω 1/2 W

Tabella 1: Valori della resistenza limitatrice (lec progerssione E24) e potenza del corrispondente resistore nel caso di più unità led in serie

Data la peculiare caratteristica di affidabilità dei circuiti serie (nei quali un'anomalia su un singolo componente, una saldatura fredda, una pista del pcb interrotta, pregiudica il funzionamento dell'intera catena), **non è consigliabile eccedere sul numero di elementi collegati** ad un singolo ramo.

Le informazioni contenute nel presente documento **sono tutelati dal diritto** d'autore e possono essere usati solo in conformità alle norme vigenti. In particolare Voltimum Italia s.r.l. a socio Unico si riserva tutti i diritti sulla scheda e su tutti i relativi contenuti.
Il materiale e i contenuti presentati nel sono stati attentamente vagliati e analizzati, e sono stati elaborati con la massima cura. In ogni caso errori, inesattezze e omissioni sono possibili.
Voltimum Italia s.r.l. a socio Unico declina qualsiasi responsabilità per errori ed omissioni eventualmente presenti nel sito.

Nel caso sia necessario l'impiego di molte unità è preferibile la realizzazione di soluzioni ibride che prevedano l'impiego di più rami di tipo serie tra essi in parallelo (ciascuno dimensionabile secondo il criterio qui esposto).
Non è consigliabile collegare led direttamente in parallelo senza resistenze dedicate, in quanto uno studio termodinamico del sistema rivela pericolo di instabilità; ogni led del parallelo dovrà pertanto essere munito di una propria resistenza serie.

Nei collegamenti misti serieparallelo occorre infine tenere presente che, a causa delle tolleranze dei resistori, maggiore è il numero di rami in parallelo impiegati, maggiore è la disuniformità tra le luminosità di led appartenenti a rami diversi (nell'ipotesi che i led siano perfettamente uguali).

Le informazioni contenute nel presente documento **sono tutelati dal diritto** d'autore e possono essere usati solo in conformità alle norme vigenti. In particolare Voltimum Italia s.r.l. a socio Unico si riserva tutti i diritti sulla scheda e su tutti i relativi contenuti.
Il materiale e i contenuti presentati nel sono stati attentamente vagliati e analizzati, e sono stati elaborati con la massima cura. In ogni caso errori, inesattezze e omissioni sono possibili.
Voltimum Italia s.r.l. a socio Unico declina qualsiasi responsabilità per errori ed omissioni eventualmente presenti nel sito.

7. Lo stato dell'arte

Gli apparecchi di illuminazione equipaggiati con moduli led rientrano nel **campo di applicazione delle direttive 73/23/Eec** (**Lvd**) riguardanti i requisiti di sicurezza per le apparecchiature elettriche ed **89/336/Eec** (**Emc**) riguardanti i requisiti di compatibilità elettromagnetica.

La presunzione di conformità a tali direttive deve essere accertata mediante l'applicazione di opportune norme di prodotto. Alle direttive citate vanno aggiunte le seguenti (di carattere generale):

- **Direttiva 85/374/Cee**: riguardante le responsabilità per danno da prodotti difettosi;
- **Direttiva 2001/95/Ce** (**Gpsd**): riguardante la sicurezza generale dei prodotti;
- **Legge Nr. 126 del 10 Aprile 1991**: riguardante l'informazione ai consumatori.

Classificazione normativa

Le classificazioni effettuate sulle sorgenti di radiazioni hanno in generale lo scopo di **identificare la pericolosità della radiazione** (in termini di effetti fotochimici e fotobiologici da essa prodotti sull'uomo), fornendo nel contempo all'utente indicazioni circa il corretto utilizzo.

Per i diodi led è attualmente allo studio in sede Iec una classificazione appositamente concepita. Al presente occorre tuttavia riferirsi a quella contenuta nella **norma En 60825- 1** (recepimento **Cei 76-2**) relativa alle **sorgenti laser**.
Questa fissava originariamente **cinque classi di pericolosità** denominate rispettivamente: Classe 1, 2, 3A, 3B e 4.
Negli apparecchi di illuminazione possono essere impiegati unicamente moduli led rientranti nella Classe 1, essendo questa quella comprendente le sorgenti la cui densità di potenza alla quale l'utilizzatore può essere esposto non assume mai valori pericolosi nelle ordinarie condizioni di utilizzo.
La sorgente potrà dunque essere ritenuta intrinsecamente sicura ed utilizzata senza alcuna limitazione.

La **sicurezza** è **stabilita** sulla base di alcune **grandezze fisiche** quali: il **limite di emissione accessibile** (**Ael**), l'**esposizione massima permessa** (**Mpe**), le **dimensioni apparenti della sorgente** e la **distanza minima di osservazione** che preserva da **rischi oculari** (detta "distanza nominale per il rischio oculare" ed indicata come ***Nodh***).

È necessario dunque che il produttore effettui sul led una serie di misure atte ad accertare la sua appartenenza, o meno, alla Classe 1. Quando ciò non accade il dispositivo dovrà rientrare nella nuova Classe 1M, introdotta per comprendere quelle sorgenti che continuano ad essere sicure purché osservate senza alcun dispositivo di amplificazione ottica (es. alcuni occhiali da vista).

Appare evidente come ciò implichi un'**opportuna etichettatura** ed apposite avvertenze nel manuale d'uso (che dovrà anche contenere informazioni quali ad esempio, la minima distanza di osservazione).
È **responsabilità di chi immette sul mercato l'apparecchio** di illuminazione **accertare la classe di appartenenza** delle sorgenti led impiegate, fornendo nel contempo all'utilizzatore le giuste informazioni per il corretto utilizzo.
Il costruttore di apparecchi illuminanti che non sia produttore dei led ivi impiegati né sia attrezzato per effettuare le necessarie misure atte ad accertarne la classe di appartenenza (caso questo molto comune), effettuerà una oculata scelta delle sorgenti unicamente sulla base dei dati tecnici forniti dal loro produttore.
Tali dati diverranno parte integrante del fascicolo tecnico dell'apparecchio, sul quale il costruttore stesso baserà la "propria" **dichiarazione di conformità**.

Riferimenti

- Agilent Technologies - *Application Note I-012* [5963-7544E]
- Assil, Anie - *Utilizzo dei moduli Led per illuminazione generale*
- Bonomo M. - *Teoria e tecnica dell'illuminazione d'interni*. Clup
- Carrescia V. - *Fondamenti di sicurezza elettrica*. Hoepli
- Rayer A. - *Light measurement handbook*.
- *International Ligh*
  www.superbrightleds.com
  www.theledlight.co

Le informazioni contenute nel presente documento **sono tutelati dal diritto** d'autore e possono essere usati solo in conformità alle norme vigenti. In particolare Voltimum Italia s.r.l. a socio Unico si riserva tutti i diritti sulla scheda e su tutti i relativi contenuti.
Il materiale e i contenuti presentati nel sono stati attentamente vagliati e analizzati, e sono stati elaborati con la massima cura. In ogni caso errori, inesattezze e omissioni sono possibili.
Voltimum Italia s.r.l. a socio Unico declina qualsiasi responsabilità per errori ed omissioni eventualmente presenti nel sito.

8. Normativa

Norme applicabili agli apparecchi equipaggiati con Led per la presunzione di conformità alle direttive 89/336 (EMC) e 73/23 (LVD)

Direttiva Emc

Per quanto riguarda l'**emissione**, la norma applicabile è l'ormai consolidata **En55015** (**Cei 110-2**): "*Limiti e metodi di misura delle caratteristiche di radiodisturbo degli apparecchi di illuminazione elettrici e degli apparecchi analoghi*".
Di tale norma esistono le **varianti A1 ed A2**.

Le **specifiche di immunità** sono invece dettate dalla **En61547** (**Cei 34-75**): "*Apparecchiature per illuminazione generale. Prescrizioni di immunità Emc*".

Risultano applicabili anche le due norme relative ai **fenomeni alle basse frequenze**: **En61000-3-2** ed **En61000-3-3**.
La prima concerne la **produzione di armoniche di corrente sulla rete di alimentazione ac**, e può essere particolarmente stringente nel caso di apparecchi equipaggiati con convertitori elettronici.
Importantissima la sua **variante A14**, la quale ha modificato la classificazione delle apparecchiature.

La norma **En61000-3-3** concerne invece il **flicker** e le **fluttuazioni di tensione** (fenomeni questi che tuttavia, nel caso in esame, dovrebbero assumere scarsa rilevanza).

Direttiva Lvd

La **norma di prodotto generale** è la **En60598-1**: "*Apparecchi di illuminazione. Parte 1: prescrizioni generali e prove*".

A seconda dei casi possono risultare applicabili anche alcune tra le parti seconde (**En60598- 2-x**) della stessa norma: ad esempio, la **En60598-2-6** fornisce le prescrizioni particolari per apparecchi di illuminazione con trasformatore incorporato (cosa molto comune nel caso in esame).

Per l'eventuale **convertitore elettronico** che alimenta i led, la norma attualmente applicabile è la **En61347-1** con alcune sue parti seconde, come ad esempio la **En61347-2-2** (**Cei 34-93**) riguardante prescrizioni particolari per i convertitori elettronici.
Una parte seconda di tale norma, specificatamente dedicata ai convertitori per moduli led, è tuttavia in preparazione.
Restando in tema di convertitori è in corso di preparazione anche una norma prestazionale che diverrà indispensabile per ottenere il **marchio Enec** sul convertitore stesso.

Nel caso invece di **apparecchi senza convertitore** va applicata la **En61347-2-11** (**Cei 34-103**) relativa alle prescrizioni particolari per circuiti elettronici utilizzati con apparecchi di illuminazione.

Chiudiamo il panorama della sicurezza ricordando che per quanto riguarda la **classificazione dell'emissione dei moduli led** occorre fare riferimento, come detto nel testo, alla norma **En60285-1** (**Cei 76-2**).

Le informazioni contenute nel presente documento **sono tutelati dal diritto** d'autore e possono essere usati solo in conformità alle norme vigenti. In particolare Voltimum Italia s.r.l. a socio Unico si riserva tutti i diritti sulla scheda e su tutti i relativi contenuti.
Il materiale e i contenuti presentati nel sono stati attentamente vagliati e analizzati, e sono stati elaborati con la massima cura. In ogni caso errori, inesattezze e omissioni sono possibili.
Voltimum Italia s.r.l. a socio Unico declina qualsiasi responsabilità per errori ed omissioni eventualmente presenti nel sito.