

LED

Da Wikipedia, l'enciclopedia libera.

In elettronica un **diodo ad emissione luminosa** o **LED** (acronimo inglese di *light emitting diode*) è un dispositivo optoelettronico che sfrutta le proprietà ottiche di alcuni materiali semiconduttori per produrre fotoni attraverso il fenomeno dell'emissione spontanea ovvero a partire dalla ricombinazione di coppie elettrone-lacuna. Il primo è stato sviluppato nel 1962 da Nick Holonyak Jr..^{[1][2]}

Indice

- 1 Storia
- 2 Funzionamento
- 3 Caratteristiche
 - 3.1 Emissione luminosa
 - 3.1.1 Spettro luminoso
 - 3.1.2 Colore della luce emessa
 - 3.2 Efficienza ed affidabilità
 - 3.3 Alimentazione
 - 3.3.1 Polarizzazione di un LED indicatore
 - 3.3.2 Assorbimento
- 4 Utilizzi
 - 4.1 Forza commerciale
 - 4.2 Impiego nell'illuminazione
- 5 Note
- 6 Voci correlate
- 7 Altri progetti
- 8 Collegamenti esterni

LED



LED rosso, verde e blu di tipo 5mm

Tipo Passivo, optoelettronica

Principio di funzionamento Elettroluminescenza

Inventato da Nick Holonyak Jr. (1962)

Simbolo elettrico



Configurazione pin Anodo e Catodo

Storia

I primi diodi ad emissione luminosa erano disponibili solo nel colore rosso. Venivano utilizzati come indicatori nei circuiti elettronici, nei display a sette segmenti e negli optoisolatori. Successivamente ne vennero sviluppati alcuni che emettevano luce gialla e verde e vennero realizzati dispositivi che integravano due LED, generalmente uno rosso e uno verde, nello stesso contenitore permettendo di visualizzare quattro stati (spento, verde, rosso, verde+rosso=giallo) con lo stesso dispositivo.

Negli anni novanta vennero realizzati con efficienza sempre più alta e in una gamma di colori sempre maggiore fino a quando con la realizzazione di LED a luce blu fu possibile realizzare dispositivi che, integrando tre dispositivi (uno rosso, uno verde e uno blu), potevano generare qualsiasi colore, parallelamente, la quantità di luce emessa, competitiva con le comuni lampadine, porta a prevedere nell'arco del tempo, un impiego generalizzato in tutti i campi.

Funzionamento

I LED sono un particolare tipo di diodi a giunzione p-n, formati da un sottile strato di materiale semiconduttore. Gli elettroni e le lacune vengono iniettati in una zona di ricombinazione attraverso due regioni del diodo ricoperto con impurità di tipo diverso, e cioè di tipo *n* per gli elettroni e *p* per le lacune.

Quando sono sottoposti ad una tensione diretta per ridurre la barriera di potenziale della giunzione, gli elettroni della



Alcuni LED di colore rosso

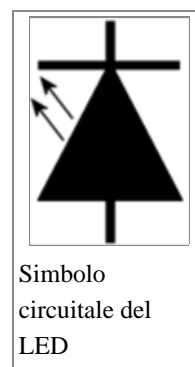


LED a due colori

banda di conduzione del semiconduttore si ricombinano con le lacune della banda di valenza rilasciando energia sufficiente sotto forma di fotoni. A causa dello spessore ridotto del chip un ragionevole numero di questi fotoni può abbandonarlo ed essere emesso come luce ovvero fotoni ottici. Può essere visto quindi anche come un trasduttore elettro-ottico.

Il colore o frequenza della radiazione emessa è definito dalla distanza in energia tra i livelli energetici di elettroni e lacune e corrisponde tipicamente al valore della banda proibita del semiconduttore in questione. L'esatta scelta dei semiconduttori determina dunque la lunghezza d'onda dell'emissione di picco dei fotoni, l'efficienza nella conversione elettro-ottica e quindi l'intensità luminosa in uscita. I LED possono essere formati da GaAs (arseniuro di gallio), GaP (fosforo di gallio), GaAsP (fosforo arseniuro di gallio), SiC (carburo di silicio) e GaInN (nitruro di gallio e indio).

Anche se non è molto noto i LED se colpiti da radiazione luminosa nello spettro visibile, infrarosso o ultravioletto (dipendentemente dal LED utilizzato come ricevitore) producono elettricità esattamente come un modulo fotovoltaico. I LED di colore blu e infrarosso producono tensioni considerevoli. Questa particolarità rende possibile l'applicazione dei LED per sistemi di ricezione di impulsi luminosi. Intorno a questa proprietà sono stati sviluppati molti prodotti industriali come sensori di distanza, sensori di colore, sensori tattili e ricetrasmittitori. Nel campo dell'elettronica di consumo il sistema di comunicazione irDA è un buon esempio proprio perché sfrutta appieno questa particolarità.



Simbolo circuitale del LED

Il LED ha una durata molto variabile a seconda del flusso luminoso (corrente di lavoro) e temperatura d'esercizio.^[3]

Caratteristiche

Emissione luminosa

Il led può avere un'emissione:

- *Continua*, il led emette costantemente luce.
- *Intermittente*, il led emette luce a intervalli di tempo regolari, cosa ottenibile con circuiti astabili o con led intermittenti.

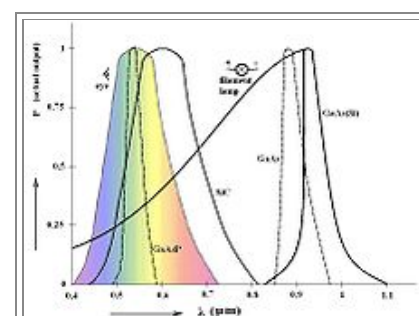
Spettro luminoso

Lo spettro luminoso dei led varia molto a seconda del led stesso, se il led viene usato per motivi d'illuminazione, si ha generalmente una buona copertura del suo spettro, che può essere sfruttato anche del 100%, mentre se usato in altre applicazioni si possono avere tranquillamente led che emettono luce non visibile.

Colore della luce emessa

A seconda del materiale utilizzato, i LED producono i seguenti colori:

- AlGaAs - rosso ed infrarosso
- GaAlP - verde
- GaAsP - rosso, rosso-arancione, arancione, e giallo
- GaN - verde e blu
- GaP - rosso, giallo e verde
- ZnSe - blu
- InGaN - blu-verde, blu
- InGaAlP - rosso-arancione, arancione, giallo e verde
- SiC come substrato - blu
- Diamante (C) - ultravioletto
- Silicio (Si) come substrato - blu (in sviluppo)
- Zaffiro (Al₂O₃) come substrato - blu



Spettro luminoso di vari LED, messi a confronto con lo spettro visivo dell'occhio umano e della lampada ad incandescenza

La tensione applicata alla giunzione dei LED dipende dalla banda proibita del materiale, la quale determina il colore della luce emessa, come riportato nella seguente tabella:

Tipologia LED	tensione di giunzione V_f (volt)
Colore infrarosso	1,3
Colore rosso	1,8
Colore giallo	1,9
Colore verde	2,0
Colore arancio	2,0
Flash blu/bianco	3,0
Colore Blu	3,5 V
Colore Ultravioletto	4 ÷ 4,5 V

L'esigenza di disporre di una discreta varietà di tonalità di colore in luce bianca, necessità prevalente nell'illuminazione all'interno degli edifici, ha indotto i costruttori a differenziare sensibilmente questi dispositivi in base alla temperatura di colore, così che sul mercato sono presenti dispositivi selezionati e suddivisi fino in 6 fasce di temperatura, i quali spaziano da 2700 K a oltre 8000 K.

Efficienza ed affidabilità

I LED sono particolarmente interessanti per le loro caratteristiche di elevata efficienza luminosa A.U./A e di affidabilità.

I primi LED ad alta efficienza sono stati investigati dall'ingegnere Alberto Barbieri presso i laboratori dell'università di Cardiff (GB) nel 1995, rilevando ottime caratteristiche per dispositivi in AlGaInP/GaAs con contatto trasparente di Indio e Stagno (ITO).

L'evoluzione dei materiali è stata quindi la chiave per ottenere delle sorgenti luminose del futuro che hanno tutte le caratteristiche per sostituire quasi tutte quelle ad oggi utilizzate.

Nei telefoni cellulari sono presenti nel formato più piccolo in commercio, per l'illuminazione dei tasti, su alcuni modelli di autovetture e ciclomotori di nuova produzione, sono presenti in sostituzione delle lampade a filamento, per le luci di "posizione" e "stop", sul mercato sono già presenti dispositivi sostitutivi diretti dei faretto e lampadine alogene, aventi identico standard dimensionale, per l'illuminazione stradale sono disponibili lampioni analoghi ai tradizionali; la quantità di luce al fabbisogno per ogni applicazione, viene realizzata con il posizionamento nel dispositivo di matrici di die in numero vario, per esempio un dispositivo da 100 watt è realizzato disponendo 100 die da 1 watt in una matrice quadrata 10 X 10, la potenza massima raggiunta attualmente in un singolo dispositivo è dell'ordine di un Kilowatt.

L'incremento di efficienza è in continuo aumento, è del 18 dicembre 2012 l'annuncio del produttore Cree, il raggiungimento in luce bianca di 200 lumen per watt con il dispositivo Xlamp MK-R, matrice di 4 die, in un package quadrato di 7 mm di lato, alimentato con 700 mA a 12 volt, disponibile in 6 tonalità di bianco. Un netto miglioramento, quasi una svolta sul piano dell'affidabilità, era già stato introdotto con il dispositivo MT-G, immesso sul mercato il 22 febbraio 2011 come diretto sostituto del faretto alogeno standard MR16, per la prima volta, la caratterizzazione dei parametri di questo LED viene effettuata alla temperatura di 85 °C rispetto ai canonici 25 °C, nei successivi dispositivi, i principali parametri sono riferiti ad entrambe le temperature.

Alimentazione

Il modo corretto di alimentare un LED è quello di fornire al dispositivo una corrente costante polarizzata, il cui valore è dato del costruttore nel relativo datasheet. Ciò si può ottenere utilizzando un generatore di corrente o, più semplicemente, ponendo in serie al LED un resistore di valore appropriato, col compito di limitare la corrente che vi scorre, la potenza in eccesso viene dissipata in calore nel resistore di limitazione collegato in serie al led. Questa

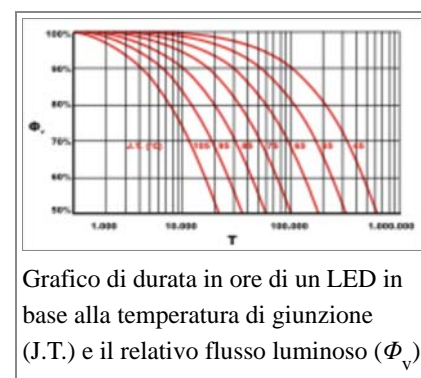


Grafico di durata in ore di un LED in base alla temperatura di giunzione (J.T.) e il relativo flusso luminoso (Φ_v)

soluzione, tecnicamente corretta dal punto di vista elettrico, penalizza l'efficienza del sistema e, dato la variazione resistiva del sistema in base alla temperatura nel quale lavora, non garantisce il fluire nel LED del preciso valore di corrente dato in specifica dal costruttore. Il valore di tensione presente ai capi del dispositivo è diretta conseguenza del valore di corrente fornito. Allo stato attuale, torce portatili per uso professionale, speleologia, uso subacqueo, militare, o sport agonistico notturno usano LED montati meccanicamente anche a gruppi, con conseguenti correnti di alimentazione anche di decine di ampere. Basti considerare a titolo d'esempio, il dispositivo singolo monochip con sigla SST-90, la corrente assorbita può arrivare a 9 ampere. L'informazione più appropriata per l'utilizzo dei LED di potenza si può ottenere dai datasheet del costruttore. In particolare, il grafico che correla la corrente assorbita con la quantità di luce emessa (lumen), è il migliore aiuto per conoscere le caratteristiche del dispositivo.

Il valore della resistenza in serie R_s è calcolato mediante la legge di Ohm e la legge di Kirchhoff conoscendo la corrente di lavoro richiesta I_f , la tensione di alimentazione V_s e la tensione di giunzione del LED alla corrente di lavoro data, V_f .

Nel dettaglio, la formula per calcolare la resistenza in serie necessaria è:

$$R_s = \frac{V_s - V_f}{I_f} \text{ che ha come unità di misura } \text{ohm} = \frac{\text{volt}}{\text{ampere}}$$

che si dimostra considerando il LED come una seconda resistenza di valore $\frac{V_f}{I_f} \Omega$, e ponendo V_s uguale alla somma delle tensioni ai capi della resistenza e del LED:

$$V_s = V_r + V_f = R_s I_f + \frac{V_f}{I_f} I_f$$

quindi

$$R_s I_f = V_s - V_f$$

da cui la formula di cui sopra.

Esempio: ipotizzando $V_s = 12$ volt, $V_f = 1,8$ volt e $I_f = 20$ mA si ha

$$R_s = \frac{12 - 1,8}{0,02} = 510 \Omega$$

In linea generale, quando non si possiede il datasheet specifico, si può considerare per i LED consueti di diametro 5 mm una tensione V_f pari a circa 2 V ed una corrente di lavoro I_f prudenziale di 10-15 mA, fino a 20 mA. Valori superiori di corrente sono in genere sopportati, ma non assicurano un funzionamento duraturo. Quindi, secondo la suddetta formula, la resistenza dovrà essere compresa tra questi due valori:

$$R_s(\text{max}) = \frac{12 - 2}{0,010} = 1000 \Omega \text{ (valore standard} = 1k \Omega)$$

$$R_s(\text{min}) = \frac{12 - 2}{0,020} = 500 \Omega \text{ (valore standard} = 560 \Omega)$$

Per i LED di tipo flash, per i quali come si è detto la corrente può variare tra 20 e 40 mA, i valori minimo e massimo della resistenza saranno 250 e 500 (valori standard 270 ohm e 470 ohm).

Poiché i LED sopportano una bassa tensione inversa (solo pochi volt), se vengono alimentati a corrente alternata occorre proteggerli ponendovi in parallelo un diodo con polarità invertita rispetto al LED ("antiparallelo"). Non è consigliabile inserire un diodo in serie per due motivi: in primo luogo la tensione di alimentazione dovrebbe essere superiore alla somma delle due tensioni di giunzione. In secondo luogo, la tensione si può ripartire sui due diodi in modo da superare comunque la tensione inversa sopportata dal LED.

In qualche caso si può usare un ponte di quattro diodi per assicurare che una corrente diretta scorra sempre attraverso il

LED. In questo caso saranno sempre interessati due diodi e quindi la tensione d'alimentazione dovrà sempre essere superiore al doppio della tensione di giunzione.

Se si vuole alimentare un LED con la tensione di rete, senza che il circuito dissipi troppa energia nella resistenza in serie, si può usare un circuito costituito da un condensatore collegato in serie ad una sezione, che consiste nel LED in parallelo ad un diodo di protezione, (con polarità invertita per limitare la tensione inversa) e al tutto seguirà ancora in serie, una resistenza di protezione, che serve a limitare la scarica all'accensione (di valore un decimo della reattanza del condensatore alla frequenza di rete). Il valore della capacità del condensatore dipenderà dalla reattanza (Impedenza) che lo stesso dovrà presentare alla frequenza di rete per far scorrere la voluta corrente (I_f) nel LED.

La massima quantità di luce che può essere emessa da un LED è limitata essenzialmente dalla massima corrente media sopportabile, che è determinata dalla massima potenza dissipabile dal chip. I recenti dispositivi progettati per impieghi professionali hanno una forma adatta ad accogliere un dissipatore termico, assolutamente necessario per smaltire il calore prodotto: sono ormai in commercio LED a luce bianca con potenza di 500 watt e oltre e corrente assorbita di 20 ampere [1] (http://www.eleclight.cn/power_led_50w_500w.htm) . Quando sono richiesti valori d'uscita più alti normalmente si tende a non usare correnti continue, ma a sfruttare correnti pulsanti con duty cycle scelto in maniera opportuna. Ciò permette alla corrente e, di conseguenza, alla luce di essere notevolmente incrementate, mentre la corrente media e la potenza dissipata rimangono nei limiti consentiti.

Polarizzazione di un LED indicatore

Solitamente il terminale più lungo di un led indicatore (diametro package 3 mm, 5 mm o superiori) è l'anodo (+) e quello più corto è il catodo (-).

Per polarizzare correttamente un LED possiamo usufruire inoltre di una caratteristica particolare del package: se si guarda infatti il led dall'alto, si può notare come la parte laterale del package non sia regolare ma squadrata da un lato: questa "squadratura" identifica il **catodo** (-). Nel caso dei led 3 mm, si rende necessario l'uso di un tester in quanto tale "segno" (se presente) non è quasi visibile.

Se si utilizza un tester, dopo aver selezionato la scala di resistenza con fattore 1 (X1), se si pone il puntale positivo sull'anodo e il puntale negativo sul catodo, il tester segnerà un valore di resistenza dell'ordine di qualche centinaio di ohm, nel caso il tester fosse un modello analogico con pila di alimentazione a 3 volt, se il led è efficiente, essendo polarizzato direttamente, il piccolo flusso di corrente che lo attraversa lo farà accendere, invertendo i puntali, invece, il tester non dovrà segnare alcuna continuità.

Assorbimento

L'assorbimento di corrente di alimentazione entrante nel dispositivo varia molto in funzione della tipologia di LED: sono minori nei LED normali usati come indicatori rispetto a quelli ad alta luminosità (led flash e di potenza), secondo la seguente tabella:

Tipologia LED	Assorbimento (mA)
LED basso consumo	3 - 10
LED normali	10 - 15
LED flash	20 - 40
LED di potenza	100 - 20000

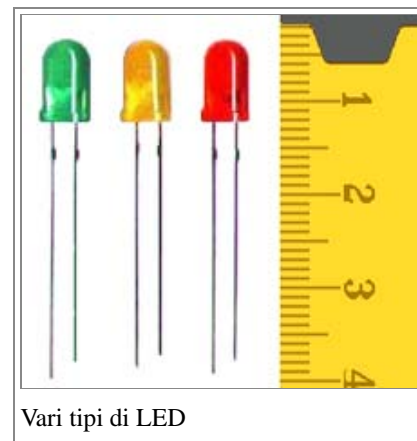
Utilizzi

I LED in questi anni si sono diffusi in tutte le applicazioni in cui serve:

- elevata affidabilità;
- lunga durata;
- elevata efficienza;
- basso consumo.

Alcuni utilizzi principali sono:

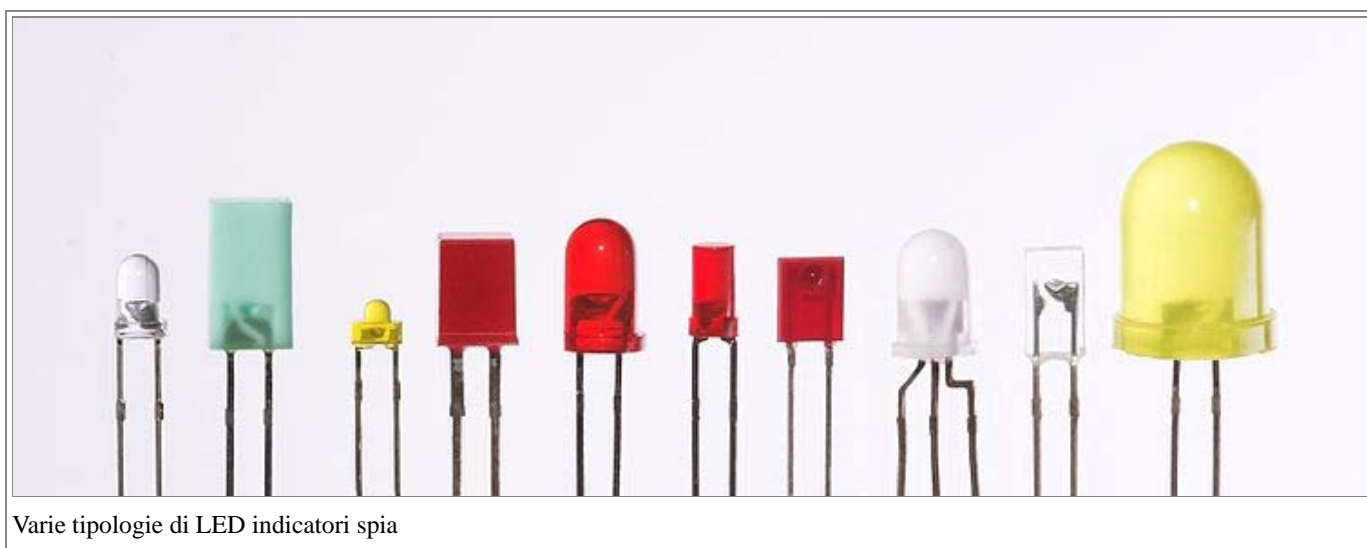
- nei telecomandi a infrarossi;
- indicatori di stato (lampadine spia);
- retroilluminazione di display LCD;
- nei semafori stradali;
- nei dispositivi luminosi obbligatori di autovetture e motocicli;
- nei lampeggianti dei veicoli d'emergenza di ultima generazione (ambulanze, carabinieri, polizia, ecc.);
- cartelloni a messaggio variabile;
- Illuminazione;
- nelle comunicazioni ottiche di breve distanza in sostituzione del più costoso laser.



Vari tipi di LED

Dal 2006 la città di Raleigh, nel Carolina del Nord, è considerata la prima città a LED del mondo, per il consistente rinnovamento tecnologico attuato dalla cittadina per promuovere l'uso dell'illuminazione a LED.^[4]

Forza commerciale



Varie tipologie di LED indicatori spia

La forza commerciale di questi dispositivi si basa sulla loro potenzialità di ottenere elevata luminosità (quattro volte maggiore di quella delle lampade a filamento di tungsteno), basso prezzo, elevata efficienza ed affidabilità (la durata di un LED è di uno-due ordini di grandezza superiore a quella delle classiche sorgenti luminose, specie in condizioni di stress meccanici); lavorano a bassa tensione, possiedono alta velocità di commutazione e la loro tecnologia di costruzione è compatibile con quella dei circuiti integrati al silicio.

Impiego nell'illuminazione

I LED sono sempre più utilizzati in ambito illuminotecnico in sostituzione di alcune sorgenti di luce tradizionali. Il loro utilizzo nell'illuminazione domestica, quindi in sostituzione di lampade ad incandescenza, alogene o fluorescenti compatte (comunemente chiamate a risparmio energetico che però rendono di più), è oggi possibile con notevoli risultati, raggiunti grazie alle tecniche innovative sviluppate nel campo. All'inizio della ricerca, infatti, l'efficienza luminosa quantità di luce/consumo (lm/W), era stato calcolato nel rapporto minimo di 3 a 1, successivamente, nel tempo è migliorato moltissimo. Il limite dei primi dispositivi adatti ad essere impiegati in questo tipo di applicazione era l'insufficiente quantità di luce emessa (flusso luminoso espresso in lumen), questo problema è stato superato con i modelli di ultima generazione, abbinando l'incremento di efficienza, alla tecnica di disporre matrici di die nello stesso package. L'efficienza dei dispositivi attuali, per uso professionale e civile, si attesta oltre i 120lm/W che però crollano attorno ai 65lm per watt se con alta qualità (Ra>80 e 2700K). Una lampada ad incandescenza da 60 W alimentata a 220V, emette un flusso luminoso di circa 650 lumen; in merito a questa tipologia di lampada, una normativa della Comunità Europea prevede nell'arco di 7 anni, a partire dal 1. settembre 2009, il divieto di vendita in tutti i paesi della Comunità, graduandone annualmente il divieto in base alla potenza in watt.

Come termine di paragone basti pensare che una lampada ad incandescenza ha un'efficienza luminosa di circa 10-19

lm/W, mentre una lampada ad alogeni circa 12-20 lm/W ed una fluorescente lineare circa 50-110 lm/W. Una minore facilità d'impiego nell'illuminazione funzionale rispetto alle lampade tradizionali, è costituita dalle caratteristiche di alimentazione e dissipazione, le quali influiscono fortemente su emissione luminosa e durata nel tempo. Diventa comunque difficile individuare rapporti diretti tra le varie grandezze, tra le quali entra in gioco anche un ulteriore parametro, ovvero l'angolo di emissione del fascio di luce, che può variare in un intervallo compreso tra circa 4 gradi e oltre 120, modificabile comunque tramite appropriate lenti poste frontalmente, occorre dire che i produttori di LED sono equiparabili ai produttori di semiconduttori, sono fabbriche di silicio, le lampadine vengono prevalentemente prodotte da altri fabbricanti, pertanto, tra la data di immissione sul mercato di un nuovo dispositivo LED adatto per essere impiegato in un tipo di lampadina e la data per reperirla sul mercato, può passare un determinato tempo.

Concludendo, i vantaggi dei LED dal punto di vista illuminotecnico sono:

- durata di funzionamento (i LED ad alta emissione arrivano a circa 10-50.000 ore);
- di costi di manutenzione-sostituzione ridotti;
- elevato rendimento (se paragonato a lampade ad incandescenza e alogene);
- luce pulita perché priva di componenti IR e UV;
- facilità di realizzazione di ottiche efficienti di plastica;
- flessibilità di installazione del punto luce;
- possibilità di un forte effetto spot (sorgente quasi puntiforme);
- funzionamento in sicurezza perché a bassissima tensione (normalmente tra i 3 e i 24 Vdc);
- accensione a freddo (fino a -40 °C) senza problemi;
- insensibilità a umidità e vibrazioni;
- assenza di mercurio;
- durata non influenzata dal numero di accensioni/spegnimenti.
- possibilità di creare apparecchi illuminati di nuova foggia per via dell'impatto dimensionale ridotto



Led ad alta luminosità in tecnologia SMT

Gli svantaggi sono:

- Alti costi
- tonalità di colore spesso "sballata" per lampadine di fascia economica
- Bassa coerenza di colore Ra quasi mai superiori a 80
- efficienza per colore e qualità elevate, nettamente inferiori alle fluorescenti.
- difficoltà nell'ottenere illuminazione diffusa

Note

1. ↑ Winners' Circle: Nick Holonyak, Jr (<http://web.mit.edu/invent/a-winners/a-holonyak.html>)
2. ↑ Profilo personale di Nick Holonyak Jr. sul sito dell'Università dell'Illinois (<http://www.ece.illinois.edu/directory/profile.asp?nholonya>)
3. ↑ Durata di vita del LED (http://www.ruggiu.com/?page_id=prodotti&idcontenuto=93&idparent=181&iddetail=756)
4. ↑ *Welcome to Raleigh, LED capital USA* (<http://www.photonics.com/Content/ReadArticle.aspx?ArticleID=36272>)

Voci correlate

- Efficienza luminosa
- OLED
- PHOLED
- OTFT
- AMOLED
- Fotodiode

Altri progetti

- Commons** ([//commons.wikimedia.org/wiki/Pagina_principale?uselang=it](http://commons.wikimedia.org/wiki/Pagina_principale?uselang=it)) contiene immagini o altri file su **LED** ([//commons.wikimedia.org/wiki/Category:Light-emitting_diodes?uselang=it](http://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Light-emitting_diodes?uselang=it))
- Wikizionario** contiene il lemma di dizionario «**LED**»

Collegamenti esterni

- Sarconi, il primo comune della Basilicata illuminato a led! (<http://www.sarconiweb.it/news/prova/759-sarconi-il-primo-comune-della-basilicata-illuminato-a-led-.html>)
- gioblu.com - LED utilizzato come sensore di prossimità / distanza (<http://www.gioblu.com/tutorials/sensori/59-sensore-prossimita-led>)
- gioblu.com - Che cos'è un LED e in cosa puo' esserci utile (<http://www.gioblu.com/tutorials/elettronica/231-led-e-arduino>)
- Illuminazione stradale a LED - 1ª parte (<http://arching.wordpress.com/2010/02/24/illuminazione-stradale-led-1>)
- Illuminazione stradale a LED - 2ª parte (<http://arching.wordpress.com/2010/05/25/illuminazione-stradale-a-led-2>)
- Torraca: la prima città al mondo completamente a led (http://www.comuneditorraca.it/pagine_interattiva/rassegna/elenco.php)
- Tutto sui datasheet dei lampioni a LED (<http://ariannaled.wordpress.com/2010/06/11/tutto-sui-datasheet-dei-lampioni-a-led/>)
- Informativa della Commissione Europea (http://ec.europa.eu/energy/lumen/index_it.htm)
- Esempi di lampade a led per illuminazione (<http://www.il-led.com>)
- Confronti fra vari tipi e tipologie di lampadine esistenti nel 2013 come quantità e qualità' (<http://allaroveschia.blogspot.it/2013/01/led-3-fantozzaten.html>)

 **Portale Elettromagnetismo**

 **Portale Elettrotecnica**

 **Portale Ingegneria**

Categorie: Optoelettronica | Diodi | Illuminotecnica

-
- Questa pagina è stata modificata per l'ultima volta il 3 feb 2013 alle 22:13.
 - Il testo è disponibile secondo la licenza Creative Commons Attribuzione-Condividi allo stesso modo; possono applicarsi condizioni ulteriori. Vedi le Condizioni d'uso per i dettagli. Wikipedia® è un marchio registrato della Wikimedia Foundation, Inc.