

Itis "Enrico Fermi" di Bassano del Grappa

<http://www.fermibassano.it/>

Illuminazione a led

Anno scolastico 2010-2011

Indice

Argomento	Pagina
Prefazione 1.0	1
Il regolamento 2.0	1
Tipi di lampade 3.0	1
Lampade a incandescenza 3.1	2
Lampade a incandescenza con alogeni 3.2	2
Lampade a scarica nei gas 3.3	3
Lampade a tubo fluorescente 3.3.1	3
Lampade a vapori di mercurio ad alta pressione, a bulbo fluorescente 3.3.2	4
Lampade a vapori di mercurio ad alta pressione con ioduri metallici 3.3.3	5
Lampade a vapori di sodio ad alta pressione 3.3.4	5
Lampade a vapori di sodio a bassa pressione 3.3.5	5
Problematiche relative alle lampade fluorescenti compatte 3.3.6	6
Led 4.0	7
Storia 4.1	7
Funzionamento 4.2	7
Luminosità del led 4.3	8
Tecnologia costruttiva 4.4	8
Diodi high-power e multigiunzione 4.5	9
Vantaggi e applicazioni 4.6	9
Fotometria 5.0	10
Il progetto 6.0	13
Funzionamento del circuito integrato 6.1	13
Schema del circuito 6.2	13
Costruzione pratica 6.3	15
Alimentatore 6.4	18
Bibliografia e ringraziamenti 7.0	19

Prefazione 1.0

Secondo l' articolo 22, comma 1, del Dlgs 81/08 testo unico sulla sicurezza nei luoghi di lavoro: "I progettisti dei luoghi e dei posti di lavoro e degli impianti rispettano i principi generali di prevenzione in materia di salute e sicurezza sul lavoro al momento delle scelte progettuali e tecniche e scelgono attrezzature, componenti e dispositivi di protezione rispondenti alle disposizioni legislative e regolamentari in materia". Il mancato rispetto di questo articolo è sanzionato penalmente. L' illuminazione è sicuramente uno dei parametri fondamentali per garantire l' igiene e la sicurezza nei posti di lavoro. Per un corretto progetto e dimensionamento degli impianti di illuminazione devono essere rispettati i valori di illuminamento previsto per le zone del compito visivo, per le zone immediatamente circostanti e per le zone occupate in continuazione.

Il regolamento 2.0

La direttiva 2009/125/CE detta le regole per la progettazione ecocompatibile dei prodotti che consumano energia. Due regolamenti europei, attuativi di tale direttiva, riguardano l'illuminazione:

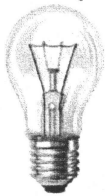





- il regolamento 244/2009 (modificato dal 859/2009), relativo all'immissione sul mercato di lampade ad incandescenza, fluorescenza e led;
- il regolamento 245/2009 (modificato dal 347/2010) relativo all'immissione sul mercato di lampade a fluorescenza (escluse le compatte) e lampade a scarica nel gas, gli alimentatori per queste lampade e gli apparecchi di illuminazione che utilizzano queste lampade.

La direttiva ribadisce con molta forza l'importanza del risparmio energetico relativamente al campo dell' illuminazione.

Il regolamento 244/2009 stabilisce sei fasi, dal primo settembre 2009 al primo settembre 2016, e per ogni fase indica i limiti minimi di prestazione e di caratteristiche funzionali per consentire un effettivo risparmio energetico. Di conseguenza i produttori sono costretti ad aumentare l' efficienza luminosa di molte lampade e di eliminare quelle tipologie che per loro natura non possono raggiungere tali livelli di efficienza.

Tipi di lampade 3.0

Il compito delle sorgenti luminose è quello di trasformare l' energia elettrica in energia luminosa. Nei paragrafi successivi vengono descritti i principi di funzionamento e le caratteristiche essenziali delle lampade di comune impiego. Un particolare approfondimento verrà riservato alle lampade a fluorescenza e led; dato il massiccio impiego previsto a causa della sostituzione delle lampade a incandescenza.

Lampade ad incandescenza	Lampade ad alogeni		Lampade a fluorescenza compatte con alimentatore (CFLi)		Lampade LED	
 Classe D-E	 Classe B-C	 Classe C-D	 Classe A-B	 Classe A-B	 Classe A	

Lampade a incandescenza 3.1

Il funzionamento di questo tipo di lampade è molto semplice.

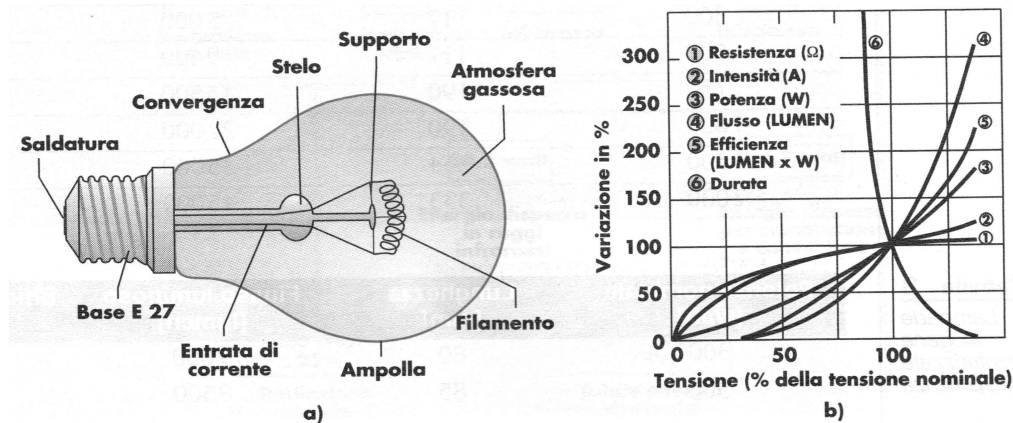
Un filamento, generalmente di tungsteno, è fissato a due terminali addatti ad essere alimentati elettricamente e il tutto è contenuto in un' ampolla di vetro entro la quale è praticato il vuoto ed è inserito un gas inerte (argon, xeno, kripto, ecc). Il passaggio della corrente elettrica nel filamento lo rende incandescente irradiando di conseguenza calore e onde elettromagnetiche nello spettro visibile.

Pro

Basso costo e facilità di produzione
Tonalità calda della luce prodotta

Contro

Ridotta durata (1000h)
Basso rendimento energetico
Fragilità del filamento con l'aumentare delle ore di funzionamento
Opacizzazione dell' ampolla
Diminuzione della potenza nell' arco della vita



Lampade a incandescenza con alogeni 3.2

Il funzionamento di questa lampada è molto simile a quello precedentemente illustrato, la sola differenza sta nell' introduzione all' interno dell'ampolla di una piccola quantità di un alogeno, solitamente iodio.

Durante il funzionamento il filamento raggiunge temperature molto elevate (3000°C) e ciò provoca la sublimazione del filamento in tungsteno. Ma non appena le particelle si spostano verso l' ampolla, si combinano con lo iodio formando lo ioduro di tungsteno che tende a ritornare sul filamento.

Il filamento in questo modo è continuamente "reintegrato" di conseguenza la durata aumenta.

Pro

Basso costo e semplicità costruttiva
Tonalità della luce bianca

Contro

Ridotta durata anche se maggiore rispetto alle lampade senza alogeni (2000h)
Basso rendimento energetico
Fragilità del filamento con l'aumentare delle ore di funzionamento
Opacizzazione dell' ampolla
Diminuzione della potenza nell' arco della vita
Precisa posizione di funzionamento

Lampade a scarica nei gas 3.3

Il principio generale di funzionamento delle lampade a scarica nei gas è quello di innescare e mantenere una scarica elettrica in un ambiente costituito da particelle gassose che, urtate dagli elettroni della scarica, emettono radiazioni luminose.

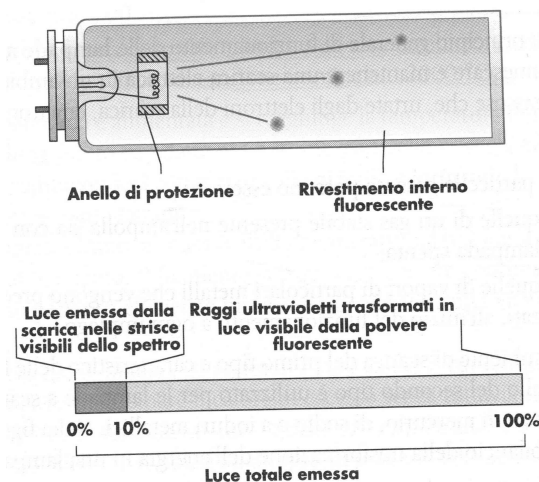
Le particelle gassose possono essere:

- quelle di un gas stabile presente nell' ampolla sia con lampada accesa che spenta;
- quelle di vapori di particolari metalli che vaporizzano all'inizio del funzionamento di ogni impiego della lampada.

L'ambiente di scarica del primo tipo è caratteristico delle lampade a tubo fluorescente; quello del secondo tipo è utilizzato per le lampade a scarica con ampolla compatta a vapori di mercurio, di sodio o ioduri metallici

Lampade a tubo fluorescente 3.3.1

L'interno dell' ampolla è riempito con argon a bassissima pressione e con piccole quantità di vapori di mercurio; le pareti interne sono ricoperte con polveri fluorescenti il cui tipo determina il colore della luce emessa. Gli elettrodi sono realizzati con spirali di tungsteno ricoperto di particolari sostanze che favoriscono l'emmissione degli elettroni.



Il principio di funzionamento consiste nell'innescare e mantenere la scarica mediante i seguenti procedimenti:

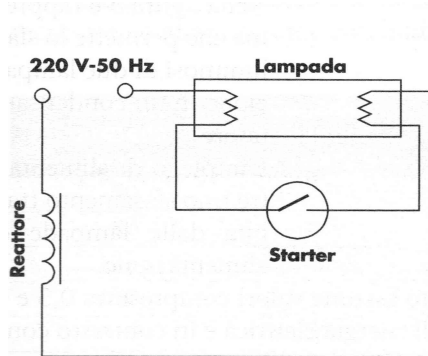
- riscaldare gli elettrodi per far loro emettere degli elettroni;
- creare un impulso di tensione, superiore a quella nominale, per costringere gli elettroni verso l'elettrodo opposto;
- ritornare al valore nominale e mantenere la scarica al suo regime nominale.

Per assicurare il corretto funzionamento della lampada si adottano i seguenti sistemi:

- reattore induttivo e starter: lo starter è equivalente a un interruttore normalmente aperto che, quando si applica la tensione di rete, si chiude determinando un passaggio di corrente elevato che riscalda i catodi. Contemporaneamente la tensione applicata allo starter si abbassa per effetto dell'inserzione del reattore: il risultato è l'apertura dello stesso (fig. a).

-reattore tachistart: è un vero e proprio trasformatore con l'avvolgimento primario alimentato dalla tensione di rete e un secondario complesso la cui frazione maggiore di spire alimenta la scarica mentre due frazioni minori estreme forniscono agli elettrodi la potenza necessari per il riscaldamento. Per facilitare l'innesco si utilizza una piccola striscia metalizzata che aderisce lungo tutta la lunghezza del tubo e che ne favorisce la polarizzazione (fig. b).

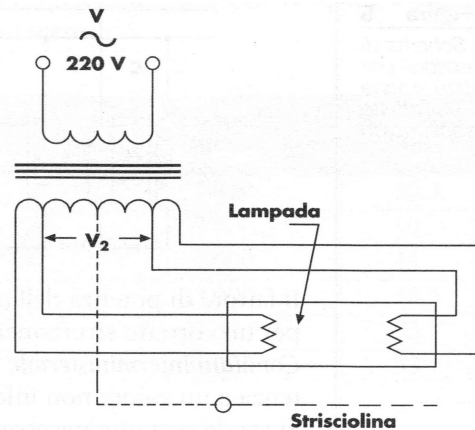
-alimentatore elettronico: in questo sistema la tensione di rete alimenta un apparecchio elettronico che effettua tutte le operazioni necessarie per l'accensione della lampada. Essendo la scarica alimentata ad alta frequenza viene eliminato l'effetto stroboscopico causato da un momentaneo disinnesco della scarica.



a)

Pro

Alta efficienza luminosa
Maggiore durata



b)

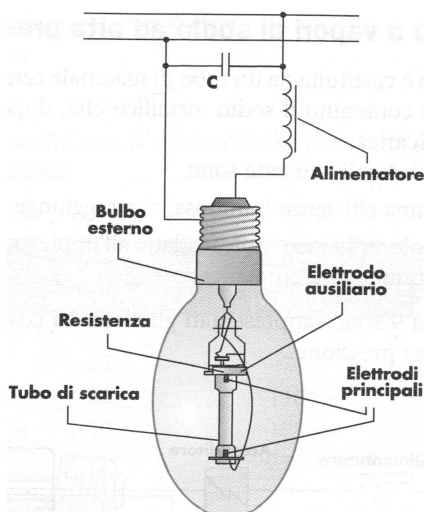
Contro

Costo maggiore rispetto alle lampadine ad incandescenza
Necessario l'uso di condensatori di rifasamento
Bassa resa cromatica
Contiene sostanze nocive
Effetto stroboscopico

Lampade a vapori di mercurio ad alta pressione, a bulbo fluorescente 3.3.2

Il funzionamento di base è uguale a quello precedentemente descritto.

L'ampolla in cui avviene la scarica è di quarzo, di dimensioni ridotte e di forma cilindrica e al suo interno sono contenuti il mercurio ad alta pressione e un gas inerte. L'ampolla di quarzo è racchiusa a sua volta in un bulbo di vetro rivestito da polveri fluorescenti che hanno la funzione di catturare le radiazioni ultraviolette e di trasformarle in luce visibile dall'occhio umano.

**Pro**

Alta efficienza luminosa
Maggiore durata

Contro

Costo maggiore rispetto alle lampadine ad incandescenza
Necessario l'uso di condensatori di rifasamento
Bassa resa cromatica
Contiene sostanze nocive

Lampade a vapori di mercurio ad alta pressione con ioduri 3.3.3

Fondamentalmente simili alle precedenti presentano alcune differenze così sintetizzabili:

- l'ampolla contiene oltre al mercurio alcune sostanze metalliche come ioduro, indio, tallio,...
- la luce emessa è di alta temperatura di colore, circa 6500K, bianchissima e con elevata resa cromatica;
- l'efficienza luminosa è notevolmente più elevata rispetto alle semplici vapori di mercurio.

Pro

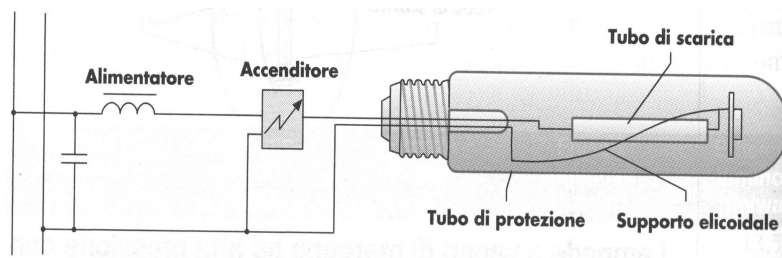
Alta efficienza luminosa
Elevata temperatura di colore
Elevata resa cromatica

Contro

Costo maggiore rispetto alle lampadine ad incandescenza
Minore durata e affidabilità rispetto alle semplici vapori di mercurio
Contiene sostanze nocive

Lampade a vapori di sodio ad alta pressione 3.3.4

La lampada è costituita da un tubo di materiale ceramico a base di ossido di alluminio, nella quale è contenuto il sodio metallico che, dopo l'inniseco viene vaporizzato ed è sede della scarica.



Pro

Elevatissima efficienza luminosa

Contro

Bassa resa cromatica
Contiene sostanze nocive

Lampade a vapori di sodio a bassa pressione 3.3.5

L'ampolla tubolare è ripiegata ad "U" e contiene sodio metallico e gas neon a bassa pressione.

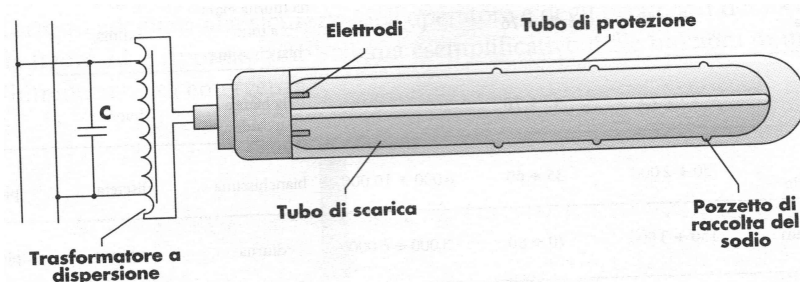
L'alimentatore è un autotrasformatore elevatore che fornisce, allo spunto, la tensione sufficiente a innescare una prima scarica nel neon.

Pro

Elevatissima efficienza luminosa

Contro

Bassa resa cromatica (luce monocromatica)
Contiene sostanze nocive
Raggiungimento del regime di funzionamento relativamente lungo



Problematiche relative alle lampade fluorescenti compatte 3.3.6

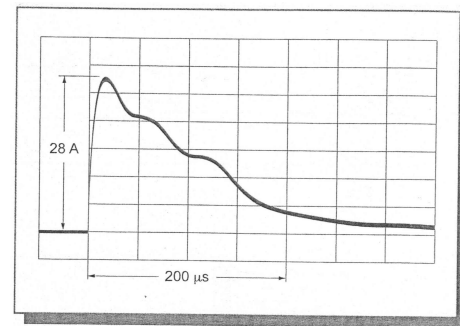
La crescente diffusione delle lampade fluorescenti compatte ha messo in evidenza alcuni problemi che di seguito verranno riportati:

-Dimmer: la maggior parte delle lampade a fluorescenza non sono compatibili con i regolatori di luce a taglio di fase. Il dimer può provocare l'instabilità della luce emessa, danni all'elettronica e conseguente riduzione della vita;



-Effetto flash: questo fenomeno è dovuto ad una piccolissima corrente che scorre nel circuito elettrico anche quando l'interruttore è aperto. Questa corrente è causata da alcuni tipi di interruttori dotati di spia luminosa o dalla capacità che si crea tra i conduttori dell'impianto elettrico. Questa piccola corrente va a caricare il condensatore posto all'interno della lampada. Una volta carico, inizia il processo di innescamento del tubo fluorescente che termina subito dopo, in quanto l'energia immagazzinata dal condensatore è troppo piccola. Si assiste quindi a ripetuti processi di accensione che provocano dei flash della lampada;

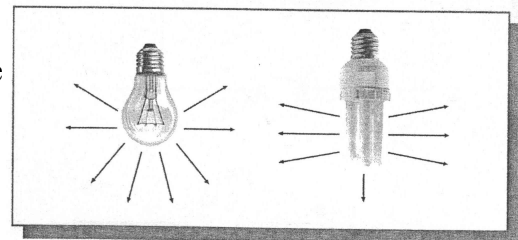
-Corrente di inserzione: la corrente di inserzione di una lampada fluorescente compatta raggiunge un picco di 23-30A per la presenza del condensatore sopra accennato. Se il circuito alimenta decine di lampade fluorescenti compatte, la corrente di inserzione totale può superare la soglia di intervento dell'interruttore automatico;



-Armoniche: le lampade fluorescenti compatte, specie di piccola taglia, assorbono una corrente deformata (terza armonica). Le correnti di terza armonica sulle fasi non si compensano, ma si sommano aritmeticamente sui conduttori di neutro. Occorre quindi che il conduttore di neutro abbia la stessa sezione dei conduttori di fase;

-Dimensioni: le lampade fluorescenti compatte hanno delle dimensioni maggiori rispetto a quelle ad incandescenza, e possono sorgere problemi per la sostituzione;

-Illuminotecnica: una lampada ad incandescenza emette una quantità di luce pressoché costante in tutte le direzioni, mentre le lampade a fluorescenza compatte la emettono principalmente ai lati;



-Colore della luce: la luce messa da un filamento ad alta temperatura ha una tonalità calda con un alto indice di resa cromatica. Le lampade fluorescenti, a seconda dei fosfori utilizzati, possono avere differenti tonalità di luce anche con bassi valori di resa cromatica.

Led 4.0

Nati poco più di 40 anni fa per sostituire le ingombranti lampadine spia, i diodi luminosi vedono aprirsi innanzi a loro un futuro nell'illuminazione, soprattutto da quando i modelli ad alta efficienza a luce bianca. E' certo che nel giro di pochi anni le lampadine saranno tutte a Led.

Attualmente circa il 10% dell'energia elettrica prodotta nel mondo (20000TWh) viene utilizzata per l'illuminazione artificiale; è stato calcolato che, se per tutti i tipi di illuminazione venissero utilizzate sorgenti Led, questo scenderebbe quasi al 5%. Il risparmio di energia derivato è pari alla produzione di energia elettrica annuale di ben 100 centrali nucleari di nuova generazione (da 10TWh anno). Sebbene costi più di una lampadina, il led a parità di luce prodotta presenta una maggiore durata, maggiore robustezza, dimensioni ridotte, sicurezza all'uso e alta efficienza.

Storia 4.1

L'idea di usare un diodo come lampadina spia nacque quando venne scoperta l'attitudine dei diodi a semiconduttore di emettere una radiazione luminosa, sebbene si dovette attendere di trovare il materiale giusto in quanto non tutte le giunzioni emettono luce visibile.

In elettronica Led è l'acronimo di Light Emitting Diode (diodo a emissione luminosa).

Il primo led venne sviluppato nel 1962 da Nick Holonyak (ricercatore della General Electric).

I primi diodi led erano disponibili solo nel colore rosso e venivano utilizzati nei circuiti elettronici come indicatori, display e optoisolatori. Negli anni novanta vennero realizzati led con efficienza sempre più elevata e in una gamma di colori sempre maggiore.

Funzionamento 4.2

Tutto nasce dalla giunzione PN, una struttura formata da materiale semiconduttore "drogato" che costituisce il diodo. Quando la giunzione PN conduce, per far spostare un elettrone dalla zona N in una lacuna lasciata dalla carenza di un elettrone di un atomo di drogante nella zona P, occorre fornirgli una certa energia. Questa energia si chiama lavoro di estrazione e vale $W_0=e*V$ dove e ($1,6*10^{-9}C$) corrisponde alla carica elettrica di un elettrone e V al potenziale di estrazione (vedi tabella). Come già si saprà, l'elettrone tende a ritornare nella posizione originale rilasciando così l'energia precedentemente utilizzata per lo spostamento. La stessa cosa accade nel diodo dove l'energia "restituita" dall'elettrone viene ceduta sotto forma di radiazione elettromagnetica, la cui frequenza è legata dalla formula: $W_0=h*f$ dove h è la costante di Plank ($6,6*10^{-34}Js$) mentre f è la frequenza. La frequenza è a sua volta legata alla lunghezza d'onda (λ) dalla relazione: $f=c/\lambda$ dove c è la velocità della luce nel vuoto ($300000km/s$).

COLORE DELLA LUCE	TENSIONE DI SOGLIA
Rosso	1,8
Arancione	1,9
Giallo	2
Verde	2,2
Blu	3,5
Bianco	3,5

I composti usati sono: Arseniuro di gallio (GaAs, rosso scuro), Arseniuro di gallio e alluminio (GaAlAs, varie tonalità di rosso), Fosforo e arseniuro di gallio (GaAsP, arancine e giallo), Fosforo di gallio e alluminio (GaAlP, verde), Nitruro di gallio (GaN, verde scuro e blu), Nitruro di gallio e indio (InGaN, blu e bianco), Seleniuro di zinco (ZnSe, blu), Carburo di silicio (SiC, blu e binco).

Particolare attenzione la meritano i led bianchi, che sono ottenuti usando come base i diodi a luce blu e inserendo nella struttura che li compone uno strato di fosfori in grado di convertire l'emissione blu in luce bianca. Il bianco si può ottenere anche come somma di led tricolori RGB.

Luminosità del led 4.3

Risolto il problema del colore i ricercatori hanno dovuto fare i conti con l'emissione luminosa. L'intensità luminosa dipende da molti fattori, quali il livello di drogaggio, la struttura della giunzione, il rendimento quantico e la corrente diretta.

Il primo fattore che determina l'intensità della luce è certamente il rapporto tra i fotoni emessi e gli elettroni che ritornano al loro posto durante la polarizzazione diretta e che prende il nome di rendimento quantico interno; più importante è il rendimento quantico esterno cioè, cioè il rapporto tra fotoni usciti dalla giunzione e quelli liberati. Ricapitolando: per ogni elettrone ricombinato si produce un fotone, ma solo una piccola parte di questi escono dalla giunzione.

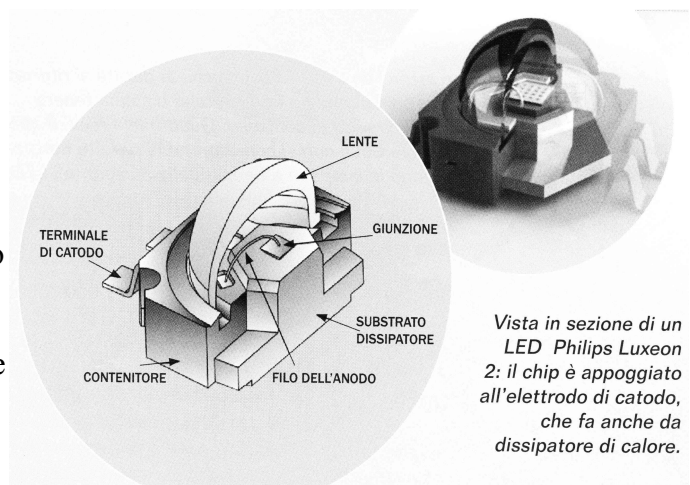
Di solito il rendimento quantico esterno (η_e) è inferiore al 10%.

La luminanza (candele/m²) del led è definita dalla seguente formula: $L = ((3,94 * \eta_e * \eta_o * J) / \lambda) * (A_j / A_s)$ dove η_o è il rendimento dell'occhio umano (lumen/watt), J è la densità di corrente della giunzione (A/cm²) e A_j / A_s è il rapporto tra l'area di giunzione e quella emittente la luce e λ è la lunghezza d'onda (μm). Per ottimizzare l'intensità luminosa, gli sforzi degli scienziati sono stati mirati soprattutto a realizzare giunzioni capaci a sopportare grandi flussi di corrente. Se da un lato consente di ottenere alti valori di intensità luminosa, dall'altro comporta una riduzione del tempo di vita del led a causa dell'aumento della velocità di deterioramento della giunzione causato dalle alte temperature raggiunte.

Tipo di lampada	Intensità luminosa max (cd)	Resa (lumen/watt)	Durata (ore)
A incandescenza tradizionale	40÷240	8÷15	1.000÷1.500
Alogena	28.000	18÷25	2.000÷3.000
A neon	20÷900	40÷100	5.000÷8.000
A vapori di mercurio	30.000	80÷100	10.000÷12.000
A vapori di sodio	50.000	120÷200	5.000÷6.000
LED bianchi	5÷200	70÷150	60.000÷120.000

Tecnologia costruttiva 4.4

Dato che la luce esce dalla giunzione P, la giunzione del led si costruisce in verticale e si appoggia sul catodo (regione N); inoltre la stessa regione P, proprio perchè deve far fuoriuscire la luce, è la più sottile e trasparente possibile. Per minimizzare la copertura del lato P, l'elettrodo di anodo è un piccolissimo filo saldato sulla superficie. Una delle cause del calo di efficienza quantica esterna dipende sia dalla struttura cristallina che dalla tecnologia con la quale il semiconduttore viene prodotto, oltre che dallo spessore della giunzione e dal drogante utilizzato. Un piccolo accorgimento usato è quello di utilizzare la resina che riveste e protegge il semiconduttore anche come lente per migliorare così l'indice di rifrazione.



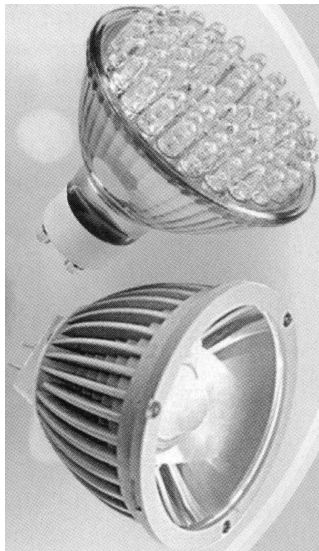
Diodi high-power e multigiunzione 4.5

Uno dei modi per realizzare lampadine allo stato solido consiste nell'utilizzare singoli led capaci di fornire elevati calori di flusso luminoso e per lavorare con elevati corrente: si tratta dei cosiddetti diodi high-power. Le giunzioni che li compongono sono abbastanza estese e vengono fissate su supporti di alluminio che permettono di dissipare il calore prodotto. Diversamente dai comuni led che possono dissipare circa 100-160mW, gli high-power lavorano con potenze nell'ordine di 1-5W.

Esistono anche versioni composte da più giunzioni collegati in serie-parallelo, tutte sotto la stessa cupola protettiva. Un led high-power può, da solo, realizzare una lampadina da casa, capace di sviluppare anche 130 lumen di flusso luminoso. Degli ottimi esempi sono i Gleden Dragon della Osram capaci di produrre ben 70 lumen, quanto alla Philips essa produce ad esempio i Luxeon2 da 140 lumen/watt e ha in fase di prototipo i Luxeon4 da ben 160 lumen/watt.



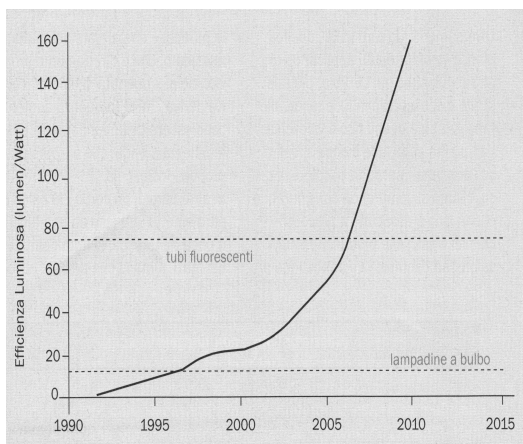
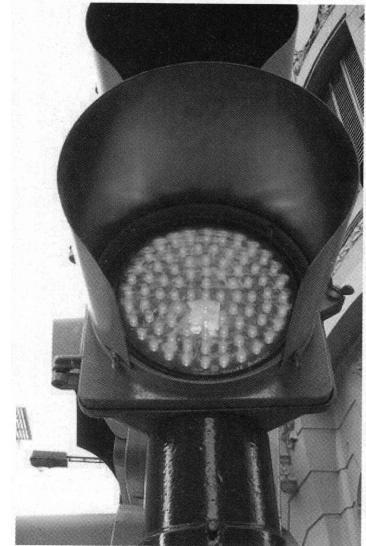
Vantaggi e applicazioni 4.6



Tutte le caratteristiche e i numeri utilizzati per descrivere le lampade tradizionali non impensieriscono affatto il piccolo led, che risponde colpo su colpo: sul piano della luce prodotta è possibile ottenere praticamente qualsiasi tinta cromatica e temperatura di colore (laddove non sia possibile con un solo diodi possono realizzare lampadine combinando led di diverse tonalità).

Sul piano dell'efficienza come già detto il led ha ormai raggiunto le lampade a vapori di sodio o mercurio. Dove il diodo luminoso vince, è certamente negli ingombri, nel calore prodotto (scalda pochissimo rispetto la totalità delle altre lampade) e nella robustezza (infatti è l'unica lampadina che se anche cade per terra non si rompe) e nella durata che è certamente quella più lunga. Se ciò aggiungiamo il fatto che i led possono essere accesi e spenti

istantaneamente e richiedono circuiti di alimentazione molto semplici. La possibilità di impiegare più lampadine pr una singola luce spiega la crescente diffusione nel campo della segnaletica stradale e ferroviaria, se anche un diodo si guasta il semaforo funziona egualmente. Si pensi anche al campo dei trasporti e automobilistico.



Nel rendimento complessivo di una lampada, bisogna certamente considerare anche l'efficienza dell'alimentatore e del corpo irradiante. Nella tabella sottostante vengono messe di nuovo a confronto le varie tipologie di lampada analizzando questi importanti fattori. E' facile ora notare come il led si pone al primo posto: esso non necessita di alcun corpo irradiante (se non la cupola in resina che già possiede) e l'efficienza dell'alimentatore (regolatore di corrente a PWM) è sicuramente in linea con il rendimento degli altri alimentatori.

Tipo di lampada	Resa (lm/watt)	Efficienza dell'alimentatore (%)	Efficienza del corpo irradiante (%)	Efficienza complessiva (lm/watt)
A incandescenza tradizionale	8÷15	Non serve alimentatore	30÷50	2,4÷7,5
Alogena	18÷25	Non serve alimentatore	30÷50	5,4÷12,5
A neon	40÷100	80÷87	60÷70	19,2÷60,9
A vapori di mercurio	80÷100	80÷87	60÷70	38,4÷60,9
A vapori di sodio	120÷200	80÷87	60÷70	57,6÷121,8
LED bianchi	70÷150	85	95	50,6÷121,1

Unica nota di demerito da riportare per questo tipo di tecnologia è il costo. Infatti una lampadina a led costa oggi, a parità di flusso luminoso emesso, circa 15 volte una lampadina a filamento. Questo obiettivo sarà comunque centrato con l'incremento della produzione e delle vendite, in un orizzonte temporale di un paio di anni circa.

Fotometria 5.0

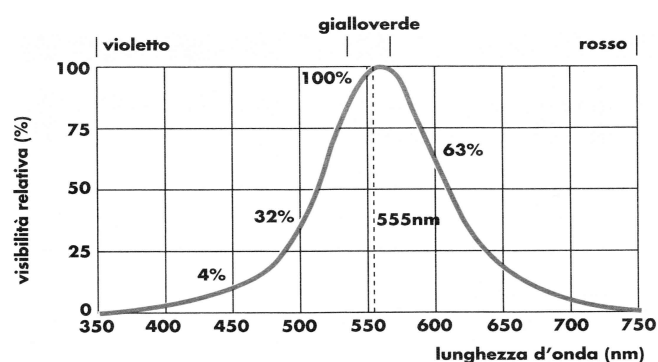
La luce è una sensazione prodotta sull'occhio umano da onde elettromagnetiche.

Le onde elettromagnetiche sono caratterizzate da una lunghezza d'onda λ e una frequenza f legate tra di loro dalla relazione: $v = \lambda * f$ in cui v è la velocità della luce nel vuoto (300000Km/s).

Nella tabella sottostante vengono riportati le lunghezze d'onda relative a diversi colori percepiti.

Lunghezza d'onda [nm]	colore
380 + 420	violetto
420 + 495	blu
495 + 566	verde
566 + 589	giallo
589 + 627	arancio
627 + 780	rosso

Ai fini cromatici l'occhio possiede una sensibilità accentuata in corrispondenza del colore giallo-verde (circa 555nm).



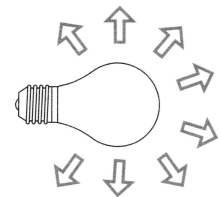
Analizzeremo in seguito le principali grandezze fotometriche:

-Temperatura di colore: Il colore associato a una data radiazione può essere determinato confrontandolo con quello della radiazione emessa da un corpo nero, cioè la temperatura, espressa in gradi kelvin, a cui occorre portare il corpo nero affinché emetta una radiazione di colore identica a quella della radiazione emessa dalla sorgente in esame;

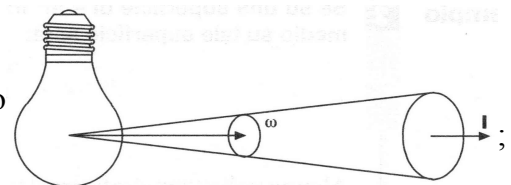
Sorgente luminosa	Temperatura [K]
<i>Naturale</i>	
Cielo blu intenso sereno	16 000 - 26 000
Cielo parzialmente coperto	8 000 - 16 000
Cielo coperto uniformemente	5 500 - 8 000
Cielo a mezzogiorno	4 500 - 5 500
Luna	4 000
<i>Artificiale</i>	
Lampada a scarica	3 000 - 24 000
Lampada fluorescente	5 500 - 7 000
Lampada a incandescenza	1 600 - 3 500

-Resa cromatica: Essa rappresenta l'attitudine di una sorgente luminosa a rendere i colori di degli oggetti illuminati più o meno naturali. Per valutare le qualità di resa cromatica di una sorgente luminosa si ricorre al metodo CIE 1965. Esso consiste nel "misurare" come varia passando un certo numero di piastine colorate prrim sotto la lampada in esame e poi sotto una campione. Il valore massimo di questo indice è pari a 100;

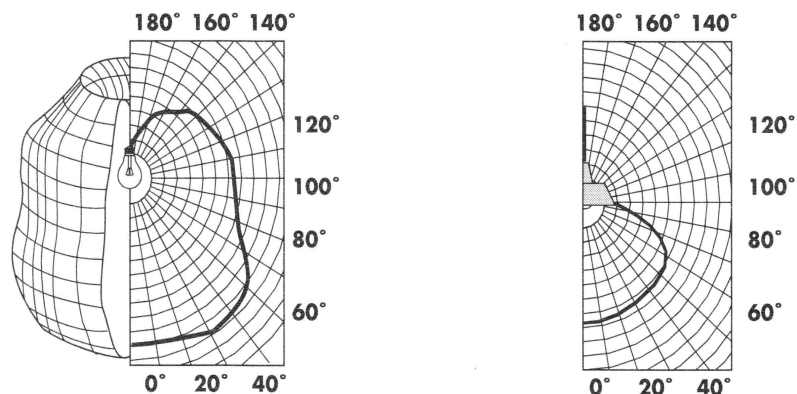
-Il flusso luminoso Φ è la quantità totale di luce emessa da una sorgente luminosa nell'unità di tempo viene misurato in lumen (lm);



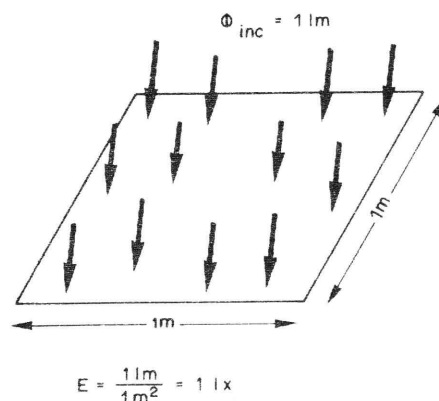
-L'intensità luminosa I è il flusso luminoso irradiato (Φ), in una determinata direzione, per unità di angolo solido. L'unità di misura è la candela (cd) $I = d\Phi/d\Omega$



-Curve fotometriche: Nella realtà la distribuzione della luce di un apparecchio illuminante non è uniforme in tutte le direzioni. Tale distribuzione viene rappresentata graficamente dalla curva fotometrica di cui riportiamo un paio di esempi;

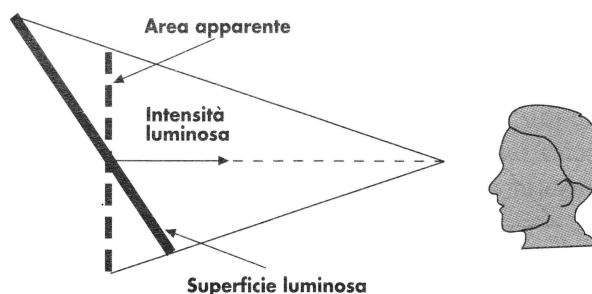


-Illuminamento E è il rapporto fra il flusso luminoso ricevuto da un elemento di superficie e l'area di questo elemento di superficie. L'unità di misura è il lux. Il lux è l'illuminamento prodotto da un flusso di 1 lumen distribuito in modo uniforme su una superficie di 1m^2 ;

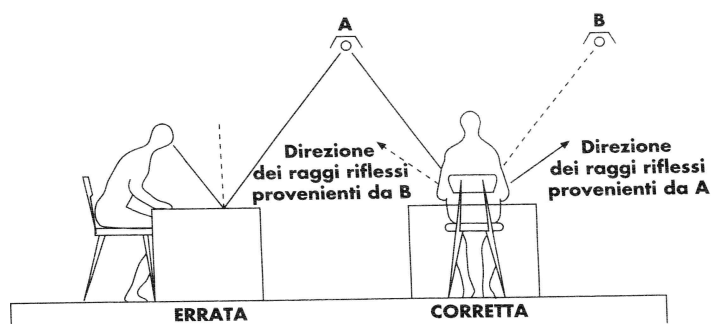


-Efficienza luminosa η è il rapporto tra il flusso luminoso Φ , espresso in lumen, emesso da una lampada, e la potenza elettrica assorbita P_a , assorbita in watt: $\eta = \Phi / P_a$
L'unità di misura è il lumen/watt (lm/w);

-Luminanza L è definita come il rapporto tra l'intensità proveniente da una superficie luminosa in una data direzione e l'area apparente di quella superficie: $L = I / A_a$
si misura in candele per metro quadrato (cd/m^2);



-Abbagliamento: Se nel campo dello sguardo cadono direttamente sorgenti luminose o il riflesso di esse od oggetti di lumianza troppo elevata, l'occhio rimane abbagliato e quindi non distingue più correttamente gli oggetti.

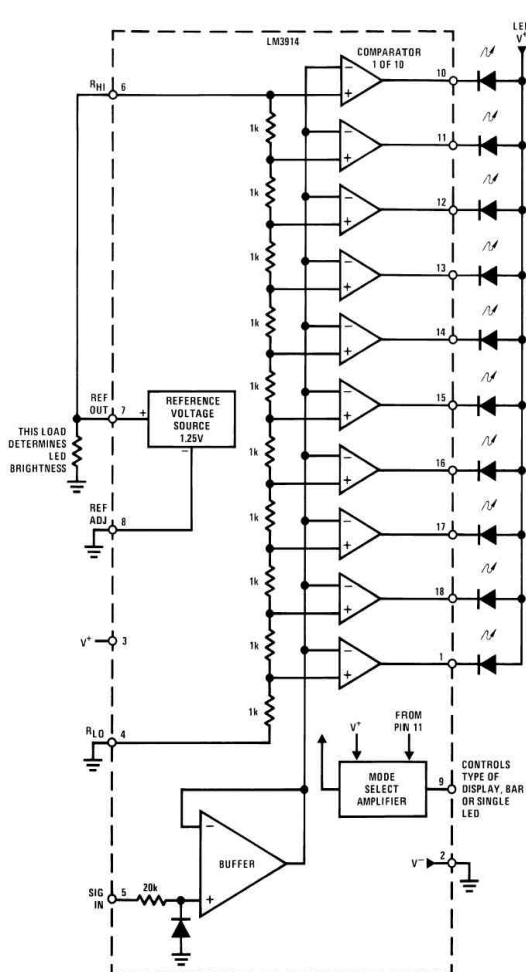


Il progetto 6.0

Come già ampiamente descritto i led saranno sicuramente in un futuro non troppo lontano la principale fonte luminosa; che ci garantirà anche un notevole risparmio energetico. Per questo ed altri motivi ho deciso di cimentarmi nella realizzazione di una semplice lampada a led.

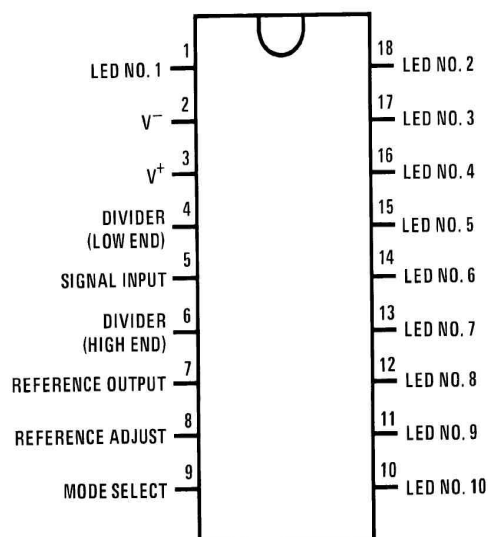
Funzionamento del circuito integrato 6.1

Per la realizzazione di questa lampada ho voluto inserire un valore aggiunto che consiste nella possibilità da parte della lampada di analizzare attraverso un opportuno sensore la luminosità ambientale e di regolare di conseguenza il flusso luminoso emesso. Il controllo di luminosità avviene attraverso la semplice variazione del numero di led accesi. Il cuore del circuito di controllo consiste in un circuito integrato siglato LM3914.



Nella foto a lato è possibile vedere il diagramma a blocchi che è in grado di dare un'idea generale sul circuito. Un buffer con ingresso ad alta impedenza lavora con segnali fino a 12V, restando comunque protetto da eventuali picchi e inversioni di segnale. Ora il segnale viene applicato ad una serie di 10 comparatori; ciascuno dei quali parte da un livello di confronto diverso impostato dalla stringa di resistenze.

Nell'esempio illustrato, la stringa di resistori è connessa con la tensione di riferimento interna pari a 1,25V. In questo caso, per ogni incremento del segnale in ingresso di 125mV, un comparatore accende un altro led di indicazione. Questo partitore di tensione può essere connesso tra due differenti tensioni, sempre che sia minore di 1,5V rispetto V^+ e non minore di V^- .

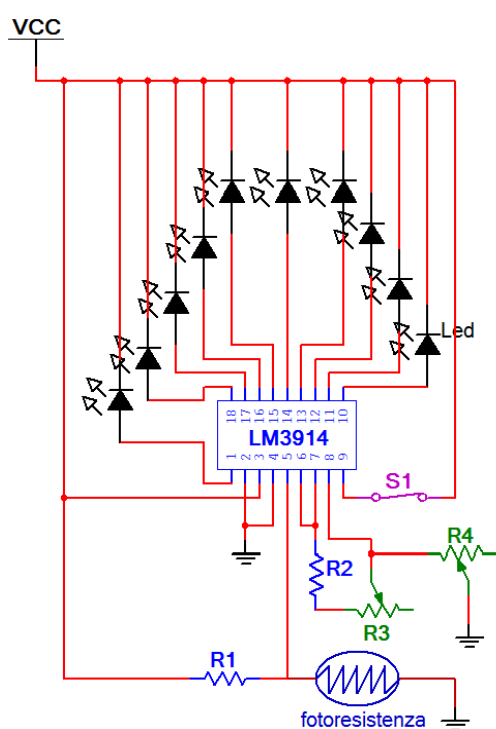


Per capire meglio il funzionamento dell'integrato è necessario analizzare la funzione svolta da ogni singolo piedino:

- I piedini dall 10 al 18 compreso l'1 sono le uscite dei 10 comparatori, e vanno collegati i 10 led di segnalazione;
- I piedini 2 e 3 sono rispettivamente i piedini dell'alimentazione positiva e negativa;

- Il piedino 4 fa capo alla parte finale del partitore di tensione formato dalle 10 resistenze;
- Il piedino 5 è dove bisogna applicare il segnale in ingresso;
- Il piedino 6 fa capo alla parte iniziale del partitore di tensione;
- Il piedino 7 è l'uscita della tensione di riferimento interna. Da notare che la corrente in uscita da questo piedino determina la corrente da far scorrere nei led;
- Il piedino 8 fa capo al generatore di tensione di riferimento interno. Attraverso questo piedino è quindi possibile modificare la relativa tensione di riferimento;
- Il piedino 9 controlla il modo di funzionamento della barra di led. Quando connesso a V^+ vengono accesi oltre al led di soglia anche quelli minori di questo. Se il piedino non viene collegato si ha l'accensione del solo led interessato.

Schema del circuito 6.2



$$R_1=300k\Omega$$

$$R_2=680\Omega$$

$$R_{3,4}=2,2K\Omega$$

Con lo schema del circuito qui a fianco è possibile analizzare il funzionamento. Il segnale da analizzare arriva da un partitore di tensione tra R_1 e la fotoresistenza.

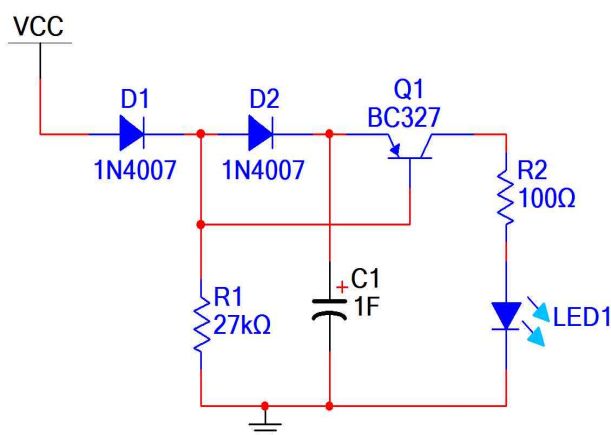
La fotoresistenza non è altro che un componente che varia la propria resistenza a seconda della luce con cui viene "investito". Più aumenta il buio più la fotoresistenza aumenta il suo valore ohmico; viceversa se viene illuminata la sua resistenza diminuirà.

Più aumenta il buio più la fotoresistenza aumenta la sua resistenza e più alta sarà la tensione in uscita dal partitore; quindi i led accesi aumenteranno di numero. Il meccanismo inverso avviene quando la luminosità ambientale aumenta.

Attraverso il trimmer R_3 è possibile modificare la luminosità dei led. Per sicurezza è stata comunque inserita una resistenza R_2 in serie al trimmer così da limitare la corrente a circa 20mA. La formula per calcolare la corrente che scorre nei led è stata ricavata dal datasheet:

$$I_{led}=12,5/R_2$$

Attraverso il trimmer R_4 è possibile modificare la tensione di riferimento generata internamente, andando a modificare così la sensibilità di risposta della lampada. Ciò permette di adattare il funzionamento della lampada ad ogni esigenza.

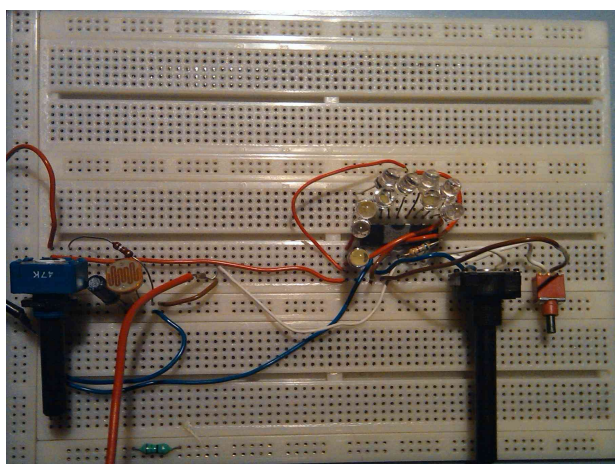


In unione alla semplice lampada con modulazione della luminosità ho pensato di unire anche un piccolo circuito elettronico che ha la funzione di accendere un piccolo led in caso di black-out. Il funzionamento del circuito è molto semplice: un interruttore elettronico che accende il led bianco è costituito dal transistor BC327 che entra in conduzione quando manca la tensione alla base del transistor.

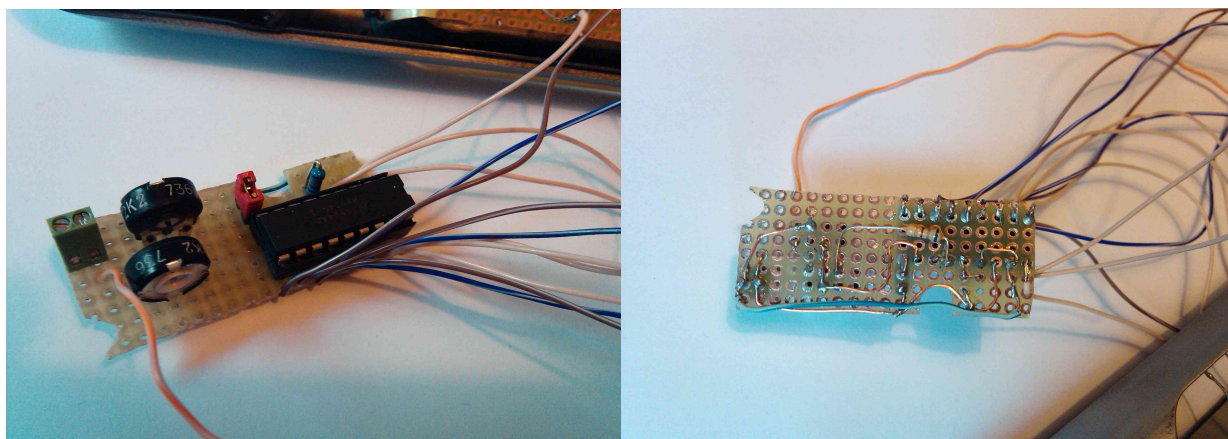
Come accumulatore non ho utilizzato una piccola batteria ma ho preferito utilizzare un condensatore ad alta capacità, in grado di garantire parecchi minuti di autonomia e con la comodità della completa mancanza di manutenzione.

Costruzione pratica 6.3

Prima della realizzazione definitiva del progetto sono state eseguite numerose prove finalizzate al perfezionamento e alla risoluzione di alcuni problemi riscontrati. In primo luogo il montaggio è stato eseguito in una basetta sperimentale detta anche breadboard.

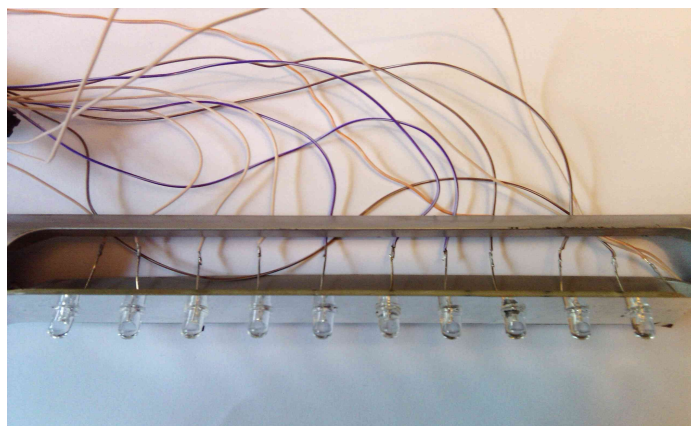


Per il montaggio definitivo del circuito, vista la semplicità ho preferito optare per la basetta mille fori.

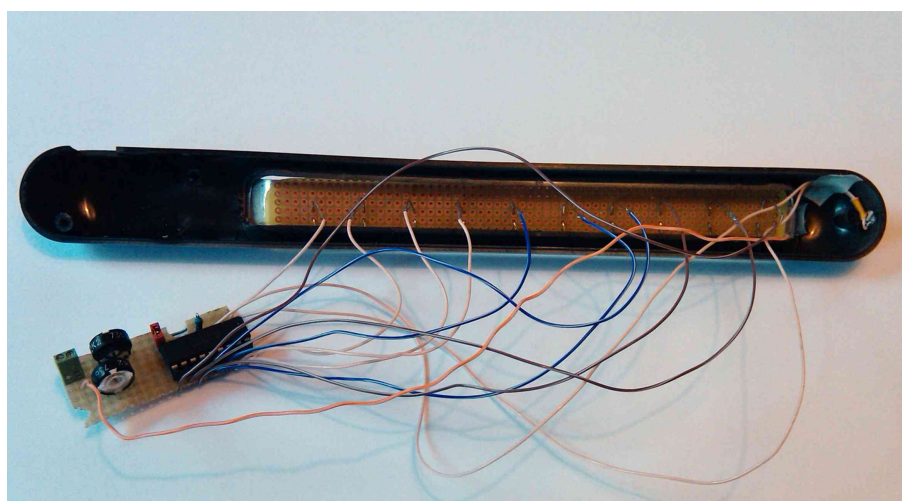


Nella foto a sinistra è rappresentato il circuito nella sua parte superiore è possibile vedere i due trimmer e l'integrato. I fili che partono dal circuito vanno a collegarsi ai singoli led.

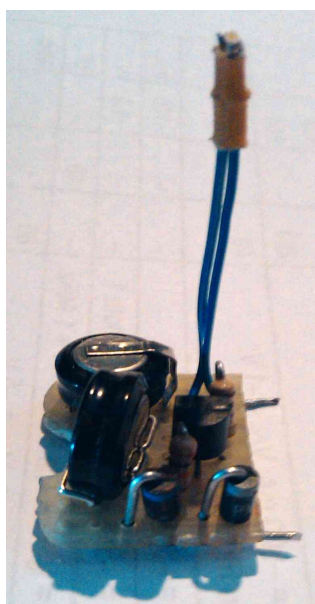
Nelle foto a destra è possibile vedere il circuito nella parte inferiore.



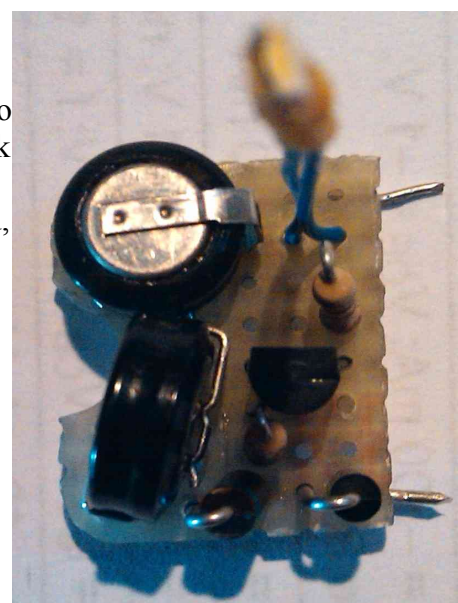
Nella foto superiore è possibile vedere i 10 led. Anche essi sono stati montati sulla basetta mille fori, è possibile vedere i fili di collegamento.

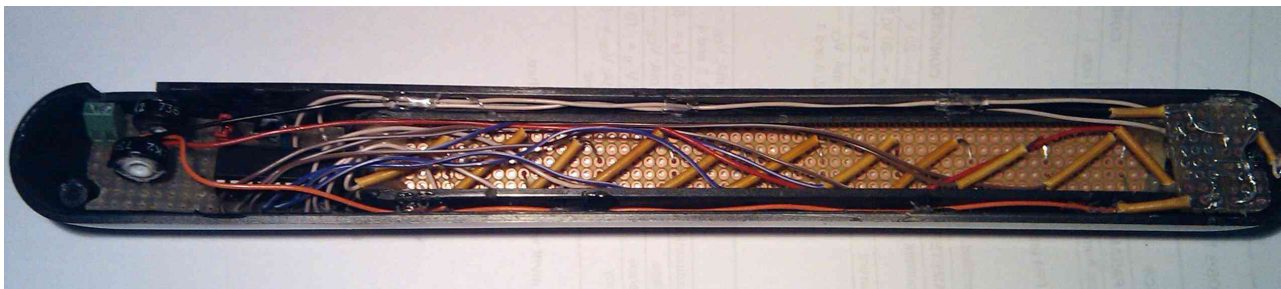


In questa foto è possibile vedere come è composta la lampada nel suo insieme. Si noti in alto a destra la fotoresistenza che è stata inserita nel corpo di plastica attraverso un piccolo foro. Il corpo della lampada è stato recuperato da una vecchia lampada con tubo a catodo freddo.

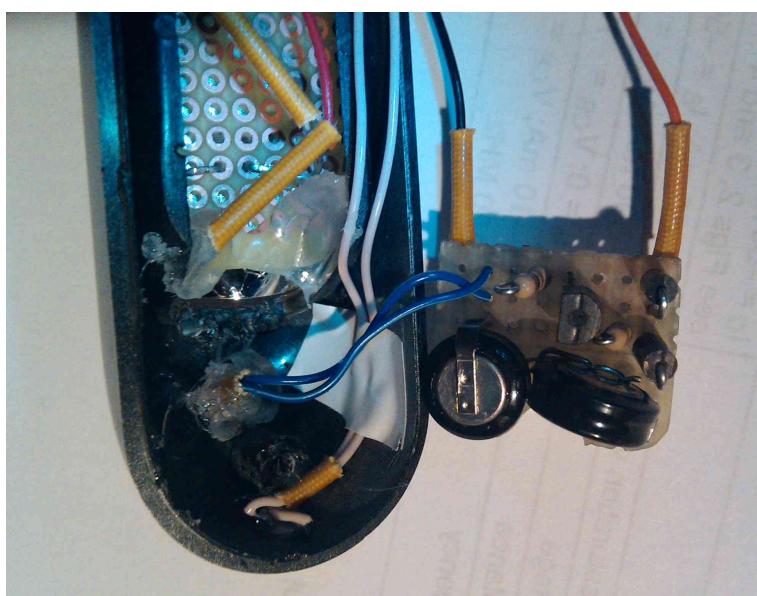


Nelle foto a sinistra e destra è raffigurato il circuito che garantisce in caso di black out una piccola luce di emergenza. Ho utilizzato un piccolo led in formato smd, che pur garantendo un buono flusso luminoso ha delle dimensioni molto ridotte rispetto ai normali led utilizzati. E' possibile notare anche i due condensatori ad alta capacità che sostituiscono un comune accumulatore.





Nella foto sovrastante è possibile vedere la lampada una volta che tutti i vari componenti sono stati inseriti e fissati negli appositi spazi. A sinistra è presente il circuito che comanda l'accensione dei vari led a seconda della luminosità ambientale, mentre a destra è presente il circuito che svolge la funzione di lampada di emergenza.



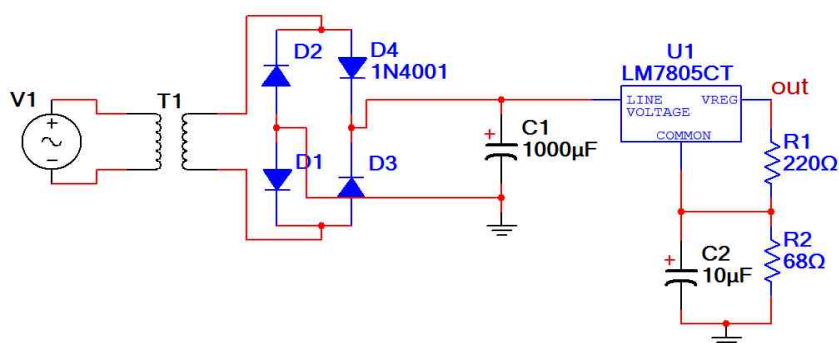
Nella foto in alto è possibile vedere nei particolari il led che fa a capo del filo blu e la fotoresistenza che fa a capo del filo rosa. Entrambi sono incastrati nel corpo plastico della lampada. Il piccolo circuito a parte verrà incastrato sopra.



In questa ultima foto è possibile vedere come si presenta la lampada. Si noti anche l'alimentatore del quale parleremo in seguito. Per motivi di spazio non è sta possibile inserirlo all'interno.

Alimentatore 6.4

L'alimentazione del circuito per motivi di spazio è garantita da un circuito esterno.

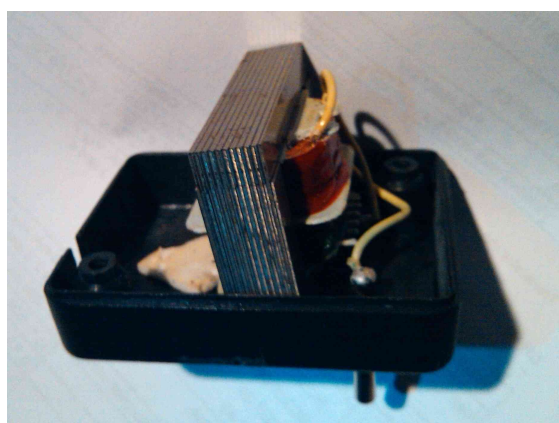


Come si può vedere dallo schema elettronico rappresentato nella figura precedente l'alimentatore della lampada è caratterizzato da un trasformatore seguito dal ponte raddrizzatore e dal filtro. La tensione in seguito viene stabilizzata da un LM7805. La lampada a led deve essere alimentata con una tensione di circa 6,5v, per questo motivo sono state aggiunte le due resistenze e il condensatore. Per il calcolo di R_1 e R_2 ho utilizzato le seguenti formule:

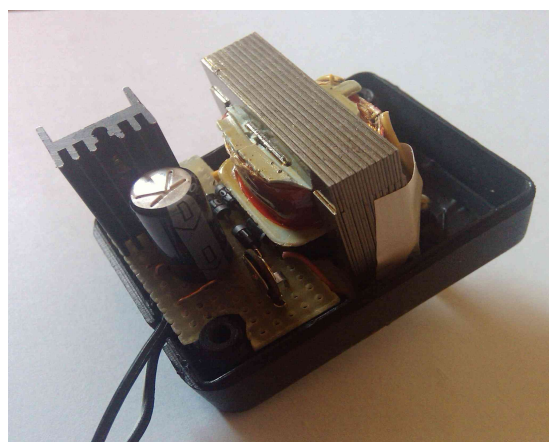
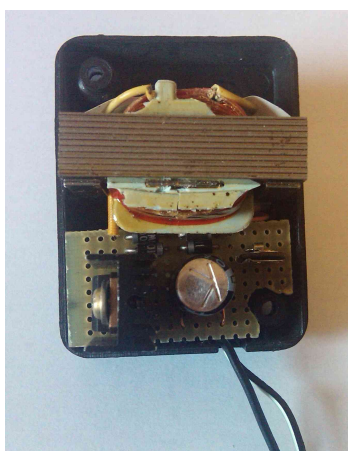
$$R_1 = V_{\text{integrato}} / 0,025$$

$$R_2 = (V_{\text{uscita}} - V_{\text{integrato}}) : 0,025$$

$$V_{\text{uscita}} = [(R_2/R_1) + 1] * V_{\text{integrato}}$$



A questo scopo ho recuperato un vecchio alimentatore in disuso. Ho tenuto solo il trasformatore vero e proprio mentre la parte elettronica essendo guasta è stata sostituita con una più adatta alle mie esigenze. Nella foto superiore è possibile vedere il trasformatore senza il circuito annesso.



In queste due foto è possibile vedere la realizzazione dell' alimentatore con l'inserimento del nuovo circuito elettronico.

Bibliografia e ringraziamenti 7.0

Tecnologie e disegno per la progettazione elettrica 1 Enea Bove, Paolo Guidi Edizioni Tramontana

Elettronica In rivista n.135

TuttoNormel ottobre 2010

Si ringraziano i professori ***** e ***** per il supporto.