

Principi di funzionamento e pilotaggio delle lampade EL

Le lampade a elettroluminescenza, soluzione ideale per garantire un'illuminazione uniforme in spazi ridottissimi, richiedono tecniche di driving complesse. La soluzione è l'utilizzo di un dispositivo "ad hoc"

Daniele Mastrilli

Il principio di funzionamento di un pannello EL (elettroluminescente) si basa sul pilotaggio con impulsi successivi di polarità inversa. Affinché ci sia emissione di luce, questi impulsi devono superare una soglia di solito intorno ai 200V. Un pannello EL piatto è una struttura a strati (layer) di materiale fosforoso con una ricopertura di materiale dielettrico sui due lati. Su un lato è presente un elettrodo trasparente di ITO (Indium Tin Oxide) disposto sulla superficie, mentre sull'altro è realizzato un elettrodo a deposizione di grafite, opaco. Questi strati, realizzati su un foglio di vetro, vanno a formare un leggero e sottile pannello EL.

In riferimento alla figura 1, una lampada a elettroluminescenza è una sorgente di luce su un supporto piatto e flessibile. Ha due terminali per la connessione elettrica.

L'applicazione di una tensione alternata sui due terminali della lampada garantisce un'emissione di luce uniforme da tutta la superficie.

In figura 2 sono mostrati alcuni esempi applicativi di lampade a elettroluminescenza. Il colore azzurro è tipico ma può variare e arrivare fino al bianco. In figura 3 si può osservare uno schema della costruzione della lampada, dove si evidenzia la presenza sulla parte

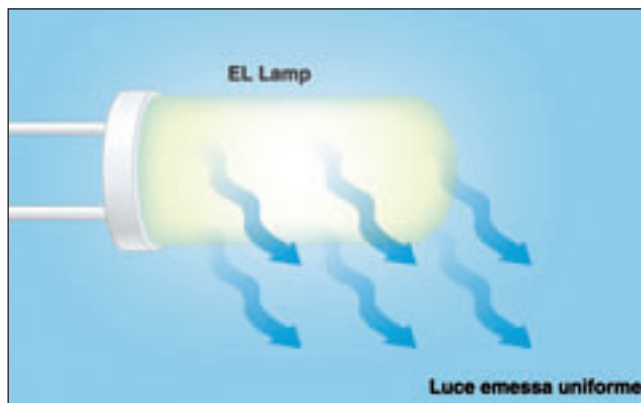


Fig. 1 – Una lampada a elettroluminescenza si può schematizzare come una sorgente di luce su un supporto piatto e flessibile

anteriore di un filtro di colore. In figura 4 viene invece descritta la struttura della lampada a elettroluminescenza e il principio di funzionamento. Molto schematicamente si osserva che i due lati della lampada sono rivestiti di materiale atto a preservare la lampada da agenti esterni.

Il fosforo, al centro, è polarizzato al fine di convertire l'elettricità in luce. Uno strato isolante dietro al fosforo impedisce il passaggio di corrente e trasforma l'impedenza della lampada, il carico del circuito di driving, in un condensatore. Il film posteriore al fosforo è di grafite mentre il film ITO posto davanti al fosforo non solo conduce elettricità, ma permette anche il passaggio della luce.

Considerando che gli elettrodi sono

dielettricamente isolati sia dal materiale fosforoso sia tra loro, il pannello elettroluminescente rappresenta un carico capacitivo verso l'elettronica di pilotaggio. Questa capacità può essere anche molto elevata se la dimensione del pannello aumenta e ciò comporta un livello di corrente di carica non trascurabile. La lampada a elettroluminescenza è molto usata come retroilluminazione di display dove sia necessaria un'illuminazione estremamente uniforme e si desideri ottenere un display particolarmente sottile, cosa che non è possibile ottenere con la tradizionale illuminazione a Led. Il Led ha sicuramente il vantaggio di lavorare solo in DC, presenta un basso ripple e lavora con tensioni comprese tra 2,4 e 3,5V. Anche il livello di corrente è più



Fig. 2 - Esempi applicativi di lampade a elettroluminescenza (fonte Easylumen)

basso rispetto a quello delle EL Lamp. La lampada EL, per contro, funziona solo in AC, con una tensione di $\pm 100V$ tipica; il carico è capacitivo e può richiedere picchi di corrente di una certa entità. I vantaggi sono, oltre all'uniformità di emissione e allo spessore sottile, la possibilità di variare il colore della luce (hue) e la sua intensità, o luminosità, agendo su frequenza e tensione. In verità, un uso troppo frequente di questa capacità di modificare le caratteristiche di emissione della lampada EL ne comporta una riduzione della vita. Tra le caratteristiche tipiche di una lampada a elettroluminescenza si possono menzionare:

- carico capacitivo fino a $3,5nF/in^2$;
 - tensione di pilotaggio di tipo alternato a circa 400Hz;
 - colore di emissione dipendente dalla scelta del fosforo ma variabile con la frequenza di pilotaggio;
 - tensione tipicamente compresa tra $100V_{p-p}$ e $200V_{p-p}$ e il cui valore influenza la luminosità;
 - luminosità influenzata anche dalla frequenza oltre che dal colore.
- La vita della lampada è di circa 5000 ore; essa non genera calore ma, a causa del tipo di pilotaggio, produce rumore udibile.

In ogni caso, l'adozione di tecniche di driving avanzate permette una sensi-

bile riduzione del rumore (per informazioni più dettagliate fare riferimento alla nota applicativa AN-H43 all'indirizzo www.supertex.com).

I fattori che influenzano la vita della lampada sono, oltre al tempo di utilizzo, anche la frequenza e la tensione. In figura 5 è riportato l'andamento della luminosità nel tempo (Fig. tipica). Per quanto concerne la variazione della vita di una lampada al mutare della frequenza, ciò è da verificare caso per caso. Nel seguito si daranno alcune informazioni di massima sull'effetto di frequenza e della tensione sul tempo di vita della lampada.

Driving delle lampade a elettroluminescenza

Di seguito verrà esaminato il funzionamento dei driver per EL Lamp di Supertex, azienda specializzata nel

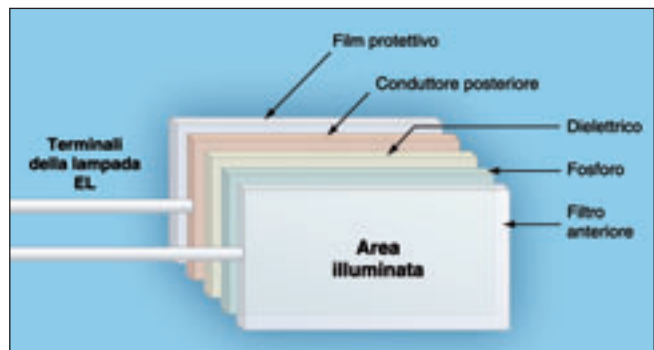


Fig. 3 - Schema costruttivo della lampada

pilotaggio di carichi capacitivi in alta tensione che trovano impiego nelle più svariate applicazioni - dai telefonini agli orologi per attività sportive che richiedono un'illuminazione uniforme del quadrante ai display dei lettori MP3 di ultima generazione, ultrapiatti e dal design accattivante.

I driver di questa società si differenziano dagli altri grazie a un brevetto sviluppato da Supertex. Essi sono costituiti da due sezioni funzionali integrate sul chip, una sezione di power conversion di boost per aumentare la tensione di ingresso al valore richiesto e una sezione di driving preposta alla generazione della tensione AC - secondo il progetto di Supertex - per l'eccitazione della lampada. Opportune regolazioni in entrambe le sezioni influenzano il consumo di corrente, la luminosità e la vita della lampada.

Gli interventi nella sezione di driving influenzano il colore e la tinta della lampada mentre quelli nella sezione di

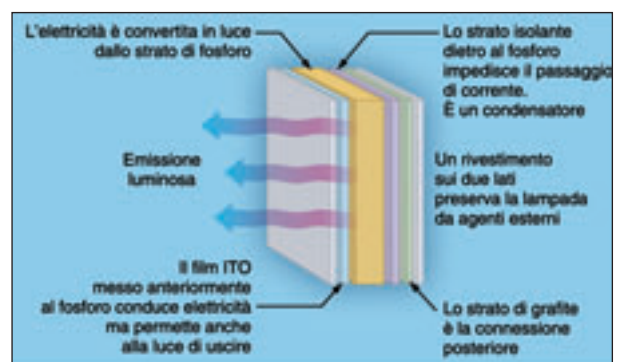


Fig. 4 - Struttura di una lampada a elettroluminescenza

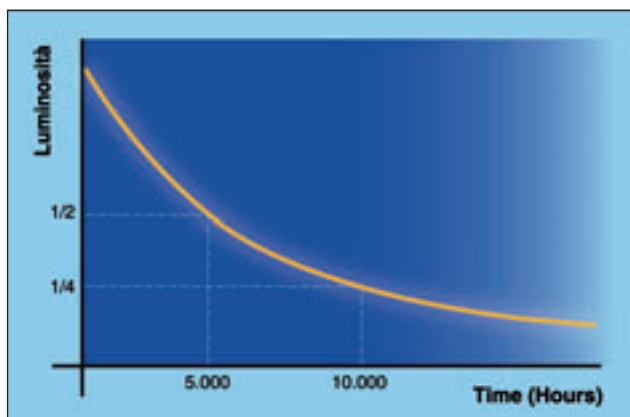


Fig. 5 - Andamento della luminosità in funzione del tempo

è di tipo quasi lineare. La maggior parte dei costruttori di lampade pubblicano grafici che riportano questa relazione per diversi tipi di lampada. La tensione di eccitazione tipicamente va da $60 V_{p-p}$ a $200 V_{p-p}$, con frequenza comprese tra 60Hz e 1KHz.

Per contro, l'incremento della tensione oppure della frequenza ha effetti negativi sulla vita della lampada. Di solito questa diminuisce in maniera più sensibile all'aumentare della frequenza piuttosto che all'incremento della tensione. La lampada ad elettroluminescenza, a differenza di altre sorgenti di luce, non "muore" repentinamente, ma la sua luminosità diminuisce molto gradualmente con l'uso. Nel caso di utilizzi a intermittenza, per esempio 20 minuti al giorno, in dieci anni la lampada viene usata per un totale di 1216 ore, quindi perfettamente entro la sua durata di vita. Se l'aspettativa di vita del prodotto finito è appunto di dieci anni, è possibile pilo-

potenza possono assicurare la compatibilità tra sistemi.

Ogni sezione può essere configurata indipendentemente per ottimizzare il circuito in funzione del pannello elettroluminescente e delle scelte progettuali.

Criteri di scelta di una lampada a elettroluminescenza

In ogni design basato su lampade ad elettroluminescenza, la fase iniziale è proprio la scelta della lampada. Dal momento che le lampade sono laminate, presentano al driver una capacità nell'ordine dei 2,5nF fino a 3,5nF per pollice quadrato (carico equivalente della lampada). Quando si applica un'alta tensione attraverso gli elettrodi, il campo elettrico equivalente eccita gli atomi di fosforo a un livello energetico superiore - stato energetico eccitato. Quando la tensione è rimossa, gli atomi scendono a un livello energetico più basso, con emissione di luce. La lunghezza d'onda della luce emessa è determinata dal tipo di fosforo usato e dalla frequenza della tensione di eccitazione. Lo spettro di luce emessa tende a variare dal blu fino al bianco con l'aumentare della frequenza di eccitazione. Il colore è di solito controllato sia mediante la selezione

del tipo di fosforo, sia tramite l'introduzione di coloranti fluorescenti nel layer di fosforo o ancora con l'uso di filtri di colore posti sopra la lampada. Per ottimizzare la vita della lampada e la sua efficienza, essa va usata in conformità alle specifiche costruttive. La luminosità aumenta approssimativamente con il quadrato della tensione applicata. L'incremento della frequenza, oltre al colore, contribuisce all'aumento della luminosità, e la relazione

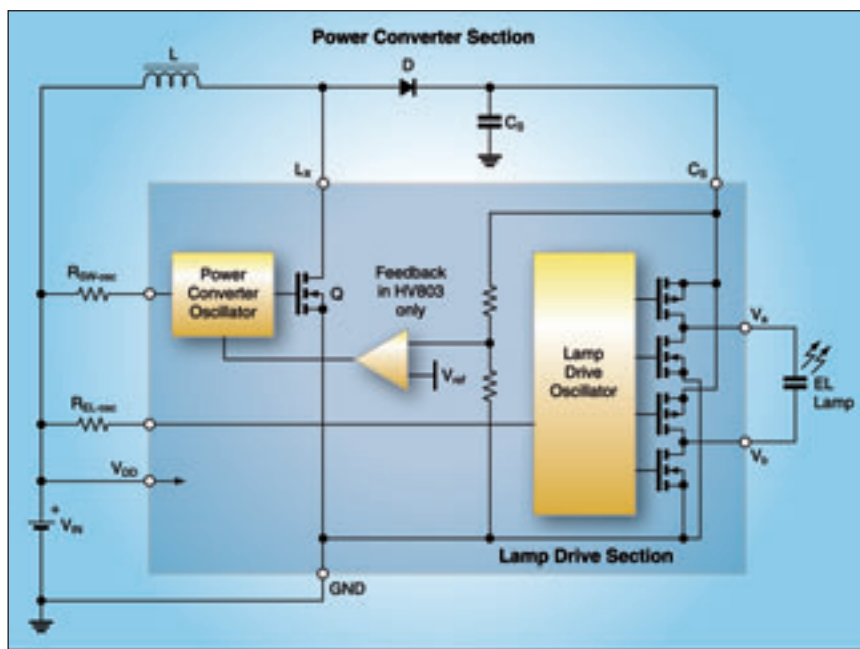


Fig. 6 - Schema a blocchi del circuito di pilotaggio HV803 di Supertex

tare la lampada al fine di ottimizzare il consumo di corrente, oppure il colore, la luminosità, a discapito del tempo di vita, che sarà dunque più breve. In altri termini, se non serve ottimizzare il tempo di vita perché si sa che il prodotto finale deve funzionare al massimo per una frazione del tempo di vita massimo della lampada, allora si può spostare la richiesta di progetto sull'ottimizzazione di altri parametri, quali colore, luminosità o consumo di corrente.

Una volta scelta la lampada sono note tensioni, frequenze, misure geometriche (area in pollici o centimetri quadrati), per cui risulta possibile iniziare a disegnare il circuito di driving.

La sezione di conversione della potenza

Per generare l'alta tensione necessaria per il pilotaggio delle EL Lamps si utilizza un convertitore switching di tipo flyback induttivo. I transistor ad alta tensione sono integrati nel chip, in modo da eliminare trasformatori rumorosi, di grandi dimensioni e costosi per la generazione delle alte tensioni di uscita. La frequenza è controllata mediante un resistore esterno. In questo modo risulta possibile scegliere la frequenza opportuna a seconda di varie esigenze di design – ad esempio la modalità di spostamento dei picchi di rumore su frequenze che non disturbino altre apparecchiature prossime alla lampada. In questo caso si sta prendendolo come esempio un dispositivo di EL driving tipico, come il modello HV803 (datato ma sempre efficace) di Supertex, il cui schema a blocchi è visibile in figura 6; naturalmente possono esserci delle variazioni a seconda del part number selezionato. Tra le più recenti novità della società si possono annoverare HV857, che permette di ridurre il rumore,

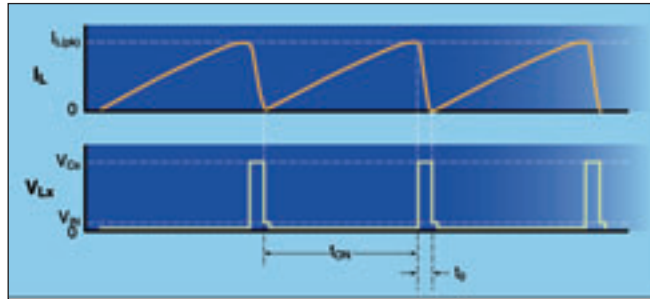


Fig. 7 – Andamento delle forme d'onda del convertitore

oltre a dispositivi duali e di tipo inductorless. Per comprendere appieno quanto segue è utile far riferimento allo schema a blocchi di figura 6 e sulle forme d'onda del convertitore schematizzate in figura 7. Il ciclo di conversione di potenza inizia quando il MOSFET Q si accende, stato ON, e la corrente fluisce nell'induttore L. Quando Q è spento, stato OFF, il fly-back induttivo causa l'inversione di tensione attraverso l'induttore, tensione che aumenta fino a che non raggiunge il livello di immagazzinamento di energia del condensatore C_s (cui va aggiunta la caduta del diodo rettificatore). A questo punto il diodo conduce e l'energia contenuta nel campo magnetico dell'induttore viene trasferita a C_s . Quando tutta l'energia dell'induttore è trasferita e la corrente dell'induttore scende a zero il diodo smette di condurre e la tensione dell'induttore va a zero, pronta per il prossimo ciclo. La potenza di uscita è semplicemente l'energia trasferita per ogni ciclo, moltiplicata per il numero di cicli al secondo. Di seguito sono riportate alcune equazioni che regolano il circuito suddetto, i cui parametri sono descritti come segue.

$$\text{Inductor Current: } I_L = \frac{V_{IN}}{R_{SW} + R_L} \left[1 - e^{-\omega (t_{ON} - \Delta t)} \right] \quad \text{Eq 1}$$

$$\text{Inductor Energy: } W_L = \frac{1}{2} L I_L^2 \quad \text{Eq 2}$$

$$\text{Output Power: } P_O = I_L (W_L - W_{RL}) \quad \text{Eq 3}$$

$$\text{Inductor Loss: } W_{RL} = \frac{1}{3} R_L I_L^2 t_d \quad \text{Eq 4}$$

Dove:

V_{IN} = Tensione di alimentazione

V_{CS} = Tensione di uscita

R_{SW} = Resistenza dello switch

R_L = Resistenza dell'induttore

L = Induttanza

f_c = Frequenza di conversione

t_{ON} = Tempo di ON dello switch = (duty cycle) / f_c

t_d = Tempo di scarica dell'induttore

$$t_d \approx \frac{L}{V_{CS} - V_{IN}} I_L$$

W_{RL} = Energia persa nella resistenza dell'induttore durante la scarica

Queste equazioni servono a illustrare le basi del funzionamento del convertitore e non tengono conto delle perdite del core ferromagnetico dell'induttore, delle perdite di rettificazione, delle capacità parassite e di altri parametri di secondo ordine del circuito. In ogni ciclo di conversione l'energia trasferita a C_s innalza la propria tensione fino a che non è arrivata a un livello stabile. Questo punto di lavoro stabile si ottiene in due modi, a seconda che la conversione avvenga ad anello aperto oppure ad anello chiuso. Nella conversione ad anello aperto V_{CS} si stabilizza quando si raggiunge un bilancio tra l'ammontare di energia trasferita a C_s e l'ammontare di energia consumata dal carico. Con carichi come quelli rappresentati dalle EL Lamp, l'energia consumata dal carico aumenta con la tensione applicata, così V_{CS} aumenta fino a che non viene raggiunto un bilancio tra l'energia consumata e quella distribuita. Non va

comunque dimenticato che, come accennato in precedenza, la capacità e di conseguenza la luminosità, varia da lampada a lampada a causa di cambiamenti del processo costruttivo. Inoltre, con il trascorrere del tempo, si ha una forte variazione della capacità. Per pilotare capacità più piccole è richiesta una potenza minore e questo fa sì che V_{cs} aumenti lentamente. Dal momento in cui la luminosità aumenta con l'incremento della tensione, il controllo a loop aperto permette di effettuare una certa compensazione "manuale" al variare della capacità della lampada con l'età.

Se la regolazione avviene ad anello chiuso, V_{cs} si stabilizza grazie a un circuito di retroazione che agisce sull'apertura di Q.

La regolazione ad anello chiuso è di solito richiesta se la tensione di alimentazione può variare in modo significativo, per esempio, a causa della caduta delle batterie. Supertex propone sia dispositivi ad anello chiuso sia dispositivi ad anello aperto. HV803 è un dispositivo con regolazione ad anello chiuso. La frequenza di conversione è regolabile tramite una scelta opportuna di R_{sw-osc} mentre il duty cycle è fisso con un tempo di ON prossimo a 88%. Nel disegno di un circuito è importante selezionare l'induttore e la frequenza necessaria a produrre la tensione di uscita senza che l'induttore vada in saturazione. In questo caso, infatti, la corrente che fluisce è eccessiva e il dispositivo può non funzionare. Di solito la corrente è scelta in modo che la corrente dell'induttore torni a zero a ogni ciclo, altrimenti l'aumento di corrente provocherebbe una maggiore dissipazione penalizzando l'efficienza complessiva del circuito. Per la maggior parte delle applicazioni può andar bene una induttanza

Fig. 8 – Andamento della forma d'onda di pilotaggio della lampada



tra i 100µH e 1mH. Naturalmente all'aumentare della frequenza è richiesto un induttore più piccolo.

La sezione di Driving

I dispositivi Supertex integrano l'oscillatore che è separato dall'oscillatore di power conversion. In tal modo risulta possibile impostare la frequenza del driver indipendentemente dalla frequenza di conversione, ottimizzando le prestazioni. L'oscillazione del driver della lampada è controllata da un resistore esterno, R_{EL-OSC} . L'oscillatore controlla la sezione di uscita del driver, formata da 4 transistor collegati in una configurazione a ponte, come mostrato in figura 6. Attivando un insieme di transistor per volta, si genera la forma d'onda di pilotaggio della lampada indicata in figura 8. La simmetria della soluzione permette di ottenere un livello di polarizzazione di uscita molto basso, prossimo allo zero. Molti costruttori di EL Lamp richiedono che la polarizzazione di uscita del driver sia appunto basso, per evitare problemi di migrazione e di breve durata della lampada. Il design della sezione di driving consiste nella selezione di un valore per R_{EL-OSC} al fine di impostare la frequenza di oscillazione desiderata. Valori tipici vanno da 1MΩ a 10MΩ. Per migliorare la capacità di driving è possibile aggiungere un resistore in serie alla lampada, in caso di lampade molto grandi o per ottenere maggior luminosità.

La potenza consumata con la carica e scarica della capacità della lampada è data dalla formula:

$$P_L = 2f_{EL-OSC} C_{LAMP} V_{CS}^2$$

Questa potenza è normalmente dissipata nei transistor del ponte durante i transitori. Se la lampada è molto grande, oppure V_{cs} e la frequenza assumono valori molto elevati, la potenza dissipata può eccedere quella di targa: una resistenza di limitazione può essere utile per assorbire la potenza in eccesso permettendo picchi di tensione oltre il limite ammesso. Valori tipici possono andare da 1kΩ a 10kΩ. Valori elevati di V_{cs} possono richiedere un resistore di limitazione anche per il motivo seguente. Quando il ponte commuta, la lampada (la cui capacità è caricata a V_{cs}), è in effetti re-inserita nel ponte con una polarità inversa. Prima che la lampada si carichi con la nuova polarità, il ponte è sottoposto per un breve periodo a un valore di tensione doppio di quello di V_{cs} , il che può provocare il breakdown dei transistor del ponte. Per tale motivo può essere utile inserire un resistore di limitazione che scarichi parte di questa tensione. Per ulteriori specifiche relative al design di circuiti basati su driver Supertex è possibile consultare il sito internet della società: www.supertex.com. L

Supertex (Kevin Schurter)
readerservice.it n. 6