

Grazie alla sempre maggiore efficienza luminosa e al miglioramento delle caratteristiche termiche, i diodi LED trovano sempre più spazio a bordo dei moderni autoveicoli

Paul Greenland
Marketing director
Power Management Products
National Semiconductor

Werner Berns
Product marketing manager
Power Management Products
National Semiconductor

LED: una presenza sempre più incisiva nel mondo automotive

L'illuminazione con dispositivi a stato solido sta assumendo un'importanza sempre maggiore nelle applicazioni di potenza grazie soprattutto al significativo incremento dell'efficienza luminosa dei LED rispetto a quella delle tradizionali lampade a incandescenza. Di conseguenza le applicazioni nel settore automobilistico e in quello dei dispositivi elettronici portatili stanno proliferando. In questo articolo, dopo una breve descrizione del funzio-

namento fisico dei LED, verranno esaminate due applicazioni, la retroilluminazione di un pannello strumenti e dei fari di un'autovettura.

I diodi LED (Light Emitting Diodes) sono stati utilizzati per molti anni per espletare compiti di illuminazione all'interno di un'automobile. Grazie a continue evoluzioni, questi ultimi hanno trovato spazio anche per applicazioni all'esterno dell'automobile. Sebbene utilizzati principalmente nelle lampade di arre-

sto superiori centrali (CHMLS - Center High Mount Stop Lamps) e nei vari indicatori (di arresto e di svolta, luci di posizione posteriori), i LED continuano a trovare nuovi spazi applicativi all'aumentare dell'efficienza luminosa (lumen x Watt) e al miglioramento delle caratteristiche termiche, in particolar modo la resistenza termica (JC) tra giunzione e il contenitore. I LED offrono numerosi vantaggi rispetto alle tradizionali lampade a incandescenza, tra cui:

- ridotto tempo di innesco, il che si traduce in un diminuzione del tempo di risposta e in un incremento della distanza disponibile per i guidatori, con conseguente decremento del numero di collisioni con il veicolo che precede (che rappresenta la seconda causa di incidente);
- maggiore efficienza e minore dissipazione di potenza;

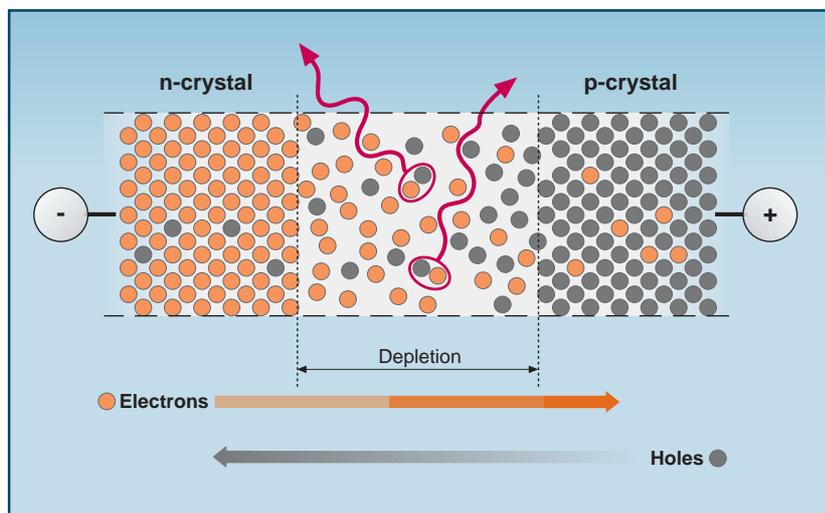


Fig. 1 - Meccanismo dell'emissione luminosa in un LED

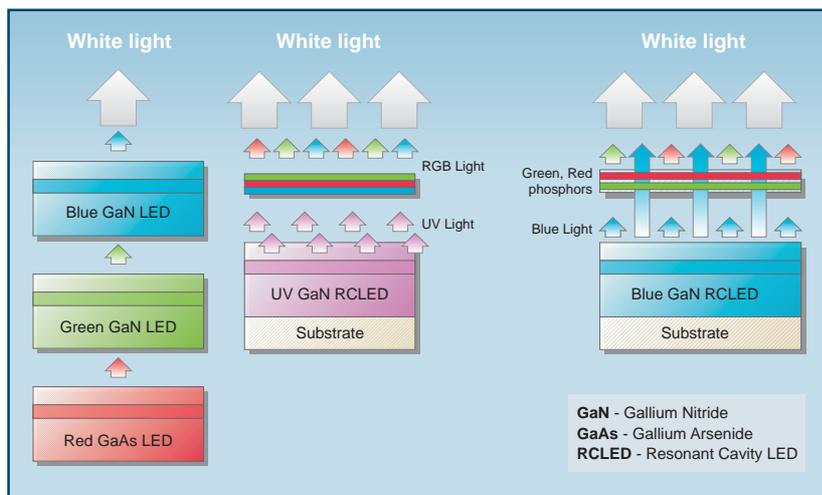


Fig. 2 - Realizzazione di LED bianchi

- migliore resistenza a sollecitazioni e vibrazioni;

- superiore durata operativa.

Negli anni più recenti le lampade HID (High Intensity Discharge), in grado di fornire un'elevata potenza luminosa, hanno via via sostituito le lampade a incandescenza soprattutto nelle macchine di fascia alta. Si tratta comunque di carichi a impedenza negativa complessi che richiedono la presenza di ballast (circuiti stabilizzatori di corrente) sofisticati. I ballast delle più recenti generazioni sono controllati tramite microprocessori e la compatibilità elettromagnetica rappresenta un problema non trascurabile. Le luci realizzate tramite LED sono per contro più semplici e affidabili. Il problema principale, in presenza di un'efficienza luminosa superiore a 80 Lumen x Watt, è la rimozione del calore dalla giunzione a semiconduttore.

LED: principi base

I LED sono diodi a semiconduttore e appartengono alla categoria dei dispositivi elettroluminescenti. Nella figura 1 viene riportato il meccanismo di funzionamento: in una giunzione PN, al momen-

to del fenomeno della ricombinazione, i portatori minoritari cedono una parte della loro energia che si traduce in un'emissione luminosa. Il LED produce radiazioni a banda stretta, con lunghezze d'onda determinate dalla banda di energia del semiconduttore. I LED che emettono luce bianca possono essere creati mischiando parecchi chip LED di differenti colori per realizzare luce bianca all'interno di un contenitore LED comune, oppure utilizzando un LED blu o ultravioletto con un down-converter a fosforo che converte la luce blu/ultra-

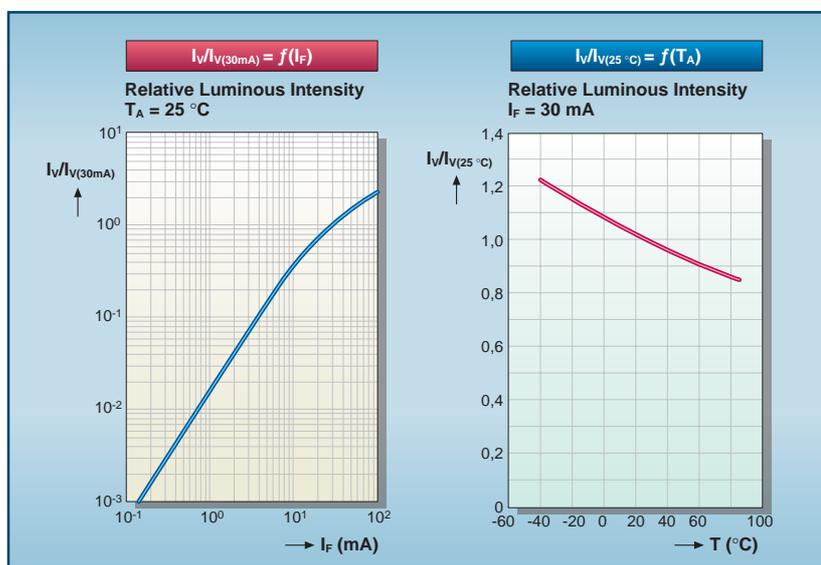


Fig. 3 - Intensità luminosa relativa al variare della corrente diretta (a sinistra) e della temperatura ambiente (a destra)

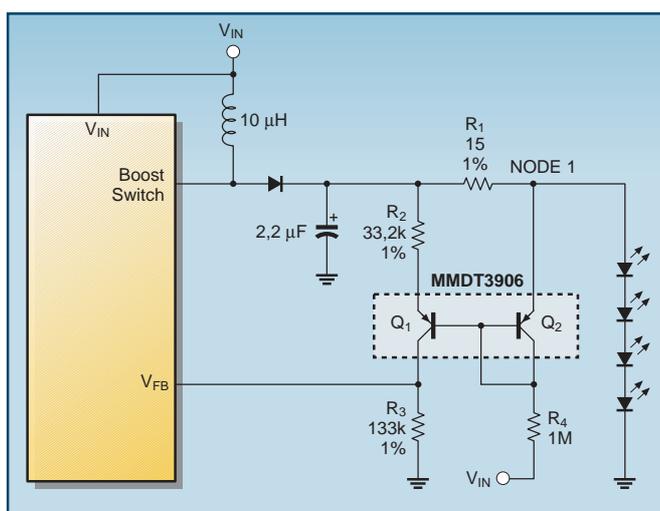
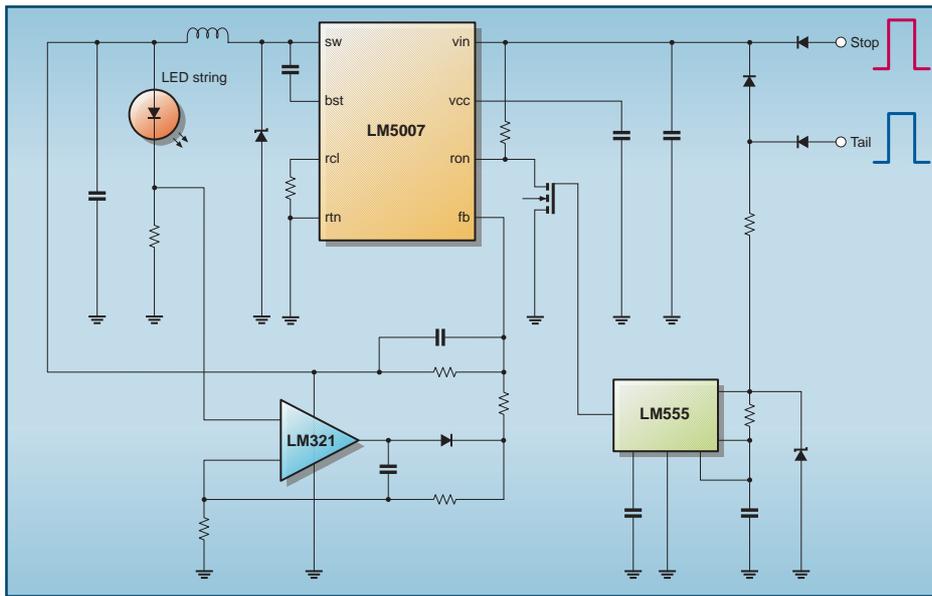


Fig. 4 - Schema di rilevamento della corrente high side

violetta in luce bianca: entrambe le opzioni sono visibili in figura 2. L'intensità dell'uscita luminosa di un LED è determinata dalla corrente diretta e dalla temperatura di giunzione. Al crescere della temperatura di

giunzione del LED l'uscita luminosa diminuisce, la caduta diretta diminuisce anch'essa e la lunghezza d'onda domi-



nante dell'uscita luminosa cresce. I LED sono dispositivi non lineari per cui la corrente diretta attraverso il componente deve essere limitata da un resistore, oppure attraverso l'impiego di un generatore di corrente costante. I LED provenienti dal medesimo lotto sono carat-

Fig. 5 - Circuito per gli indicatori di svolta e di arresto

terizzati da diversi valori di caduta diretta a parità di corrente. La modulazione ad ampiezza di impulso (PWM) è consigliata per variare la luminosità dei LED poiché la lunghezza d'onda dell'emissione luminosa varia con la corrente diretta. Le due principali cause di malfunzionamento dei LED sono l'elevato valore della corrente diretta o l'eccessiva temperatura di giunzione. Un alto valore di corrente diretta può provocare "punti caldi" (hot spot) e la ricombinazione dei siti che non irradiano, degradando l'uscita luminosa. Il supera-

mento della temperatura di transizione del vetro della resina incapsulante porta a malfunzionamenti di notevole entità. La variazione dell'intensità luminosa in funzione dei cambiamenti della corrente diretta e della temperatura ambiente viene riportata in figura 3.

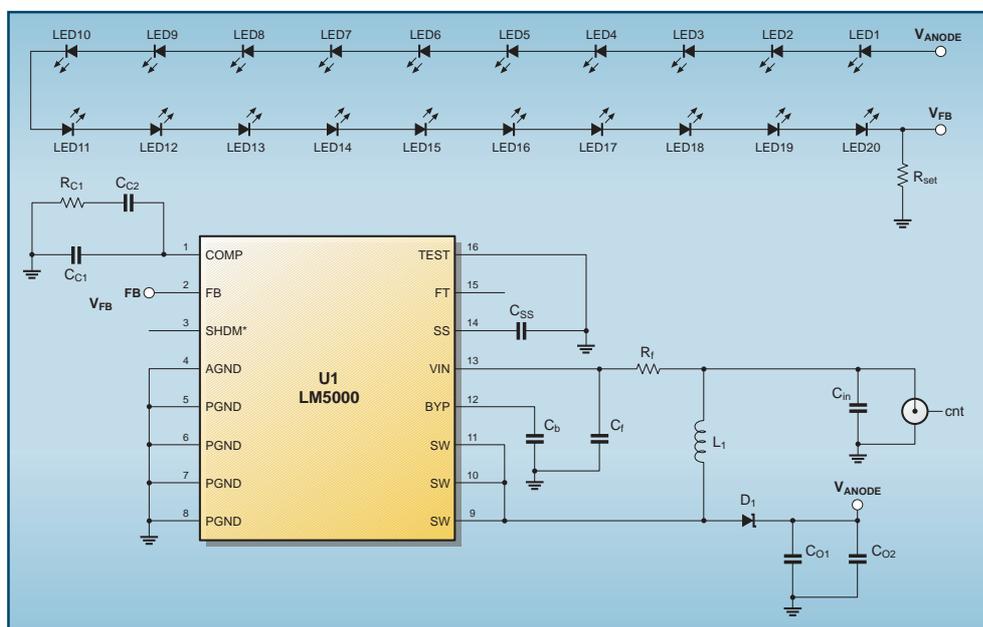


Fig. 6 - Retroilluminazione di un pannello strumenti

Esempi di applicazione

Nel caso si utilizzi un convertitore boost per regolare la corrente, occorre limitare la sovraelongazione (overshoot) della tensione di carico che si può verificare nel momento in cui viene applicata potenza. Per tale ragione si adotta una tecnica di avviamento graduale (soft start) che permette di incrementare lentamente l'ampiezza dell'impulso una volta superata una soglia di abilitazione. Ciò non impedisce l'insorgere di effetti di risonanza del condensatore che funziona da filtro - nel caso sia previsto - sebbene impedisca la generazione di sovratensioni istantanee poiché l'uscita, dopo aver dato luogo all'overshoot, rientra nella banda di regolazione.

Quando una stringa di LED viene usata in sostituzione della catena di partizione, possono sorgere problemi di stabilità. Per risolvere in maniera efficiente questi problemi e minimizzare il numero di interconnessioni a un display remoto è stato di recente proposto uno schema di rilevamento differenziale

high side (Fig. 4).

Nella figura 5 viene riportata un'applicazione relativa alle luci di arresto e agli indicatori che prevede l'uso di un regolatore buck. LM5007 è un regolatore con isteresi dotato di uno switch di potenza DMOS interno da 80 V, 0,7 A. In questo regolatore il tempo di on del commutatore di potenza high side è inversamente proporzionale alla tensione di ingresso: si tratta di uno schema di tipo feed forward che permette di mantenere la frequenza di commutazione virtualmente costante per una vasta gamma di tensioni di ingresso. Il timer LM555 è configurato come multivibratore astabile che diminuisce il duty cycle per l'indicatore di direzione.

Quando viene azionato il freno, il multivibratore è disabilitato e un flusso di corrente di elevata intensità nella stringa di LED (che nello schema viene rappresentato come un singolo dispositivo). LM321 amplifica il segnale di rilevamento della corrente generato ai capi del resistore in serie con i LED, in modo da aumentare l'efficienza del treno di potenza.

La figura 6 rappresenta un convertitore boost a elevata tensione che pilota una stringa di 20 LED bianchi utilizzati per

la retroilluminazione di un pannello strumenti. Questa applicazione illustra l'elevata caduta diretta dei LED bianchi poiché il valore tipico di tensione ai capi della stringa è superiore a 70 V. LM5000 è un regolatore switching ottimizzato per l'impiego in topologia a terminazione singola (boost, flyback e forward). Si tratta di un regolatore di tipo current mode, che ha il vantaggio di semplificare la compensazione d'anello. L'intervallo di ingresso del circuito di pilotaggio e di controllo è compreso fra 3,1 e 40 V, in modo da

soddisfare le esigenze dei sistemi informativi e telematici. La tensione massima di 65 V impone la necessità di ricorrere a regolatore dell'alimentazione di polarizzazione o di un circuito di aggancio sull'ingresso di potenza analogico, filtrato da Rf e Cf.

Quando si utilizza una topologia boost è possibile considerare l'opportunità di effettuare un blocco con duty cycle più ampi. Le caratteristiche del guadagno del regolatore boost ideale tendono all'infinito quando il duty cycle è massimo: in pratica le perdite iniziano a far sentire il loro effetto quando il duty cycle raggiunge valori molto elevati (ovvero superiori al 90%) facendo diminuire la curva del guadagno (V_o/V_{in} in funzione del duty cycle).

Nel caso il regolatore boost superi il duty cycle in corrispondenza del quale il guadagno diminuisce durante un transitorio, o nel corso dell'applicazione del terminale di alimentazione, si può verificare un blocco. L'integrazione di una funzione di soft start e di limitazione del duty cycle massimo impedisce il verificarsi tale evento.

National Semiconductor
readerservice.it n.31