

Sempre più sensori di luce a bordo delle automobili

Oleg Steciw
Senior product marketing manager
Light sensor product line
Intersil

Ridotte dimensioni, bassi consumi, livello di integrazione particolarmente spinto e semplicità d'uso sono le principali ragioni che hanno favorito l'adozione in misura sempre più massiccia dei sensori di luce in una molteplicità di applicazioni, tra cui quelle automobilistiche

Al crescere della complessità e del numero di soluzioni elettroniche presenti sulle attuali automobili, non può certo sorprendere il fatto che questo segmento rappresenti un terreno favorevole per lo sviluppo di tecnologie specifiche e caratterizzate da un alto grado di innovazione. Un'applicazione specifica che si sta diffondendo rapidamente è quella relativa ai sensori di luce ambiente presenti all'interno dell'abitacolo delle autovetture. Scopo di questo articolo è fornire una panoramica sui principi alla base del rilevamento della luce ambiente e analizzare i vantaggi legati all'impiego di questi sensori in ambito automobilistico.

Sensori di luce: una panoramica

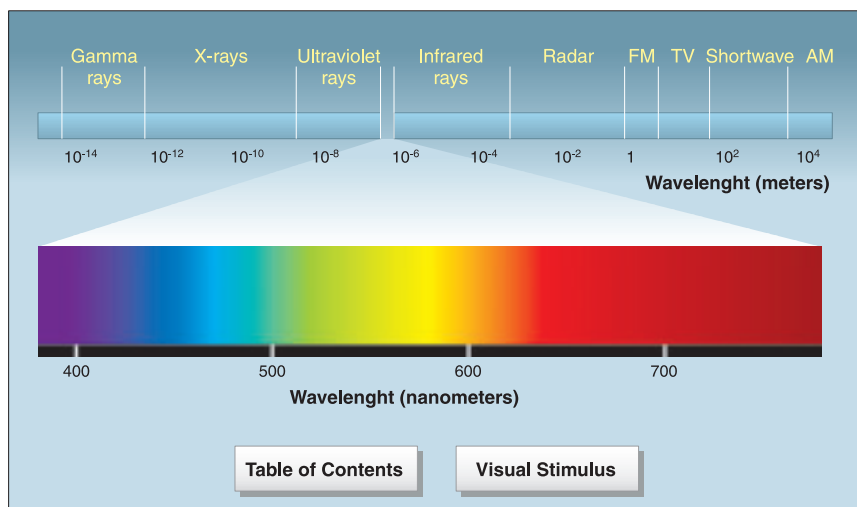
Prima di addentrarsi in un'analisi più dettagliata, è utile un breve ripasso sulla luce e sul rilevamento luminoso. In primo luogo, quando si parla di luce si fa riferimento alla porzione visibile dello spettro elettromagnetico. Quest'ultimo definisce l'intero intervallo della radiazione elettromagnetica. Solitamente lo spettro è diviso in sette regioni, dalle lunghezze d'onda più lunghe a quelle più corte: radio, microonde, infrarossi, (da 750 nm a 1 mm), visibile (da 380 nm a 770 nm), ultra-



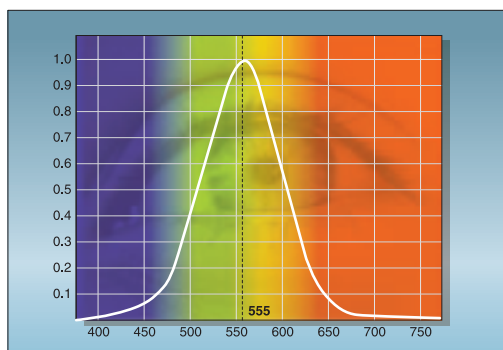
violetti (da 10 a 380 nm), raggi X e raggi gamma. Nel rilevamento della luce ambientale, bisogna porre parecchia attenzione all'attenuazione della luce infrarossa e ultravioletta: entrambi questi spettri non sono visibili all'occhio umano e possono provocare letture non accurate da parte del sensore di luce ambientale (Fig. 1). All'interno di questo spettro, l'occhio umano è più sensibile alle lunghezze d'onda comprese tra 450 e 650 nm, con un picco di sensibilità intorno a 550 nm. Si tratta di un elemento da tenere presente nella scelta del sensore di luce

ambiente più idoneo. Parecchi sensori sono caratterizzati da una risposta spettrale molto ampia, che comprende anche i raggi infrarossi (IR), come riportato in figura 2. Un chiarimento prima di procedere oltre: quanto si parla di luce ambiente, ci si riferisce alla luce circostante o alla luce ambientale caratterizzata da un'intensità uguale in ogni luogo e priva di direzionalità.

Per rilevare la luce è possibile procedere in parecchi modi, ad esempio impiegando un fototransistore, un fotoresistore o un fotodiodo, anche se per soddisfare i requi-


Fig. 1 - Suddivisione delle lunghezze d'onda dello stimolo visivo

siti delle odierne applicazioni la scelta più appropriata è senz'altro rappresentata dai fotodiodi basati su circuiti integrati monolitici. Un fotodiodo è un dispositivo a semiconduttore utilizzato per rilevare la luce e generare una corrente elettrica realizzato a partire da wafer di silicio a cristallo singolo, del tutto simile a quelli utilizzati nella produzione di circuiti integrati. Un tipico schema a blocchi applicativo di un sensore prevede un fotodiodo, un amplificatore di corrente e circuiti passivi che formano un filtro passa basso utilizzati per rilevare ed elaborare l'ingresso luminoso trasformandolo in un segnale di tensione in uscita. L'integrazione di tutti questi componenti in un package di ridot-

Fig. 2 - Frequenza di picco per lo stimolo visivo


te dimensioni comporta notevoli benefici per l'utente finale ed è proprio questa la richiesta proveniente dal mercato. Nella tabella 1 vengono riportate le principali caratteristiche di alcune soluzioni presenti sul mercato per la rilevazione della luce. Un altro elemento da tenere in considerazione nella scelta del sensore luminoso più adatto per la particolare applicazione considerata è l'esatta comprensione delle specifiche più critiche dell'applicazione stessa. In linea generale, i parametri da tenere in considerazione nella scelta dei sensori luminosi sono i seguenti:

- risposta spettrale/rieiezione all'infrarosso: i sensori di luce ambiente devono essere sensibili nell'intervallo compreso tra 400 e 700 nm;
- massimo intervallo di illuminamento: la luce del sole diretta può arrivare a 130.000 lux, mentre in molte applicazioni l'intervallo richiesto è dell'ordine di 10.000 lux;
- sensibilità in condizione di basso illuminamento: in base al tipo di lenti montate sulla parte superiore del sensore, l'attenuazione luminosa può essere dell'ordine del 25 - 50%. Se la sensibilità alla luce di ridotta intensità (< 5 lux) può risultare critica, è necessario scegliere un sensore in grado di operare in questo intervallo;
- funzioni integrate di condizionamento del segnale: alcuni sensori ospitati in package di picco-

TABELLA 1 - Confronto tra le caratteristiche di alcuni dispositivi utilizzati per rilevare la luce

Caratteristica	Sensori di luce monolitici di Intersil	Fotodiodi in silicio	Fototransistor	LDR (Light Dependent Resistor)
Corrente di buio	Bassa (< 1 μ A)	Bassa (< 1 μ A)	Media (alcuni μ A)	Da media a alta
Consumo di potenza	Trascurabile	Trascurabile	Moderato	Da medio a alto
Tempo di risposta	Veloce	Veloce	Moderato	Basso
Dipendenza dalla T	Trascurabile	Alta	Alta	Alta
Linearità	Eccellente	Eccellente	Moderata	Moderata
Variazione	< 20%	> 70%	> 70%	> 70%
Possibilità di integrazione	Sì (ADC, filtri, interfaccia I2C, ...)	No	No	No
Risposta spettrale	Stretta e picco vicino alla risposta dell'occhio umano	Ampia	Ampia	Ampia
Costo	Basso	Basso	Basso	Basso

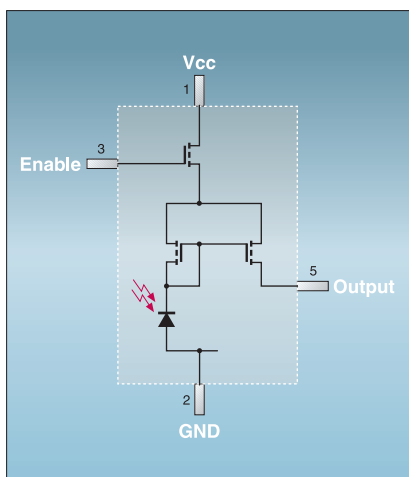


Fig. 3 - Architettura di un sensore analogico

lissime dimensioni richiedono la presenza di un amplificatore esterno o componenti passivi per rendere disponibile in uscita il segnale richiesto. I sensori di luce contraddistinti da un elevato grado di integrazione permettono di eliminare il ricorso a questi componenti esterni (convertitori A/D, amplificatori, resistori, condensatori e via dicendo);

- consumo di potenza: nel caso di sensori esposti a un illuminamento di elevata intensità (> 10.000 lux) è consigliato ricorrere a sensore con uscita analogica

non lineare oppure a un sensore di luce con uscita digitale. Questo aspetto sarà trattato più esaurientemente nel corso dell'articolo;

- dimensioni del package: in parecchie applicazioni è meglio disporre di package di dimensioni estremamente ridotte. Al momento sono disponibili package ODFN (Optical DFN) di dimensioni pari a 2 x 2,1 mm, mentre la prossima generazione di package ultrasottili a 4 pin sarà caratterizzata da dimensioni di

soli 1,3 x 1,5 mm.

Una volta stabiliti i parametri chiave, è necessario prendere in considerazione il tipo di segnale di uscita più adatto. Per molti sensori di luce, l'uscita più comune è rappresentata da una corrente di uscita lineare. Anche se questa uscita è idonea in parecchie applicazioni, ora esiste la possibilità di scegliere tra diverse opzioni, tra cui uscita in tensione lineare, uscita digitale (attraverso un'interfaccia I2C) o uscita in tensione o corrente di tipo non lineare.

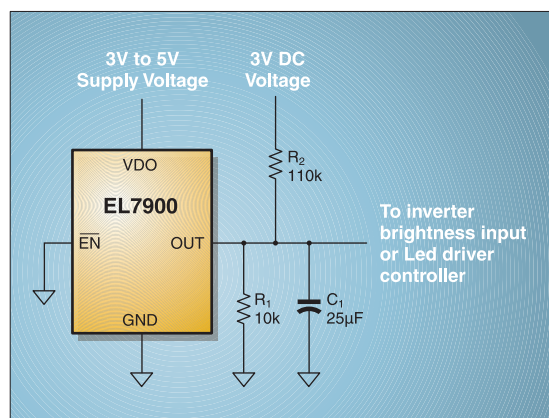


Fig. 4 - Architettura di un sensore di Intersil

Confronto tra i differenti tipi uscita

Ognuna delle opzioni appena delineate ha pregi e difetti, che verranno brevemente esaminati. Nel caso di uscita analogica lineare (corrente o tensione), si può evidenziare quanto segue. Sicuramente si tratta dell'uscita più consueta e garantisce un tempo

di risposta rapido (mentre l'uscita di tipo digitale è limitata dal tempo di integrazione. Un ulteriore vantaggio è rappresentato dal fatto che è ideale per sistemi con un convertitore A/D integrato nel controllore, mentre l'uscita in tensione elimina il ricorso a resistori di carico esterni (per la conversione della corrente in tensione) e garantisce una bassa impedenza in uscita. Nel caso di uscita in corrente, è necessaria la presenza di elementi passivi per trasformare la corrente in tensione, impostare il guadagno del sensore a aggiungere, se necessario, filtri passa basso o passa alto.

Nel caso di uscita analogica non lineare (corrente o tensione) è possibile ottenere un'eccellente sensibilità in condizione di scarsa luce ed elevatissimo range dinamico (fino a 100.000 lux). Il rilevamento è molto più simile alla modalità con cui l'occhio umano percepisce la luce (che è un fenomeno di natura non lineare piuttosto che lineare). Per quanto concerne invece l'uscita, quella in tensione è caratterizzata da bassa impedenza, mentre per

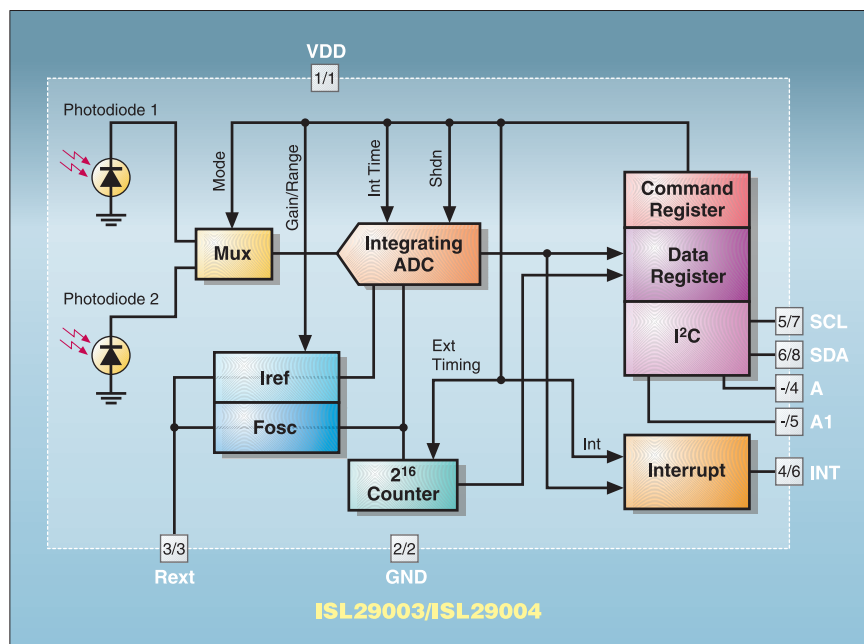


Fig. 5 - Schema a blocchi di Intersil ISL29003 e ISL29004

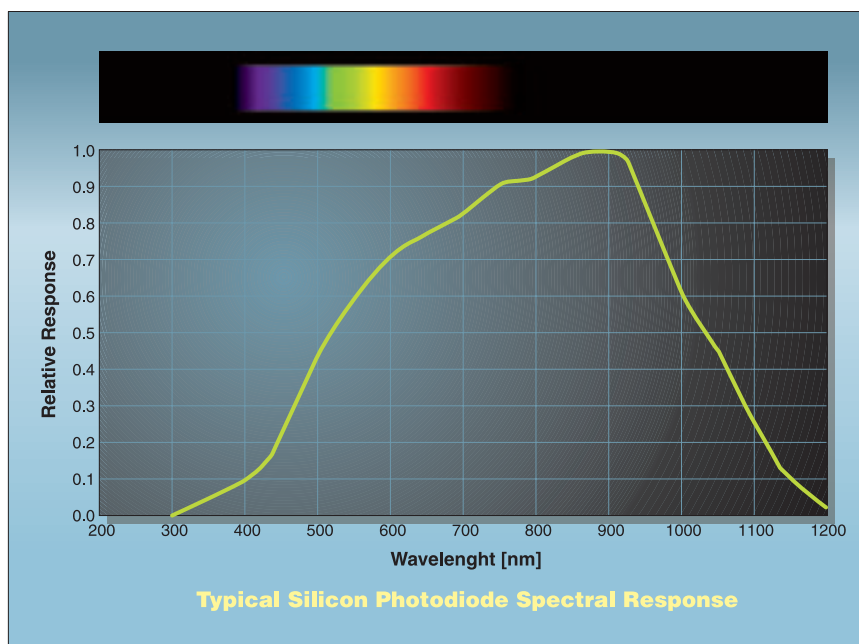


Fig. 6 - Risposta spettrale di tipico fotodiode al silicio

quella in corrente l'impedenza risulta elevata. Per quanto concerne invece l'uscita digitale, è possibile fare le seguenti considerazioni. L'uscita può essere connessa direttamente al controllore senza ricorrere a un convertitore A/D e, intrinsecamente, garantisce una maggiore immunità al rumore rispetto a un'uscita analogica. Il sensore può disporre di un maggior numero di funzionalità digitali (il che conferisce un maggior grado di "intelligenza"), mentre risulta semplificata la creazione di una rete su un bus comune I2C. Tra gli altri vantaggi si possono annoverare la possibilità di condivisione del medesimo bus I2C da parte di più sensori (grazie ai pin di selezione dell'indirizzo) e il consumo di potenza costante (mentre il consumo di corrente di uscita analogica è direttamente proporzionale all'intensità della luce incidente).

Per meglio comprendere queste differenti configurazioni, è utile esaminare più da vicino le architetture dei sensori con uscita analogica e digitale. Il primo sensore che verrà preso in considerazione è il dispositivo EL7900 caratterizzato da una corrente di uscita lineare (Figg. 3 e 4). EL7900 abbina le funzionalità di un fotodiode PIN integrato con uno stadio di guadagno a specchio di corrente e opera in maniera lineare fino a 10.000 lux. Il range dinamico in funzione della sensibi-

lità può essere regolato in maniera molto semplice tramite un resistore di carico (connesso a massa) sull'uscita. Se si sceglie un resistore di basso valore si ottiene un range dinamico maggiore a scapito della sensibilità in presenza di poca luce. Viceversa, optando per un resistore di

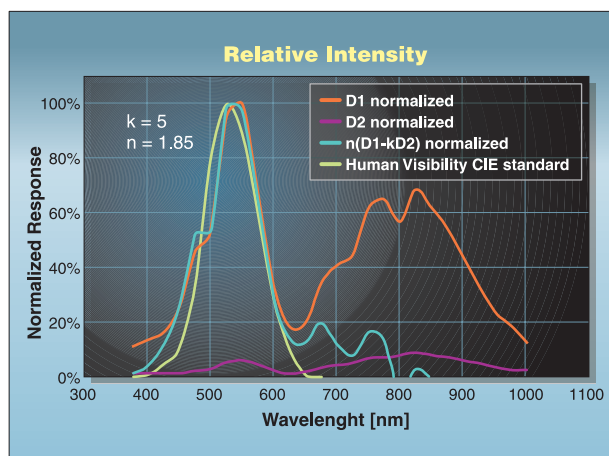


Fig. 7 - Intensità relativa dei sensori luminosi

valore maggiore, viene penalizzato il range dinamico. La scelta, in definitiva, dipende fortemente dall'applicazione e dal fatto che si voglia privilegiare la sensibilità in presenza di poca luce o il range dinamico.

Per apprezzare i vantaggi e i miglioramenti in termini di prestazioni legati all'u-

so di un sensore con un'uscita digitale, è utile esaminare da vicino i dispositivi ISL29003 e ISL29004 (Fig. 5). I benefici di un sensore di luce con uscita digitale balzano immediatamente all'occhio. In primo luogo, i componenti (in particolare ISL29003) sono alloggiati in un package ODFN compatto di dimensioni pari a 2,1 x 2,1 mm (ISL29004, con due pin addizionali per la selezione dell'indirizzo, è invece ospitato in un package ODFN a 8 pin di dimensioni pari a 3 x 3 mm). Oltre ai vantaggi derivati dall'integrazione di convertitore A/D a 16 bit e dalla disponibilità di un'uscita I2C digitale, ISL29003 permette di effettuare la selezione del guadagno (attraverso il software del bus I2C) e il controllo del tempo di integrazione. In particolare, la funzione di selezione del guadagno è decisamente interessante. Ad esempio, se si vuole avere un'elevata sensibilità in presenza di scarsa luce, è possibile inviare un comando attraverso il bus I2C per impostare il guadagno al valore unitario, ottenendo una risoluzione pari a 65 conteggi per lux (65 conteggi

per 1 lux o 6,5 conteggi per 0,1 lux). Nel caso sia più importante il range dinamico, si seleziona un valore di guadagno pari a 4 in modo che il sensore possa arrivare fino a 64.000 lux.

Queste appena delineate, oltre alla disponibilità del pin di interrupt (pin di allarme) sono le più importanti evoluzioni nell'ambito del rilevamento della luce ambiente che assicurano notevoli

vantaggi all'utente finale.

Anche se la scelta del tipo di sensore più idoneo alla particolare applicazione considerata è una prerogativa dell'utente finale, i sensori di luce con uscita digitale sono considerati la soluzione migliore in termini di prestazioni e flessibilità, soprattutto nelle applicazioni in campo automo-

bilistico, dove la presenza di un segnale di uscita digitale compatibile con I2C comporta indubbi vantaggi (minor rumore, possibilità di collegare in rete parecchi sensori su uno stesso bus, migliori prestazioni complessive del sensore).

Un ulteriore aspetto da prendere in considerazione nella scelta del sensore più idoneo è rappresentato dalla risposta spettrale. I tradizionali fotodiodi PIN (di tipo sia passivo sia attivo) sono intrinse-

ambiente, il sensore di luce EL7900 eroga corrente nell'ingresso di retroazione del driver del LED bianco. In un ambiente luminoso, il sensore di luce eroga più corrente nel nodo di retroazione: di conseguenza, esso riduce la corrente di uscita del LED bianco e l'intensità luminosa in uscita. La relazione che intercorre tra l'intensità della luce ambiente e la corrente di uscita del LED bianco è espressa dalla seguente equazione:

s'ultimo settore, in particolare, le principali applicazioni sono le seguenti:

- controllo della retroilluminazione di sistemi di infotainment/navigazione/DVD per fornire la luminosità di retroilluminazione ideale in tutte le condizioni di luce ambiente;
- controllo della retroilluminazione del display dei sistemi di intrattenimento posti sui sedili posteriori;
- controllo della retroilluminazione del cruscotto (contagiri/contachilometri);
- controllo della variazione della luminosità automatico dello specchietto retrovisore (di solito sono richiesti due sensori);
- controllo del rilevamento della pioggia e del faro automatico (si tratta di un'applicazione specifica e i requisiti variano in funzione delle esigenze del cliente);
- controllo della retrocamera (anche in questo caso i requisiti variano in funzione delle esigenze del cliente).

I sensori di luce sono diventati una delle soluzioni più efficienti per ottenere una migliore qualità di visualizzazione con funzioni di rilevamento simili a quelle proprie dell'occhio umano – un elemento critico nelle applicazioni automobilistiche dove una retroilluminazione pressoché perfetta è auspicabile in tutte le condizioni di luce ambiente.

Per esempio, durante il giorno è necessaria la massima luminosità per avere la migliore visibilità, ma una luminosità troppo forte è controproducente nelle ore notturne: un sensore di luce caratterizzato da un'adeguata risposta spettrale (in grado di attenuare gli infrarossi), elevato range dinamico e condizionamento ottimale del segnale di uscita può automatizzare in maniera molto semplice questa applicazione. L'utente ora può impostare parecchi livelli di soglia (basso, medio, alto) oppure il sensore può variare l'intensità della retroilluminazione in maniera dinamica a propria discrezione. Lo stesso avviene per la variazione della luminosità dello specchietto retrovisore – quando diventa scuro e/o una luce intensa lo colpisce - dove è richiesta una gestione "intelligente" della variazione luminosa che viene eseguita da un sensore di luce ambiente.

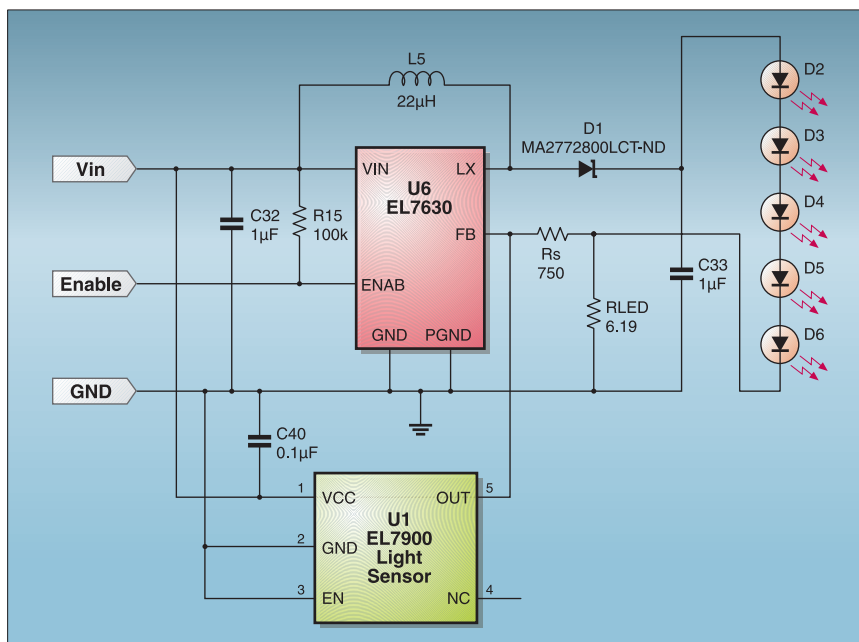


Fig. 8 - Circuito di controllo automatico dell'intensità di retroilluminazione di un LED bianco

camente caratterizzati da una risposta spettrale molto ampia che include i raggi ultravioletti e infrarossi (Fig. 6). Teoricamente è necessario scegliere un sensore in grado di vedere solamente la luce visibile (da 380 a 770 nm) e attenuare i segnali infrarossi indesiderati, come riportato in figura 7. A questo punto si consideri un'applicazione reale, ad esempio il funzionamento di un sensore di luce ambiente in un circuito di controllo dell'intensità della retroilluminazione di un LED bianco, un impiego tipico in ambito automobilistico (Fig. 8).

In questo caso i LED sono polarizzati inversamente con una corrente costante fornita dal driver per LED bianchi (EL7630). All'aumentare della luce

$$I_{LED} = \frac{V_{FB} - E}{R_{LED}} - \left(\frac{6\mu A}{10lux} \right) \cdot \frac{R_s}{R_{LED}}$$

La corrente in uscita del sensore di luce è rappresentata da $I_{out} = E(6\mu A/10 lux)$

Applicazioni dei sensori di luce

I sensori di luce possono essere impiegati in una molteplicità di applicazioni, dai prodotti consumer portatili (telefoni "intelligenti", PDA, computer laptop, lettori musicali portatili e così via) agli apparati televisivi (LCD TFT, display per la retroproiezione, display al plasma, CRT) ai dispositivi per uso medicale, industriale e, ovviamente, automobilistico. In que-

Nel caso dei dispositivi portatili, un display consumerà la medesima quantità di potenza fino al momento in cui l'utente non cambia le impostazioni del sistema, tipicamente quelle relative al controllo della luminosità. Nelle aree molto luminose, come ad esempio quelle esterne, l'utente è portato ad aumentare la luminosità del display, con conseguente incremento della dissipazione di potenza.

Al variare delle condizioni ambientali, ad esempio camminando all'interno di un edificio, l'utente solitamente non muta le impostazioni, per cui la dissipazione di potenza rimane elevata.

Grazie a un sensore di luce, un sistema può rilevare in maniera automatica il variare delle condizioni e regolare le impostazioni per mantenere il display a un livello di luminosità ottimale e ridurre quindi i consumi. In generale, nelle applicazioni consumer, risulta possibile aumentare la durata delle batterie. Nel caso di telefoni mobili, computer notebook, PDA e fotocamere digitali la durata della batteria può essere aumentata in maniera sensibile mediante il controllo automatico della luminosità reso possibile dalla retroazione del sensore di luce ambiente. Studi recenti hanno evidenzia-


to che la retroilluminazione del display è responsabile in misura pari al 33% dell'assorbimento totale dalla batteria in un computer notebook.

Il rilevamento della luce ambientale non rappresenta una novità: questa operazione, infatti, è stata effettuata per decenni con l'ausilio di semplici fotodiodi e fotoresistori. La novità è rappresentata dal fatto di rilevare la luce ambiente attenuando le luci ultraviolette e infrarosse indesiderate mediante dispositivi operanti in un package di ridottissime dimensioni conformi ai severi vincoli imposti dalle specifiche AECQ-1000 - in special modo per quanto concerne la garanzia di funzionamento nell'intervallo compreso tra - 40 e + 105 °C (Grado 2) - e capaci di soddisfare le restanti specifiche.

Il problema che si trovano ad affrontare tutte le soluzioni di natura ottica è prevalentemente legato al fatto di garantire gli standard qualitativi di funzionamento e soddisfare i requisiti imposti da AECQ-1000 Grado 2 per quel che concerne la temperatura.

Ogni soluzione di tipo ottico, sia essa un sensore di luce o un emettitore o ricevitore LED, deve tener conto del problema dell'offuscamento del package (che

diventa opaco o giallognolo) in presenza di temperature elevate costanti (> 85 °C). Il problema è meno sentito negli integrati ospitati in package standard, che possono quindi operare a temperature che raggiungono i 125 °C. È utile menzionare il fatto che tutte le applicazioni dei sensori di luce ambiente fin qui discusse sono relative all'abitacolo delle automobili, in quanto non sono state identificati impieghi di questi dispositivi nel vano motore o nell'ambiente esterno. Onestamente, va anche detto che se tali impieghi fossero stati individuati, i package di tipo ottico non sono idonei al funzionamento in ambienti così gravosi (in cui le temperature raggiungono i 125 o addirittura i 150 °C): l'attuale tecnologia non permette infatti di realizzare package capaci di resistere in condizioni

In ogni caso, se i protagonisti del mercato automobilistico individuassero la necessità di utilizzare sensori di luce nel vano motore di un'automobile, i produttori di sensori sarebbero senz'altro in grado di trovare una soluzione idonea a soddisfare questa esigenza. 

Intersil
readerservice.it n. 28

PER LA VOSTRA PUBBLICITÀ SU QUESTE PAGINE CONTATTATE I NOSTRI AGENTI



▶ **TRI-VENETO** IDELFONSO ELBURGO
VIA PIRANO, 15
35135 PADOVA
TEL. 049 8642988 - FAX 049 8642989
e-mail: ielburg@tin.it

▶ **PIEMONTE-LIGURIA** ROSARIO ROMEO - PUBLIKAPPA
VIA SAGRA S. MICHELE, 37
10139 TORINO
TEL./FAX 011 723406
e-mail: publika@tin.it



FIERA MILANO
EDITORE