

in copertina

di Greg Zimmer

gestione potenza

VOLTS

3.3562

# Sviluppi nella gestione dei set di batterie

**Le caratteristiche di sicurezza, precisione e funzionalità dei dispositivi di monitoraggio di batteria multicella di Linear Technology li rendono la soluzione ideale per qualsiasi sistema di batterie ad alta potenza e alta tensione.**

**E**ventuali dubbi sulla fattibilità dei veicoli elettrici sono stati dissipati da lungo tempo. La domanda principale adesso è "quanto si diffonderà questa nuova tecnologia delle batterie per alta potenza"? Forse non sorprenderà che nessuno lo sappia per certo. Ma è interessante considerare l'evoluzione dell'elettronica del sistema di gestione delle batterie e specificamente dell'elettronica del monitoraggio batteria multicella che ne è alla base. Una tale esplorazione può dare indicazioni sulla velocità di adozione di gruppi di batterie ad alta tensione in applicazioni che vanno dai sistemi di riserva a batteria agli esoscheletri. Consideriamo i progressi fatti riferendoci a una famiglia di prodotti, la **LTC68xx** di **Linear Technology**, per quanto riguarda sicurezza, precisione, funzionalità e supporto allo strumento di sviluppo. Nel 2008, Linear ha annunciato il primo dispositivo di monitoraggio batteria multicella a elevate prestazioni, l'LTC6802; tra le sue

funzioni fondamentali, quella di misura su più celle agli ioni di litio - fino a 12 - con un errore totale massimo pari a 0,25% entro 13 ms. La caratteristica principale di questi dispositivi è la possibilità di collegarne molti in serie; risulta quindi possibile il monitoraggio sincronizzato di ogni cella in schiere molto lunghe di batterie ad alta tensione (Fig. 1). Da allora, Linear ha proseguito con l'LTC6803, l'LTC6804 e ora con il dispositivo più avanzato di monitoraggio batteria multicella, l'**LTC6811**. Tutti e quattro questi dispositivi svolgono la stessa funzione base: misurano la tensione su ciascuna di 12 celle collegate in serie. L'evoluzione di questa famiglia rispecchia i miglioramenti continui conseguiti nella sicurezza funzionale, nella precisione delle misure e nella funzionalità integrata.

## La sicurezza funzionale

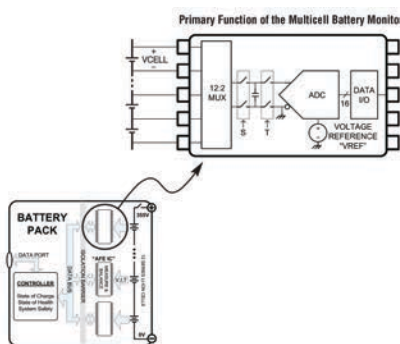
Il progresso più importante nell'elettronica di monitoraggio batteria è lo sviluppo della sicurezza funzionale,

secondo la definizione della norma Iso 26262, che in sostanza affronta i potenziali rischi che potrebbero essere causati in un autoveicolo dal malfunzionamento dei sistemi elettrici ed elettronici. Sebbene tale norma interessi quasi ogni fase dello sviluppo e uso del prodotto, il progettista del sistema deve focalizzare l'attenzione su come verificare continuamente il corretto funzionamento di ogni elemento che potrebbe influire sulla sicurezza. Il dispositivo di monitoraggio batteria multicella svolge un ruolo fondamentale in questa operazione, poiché tensioni errate sulle celle di una batteria rappresentano le prime indicazioni di un possibile problema. Ne risultano notevoli difficoltà di progettazione. Nel Dna di Linear è presente la determinazione di risolvere complessi problemi di elettronica analogica, e l'elettronica degli autoveicoli non fa eccezione. I dispositivi di monitoraggio batteria multicella illustrano il conseguimento di un'elevata affidabilità, stabilità e

precisione delle misure, con l'aspettativa di anni e anni di funzionamento in un ambiente caratterizzato da alte tensioni, temperature estreme, inserimenti a caldo e rumore elettrico. La norma Iso 26262 va un passo oltre richiedendo, fra l'altro, un'analisi dei possibili guasti e dei corrispondenti rimedi. Un metodo frequente, per quanto riguarda i dispositivi elettronici, per rilevare possibili guasti e rimediarsi consiste nell'includere funzioni di autoverifica e ridondanza. Già prima della pubblicazione della suddetta norma, Linear aveva ben chiara l'importanza della sicurezza funzionale e aveva incluso funzionalità di autoverifica e ridondanza interna nell'LTC6802, aggiungendole e perfezionandole in ogni nuova generazione di dispositivi di monitoraggio batteria multicella. L'ultimo dispositivo, l'LTC6811, continua questo avanzamento con perfezionamenti volti ad aumentare la sua copertura diagnostica interna: ulteriori percorsi di misura ridondanti, migliore sincronismo tra i segnali d'ingresso e precisione superiore dell'autoverifica. Ne sono conseguite autoverifiche più veloci, più semplici e più efficienti per aiutare i progettisti a soddisfare i pertinenti requisiti della norma Iso 26262. Anche per applicazioni esterne al settore automotive, queste funzionalità danno al progettista fiducia nello sviluppo di qualsiasi applicazione ad alta affidabilità che gli sia assegnato.

## Precisione assoluta

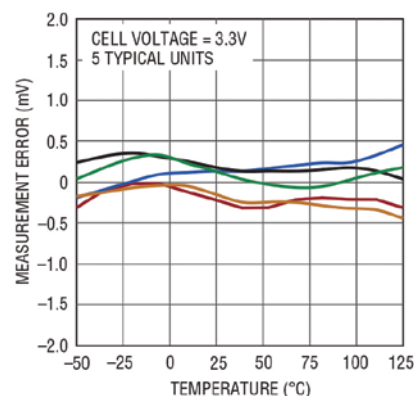
I dispositivi Linear hanno mostrato costantemente miglioramenti e



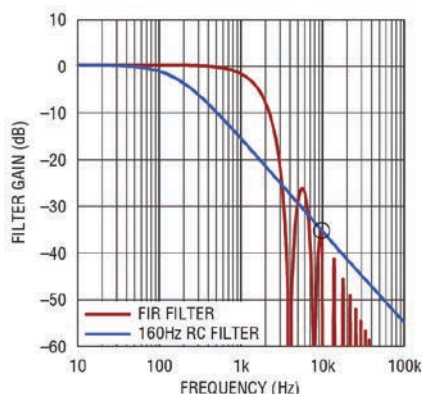
**Fig. 1 - Descrizione semplificata del dispositivo di monitoraggio batteria multicella**

innovazioni nella precisione delle misure di tensione delle celle. Ottenere una precisione straordinaria è da sempre un obiettivo progettuale fondamentale poiché un possibile errore di misura comporta una gestione meno efficace delle batterie e, alla fine, capacità, affidabilità o durata inferiore del gruppo di batterie. Si è operato con notevole impegno per ottimizzare il riferimento di tensione incorporato, poiché questo è il fattore determinante dell'errore di misura. Nei primi dispositivi di monitoraggio batteria multicella Linear è stato incorporato un riferimento di tensione a band-gap, una scelta convenzionale poiché tali riferimenti sono piccoli, a bassa potenza e basso dropout. Tuttavia, un riferimento a band-gap può funzionare come un estensimetro, convertendo in un errore misurabile sollecitazioni meccaniche generate dalla scheda di circuiti stampati, variazioni termiche, umidità e deriva a lungo termine. Per evitare questa limitazione, Linear ha iniziato un approccio unico aggiungendo al progetto un riferimento di tensione a diodo Zener sottosuperficiale, che offre stabilità straordinaria in funzione della temperatura, del tempo e di altre condizioni di funzionamento. Il risultato, disponibile oggi nell'LTC6811, è la possibilità di misurare la tensione di ogni cella della batteria con precisione, nel caso peggiore, migliore di 1,2 mV (Fig. 2). Inoltre, i dispositivi Linear Technology assicurano precisione delle misure straordinaria, anche in presenza di rumore, filtrando in corrispondenza della tensione di ciascuna cella della batteria mediante convertitori analogico-digitali delta-sigma anziché i veloci convertitori Sar utilizzati frequentemente in approcci alternativi. Una volta di più, Linear ha scelto di distaccarsi dagli altri produttori, nonostante il chiaro vantaggio di velocità conferito dai convertitori Sar quando si eseguono misure su centinaia di celle di batteria individuali. Alla base di questa scelta c'è il fatto che l'ambiente di un autoveicolo è stracolmo di rumore e transistori causati da motori elettrici, solenoidi, inverter di potenza, ecc., che influiscono tutti sulla precisione delle misure. Con un convertitore delta-

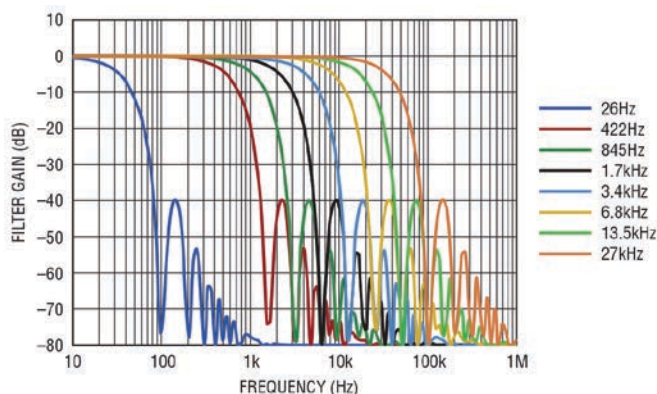
sigma, l'ingresso viene sottoposto a numerosi campionamenti nel corso di una conversione e quindi si calcola il valore medio dei campioni. Viene così incorporato un filtraggio passa basso per eliminare il rumore come origine dell'errore di misura, con la frequenza di taglio determinata dalla frequenza di campionamento. Per esempio, l'LTC6802 impiega un convertitore delta-sigma del secondo ordine funzionante a frequenza di campionamento costante pari a 1.000 campioni al secondo; si ottengono così 36 dB di reiezione del rumore di commutazione a 10 kHz (Fig. 3). Il compromesso, tuttavia, è che l'esecuzione delle misure su 12 celle con l'LTC6802 richiede 13 ms, un tempo troppo lungo per alcune applicazioni. Ciò nonostante, l'utilizzo di un convertitore delta-sigma rimane il metodo più pratico per ottenere misure precise sulle celle nel reale ambiente, rumoroso. Per questo motivo, Linear ha migliorato continuamente il suo approccio con il metodo delta-sigma; oggi, l'LTC6811 impiega un convertitore A/D delta-sigma del terzo ordine molto più veloce, con frequenze di campionamento programmabili e otto frequenze di taglio selezionabili. Ne consegue una riduzione straordinaria del rumore e otto frequenze di misura programmabili (Fig. 4), che rendono possibile l'esecuzione di misure della tensione di tutte e 12 le celle di una batteria in un tempo brevissimo, sino a 290 µs.



**Fig. 2 - Straordinaria prestazione in relazione alla deriva con la temperatura del riferimenti di tensione a diodo Zener sepolto**



**Fig. 3 -**  
Confronto tra  
il convertitore  
delta-sigma  
dell'LTC6802  
e un convertitore  
Sar con circuito  
Rc



**Fig. 4 - Il convertitore delta-sigma dell'LTC6811**

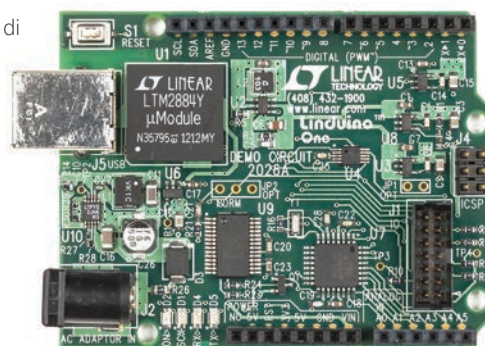
## Funzionalità innovative

Infine, è interessante notare come si sia ampliata la funzionalità dei dispositivi di monitoraggio batteria multicella. Come già menzionato, la funzione principale di un dispositivo di monitoraggio batteria multicella è quella di misurare con precisione le tensioni delle celle e trasmettere queste informazioni a un processore host. Inoltre, è di gran lunga preferibile che il dispositivo non includa software interno, poiché ne potrebbe nascere un conflitto con l'elettronica di gestione della batteria a livello del sistema; la raccolta dei dati generati da tutte le celle e la determinazione dello stato di carica o di funzionalità dovrebbero essere eseguite dal processore Bms (*Battery management system*) principale. Tuttavia, tale dispositivo risiede nel punto più critico del sistema di batterie, in quanto è collegato direttamente alle celle; qui si trova in una posizione ideale per monitorare sensori di altri parametri della batteria, come la corrente o la temperatura, e correla strettamente questi valori alle misure di tensione eseguite sulle celle stesse. Per questo motivo, il dispositivo di monitoraggio batteria multicella può funzionare come nodo centrale fra il microprocessore Bms e i dispositivi periferici. Per esempio, l'LTC6811 offre porte I/O universali molto flessibili, impiegabili come ingressi o uscite digitali o anche come ingressi analogici. Quando queste porte funzionano come ingressi analogici, l'LTC6811 può misurare qualsiasi tensione da V- a 5V con la stessa precisione delle misure sulle celle; può quindi sincronizzare questi

segnali esterni, o la tensione dell'intero set di 12 celle, con le misure di tensione delle celle. In alternativa, le porte I/O universali sono utilizzabili in modalità digitale per controllare dispositivi slave Spi o I<sup>2</sup>C; ciò mette in grado l'LTC6811 di regolare funzioni più complesse, come multiplexer per ingressi analogici espansi o Eeprom per memorizzare informazioni sulla taratura. L'LTC6811 presenta una funzionalità avanzata di bilanciamento delle celle; utilizzando la funzione master Spi, può controllare l'LTC3300, un circuito integrato di bilanciamento attivo basato su Spi. È dotato di Fet interni di bilanciamento passivo che possono scaricare celle individuali o controllare direttamente Fet esterni ad alta potenza di dimensioni maggiori ed è anche in grado di configurare il pin di scarica di ciascuna cella affinché funzioni con un periodo indipendente; questo permette il bilanciamento di ciascuna cella in modo unico su lunghi periodi, mentre il dispositivo di monitoraggio batteria multicella non è attivo. Infine, ciascun pin di bilanciamento passivo è utilizzabile come interfaccia seriale; ciò è particolarmente utile per l'interfacciamento con i dispositivi di bilanciamento attivo monolitici delle celle LT8584 di Linear, in cui il bilanciamento attivo può essere controllato e sia la corrente che la temperatura possono essere monitorate per ciascuna cella individuale della batteria. Per integrare tutte queste funzionalità e accorciare i tempi di sviluppo, l'LTC6811 è supportato in pieno da **Linear Linduino One** (Fig. 5), una scheda microcontrollore

compatibile con Arduino Uno che presenta isolamento Usb completo ed è collegabile direttamente a una scheda dimostrativa LTC6811. Grazie a un bootloader incorporato ai fini di veloci aggiornamenti del firmware nel circuito, questa piattaforma assicura un ambiente di sviluppo hardware stabile e semplice. Poiché Arduino è una piattaforma open source, i progettisti di Bms hanno facile accesso al semplice e potente ambiente di sviluppo integrato Arduino. Una libreria di programmi, BmsSketchbook, fornisce il programma campione dell'LTC6811 progettato per essere compilato in qualsiasi compilatore C standard. Per esempio, BmsSketchbook include varie routine di scrittura e lettura sia della configurazione che delle tensioni delle celle, di esecuzione di auto-test e di test di ridondanza nonché di controllo del bilanciamento passivo.

**Greg Zimmer**  
Senior Product Marketing Engineer  
**Linear Technology**  
[www.linear.com](http://www.linear.com)



**Fig. 5 - Il sistema di sviluppo Linduino**