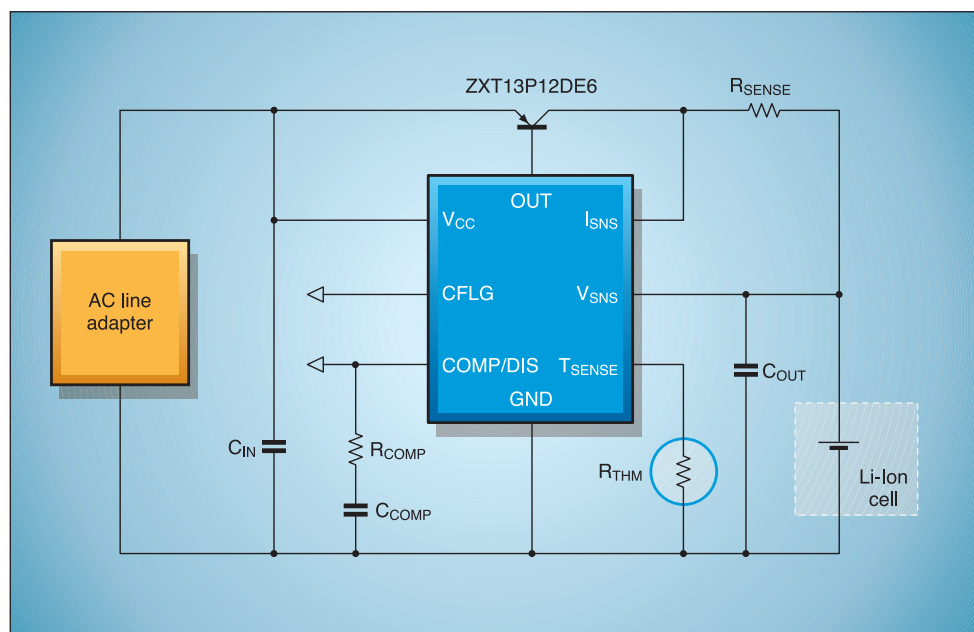


## Caricabatterie per celle a ioni di litio: l'alternativa bipolare

Simon Ramsdale  
Product marketing manager  
Zetex Semiconductors

*Per la realizzazione di un caricabatteria, molte volte è preferibile utilizzare transistor bipolari come dispositivi a semiconduttore per l'erogazione della corrente alla batteria*

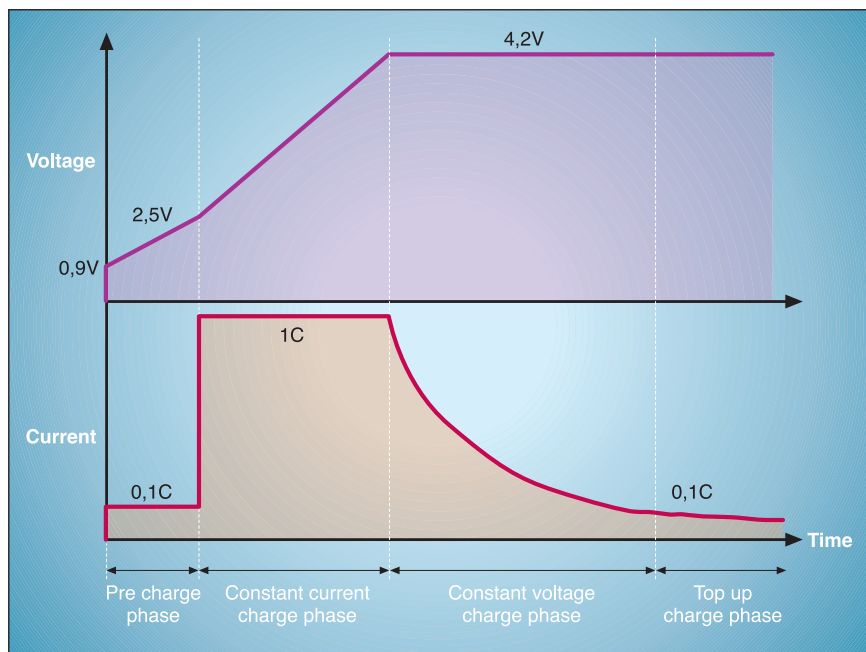
Nella realizzazione degli odierni dispositivi elettronici portatili i progettisti devono risolvere tre tipi di problematiche: aggiungere un sempre maggior numero di funzionalità, ridurre le dimensioni e garantire una più lunga durata operativa attraverso una gestione più efficiente della potenza (power management). Poiché dispositivi come telefoni mobili, fotocamere digitali e PDA (Personal Digital Assistant) adottano nella stragrande maggioranza dei casi batterie a ioni di litio ricaricabili, il caricabatteria deve essere in grado di minimizzare il tempo di carica ottimizzando nel contempo la durata della batteria. Un sistema di questo tipo risulta



**Fig. 1 – Schema di un caricabatteria con regolatore lineare**

composto da un adattatore di linea c.a. per fornire una corrente continua regolata e un caricabatteria adattato alle caratteristiche della batteria del dispositivo mobile specifico.

Dal punto di vista dei consumi e della progettazione complessiva, l'elemento più critico del caricabatteria è il dispositivo a semiconduttore che eroga corrente alla batteria.

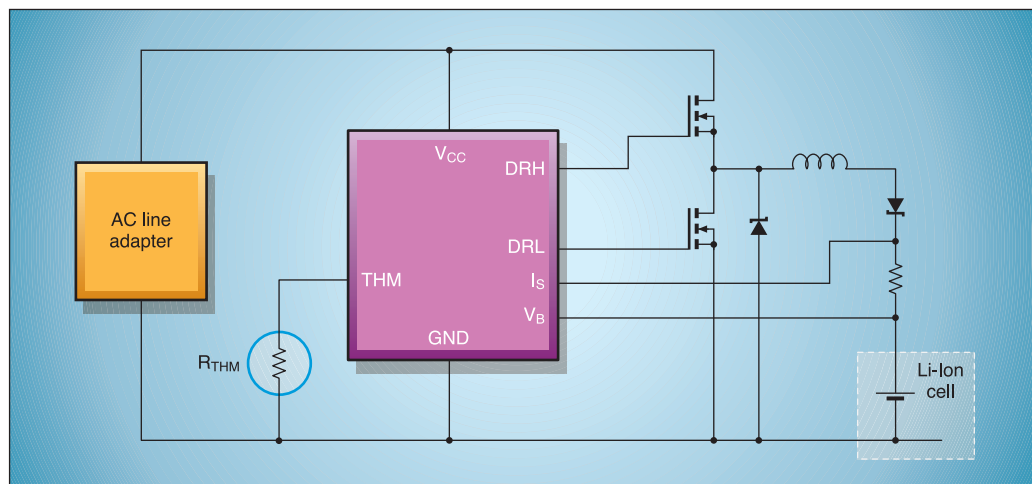


**Fig. 2 – Ciclo di carica per una cella a ioni di litio**

**Fig. 3 – Schema di un caricabatteria a commutazione**

### Caricabatteria di tipo lineare

Semplici e di ridotte dimensioni, i regolatori lineari sono spesso presenti sui caricabatteria (Fig. 1). Gli elementi regolatori in serie (pass element) devono garantire funzionalità di interdizione in senso inverso (reverse blocking), in modo da impedire la scarica della cella da parte del caricabatteria in assenza di alimentazione esterna, oltre a resistere alle variazioni di tensione che sono tipiche di un adattatore di linea c.a. Un modello di questo tipo serve a illustrare alcuni dei criteri chiave da seguire nella progettazione di un caricabatteria per batterie a ioni di liti, che deve essere in grado di controllare quattro fasi: pre-carica, a corrente costante, a tensione costante e carica top up (ovvero continuazione della carica quando la tensione di batteria ha raggiunto il valore massimo). Tra queste, la massima dissipazione di potenza si verifica durante la fase a corrente costante, poiché ai capi dell'elemento di regola-



zione in serie si ha la massima tensione di carica mentre scorre la corrente alla massima intensità (Fig. 2). Sebbene il livello di potenza diminuisca fino a pochi mA durante la fase a tensione costante, quest'ultima è la fase più lunga e l'elemento di regolazione può ancora dissipare una quantità significativa di potenza.

L'elemento di regolazione può essere un transistor bipolare PNP o un MOSFET a canale P: nella tabella 1 vengono confrontate le caratteristiche di maggior rilievo dei due dispositivi. Nelle applicazioni in cui costo e dimensioni rappre-

sentano fattori critici, i transistor a elevato guadagno di corrente spesso rappresentano un'alternativa più valida rispetto ai MOSFET. Ciò è vero soprattutto per bassi valori di tensioni, caratteristici dei dispositivi alimentati a batteria, dove la ridotta tensione di pilotaggio del gate tende a penalizzare le prestazioni della on resistance (resistenza di conduzione) del MOSFET. Poiché l'elemento di regolazione in serie non entra mai in saturazione quando il regolatore lineare funziona normalmente, non è possibile sfruttare quello che viene percepito come uno dei maggiori vantaggi

**TABELLA 1 - CONFRONTO TRA LE PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEI TRANSISTOR BIPOLARI E DEI MOSFET**

Caratteristica	Transistor bipolare	MOSFET
Resistenza di conduzione	Eccellente: può essere inferiore della metà rispetto a quella dei migliori MOSFET, in funzione della corrente di pilotaggio della base	Buona nelle migliori condizioni, modesta per bassi valori di pilotaggio del gate
Tensione di blocco	Capacità di blocco bidirezionale: i valori di $V_{ces}$ , $V_{cev}$ o $V_{cbo}$ possono essere appropriati per alcune applicazioni	Di tipo unidirezionale: è richiesto un diodo Schottky in serie o una coppia di MOSFET back-to-back in alcune applicazioni
Corrente impulsiva	Elevata	Moderata
Tensione di pilotaggio	Inferiore a 1 V	Da 1,8 a 10V a secondo del grado di ottimizzazione
Stabilità in temperatura	Eccellente: $V_{BE}$ : circa 2 mV per °C $R_{ce(sat)}$ : circa 0,4% per °C	Moderata: $V_{th}$ : circa 4 – 6 mV per °C $R_{ds(on)}$ : circa 0,6% per °C
Potenza di pilotaggio	Moderata	Eccellente in c.c. Moderata ad alta frequenza
Velocità	Commutatore lineare: molto veloce Commutatore in saturazione: moderate	Veloce
Sensibilità alle scariche ESD	Molto elevata	Sensibile
Prezzo per area di silicio	Confrontabile	Confrontabile

del MOSFET. La necessità di ricorrere a elementi circuitali aggiuntivi contribuisce ad aumentare gli svantaggi legati all'utilizzo dei MOSFET in questa particolare applicazione.

A differenza di questi ultimi, i transistor bipolari rendono disponibile la funzione di interdizione inversa e non necessitano di un diodo Schottky esterno o di un altro dispositivo in configurazione back to back (ovvero in opposizione), il che comporta sensibili riduzioni in termini di consumi, occupazione di spazio sulla piastra e costi.

In pratica, la sorgente di alimentazione deve fornire una tensione di almeno 4,7 V per caricare una cella a ioni di litio da 3 a 4,2 V. Questo sovraccarico si rende necessario per tener conto delle perdite che si verificano nell'elemento regolatore serie e nel resistore sensibile alla corrente. Poiché la tolleranza, in termini di tensione, di un adattatore di linea c.a. è pari a  $\pm 5\%$ , la tensione ai capi dell'elemento regolatore può superare 1,9 V in presenza di una corrente ad esempio di

0,6 A per una cella di capacità pari a 0,6 A/h. Questa dissipazione di potenza, che risulta superiore a 1 W, resta costante per i MOSFET o i transistor bipolari: un dispositivo bipolare come ZXT13P12DE6 può dissipare 1,1 W a 25 °C in un package SOT23-6. Nel caso di un MOSFET, che richiede la presenza di un diodo Schottky separato, la dissipazione di potenza aumenta di altri 240 mW.

### Caricabatteria a commutazione

In un progetto che prevede l'impiego della commutazione, gli elementi di regolazione agiscono alla stregua di switch e si trovano quindi nello stato di conduzione (on), interdizione (off) o in uno stato di transizione che, dal punto di vista ideale, risulta trascurabile. Un'architettura di questo tipo permette di ridurre la dissipazione di potenza negli elementi di regolazione e aumentare l'efficienza a livelli superiori al 90%, a fronte comunque di un incremento

della complessità, delle dimensioni e dei costi (Fig. 3). Il funzionamento in modalità a commutazione permette di ridurre sensibilmente la variazione di dissipazione del caricabatteria per mezzo di modifiche della tensione di alimentazione, della tensione di cella e della corrente di carica. Risulta pertanto possibile incrementare la tensione di alimentazione a un valore maggiore di 10 V per minimizzare la on resistance dei commutatori a MOSFET. Parecchi integrati per caricabatteria a commutazione sono stati ideati espressamente per il pilotaggio dei MOSFET: alcuni di essi adottano tecniche di commutazione sincrone per migliorare ulteriormente l'efficienza. Per il circuito a MOSFET è ancora indispensabile il ricorso a un diodo Schottky separato per l'interdizione inversa.

### Caricabatteria a impulsi

I caricabatteria di questo tipo fanno ricorso a un adattatore di linea c.a. con corrente di uscita fissa per l'erogazione

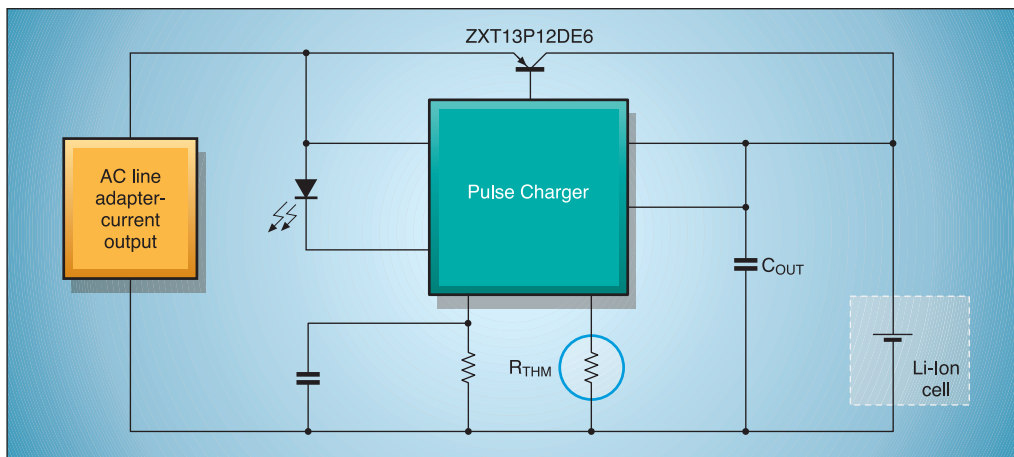


Fig. 4 – Schema di un caricabatteria a impulsi

di una tensione fissa. Durante la fase di carica a corrente costante, l'elemento regolatore applica l'intera corrente del generatore alla cella. Poiché l'adattatore di linea regola la propria tensione di uscita per adattarla alla corrente del carico e l'elemento regolatore va in saturazione quando la potenza raggiunge il valore di picco, la potenza dissipata risulta minima.

Ciò consente ai caricabatteria a impulsi di erogare più corrente a una cella, caricare celle di maggiore capacità oppure ridurre la dimensione dell'elemento regolatore. La capacità intrinseca di interdizione inversa e la bassa tensione di saturazione tra collettore ed emettitore (VCE) rendono il transistor bipolare il componente ideale per questo tipo di applicazione (Fig. 4). Un componente come ZXT13P12DE6, ad esempio, è caratterizzato da un valore di VCE tipico di 50 mW a 600 mA, in modo da limitare la dissipazione di potenza di picco a soli 30 mW: nel caso di un MOSFET bisognerebbe aggiungere ulteriori 200 mW a causa della presenza di un diodo Schottky. L'accuratezza della corrente di carica è molto meno importante per la durata della cella rispetto alla precisione del valore della tensione di carica finale durante la fase a corrente costante. Durante questa fase il circuito rileva la temperatura e la tensione della cella e, nel momento in cui la tensione di cella

raggiunge il valore di 4,2 V, il caricabatteria commuta nella modalità a impulsi. Ora, nella fase a tensione costante, il circuito applica impulsi di corrente che provocano una diminuzione esponenziale del valore di corrente medio che la cella riceve.

L'elemento di regolazione è nello stato di on oppure in quello di off, in modo da ridurre sensibilmente la dissipazione di potenza. È essenziale monitorare la tensione della cella sia durante sia successivamente l'applicazione degli impulsi di corrente, per assicurarsi che il valore finale sia contenuto entro l'1% di quello previsto. Questa fase continua finché il valore della corrente di carica diminuisce fino a un livello predeterminato, oppure quando è trascorso un periodo di tempo prestabilito. A questo punto la carica termina oppure avviene la commutazione nella modalità di carica top up che risulta indipendente dal ciclo (cycle skipping).

Come si può dedurre da quanto esposto in precedenza, il problema di maggiore entità dei caricabatteria lineari è la gestione della dissipazione di potenza di picco nell'elemento regolatore a fronte della minimizzazione dell'area del circuito stampato. In questo caso, i transistor bipolari, grazie alla funzione di interdizione inversa, assicurano significativi vantaggi in termini di costi e di consumi rispetto alle soluzioni basate su MOSFET.

I caricabatteria a commutazione assicurano sensibili vantaggi in termini di dissipazione di potenza, controbilanciati però da un aumento sia di costi sia di ingombri.

I circuiti integrati di pilotaggio di solito sono progettati per l'uso con MOSFET come elementi di regolazione.

L'aumento di costi, ingombri e complessità tende a relegare l'impiego di questo tipo di caricabatteria a quelle applicazioni a elevata potenza dove il costo non rappresenta un fattore particolarmente critico.

Nel caso dei caricabatteria a impulsi, a fronte di una ridotta dissipazione, non esiste il pericolo di incorrere nella complessità tipica dei progetti di caricabatteria a commutazione. Pertanto i dispositivi a impulsi sono ideali per l'uso nei dispositivi elettronici portatili, che devono gestire livelli di corrente elevati all'interno di schede di dimensioni sempre più miniaturizzate. Le perdite di saturazione nell'elemento regolatore rappresentano il maggior contributo alla dissipazione di potenza: in questo caso, il diodo Schottky serie necessario nelle soluzioni basate su MOSFET tende a penalizzare le prestazioni. Per questo tipo di applicazione il transistor bipolare rappresenta senza dubbio la soluzione più idonea. 

Zetex Semiconductors (Future Electronics)  
readerservice.it n. 21