

# Soluzione di carica CCR per batterie ricaricabili

**Steve Sheard**  
Strategic programs manager  
Standard Products Group  
ON Semiconductor

**Un regolatore a corrente costante permette di realizzare una soluzione di ricarica a basso consumo, consumi contenuti e alta efficienza in grado di gestire la ricarica delle batterie in una vasta gamma di applicazioni**

La crescente diffusione dei dispositivi elettronici portatili (come telefoni cellulari, tablet PC, lettori MP3 e fotocamere digitali) nella nostra vita quotidiana ha favorito il sempre maggiore ricorso all'utilizzo di batterie ricaricabili. Una ricarica efficiente delle batterie permette di realizzare dispositivi che migliorano la fruizione da parte dell'utilizzatore, con il supporto di funzioni più sofisticate e il prolungamento del tempo di funzionamento: per i produttori si tratta di vantaggi competitivi grazie ai quali potranno acquisire una fetta di mercato più cospicua. Il presente articolo esamina come sia possibile utilizzare un regolatore a corrente costante (Constant Current Regulator, CCR) per creare un prodotto a basso consumo, a basso costo e ad alta efficienza, in grado di gestire la ricarica delle batterie in una vasta gamma di applicazioni.

## Generalità sui caricabatterie

Un caricabatteria, come si evince dal nome stesso, ha il compito principale di ricaricare una batteria, ottimizzando la velocità alla quale avviene il processo di ricarica (in modo che il tempo necessario alla ricarica non rappresenti un problema per l'utente), e arrestando opportunamente il processo a ricarica ultimata (per non provocare danni che riducano la durata operativa della batteria). Con un semplice sistema di regolazione è possibile arrestare la ricarica al momento più opportuno.

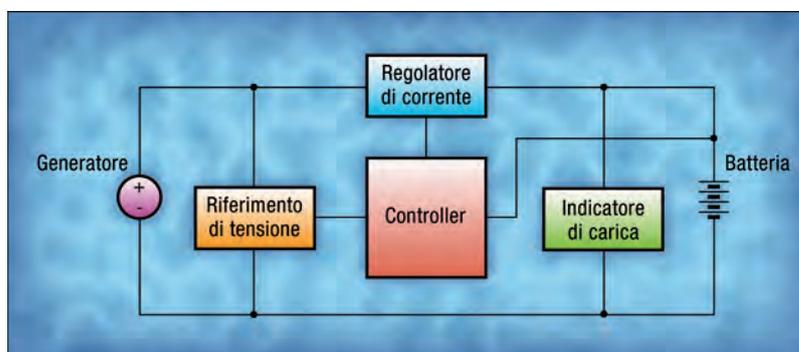
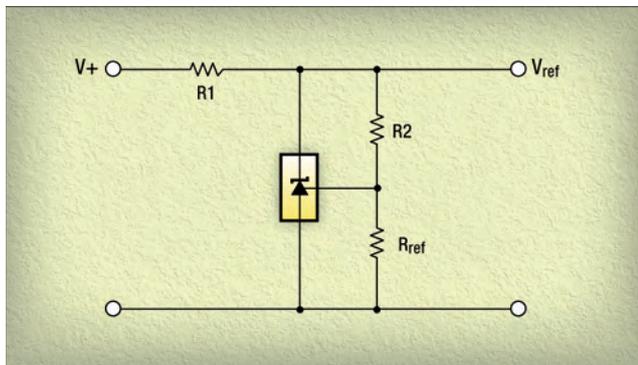


Fig. 1 - Schema a blocchi di un tipico circuito di carica

## Tipi di caricabatterie

I caricabatterie possono utilizzare sistemi di ricarica a corrente costante o pulsata. In entrambi i tipi, la corrente erogata non cambia, ma resta a un livello costante per tutto il periodo di ricarica e non viene influenzata dalla carica totale già accumulata nella batteria. In alternativa, per batterie di piccola capacità, come quelle solitamente utilizzate nelle apparecchiature portatili, vengono spesso utilizzati dei caricatori di compensazione (trickle charger), in cui la ricarica avviene a una velocità prossima a quella di autoscarica, così che la batteria possa essere sempre mantenuta a piena carica.

In questi casi, si raccomanda l'impiego di un qualche tipo di regolatore di carica per impedire una ricarica eccessiva (per evitare che il caricabatteria continui a caricare la batteria anche quando questa è completamente carica), evento questo che potrebbe ridurre la vita della batteria. La capacità della batteria su un periodo di un'ora viene indicata con C.



**Fig. 2 - Impostazione della tensione di riferimento**

Per fare un esempio, si consideri una batteria da 800  $\mu$ Ah: per ricaricarla a 0,5 C, occorre una corrente di 400  $\mu$ A su un periodo di due ore.

**Tecnologie di batterie ricaricabili**

Oltre al parametro C, la corrente di carica necessaria a una batteria ricaricabile dipende dalla tecnologia su cui si basa la batteria stessa. Ognuna delle tecnologie attualmente utilizzate possiede caratteristiche che le rende piú adatte per determinati tipi di applicazioni. Le tre tecnologie piú comuni di batterie ricaricabili sono:

1. Nichel-metallo idruro (Nickel Metal Hydride, NiMH): offre una capacit  molto piú elevata rispetto ad altre tecnologie, che consente di ottenere maggiori livelli di carica in batterie di piú piccole dimensioni.
2. Nichel-cadmio (Nickel Cadmium, NiCad): offre una durata piú lunga rispetto alle batterie al NiMH e un minore livello di autoscarica. La tecnologia al NiCad permette inoltre la produzione di batterie che hanno i costi piú bassi di tutte e tre le categorie.
3. Lithium Ion (Li-ion): batterie leggere in grado di funzionare alle basse temperature, particolarmente adatte per ambienti esterni. Questa tecnologia richiede tempi di carica relativamente brevi. Inoltre, pu  gestire un maggior numero di cicli di carica rispetto alle alternative al NiCad o al NiMH.

**Carica semplice**

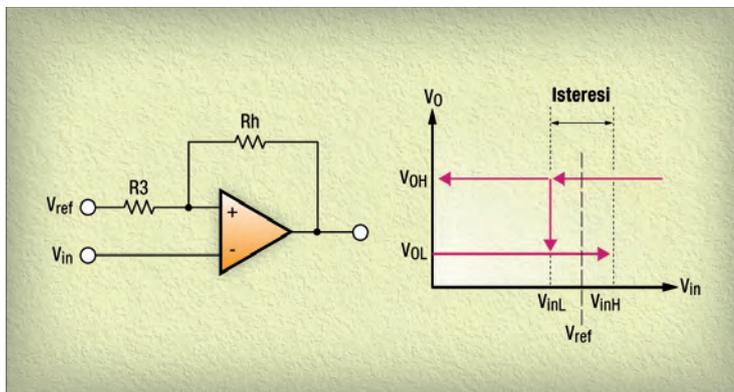
Lo schema semplificato di un tipico circuito di carica   illustrato in figura 1.   composto da un riferimento di tensione, un alimentatore, un indicatore a LED, un controller e un regolatore di carica. Per una batteria al NiMH, la tensione nominale   pari a 1,2 V per cella e andrebbe caricata fino a una tensione da 1,5 V a 1,6 V per cella. Vi sono diverse tecniche per stabilire quando deve terminare il processo di carica; tra queste vi sono il

rilevamento della tensione di picco, il delta-V negativo, la variazione di temperatura (dT/dt), la soglia di temperatura e l'uso di temporizzatori. Nei caricabatterie di ultima generazione, queste tecniche possono essere tutte combinate insieme. In un caricabatterie a corrente costante, si utilizza un circuito di rilevamento della tensione di picco che arresta il processo di carica nel momento in cui si raggiunge una tensione di picco prefissata. Questo picco   pari a 1,5 V per cella e permette il caricamento della batteria a circa il 97% della capacit  totale. Poich  il comportamento   analogo, le batterie al NiCad possono essere caricate utilizzando la stessa tecnica. Il ciclo di carica delle batterie al Li-ion   piú complicato: in questo caso, il metodo piú comune   di caricare la batteria a 4,2 V per cella a una capacit  compresa tra 0,5 C e 1 C, facendo poi seguire una carica di compensazione. L'aumento di temperatura delle batterie al Li-ion andrebbe mantenuto al di sotto dei 5  C durante la fase di carica: un aumento della temperatura   indice di una possibile combustione.   durante la fase di compensazione che la temperatura della batteria sale maggiormente e in cui c'  il maggior rischio di combustione. Spesso si utilizza un circuito integrato intelligente capace di monitorare e controllare la carica della batteria e quindi di prevenire questi pericoli.

**Circuito di carica semplice**

Saranno innanzitutto prese in considerazione le diverse parti del circuito di carica. La figura 2 illustra l'impostazione della tensione di riferimento (Vref) tramite un regolatore a partitore (shunt) programmabile a tre terminali. Il resistore R2   fissato a 1,0 k  e Rref pu  quindi essere variato per adattarsi alla Vref richiesta. L'equazione che descrive la relazione tra R2 e Rref  :

$$V_{ref} = \left(1 + \frac{R_2}{R_{ref}}\right) 2.5$$



**Fig. 3 - Isteresi nel circuito di carica**

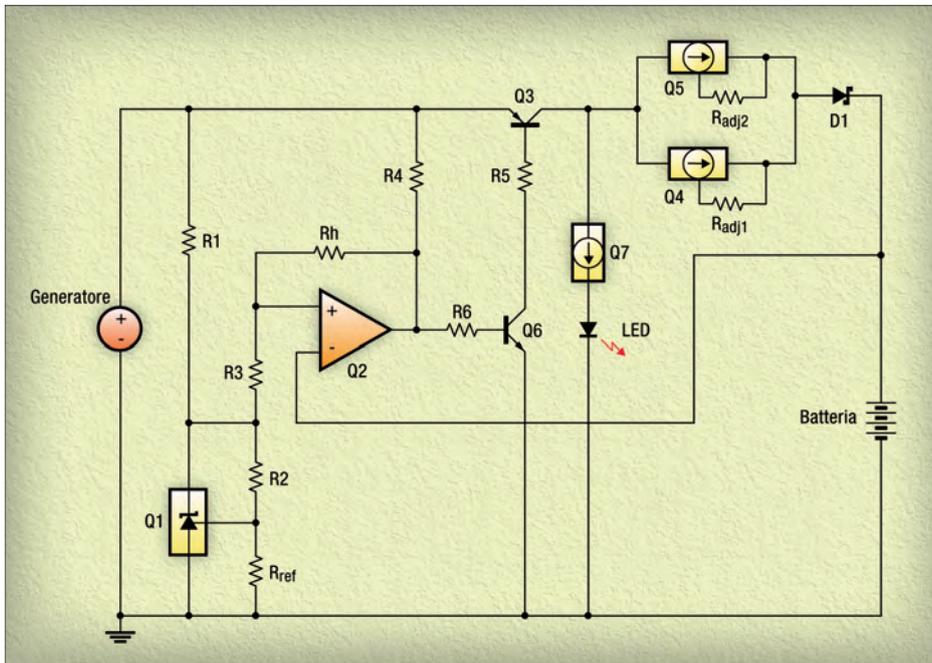


Fig. 4 - Schema elettrico di un circuito di carica

Si utilizza un comparatore singolo per confrontare la tensione della batteria rispetto a  $V_{ref}$ . All'ingresso invertente è collegata la tensione della batteria. Si aggiunge un'isteresi al riferimento di tensione per evitare possibili oscillazioni nel comparatore, migliorando così le prestazioni del sistema. Questo viene fatto inserendo il resistore di retroazione  $R_h$  tra l'uscita e l'ingresso non invertente. Il resistore  $R_3$  da  $1,0\text{ k}\Omega$  si usa per rendere il rapporto tra  $R_3$  e  $R_h$  il più semplice possibile. Variando  $R_h$ , è possibile cambiare la banda del ciclo di isteresi. Se  $R_h$  aumenta, la banda diminuisce mentre se  $R_h$  diminuisce, la banda aumenta. È importante che la banda del ciclo di isteresi sia maggiore di  $200\text{ mV}$ , poiché al termine del processo di carica, la tensione della batteria cala leggermente. Le equazioni per calcolare le tensioni alta e bassa all'ingresso invertente sono le seguenti:

$$V_{inL} = \frac{R_3}{R_3 + R_h}(V_{OL} - V_{ref}) + V_{ref}$$

$$V_{inH} = \frac{R_3}{R_3 + R_h}(V_{OH} - V_{ref}) + V_{ref}$$

La figura 4 descrive nel dettaglio l'intero circuito di carica. Esso comprende un tran-

sistor PNP, un transistor NPN, un comparatore singolo, un preciso riferimento di tensione programmabile e due regolatori a corrente costante,  $Q_4$  e  $Q_5$ , in parallelo per variare la corrente. È anche possibile collegare più di due regolatori a corrente costante in parallelo al circuito di carica in modo da ottenere tutti i valori di corrente desiderati.

I due transistori bipolari (BJT),  $Q_3$  e  $Q_6$ , funzionano come un interruttore che controlla la corrente di carica. La base di  $Q_6$  è controllata dall'uscita del comparatore tramite il resistore  $R_6$  da  $5,6\text{ k}\Omega$ . Il collettore di  $Q_6$  è collegato alla base di  $Q_3$  attraverso il resistore  $R_5$  da  $1,0\text{ k}\Omega$ . Quando l'uscita del comparatore diventa bassa,  $Q_6$  si spegne,

provocando lo spegnimento anche di  $Q_3$  e quindi interrompendo l'erogazione della corrente di carica. Per indicare che la batteria è in fase di caricamento, si inserisce un LED in serie al regolatore  $Q_7$  (alimentandolo con una corrente costante). Il LED si spegne quando la batteria è completamente carica.

Nei moderni circuiti elettronici, i progettisti cercano di limitare la dissipazione di potenza, in modo tale che i

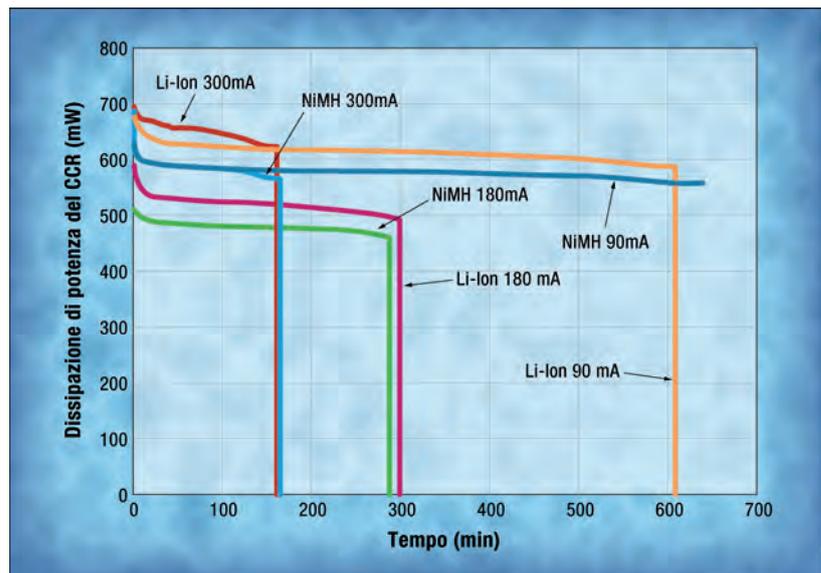


Fig. 5 - Dissipazione di potenza di un regolatore a corrente costante in funzione del tempo

dispositivi siano più efficienti dal punto di vista energetico oltre che più affidabili. Abbassare la tensione di ingresso è uno dei metodi per aumentare le prestazioni del circuito. Per questo motivo, in questo circuito di carica vengono inclusi anche un transistor a bassa VCE(sat) e un diodo Schottky a bassa caduta di tensione diretta. Anche la dissipazione di potenza è importante per un regolatore di carica a corrente costante. Come già visto, questo dispositivo permette di regolare la tensione e caricare la batteria mantenendo una corrente costante; in esso si genera un aumento di temperatura. Man mano che il dispositivo inizia a scaldarsi, la corrente si riduce finché non raggiunge un punto stabile. Per ridurre al minimo l'aumento di temperatura del CCR, il rame ricopre la gran parte dello spazio vuoto presente nel circuito stampato. Il catodo del CCR viene quindi collegato a questa zona in rame, che diventa quindi un dissipatore termico. Se si usano più regolatori CCR in parallelo, occorre tenere presente che la potenza dissipata da un singolo CCR è pari alla tensione moltiplicata per la sola corrente che lo attraversa (non per la corrente di carica totale). La figura 5 descrive la potenza dissipata dai regolatori a corrente costante in funzione del tempo.

Utilizzando il circuito di carica illustrato in figura 4, il riferimento di precisione programmabile genera un'opportuna tensione Vref. La tensione di batteria e la Vref sono collegate agli ingressi di un comparatore. Finché la tensione di batteria resta inferiore a Vref, il regolatore eroga una corrente costante alla batteria. Quando la tensione di batteria raggiunge il valore Vref, il caricamento termina.

Per questo tipo di circuito si raccomanda l'utilizzo del regolatore a partitore shunt programmabile a tre terminali TL431 di ON Semiconductor e del relativo comparatore singolo LM311. La presenza di un circuito integrato intelligente (nel caso di batterie agli ioni di litio) non è più necessaria se si evita il circuito di compensazione nel processo di carica. Ciò mantiene la batteria in una zona operativa sicura e contribuisce a prolungarne la durata.

Il circuito di carica con regolatori a corrente costante qui descritto è, grazie all'eliminazione del circuito di compensazione, in grado di funzionare con tutti i principali tipi di batterie (NiCad, NiMH e Li-ion).

Esso può essere quindi realizzato in una molteplicità di configurazioni (con un ampio intervallo di correnti di carica): dalle pile AA impiegate negli ambienti domestici di tutti i giorni, ai dispositivi portatili di largo consumo, ivi compresi gli utensili di potenza. La nota applicativa AND9031 di ON Semiconductor fornisce tutti i dettagli operativi del circuito con i risultati delle prove effettuate. ■

*Scegliere il giusto alimentatore ACDC o DCDC è fondamentale per la sicurezza del funzionamento di qualsiasi apparato industriale, medicale, ferroviario, per le telecomunicazioni, per il lighting e per le energie alternative.*

*eMergy Tech con la propria esperienza tecnica e commerciale, supportata dalla tecnologia e dai prodotti dalle linee rappresentate, offre la possibilità di valutare la migliore soluzione standard, semi custom e custom che può soddisfare qualsiasi applicazione.*



### ACDC Converter

- ⇒ Potenza d'uscita da 1W a 350W
- ⇒ Dimensioni ridotte 2"x4" fino a 150W e 3"x5" fino a 325W
- ⇒ Isolamento da 2KVAC a 4KVAC
- ⇒ Disponibili con uscita singola, duale, doppia, tripla e quadrupla
- ⇒ Soluzioni x PCB in versione incapsulata DIP e SIP
- ⇒ Soluzioni open-frame, boxate, U-Channel, da external e Wall Mount
- ⇒ Industriali
- ⇒ Medicali secondo la EN60601 - 3° Ed.



### DCDC Converter

- ⇒ Potenza d'uscita da 0,25W a 2000W
- ⇒ Ingressi nel range 2:1 o 4:1 da 4,5Vdc a 75Vdc
- ⇒ Ingressi ferroviario nel range 8-50Vdc e 40-160Vdc
- ⇒ Ingresso esteso da 200 a 500Vdc
- ⇒ Isolamento fino a 6KVAC
- ⇒ Disponibili con uscita singola e duale
- ⇒ Efficienze fino al 95%
- ⇒ La più alta densità di potenza (180W/in<sup>3</sup>) e di corrente d'uscita (53A/in<sup>2</sup>)
- ⇒ Soluzioni x PCB in versione incapsulata (DIP, SIP e SMD) o open frame con piattina metallica/dissipatore



Le nostre linee rappresentate:



**eMergy Tech Srl**

Via Sant'Adele, 7 - 20094 - Corsico (MI)  
Tel. +39.02.4408403 - Fax +39.02.45106691  
[www.emergytech.com](http://www.emergytech.com) - [info@emergytech.com](mailto:info@emergytech.com)

