

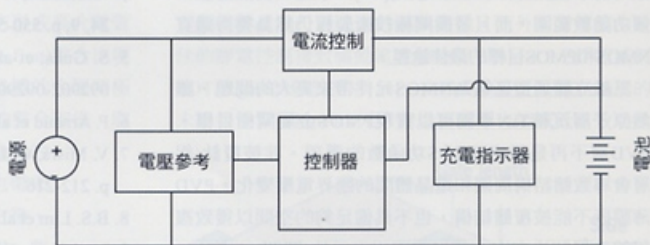
用於可充電電池的低成本CCR 充電方案

Steve Sheard / 安森美半導體標準產品部策略專案經理

在我們的日常生活中，手機、平板電腦、MP3播放機及數碼相機等便攜電子產品越來越重要，使可充電電池得到廣泛使用。為確保這些電池提供高效率充電，使原設備製造商(OEM)能夠推出優化使用者體驗的產品，不僅支援更多功能，還擁有更長的工作時間間隔。為他們提供競爭優勢，使其可以穩獲更大市場份額。本文將探討如何使用恒流穩流器(CCR)來創建適合可充電電池、覆蓋寬廣目標應用範圍的低功率、低成本、高效率的充電方案。

電池充電功能的關鍵考慮因素

充電器必須完成基本的電池充電功能，優化充電進度相關的充電速率(因而使每次充電所需時長不會為用戶帶來不便)，進而終止充電過程(因而不損傷電池，不影響其長期工作)。通過應用簡單的控制器機制，有可能及時地終止充電過程。



圖一：典型充電電路框圖

充電器類型

充電器可以採用恒定直流或脈衝直流功率途徑。就各種途徑而言，輸出並無變化，但在充電期間始終保持恒定電平，並且不受已經充至電池的電荷總量影響。另一方面，對於小容量電池(如通常用於便攜應用的電池)而言，往往需要涓流充電器。在這類應用中，電池充電速率接近於其自放電速率，以此維持滿額電池電量。在這種特殊環境下，推薦使用某種類型的電池穩流器，以避免可能縮短電池壽命的過沖狀況(否則將持續給電池充電，即使電池電量已經完全充滿)。

電池在1小時時間內的電量稱作C。為了進一步闡釋此概念，以額定容量為800 μ Ah的電池為例。如果要以0.5 C的速率來給電池充電，就要求以400 μ A的充電電流充電2

個小時。

電池技術

可充電電池需要的充電電流除了跟C值相關，還取決於電池採用的技術。目前採用的每種技術都有令其更適合於某些類別應用的屬性。三種最常見的可充電電池技術是：

1. 鎳氫(NiMH) – 相較於其它技術而言，存儲的電量極大，支援以更小尺寸的電池提供更高等級的電荷容量。
2. 鎳鎘(NiCad) – 壽命週期長於鎳氫電池，自放電電平更低。鎳鎘也支援生產成本在三種技術中最低的電池。
3. 鋰離子(Li-ion) – 可用於製造重量最輕的電池，能夠以

更低的溫度工作，使其特別適用於戶外應用場合。此技術要求的充電時間相對較短。此外，它能承受的充電週期數量高於鎳鎘或鎳氫電池。

簡單的充電方案

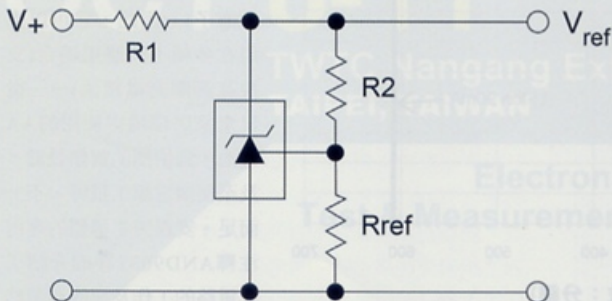
圖一所示的是簡化的典型充電電路示例。它包含電壓參考、電源、LED指示器、控制器及恒流穩流器

(CCR)。鎳氫電池的額定電壓是每節1.2 V，應當充電至每節1.5 V到1.6 V。有幾種不同的技術用於確定何時終止充電，包括峰值電壓檢測、負電壓變化、溫度變化(dT/dt)、溫度閾值及計時器等。高檔充電器可能會結合所有這些技術。CCR充電器使用峰值電壓檢測電路，在達到預設峰值電壓時終止充電過程。此峰值電壓為每節電池1.5 V，將使電池充電至完整電量的約97%。鎳鎘電池的特性與鎳氫電池極為相似，也可以使用相同的方法來充電。鋰離子電池的充電週期較為複雜。鋰離子電池的常用充電方法是將電池充電至每節4.2 V電壓，且所充電量介於0.5 C與1 C之間，然後進行涓流充電。鋰離子電池在進行充電時的溫升應當保持低於5°C，若溫升更高，則表示有潛在的自燃風險。在充電週期的涓流充電部分，電池溫升的幅度最大，因此發生自燃的風險最高。通常情況下，將使用某些類型智慧IC來監測及控制電池的電荷，因此保護充電電路免受這種風險。

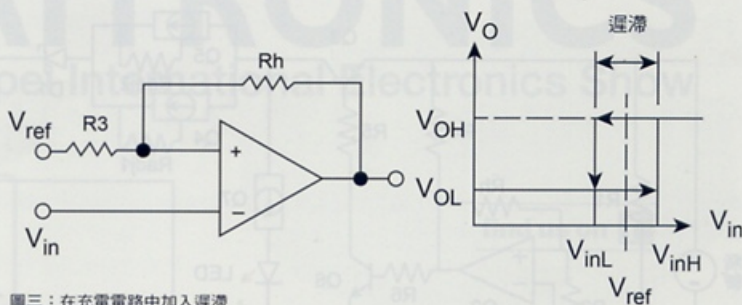
簡單的充電電路

我們接下來探討充電電路的不同組成部分。

如圖二所示，參考電壓(V_{ref})的設定通過採用三端程式設計分壓穩壓器來進行。電阻R2的阻值設定為1.0 kΩ，



圖二：參考電壓設定



圖三：在充電電路中加入遲滯

然後可以調節R_{ref}，使其匹配所要求的V_{ref}。描述R2與R_{ref}之比的等式如下所示：

$$V_{ref} = \left(1 + \frac{R2}{R_{ref}}\right) 2.5$$

我們可以使用簡單的比較器來比較電池電壓與V_{ref}。連接至反相輸入的是電池電壓。電路設置中增加了遲滯，從而避免比較器中出現振盪，因而優化系統性能。具體做法是將回饋電路R_h置於輸出與非反相輸入之間。1.0 kΩ電阻R3用於使R3與R_h之比盡可能簡單。通過調節R_h，遲滯環路的頻寬就會被改變。增加R_h表示頻寬降低，減小R_h則頻寬增加。推薦遲滯環路的頻寬應當大於200 mV，因為在終止充電時，電池電壓將輕微下降。

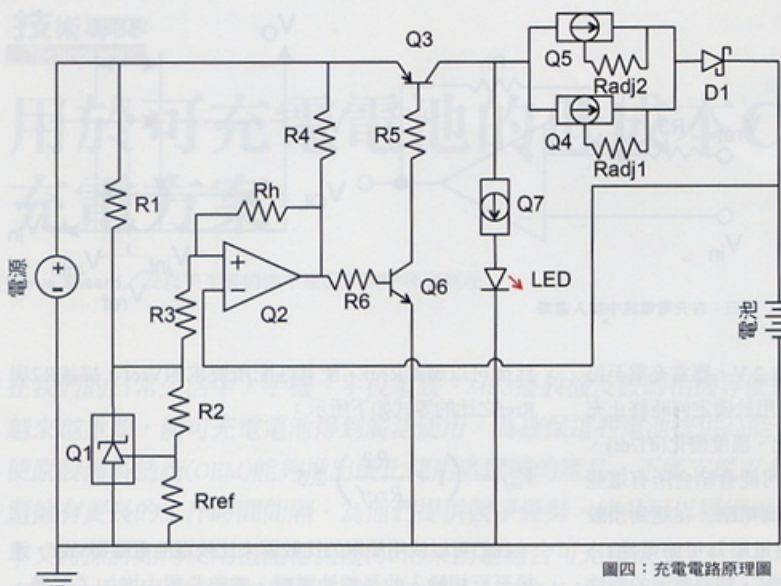
計算反相輸入的高壓及低壓的等式如下：

$$V_{inL} = \frac{R3}{R3 + Rh} (V_{OL} - V_{ref}) + V_{ref}$$

$$V_{inH} = \frac{R3}{R3 + Rh} (V_{OH} - V_{ref}) + V_{ref}$$

圖四給出了完整的充電電路。它包含PNP電晶體、NPN電晶體、單個比較器、程式設計精密電壓參考及並聯的兩顆CCR——Q4和Q5。並聯的Q4和Q5用於調節電流。在充電電路內有可能並聯連接超過2顆CCR，以此提供任何可能要求的電流。

兩個雙極結晶體管(BJT) Q3和Q6充當開關，控制充電電流。Q6的基極由比較器的輸出通過5.6 kΩ電阻R6來控制。Q6的集電極通過1.0 kΩ電阻R5連接 Q3的基極。當比較器的輸出變為低電平時，Q6關閉，致使Q3關閉，因而終止充電電流。



圖四：充電電路原理圖

為了提示電池正在充電，電路中置有一顆與CCR Q7串聯的LED(以恒流供電)。當電池電量充滿時此LED關閉。

在當今電子系統設計中，工程師們極為關注限制功率耗散的問題，極力使他們開發的產品能效更高且更可靠。降低輸入電壓是增強電路性能的一種方式。因此，充電電路中也加了低飽和電壓(VCE(sat))電晶體和低正向

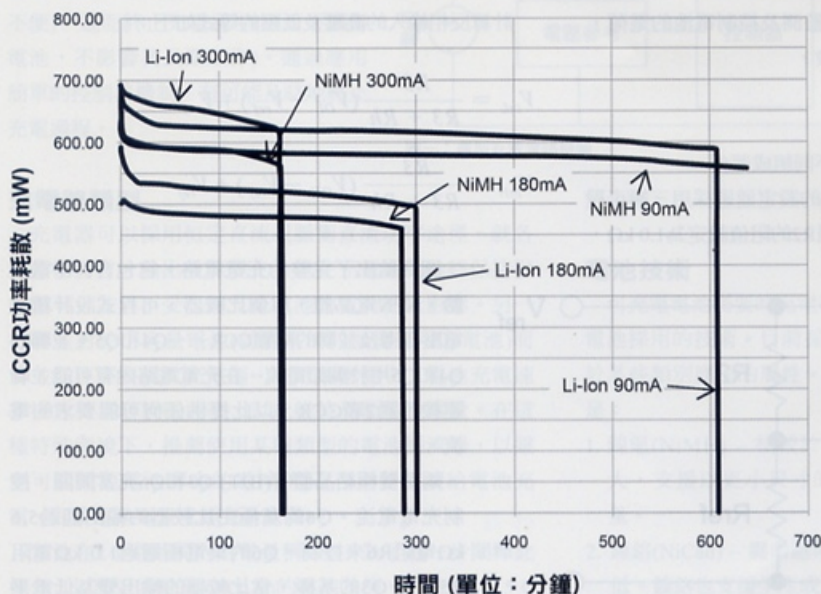
電壓肖特基二極體。就CCR的工作而言，功率耗散等級也極為重要。所有電壓都通過此器件來降壓，因此電流以恒定電流來充電，從而導致前文論及的溫升問題。在器件溫度開始上升時，電流下降，直到達到穩定點。為了將CCR溫升減至最小，電路板上空餘地方的大部分覆蓋了銅。CCR的陰極連接至此銅區域，從而為CCR提供散熱片。當使用並聯的多顆CCR時，應當注意各個CCR耗散的功率僅是電壓乘以流經各個CCR的電流，而非總的充電電流。圖五顯示了CCR在不同時間點的功率耗散。

使用如圖三所示的充電電路，可程式設計精密參考就可以設定適合的Vref。電池電壓及Vref連接至比較器的輸入。當電池電壓低於Vref值時，恒定電流通過CCR提供給電池。一旦電池電壓等於Vref，充電就終止。

推薦在此電路設計中使用安森美半導體的TL431三端可程式設計分壓穩壓器及其LM311單比較器。通過從充電

過程中消除涓流充電，就可以消除加入智慧IC(以鋰離子電池技術為例)的需求。這就使電池保持在安全工作區，並幫助延長壽命週期。

本文詳細介紹的基於CCR的充電電路。由於消除了涓流充電器，能夠用於所有主要電池技術(鎳鎘、鎳氫及鋰離子)。因此，它可以應用在多種不同應用場合(支援寬範圍充電電流)——從日常家居環境中使用的AA電池，到便攜消費類設備，及至便攜電源工具等，不一而足。安森美半導體的應用注釋AND9031詳細介紹了此电路的工作及性能測試結果。SST-AP/Taiwan



圖五：CCR在不同時間點的功率耗散