

微控制器之應用－電池充電器

作者：劉溫良
盛群半導體股份有限公司

文件編碼：HA0052T

前言

由於目前無線通信的盛行，在台灣幾乎人手一隻大哥大，除了帶來了便利之外，也帶來了不少的商機，除了手機的製造商之外，另外一個與手機相關的商機就是大哥大的充電器。尤其無線上網的趨勢，已經開始醞釀中，已有不少的手機，增加了無線上網的功能，更造成大哥大的普及與流行，因此充電電池及充電器需求量也逐漸的增加。另外一方面，手持裝備的流行，如 PDA、MP3 隨身聽，數位相機等，需要大量使用電池，所以可重複使用的充電電池就顯得十分重要，所以本文將介紹充電電池的特性，及介紹如何製作一個快速充電的充電器。

由於盛群半導體目前發表一顆專為充電電池充電器所設計的微控制器，該產品編號為 HT46R47，對於目前市面上的大哥大鎳鎘，鎳氫及鋰充電電池或是一般隨身聽，PDA 等使用電池的產品，都可以使用此產品開發該充電電池之快速充電器。本文也順便介紹此顆微控制器的功能給讀者，並以此探討鎳鎘，鎳氫及鋰電池充電器的原理及實做方案，盼望讀者能讀完此篇文章之後，能夠自行設計自己所需要的充電器，也能了解及判別目前市面上充電電池及充電器的優劣。

HT46R47 的主要規格如表一所示：

封裝	18DIP 及 18SOP 兩種
I/O 接腳	13 根
PWM 輸出	與 PD0 共用腳
PFD 輸出	與 PA3 共用腳
外部計數器	與 PA4 共用腳
外部中斷	與 PA5 共用腳
系統震盪器	RC 震盪器或石英晶體震盪器(陶瓷震盪器)擇一
ADC 類比訊號	4 個通道類比輸入 AN0~AN3 與 PB0~PB3 共用腳
ADC	9 位元 ADC；8 位元精確度
工作電壓	2.2V~5.5V
程式記憶體 EPROM	2048×14
資料記憶體 RAM	64×8
Timer	8 位元 + 7 級之預除器
低電壓偵測	3V±0.3V
堆疊	6 層

表一

HT46R47 這顆微控制器，在盛群半導體公司主要定位，雖然是在充電器專用的微控制器上，但就其整個功能來說，精簡且多樣的功能，對於其他方面的應用也非常適合，就算只拿來做一個簡單的 9 位元 ADC 控制器，也是非常方便的一個應用方案，只要有用到 ADC 且所需的 I/O 數又不需要太多的產品，非常適合用這顆微控制器開發其產品。尤其是對於電源雜訊的處理，該微控制器擁有極佳的抗雜訊能力，非常適合家電產品的應用；內含的 PWM 輸出功能，用來做電流，電壓控制是非常適宜的。

電池與充電器

現在就先介紹市面上常見的充電電池，有鎳鎘、鎳氫及鋰充電電池三種，其容量單位是 mAh，例如充電電池 500mAh，代表電流輸出 500mA，可以連續使用 1 小時，如果電流 50mA，那就是可以使用 $500\text{mAh}/50\text{mA}=10\text{h}$ ，所以可以使用十小時。所以選擇容量愈大的充電電池，則相對的使用時間也就愈久，但是為了達到充電電池的使用效率，使用充飽的充電電池，相對的也就愈經濟划算。所以有一個能快速充電，且能在電池充飽時自動檢知的充電器就非常重要。為了在 1 小時快速充電完畢，相對的充電電流就必須要 $500\text{mAh}/1\text{h}=500\text{mA}$ ，一般稱 500mAh 容量的電池，充電電流 500mA 稱為 1C。鎳鎘、鎳氫充電電池，若沒有完全放電之後再充電，幾次之後電池的容量便減少，此種現象稱為記憶效應。鋰電池則沒有記憶效應，所以鋰電池在沒有放電完全之後就充電，也不會影響電池的容量。

在鎳鎘、鎳氫及鋰電池的充電過程中，如何檢知電池已經充電完畢是重要的一件事，如果無法知道電池已經充飽，則充電過程就會無法自動停止，很容易就把電池充壞，也容易發生危險，下面就介紹鎳鎘、鎳氫及鋰電池充電完成的檢知方式：

首先定義幾個名詞

V_{BAT} : 電池的電壓，每一次所量測到的最新電壓與與前 3 次的算數平均

V_{MAX} : 為電池電壓最高之安全值

V_{PEAK} : V_{BAT} 之最大值

ΔV : $V_{PEAK} - V_{BAT}$

鎳鎘及鎳氫電池充飽的檢知方式是一樣的，共有以下幾種方式來做充電電池充飽完成的檢知方式：

- 利用 ΔV 的檢知方式：在電池充飽時，電池電壓會下降，若是偵測電池連續下降 10mV 8 次 ($\Delta V > 10mV$ 8 次)，則認定充電已經完成。
- 利用 V_{PEAK} 檢知方式：在一分鐘之內 $V_{BAT} < V_{PEAK}$ 成立，只要 $V_{BAT} \geq V_{PEAK}$ 時，1 分鐘的時間就必須重新計算。
- V_{MAX} 方式： V_{BAT} 到達 V_{MAX} ，我們就認定電池已經充電完畢。
- Safe Timer：只要充電時間大於我們指定的時間，我們及認定充電結束。
- 利用電池充飽時，溫度會上升的特性，來當作電池充飽的依據。

鋰電池充飽的檢知方式，有以下幾種方式來做充電電池充飽完成的檢知方式：

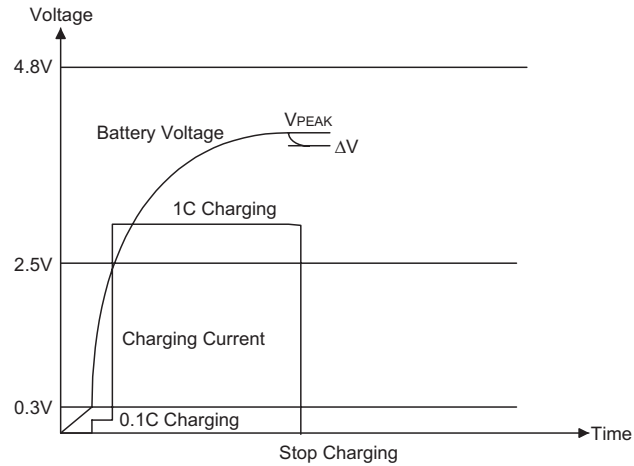
- 利用鋰電池在充電完成時電壓會維持在 4.1V 的特性，首先以定電流 1C 充電，當電池電壓等於 4.1V 時，則改以定電壓 4.1V 充電，若是電壓大於 4.1V，則減少充電電流，若是電壓小於 4.1V，則充電電流不變，直到偵測充電電流小於 0.1C 時，就表示鋰電池已經充電完成。
- V_{MAX} 方式： V_{BAT} 到達 V_{MAX} ，我們就認定電池已經充電完畢。
- Safe Timer：只要充電時間大於我們指定的時間，我們及認定充電結束。

鎳鎘、鎳氫及鋰電池快速充電的限制必須在充電電池電壓大於 2.5V，才可以做快速充電，在電壓小於 2.5V 時，我們先以 0.1C 充電，等到電池電壓大於 2.5V 時我們才以 1C 電流做快速充電。

當充電電池置入時，我們也需要能做自動檢測電池的功能，其做法是每隔一段時間，就去偵測電池座的電壓是否大於 0.3V，若是小於 0.3V 則表示未置入電池，若是大於 0.3V 則表示偵測到電池已經置入，則準備開始對該充電電池充電，充電電池在 Standby，因為同時只有一組電池可以充電，所以必須依序對 Standby 的電池充電。在電池充電完成時，只要在電池未取下，就不將充電電池設為 Standby，避免重複對以充飽的電池充電。

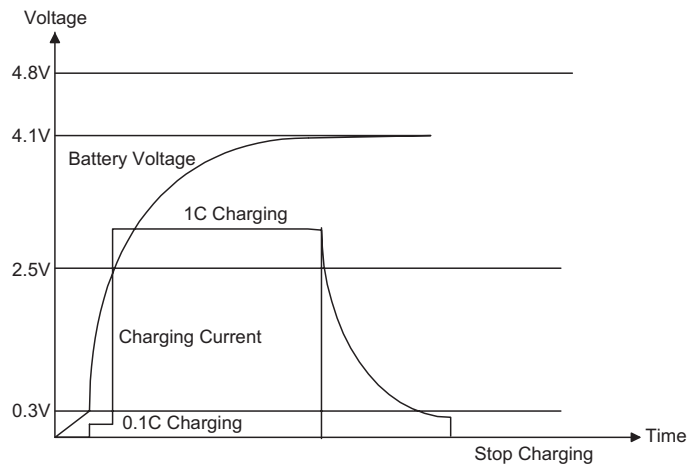
鎳鎘及鎳氫充電電池放電時，我們以 0.1C 電流放電，當電池電壓放到低於 2.2V 時，將自動轉為充電狀態，鋰電池則無須放電。

鎳鎘及鎳氫電池充電曲線說明如下圖。



- 若是充電電池電壓小於 0.3V 時，則不做充電，當電壓大於 0.3V 時，則以 0.1C 定電流充電，當電池充電到 2.5V 時，則以 1C 定電流充電，當偵測有 V_{PEAK} 現象或是 ΔV 發生時，則表示電池已經充飽。
- 若是充電電池電壓大於 V_{MAX} ($V_{MAX} = 4.8V$)，則表示充電電池電壓過大，原因可能為使用者放錯電池，充電器停止充電，避免發生危險。
- 若是充電時間到達 80 分鐘，則表示電池容量太大，必須要充超過 80 分鐘以上才會充飽，還有一個原因是電池特性不好，沒有偵測到 V_{PEAK} 現象或是 ΔV ，但是電池已經充飽，設定充電時間到達 80 分鐘停止充電，也有避免電池因過度充電，而損害電池及預防危險的一個保護措施。

鋰電池充電曲線說明如下圖。



- 若是鋰充電電池電壓小於 0.3V 時，則不做充電，當電壓大於 0.3V 時，則以 0.1C 定電流充電，當電池充電到 2.5V 時，則以 1C 定電流充電，當電壓到達 4.1V 時，則以定電壓 4.1V 對鋰電池充電，充電電流此時會慢慢下降，當充電電流小於 0.1C 時，則表示電池已經充飽，停止對鋰電池充電。
- 若是充電電池電壓大於 4.8V，則表示充電電池電壓過大，原因可能為使用者放錯電池，充電器停止充電，避免發生危險。
- 若是充電時間到達 80 分鐘，則表示電池容量太大，必須要充超過 80 分鐘以上才會充飽，還有一個原因是電池電壓充不上去，設定充電時間到達 80 分鐘停止充電以避免危險。

從整個方塊圖及腳位圖，我們就可以大略了解此類微控制器所提供的功能：

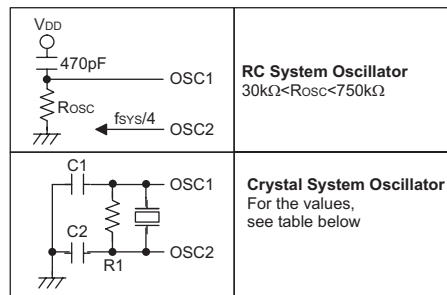
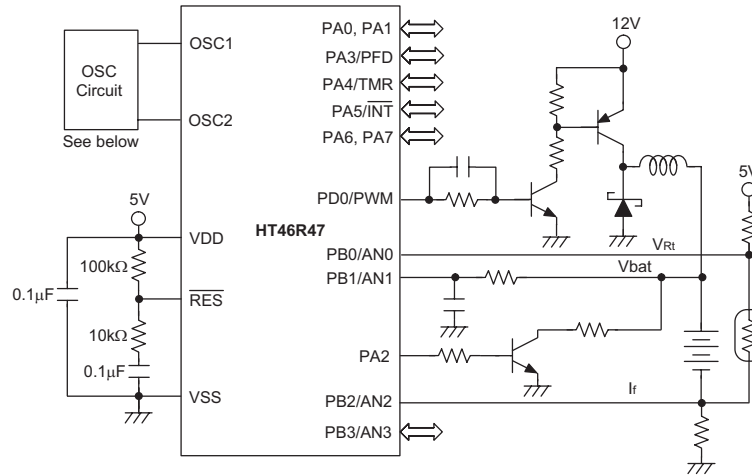
- HT46R47 使用盛群半導體的 8 位元精簡指令集微控制器，內含 63 個功能強大的精簡指令，有 6 層硬體做成的堆疊(STACK)，在呼叫副程式時，可以呼叫到 6 層之多。內建一個看門狗計時器(WDT)，可以預防微控制器誤動作時，將微控制器重新 RESET，一個低電壓偵測器(LVR)，當電壓過低時，會自動將微控制器 RESET，避免微控制器的誤動作。程式記憶體(PROGRAM MEMORY)的空間有 2K 可以使用，對於寫程式來說，有很大的應用空間，另外也提供 OPTION ROM，提供 OPTION 在燒錄的時候，視需求來選擇哪一種功能，內建有 64 bytes 的資料記憶體(DATA MEMORY)空間，在中斷部分提供了三種中斷，外部中斷接腳的中斷，內部計時器或外部計數器的中斷，還有一個是 9 位元 ADC 的中斷。
- 輸入輸出腳共有 13 根，其中 PA 有 8 根，PB 有 4 根，PD 有 1 根，其中 PA3 與 PFD 輸出共用接腳，PA4 與外部計數器輸入腳共用，PA5 與外部中斷輸入腳共用，PD0 與 PWM 輸出共用接腳，PB0~PB3 與 ADC 類比輸入腳 AN0~AN3 共用；其中 PA3 與 PFD 輸出功能共用，PD0 則與 PWM 共用，是由燒錄程式時，由 OPTION 項目所選擇的，我們也可以只選擇使用一般的 I/O 功能就好。PA4 當外部計數器輸入腳時，PA4 必須設為輸入腳，PA5 當外部中斷輸入腳時，PA5 也必須設為輸入腳。至於 PB0~PB3 與 AN0~AN3 ADC 類比訊號輸入，可以由軟體選擇要當類比或是數位訊號輸入。
- 8 位元的計時計數器輸入，可以選擇由外部計數器輸入腳輸入，或是選擇內部計時器當計時的參考頻率。由系統頻率經過一個預除器，可以選擇 8 個參考計時頻率給 8 位元的計時計數器，這 8 個計時頻率，從系統頻率到系統頻率除以 128。選擇適當的頻率給計時計數器，使用可以較彈性。另外 PFD 的輸出頻率，也是由 8 位元計時計數器來控制，PFD 的頻率為 8 位元計時計數器溢位的頻率除 2，假設 8 位元計時記數器的輸入為 1μ 秒，假設我們設定 8 位元計時計數器內容為 6，則計數 256 次就會發生溢位，則 PFD 輸出的週期為

$$1\mu\text{s} \times (256 - 6) \times 2 = 500\mu\text{s}$$

所以 PFD 的頻率為 $1/500\mu\text{s} = 2\text{kHz}$

由以上可知只要設定 8 位元計時計數器的頻率，就可決定 PFD 的輸出頻率。

- 提供 PWM 之功能，對於電流的控制提供一個最佳的解決方案，電流的控制可以參考 HT46R47 規格書上所附錄的應用線路如下。



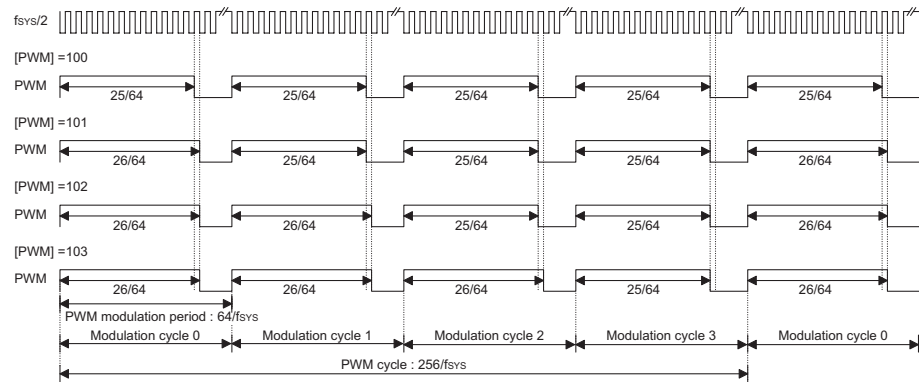
OSC Circuit

PD0/PWM 接腳輸出串聯一個電阻及電容接到一個 NPN 電晶體，來控制上面 PNP 電晶體是否導通，在 PWM 輸出高準位時，NPN 及 PNP 皆在導通的狀態，12V 電壓對電感充電。當 PWM 輸出低準位時，NPN 及 PNP 皆在不導通的狀態，12V 電壓不對電感充電，電感經由蕭特基二極體放電。當控制 PWM 輸出的 Duty，可以讓電感儲存的電流能量，維持在一定的太小，由此來做定電流控制。

當使用 PWM 功能時，需要在 Option 選項選擇使用 PWM 功能，當寫入 PWM 暫存器之數值改變時則 PWM 輸出之 DUTY 隨之改變，該注意的是，PWM 之頻率是不可調整，其頻率是固定系統頻率除以 64(其 PWM 輸出是(6+2)模式，其定義為 PWM 輸出之頻率為一般輸出的 4 倍，其原理為將 PWM 輸出分為四段，輸出低準位的部分及輸出高準位的部分，平均各分為四段，若是無法分為四段的餘數，就補在其中的一段。)，若是要改變 PWM 之頻率，只

能改變系統頻率來改變 PWM 之頻率。要讓 PWM 之輸出由 PD0/PWM 輸出，必須將 PD0 輸出設定為輸出腳，且必須寫 1 到 PD0 暫存器的位置，寫 0 會讓 PD0/PWM 接腳，輸出在 LOW 的狀態。

請看下圖的說明:



- 4 通道的 9 位元 ADC，提供 4 個類比訊號的輸入與 I/O 接腳共用，使得產品的開發更具有彈性，ADC 轉換的時脈來源有三個選擇，可以依實際需求的 ADC 轉換速度來使用，若是只需要 8 位元的 ADC，也可以直接當成 8 位元的 ADC 來使用，而不需要經過轉換。一般在做 ADC 轉換時，需注意到在轉換時電源的處理，輸出腳盡可能不要改變，以防止在 ADC 轉換受到干擾時造成誤差，在 ADC 轉換完成之後再恢復原來的狀態，在電源及 ADC 類比訊號輸入腳位加上一個 RC 濾波電路，是解決 ADC 轉換受雜訊干擾而產生誤差的有效解決辦法，一個電阻加上一個電容的低階濾波器，應是一個常用簡單又有效的解決辦法，在 PCB 板上的 Layout 需注意電源與地線的拉線和 ADC 類比訊號輸入的拉線，要避免受到雜訊的干擾，建議在 VDD 與 VSS 接一個 0.1 μ F 的電容，來減低電源雜訊的干擾。

盡可能以滿足規格的最慢速度來做 ADC 轉換，ADC 時脈來源選擇 1MHz 以下，可有較好的精確度，ADC 的轉換特性與 ADC 時脈的速度有關，速度愈快轉換的精確度比轉換速度慢的精確度較差。

介紹完盛群半導體公司的微控制器之後，我們就以其產品的規格書上的一個應用線路，來做一個 2 組 2 顆鎳氫，鎳鎘電池快速充電器或是鋰充電電池的快速充電器，規格如下：

- 雙槽充電器
- 兩個 DIP SW

開關 1	開關 2	狀態
OFF	OFF	鎳氫鎳鎘電池直接充電，不做放電
ON	OFF	鎳氫鎳鎘電池先放電，然後再充電
OFF	ON	鋰電池直接充電，不做放電
ON	ON	鋰電池直接充電，不做放電

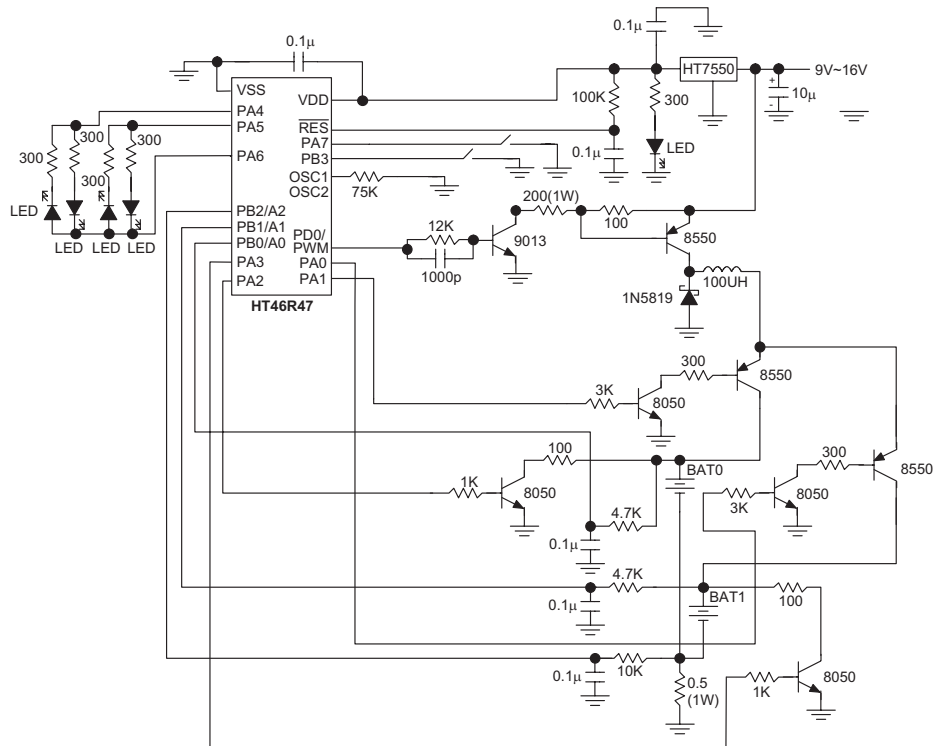
- 每一槽由兩個 LED 燈代表其狀態

LED1	LED2	狀態
熄滅	熄滅	未放電池
熄滅	亮	電池充電中
亮	熄滅	電池放電或待機中
亮	亮	電池充飽

- 原理：在做電池充電器之前，我們先瞭解各種充電電池的特性，其中鎳鎘及鎳氫電池充飽時，有幾個判斷的依據，一個是電池電壓會瞬間下降，一是電池溫度會上升，電池溫度上升，因為周遭環境溫度變化不同，而有可能產生誤判，所以我們以電池電壓瞬間下降，來做電池充飽的依據，是較可靠的一種方法。我們又加上定時的保護，只要超過 80 分鐘沒有充飽，我們也停止充電，以防止過度電而損害電池。鋰電池充飽時，電壓會維持在 4.1V，所以我們以鋰電池在 4.1V 時，以定電壓充電，充電電流小於 50mA 來當鋰電池充飽的依據，同時也加上定時的保護，只要 80 分鐘沒有充飽，我們也停止充電。若是以鎳氫鎳鎘電池充電，還需要一個開關來表示在充電之前是否要放電，偶爾以先放電方式再充電，可以消除電池的記憶效應。鋰電池則沒有記憶效應，所以可不放電，直接充電，以鎳氫鎳鎘電池充電，必須串聯兩顆電池，否則無法正常充電。
- 充電電流：以 500mA 快速充電及 50mA 慢速充電，以電池電壓是否大於 2.5V 來做分隔，充電電池電壓若大於 2.5V 則以 500mA 做快速充電，若是充電電池小於 2.5V 則以 50mA 電流充電，等充到電壓大於 2.5V 時再以 500mA 電流充電。充電電流的控制方式，可以以 HT46R47 的 PWM 功能再加上一個類比轉數位電壓輸入腳位，來做一個定電流的控制功能。
- 應用線路分析，我們對照充電器的電路分析如下：對電池 0 充電時，需將電池 0 放電電路關掉，並將電池 1 之充電及放電電路關掉。LED 顯示對電池 0 充電的狀態，PD0 輸出 PWM 訊號，藉由 PB2/A2 的電壓值，算出對充電電池 0 充電的電流，若是得到的電流，小於我們設計的充電電流，則可以增加 PWM 值，來增加對電感的電流，相對的對電池 0 充電的電流也會增加。若是得到的電流大於我們設計的充電電流，則可以減少 PWM 值，來減少對電感的電流，相對的對電池 0 充電的電流也會減少。一直控制電流在我們設計的範圍之內，維持定電流充電。至於控制 50mA 或是 500mA 電流充電，其原理都相同，只是 PB2/AN2 的電壓值和 PWM 值不同而已。
每充電 1 秒，放電 10m 秒，然後偵測電池 0 的電壓，每次得到的電壓都和之前的三組電壓作平均，然後在判斷電池是否充飽，充飽時停止充電，並顯示充飽訊息，沒充飽就繼續充電。
對電池 0 放電時，需將電池 0 充電電路關掉，並將電池 1 之充電及放電電路關掉。LED 顯示對電池 0 放電的狀態，一直放電，放到電池 0 的電壓小於 2.2V，就去執行電池 0 充電的動作。
電池 1 的動作與電池 0 充電的動作類似，可以以同樣的流程來做。鋰電池的充電方式除了不需放電及充飽的依據不同之外，其他動作與鎳鎘鎳氫電池充電方式大同小異。
- 4 個 LED 及 2 個開關的輸入，可以用其他未使用的 I/O 接腳來做，計時器可以用來做 V_{PEAK} 維持 1 分鐘的計時及充電時間 80 分鐘的計時。系統頻率為 4MHz RC 震盪器。

- 在做充電器之前，我們先要選擇使用 HT46R47 的哪些功能：
 - PB0/AN0：充電電池電壓，第一槽的輸入腳，使用當作類比 ADC 輸入的功能。
 - PB1/AN1：充電電池電壓，第二槽的輸入腳，使用當作類比 ADC 輸入的功能。
 - PB2/AN2：充電時充電電池的偵測，使用當作類比 ADC 輸入的功能。
 - PB3/AN3 和 PA7：兩個輸入開關，使用當作數位輸入的功能。
 - PA4、PA5 和 PA6：以掃描方式做 4 個 LED 燈顯示，使用當作輸出的功能。
 - PA0：控制對第二槽的電池充電，由一個電晶體做開關，使用當作輸出的功能。
 - PA1：控制對第一槽的電池充電，由一個電晶體做開關，使用當作輸出的功能。
 - PA2：控制對第一槽的電池放電，由一個電晶體做開關，使用當作輸出的功能。
 - PA3：控制對第二槽的電池放電，由一個電晶體做開關，使用當作輸出的功能。
 - PD0/PWM：控制充電電流的大小，由一個電晶體做開關，使用當作 PWM 輸出的功能。
 - TIMER：計時每 0.04 秒中斷一次，做計時及掃描顯示 LED。
 - 看門狗計時器*(WDT)：避免程式執行錯誤做一個保護的動作。
 - 低電壓重置功能啓動：只要電壓小於 3V 微控制器就不動作。
 - 系統頻率選擇 RC 震盪器的方式：OSC1 接一個 75kΩ 的電阻到地，頻率約 4MHz。

實做的充電器電路如下：



以上對充電器微控制器就簡單介紹到此，希望對讀者能對充電器的原理及製作有些助益。