

## HT46R47 之应用—电池充电器

作者：刘温良  
盛群半导体股份有限公司

文件编码：HA0052S

### 前言

由于目前无线通信的盛行，在台湾几乎人手一只大哥大，除了带来了便利之外，也带来了不少的商机，除了手机的制造商之外，另外一个与手机相关的商机就是大哥大的充电器。尤其无线上网的趋势，已经开始酝酿中，已有不少的手机，增加了无线上网的功能，更造成大哥大的普及与流行，因此充电电池及充电器需求量也逐渐的增加。另外一方面，手持装备的流行，如 PDA、MP3 随身听，数码相机等，需要大量使用电池，所以可重复使用的充电电池就显得十分重要，所以本文将介绍充电电池的特性，及介绍如何制作一个快速充电的充电器。

由于盛群半导体目前发表一颗专为充电电池充电器所设计的单片机，该产品编号为 HT46R47，对于目前市面上的大哥大镍镉，镍氢及锂充电电池或是一般随身听，PDA 等使用电池的产品，都可以使用此产品开发该充电电池之快速充电器。本文也顺便介绍此颗单片机的功能给读者，并以此探讨镍镉，镍氢及锂电池充电器的原理及实做方案，盼望读者能读完此篇文章之后，能够自行设计自己所需要的充电器，也能了解及判别目前市面上充电电池及充电器的优劣。

HT46R47 的主要规格如表一所示：

封装	18DIP及18SOP两种
I/O引脚	13根
PWM输出	与PD0共享脚
PFD输出	与PA3共享脚
外部计数器	与PA4共享脚
外部中断	与PA5共享脚
系统震荡器	RC震荡器或石英晶体震荡器(陶瓷震荡器)择一
ADC模拟信号	4个通道模拟输入AN0~AN3与PB0~PB3共享脚
ADC	9位ADC；8位精确度
工作电压	3.3V~5.5V
程序内存EPROM	2048×14
数据存储器RAM	64×8
Timer	8位+ 7级之预分频器
低电压侦测	3V±0.3V
堆栈	6层

表一

HT46R47 这颗单片机，在盛群半导体公司主要定位，虽然是在充电器专用的单片机上，但就其整个功能来说，精简且多样的功能，对于其它方面的应用也非常适合，就算只拿来做一个简单的 9 位 ADC 控制器，也是非常方便的一个应用方案，只要有用到 ADC 且所需的 I/O 数又不需要太多的产品，非常适合用这颗单片机开发其产品。尤其是对于电源噪声的处理，该单片机拥有极佳的抗噪声能力，非常适合家电产品的应用；内含的 PWM 输出功能，用来做电流，电压控制是非常适宜的。

## 电池与充电器

现在就先介绍市面上常见的充电电池，有镍镉、镍氢及锂电池三种，其容量单位是 mAh，例如充电电池 500mAh，代表电流输出 500mA，可以连续使用 1 小时，如果电流 50mA，那就是可以使用 500mAh/50mA=10h，所以可以使用十小时。所以选择容量愈大的充电电池，则相对的使用时间也就愈久，但是为了达到充电电池的使用效率，使用充饱的充电电池，相对的也就愈经济划算。所以有一个能快速充电，且能在电池充饱时自动检测的充电器就非常重要。为了在 1 小时快速充电完毕，相对的充电电流就必须 500mAh/1h=500mA，一般称 500mAh 容量的电池，充电电流 500mA 称为 1C。镍镉、镍氢充电电池，若没有完全放电之后再充电，几次之后电池的容量便减少，此种现象称为记忆效应。锂电池则没有记忆效应，所以锂电池在没有放电完全之后就充电，也不会影响电池的容量。

在镍镉、镍氢及锂电池的充电过程中，如何检测电池已经充电完毕是重要的一件事，如果无法知道电池已经充饱，则充电过程就会无法自动停止，很容易就把电池充坏，也容易发生危险，以下就介绍镍镉、镍氢及锂电池充电完成的检测方式：

### 首先定义几个名词

$V_{BAT}$ ：电池的电压，每一次所量测到的最新电压与与前 3 次的算数平均

$V_{MAX}$ ：为电池电压最高之安全值

$V_{PEAK}$ ： $V_{BAT}$  之最大值

$\Delta V$ ： $V_{PEAK} - V_{BAT}$

镍镉及镍氢电池充饱的检测方式是一样的，共有以下几种方式来做充电电池充饱完成的检测方式：

- 利用  $\Delta V$  的检测方式：在电池充饱时，电池电压会下降，若是侦测电池连续下降 10mV 8 次 ( $\Delta V > 10mV$  8 次)，则认定充电已经完成。
- 利用  $V_{PEAK}$  检测方式：在一分钟之内  $V_{BAT} < V_{PEAK}$  成立，只要  $V_{BAT} > V_{PEAK}$  时，1 分钟的时间就必须重新计算。
- $V_{MAX}$  方式： $V_{BAT}$  到达  $V_{MAX}$ ，我们就认定电池已经充电完毕。
- Safe Timer：只要充电时间大于我们指定的时间，我们即认定充电结束。
- 利用电池充饱时，温度会上升的特性，来当作电池充饱的依据。

锂电池充饱的检测方式，有以下几种方式来做充电电池充饱完成的检测方式：

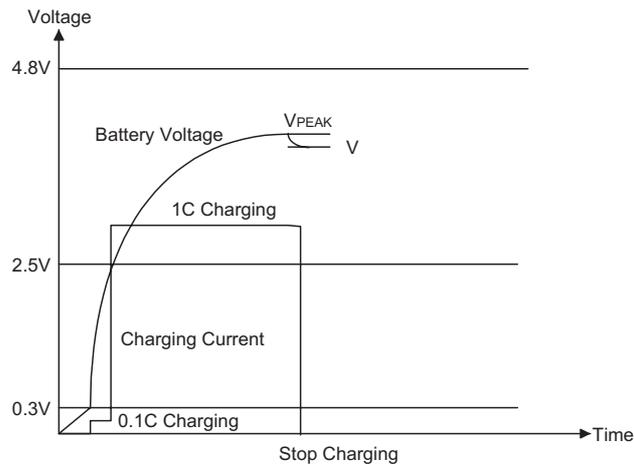
- 利用锂电池在充电完成时电压会维持在 4.1V 的特性，首先以定电流 1C 充电，当电池电压等于 4.1V 时，则改以定电压 4.1V 充电，若是电压大于 4.1V，则减少充电电流，若是电压大于 4.1V，则充电电流不变，直到侦测充电电流小于 0.1C 时，就表示锂电池已经充电完成。
- $V_{MAX}$  方式： $V_{BAT}$  到达  $V_{MAX}$ ，我们就认定电池已经充电完毕。
- Safe Timer：只要充电时间大于我们指定的时间，我们即认定充电结束。

镍镉、镍氢及锂电池快速充电的限制必须在充电电池电压大于 2.5V，才可以做快速充电，在电压小于 2.5V 时，我们先以 0.1C 充电，等到电池电压大于 2.5V 时我们以 1C 电流做快速充电。

当充电电池置入时，我们也需要能做自动检测电池的功能，其做法是每隔一段时间，就去侦测电池座的电压是否大于 0.3V，若是小于 0.3V 则表示未置入电池，若是大于 0.3V 则表示侦测到电池已经置入，则准备开始对该充电电池充电，充电电池在 Standby，因为同时只有一组电池可以充电，所以必须依序对 Standby 的电池充电。在电池充电完成时，只要在电池未取下，就不将充电电池设为 Standby，避免重复对以充饱的电池充电。

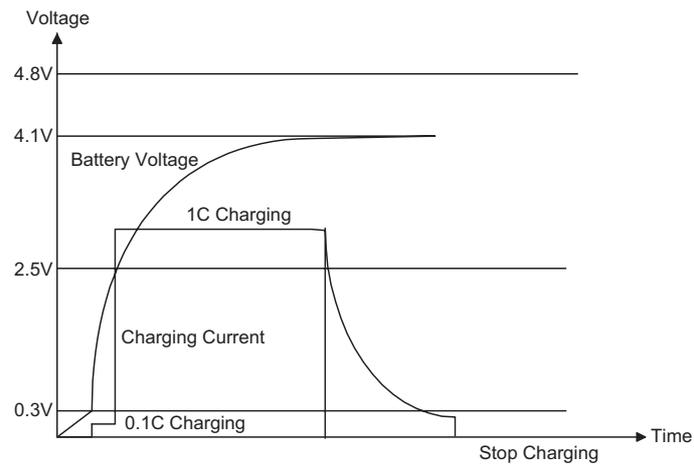
镍镉及镍氢充电电池放电时，我们以 0.1C 电流放电，当电池电压放到低于 2.2V 时，将自动转为充电状态，锂电池则无须放电。

镍镉及镍氢电池充电曲线说明如下图。



- 若是充电电池电压小于 0.3V 时，则不做充电，当电压大于 0.3V 时，则以 0.1C 定电流充电，当电池充电到 2.5V 时，则以 1C 定电流充电，当侦测有  $V_{PEAK}$  现象或是  $\Delta V$  发生时，则表示电池已经充饱。
- 若是充电电池电压大于  $V_{MAX}$ ，( $V_{MAX} = 4.8V$ )，则表示充电电池电压过大，原因可能为使用者放错电池，充电器停止充电，避免发生危险。
- 若是充电时间到达 80 分钟，则表示电池容量太大，必须要充超过 80 分钟以上才会充饱，还有一个原因是电池特性不好，没有侦测到  $V_{PEAK}$  现象或是  $\Delta V$ ，但是电池已经充饱，设定充电时间到达 80 分钟停止充电，也有避免电池因过度充电，而损害电池及预防危险的一个保护措施。

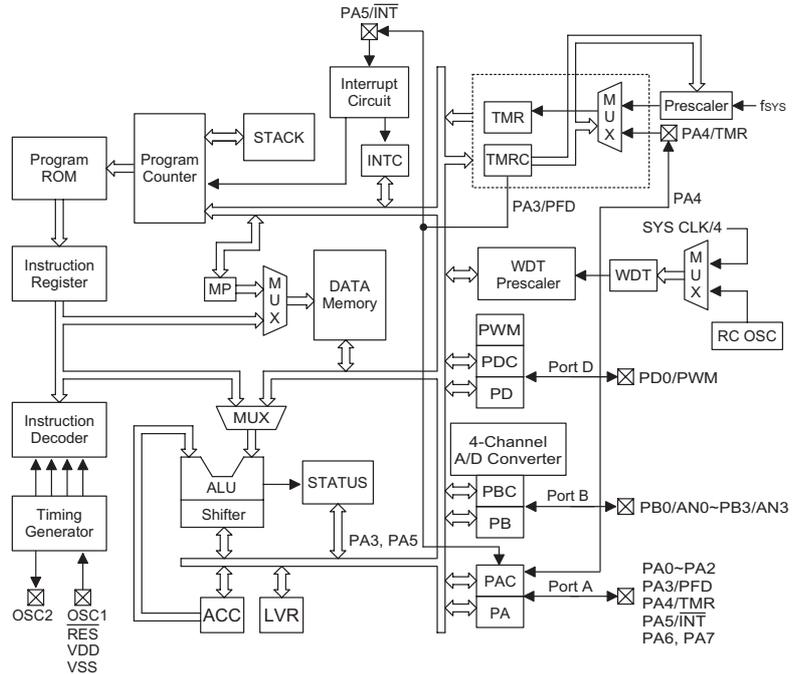
锂电池充电曲线说明如下图。



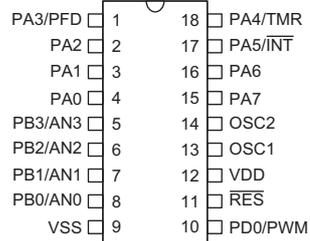
- 若是锂充电电池电压小于 0.3V 时，则不做充电，当电压大于 0.3V 时，则以 0.1C 定电流充电，当电池充电到 2.5V 时，则以 1C 定电流充电，当电压到达 4.1V 时，则以定电压 4.1V 对锂电池充电，充电电流此时会慢慢下降，当充电电流小于 0.1C 时，则表示电池已经充饱，停止对锂电池充电。
- 若是充电电池电压大于 4.8V，则表示充电电池电压过大，原因可能为使用者放错电池，充电器停止充电，避免发生危险。
- 若是充电时间到达 80 分钟，则表示电池容量太大，必须要充超过 80 分钟以上才会充饱，还有一个原因是电池电压充不上去，设定充电时间到达 80 分钟停止充电以避免危险。

HT46R47 单片机应用实例

以下就对于该单片机做一个简单扼要的说明，我们先看此单片机的方块图：



以下为该单片机引脚图



HT46R47  
-18 DIP-A/SOP-A

从整个方块图及引脚图，我们就可以大略了解此单片机所提供的功能：

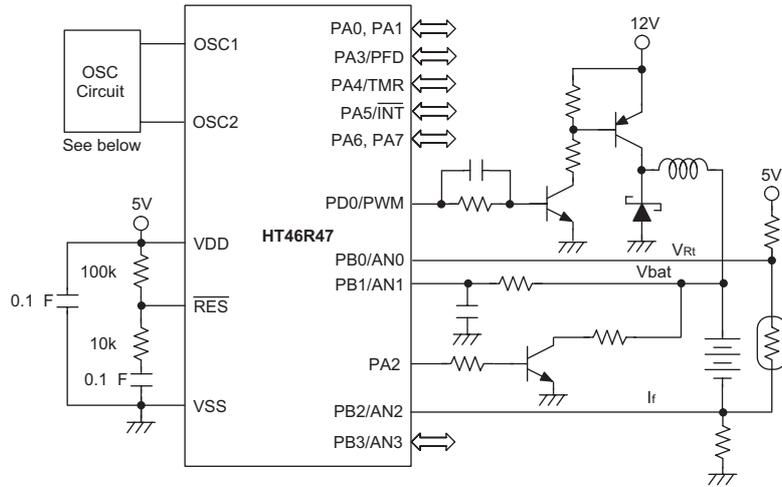
- HT46R47 使用盛群半导体的 8 位精简指令集单片机，内含 63 个功能强大的精简指令，有 6 层硬件做成的堆栈(STACK)，在调用子程序时，可以调用到 6 层之多。内建一个看门狗定时器(WDT)，可以预防单片机误动作时，将单片机重新 RESET，一个低电压侦测器(LVR)，当电压过低时，会自动将单片机 RESET，避免单片机的误动作。程序内存(PROGRAM MEMORY)的空间有 2K 可以使用，对于写程序来说，有很大的应用空间，另外也提供 OPTION ROM，提供 OPTION 在烧录的时候，视需求来选择哪一种功能，内建有 64 bytes 的数据存储器(DATA MEMORY)空间，在中断部分提供了三种中断，外部中断引脚的中断，内部定时器或外部计数器的中断，还有一个是 9 位 ADC 的中断。
- 输入输出脚共有 13 根，其中 PA 有 8 根，PB 有 4 根，PD 有 1 根，其中 PA3 与 PFD 输出共享引脚，PA4 与外部计数器输入脚共享，PA5 与外部中断输入脚共享，PD0 与 PWM 输出共享引脚，PB0~PB3 与 ADC 模拟输入脚 AN0~AN3 共享；其中 PA3 与 PFD 输出功能共享，PD0 则与 PWM 共享，是由烧录程序时，由 OPTION 项目所选择的，我们也可以只选择使用一般的 I/O 功能就好。PA4 当外部计数器输入脚时，PA4 必须设为输入脚，PA5 当外部中断输入脚时，PA5 也必须设为输入脚。至于 PB0~PB3 与 AN0~AN3 ADC 模拟信号输入，可以由软件选择要当模拟或是数字信号输入。
- 8 位的计时计数器输入，可以选择由外部计数器输入脚输入，或是选择内部定时器当计时的参考频率。由系统频率经过一个预除器，可以选择 8 个参考计时频率给 8 位的计时计数器，这 8 个计时频率，从系统频率到系统频率除以 128。选择适当的频率给计时计数器，使用可以较弹性。另外 PFD 的输出频率，也是由 8 位计时计数器来控制，PFD 的频率为 8 位计时计数器溢位的频率除 2，假设 8 位计时计数器的输入为 1  $\mu$  秒，假设我们设定 8 位计时计数器内容为 6，则计数 250 次就会发生溢位，则 PFD 输出的周期为

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

所以 PFD 的频率为  $1/500\mu\text{s} = 2\text{kHz}$

由以上可知只要设定 8 位计时计数器的频率，就可决定 PFD 的输出频率。

- 提供 PWM 之功能，对于电流的控制提供一个最佳的解决方案，电流的控制可以参考 HT46R47 规格书上所附录的应用线路如下。

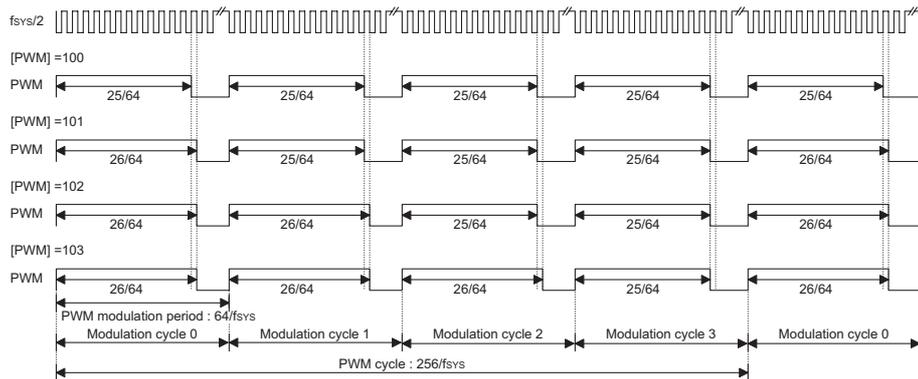


	RC system oscillator $30k < R_{osc} < 750k$
	Crystal system oscillator $C1=C2=300pF$ , if $f_{SYS}<1MHz$ Otherwise, $C1=C2=0$

PD0/PWM 引脚输出串联一个电阻及电容接到一个 NPN 晶体管，来控制上面 PNP 晶体管是否导通，在 PWM 输出高电平时，NPN 及 PNP 皆在导通的状态，12V 电压对电感充电。当 PWM 输出低电平时，NPN 及 PNP 皆在不导通的状态，12V 电压不对电感充电，电感经由肖特基二极管放电。当控制 PWM 输出的 Duty，可以让电感储存的电流能量，维持在一定的大小，由此来做定电流控制。

当使用 PWM 功能时，需要在 Option 选项选择使用 PWM 功能，当写入 PWM 寄存器之数值改变时则 PWM 输出之 DUTY 随之改变，该注意的是，PWM 之频率是不可调整，其频率是固定系统频率除以 64(其 PWM 输出是(6+2)模式，其定义为 PWM 输出之频率为一般输出的 4 倍，其原理为将 PWM 输出分为四段，输出低电平的部分及输出高电平的部分，平均各分为四段，若是无法分为四段的余数，就补在其中的一段。)，若是要改变 PWM 之频率，只能改变系统频率来改变 PWM 之频率。要让 PWM 之输出由 PD0/PWM 输出，必须将 PD0 输出设定为输出脚，且必须写 1 到 PD0 寄存器的位置，写 0 会让 PD0/PWM 引脚，输出在 LOW 的状态。

请看下图的说明：



- 4通道的9位ADC，提供4个模拟信号的输入与I/O引脚共享，使得产品的开发更具有弹性，ADC转换的时钟来源有三个选择，可以依实际需求的ADC转换速度来使用，若是只需要8位的ADC，也可以直接当成8位的ADC来使用，而不需要经过转换。

一般在做ADC转换时，需注意到在转换时电源的处理，输出脚尽可能不要改变，以防止在ADC转换受到干扰时造成误差，在ADC转换完成之后再恢复原来的状态，在电源及ADC模拟信号输入引脚加上一个RC滤波电路，是解决ADC转换受噪声干扰而产生误差的有效解决办法，一个电阻加上一个电容的低阶滤波器，应是一个常用简单又有效的解决办法，在PCB板上的Layout需注意电源与地线的拉线和ADC模拟信号输入的拉线，要避免受到噪声的干扰，建议在VDD与VSS接一个0.1μF的电容，来减低电源噪声的干扰。

尽可能以满足规格的最慢速度来做ADC转换，ADC时钟来源选择1MHz以下，可有较好的精确度，ADC的转换特性与ADC时钟的速度有关，速度愈快转换的精确度比转换速度慢的精确度较差。

介绍完盛群半导体公司的单片机之后，我们就以其产品的规格书上的一个应用线路，来做一个2组2颗镍氢，镍镉电池快速充电器或是锂充电电池的快速充电器，规格如下：

- ◆ 双槽充电器
- ◆ 两个DIP SW

开关1	开关2	状态
OFF	OFF	镍氢镍镉电池直接充电，不做放电
ON	OFF	镍氢镍镉电池先放电，然后再充电
OFF	ON	锂电池直接充电，不做放电
ON	ON	锂电池直接充电，不做放电

- ◆ 每一槽由两个LED灯代表其状态

LED1	LED2	状态
熄灭	熄灭	未放电池
熄灭	亮	电池充电中
亮	熄灭	电池放电或待机中
亮	亮	电池充饱

- 原理：在做电池充电器之前，我们先了解各种充电电池的特性，其中镍镉及镍氢电池充电时，有几个判断的依据，一个是电池电压会瞬间下降，一是电池温度会上升，电池温度上升，因为周遭环境温度变化不同，而有可能产生误判，所以我们以电池电压瞬间下降，来做电池充电的依据，是较可靠的一种方法。我们又加上定时的保护，只要超过 80 分钟没有充电，我们也停止充电，以防止过度电而损害电池。锂电池充电时，电压会维持在 4.1V，所以我们以锂电池在 4.1V 时，以定电压充电，充电电流小于 50mA 来当锂电池充电的依据，同时也加上定时的保护，只要 80 分钟没有充电，我们也停止充电。

若是以镍氢镍镉电池充电，还需要一个开关来表示在充电之前是否要放电，偶尔以先放电方式再充电，可以消除电池的记忆效应。锂电池则没有记忆效应，所以可不放电，直接充电，以镍氢镍镉电池充电，必须串联两颗电池，否则无法正常充电。

- 充电电流：以 500mA 快速充电及 50mA 慢速充电，以电池电压是否大于 2.5V 来做分隔，充电电池电压若大于 2.5V 则以 500mA 做快速充电，若是充电电池小于 2.5V 则以 50mA 电流充电，等充到电压大于 2.5V 时再以 500mA 电流充电。充电电流的控制方式，可以以 HT46R47 的 PWM 功能再加上一个模拟转数字电压输入引脚，来做一个定电流的控制功能。

- 应用线路分析，我们对充电器电路分析如下：对电池 0 充电时，需将电池 0 放电电路关掉，并将电池 1 之充电及放电电路关掉。LED 显示对电池 0 充电的状态，PD0 输出 PWM 信号，藉由 PB2/A2 的电压值，算出对充电电池 0 充电的电流，若是得到的电流，小于我们设计的充电电流，则可以增加 PWM 值，来增加对电感的电流，相对的对电池 0 充电的电流也会增加。若是得到的电流大于我们设计的充电电流，则可以减少 PWM 值，来减少对电感的电流，相对的对电池 0 充电的电流也会减少。一直控制电流在我们设计的范围之内，维持定电流充电。至于控制 50mA 或是 500mA 电流充电，其原理都相同，只是 PB2/AN2 的电压值和 PWM 值不同而已。

每充电 1 秒，放电 10m 秒，然后侦测电池 0 的电压，每次得到的电压都和之前的三组电压作平均，然后在判断电池是否充电，充电时停止充电，并显示充电讯息，没充电就继续充电。

对电池 0 放电时，需将电池 0 充电电路关掉，并将电池 1 之充电及放电电路关掉。LED 显示对电池 0 放电的状态，一直放电，放到电池 0 的电压小于 2.2V，就去执行电池 0 充电的动作。

电池 1 的动作与电池 0 充电的动作类似，可以以同样的流程来做。锂电池的充电方式除了不需放电及充电的依据不同之外，其它动作与镍镉镍氢电池充电方式大同小异。

- 4 个 LED 及 2 个开关的输入，可以用其它未使用的 I/O 引脚来做，定时器可以用来做  $V_{PEAK}$  维持 1 分钟的计时及充电时间 80 分钟的计时。系统频率为 4MHz RC 震荡器。

- 在做充电器之前，我们先要选择使用 HT46R47 的哪些功能：

PB0/AN0：充电电池电压，第一槽的输入脚，使用当作模拟 ADC 输入的功能。

PB1/AN1：充电电池电压，第二槽的输入脚，使用当作模拟 ADC 输入的功能。

PB2/AN2：充电时充电电池的侦测，使用当作模拟 ADC 输入的功能。

PB3/AN3 和 PA7：两个输入开关，使用当作数字输入的功能。

PA4、PA5 和 PA6：以扫描方式做 4 个 LED 灯显示，使用当作输出的功能。

PA0：控制对第二槽的电池充电，由一个晶体管做开关，使用当作输出的功能。

PA1：控制对第一槽的电池充电，由一个晶体管做开关，使用当作输出的功能。

PA2：控制对第一槽的电池放电，由一个晶体管做开关，使用当作输出的功能。

PA3：控制对第二槽的电池放电，由一个晶体管做开关，使用当作输出的功能。

PD0/PWM：控制充电电流的大小，由一个晶体管做开关，使用当作 PWM 输出的功能。

TIMER：计时每 0.04 秒中断一次，做计时及扫描显示 LED。

看门狗定时器\*(WDT)：避免程序执行错误做一个保护的動作。

低电压重置功能激活：只要电压小于 3V 单片机就不动作。

系统频率选择 RC 震荡器的方式：OSC1 接一个 75k 的电阻到地，频率约 4MHz。

