

锂离子电池充电器的解决方案

雷奥

锂离子 (Li-Ion) 电池作为移动电源在便携式电子设备、电动汽车、国防工业等领域得到了广泛的应用, 如 PDA、通信设备、卫星、数码照相机等。本文主要讲述利用 MSP430F12x2 微控制器实现锂离子电池充电器的原理和方法。

概述

通常便携式锂离子电池充电器的解决方案可以通过电源管理芯片、MCU 设计、控制和逻辑电路等方法实现, 锂离子电池在使用中的过充电、过放电对使用寿命将会造成很大的损害, 从而对设计中的保护电路要求较高。与其它几种方法相比较, 利用 MCU 微控制器设计、控制实现的锂离子电池充电器具有充、放电安全、效率高、功耗低和可现场升级等优点。

锂离子电池充电过程由预充电阶段、恒定电流充电阶段和恒定电压充电阶段三部分构成, 如图 1 所示。预充电阶段即慢充, 当电池电压值低于一定电压值时则以

0.1C (C 为电池容量) 低电流充电, 让长期处于放电状态而溶解的钝化膜还原, 同时防止电池从深处放电状态进入快速充电阶段引起的电池过热现象; 恒定电流充电阶段即快充以 1C 的恒流进行充电, 电池持续快速充电达到稳压限制值; 恒定电压充电阶段即以恒定电压充电, 充电电流则会下降到预先设定的结束阶段电流值。

锂离子电池在过充电、过放电时会导致电池温度升高, 大大减少电池使用寿命甚至引起电池爆炸, 所以 MCU 在保持电池正常充电的同时必须监视充电电流的大小, 通常可以采用以下三种方法判断电池是否充满: ①当锂离子电池充电到恒定电压阶段时, 若电流下降到 0.1C 时表示电池已充满; ②通过判断充电过程中电池的温度确定是否充满; ③定时充电法, 当充电达到预定的充电时间时确定电池已充满。

硬件设计

利用 MSP430F12x2 微控制器实现的锂电池充电电路原理图如图 2 所示。

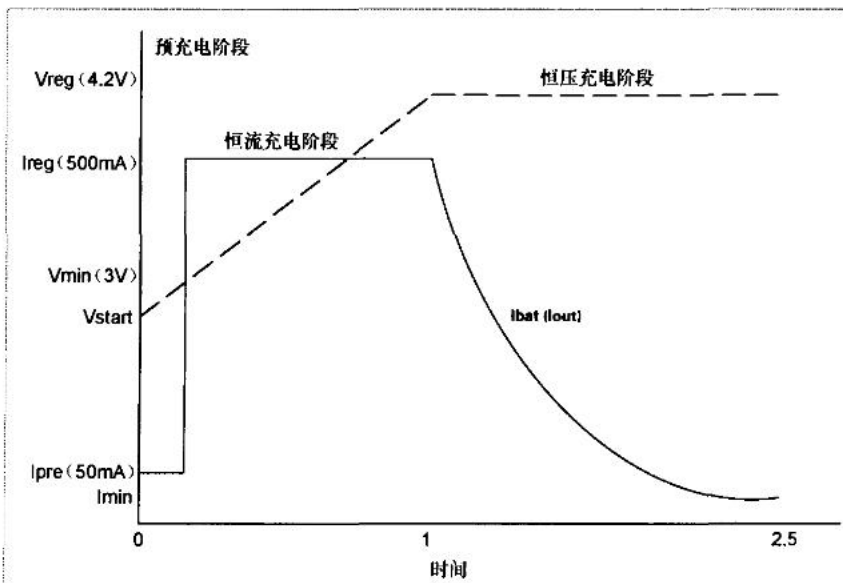


图 1

Buck 变换器 电路采用由 L1、C1 和 D2 构成的 Buck 变换器实现电池的恒流和恒压充电, 通过 PWM 信号控制 Q1、Q2 三极管的导通, 作为 Buck 变换器的开关。当 Q1、Q2 导通时, 电流通过电感线圈 L1, 电容 C1 处于充电状态, 此时 D2 承受反向电压, 如图 3 所示; 当 Q1、Q2 截止时, 因电感线圈 L1 的电流不能实现瞬时突变, D2 承受正向偏压构成辅助回路, 此时电容 C1 处于放电状态, 以维持电流、电压不变, 如图 4 所示。只有当 PWM 频率远高于 LC 网络的截止频率时, 电容 C1 的充电电压才恒等于 Buck 变换器的输入电压, 通过 PWM 信号控制 Q1、Q2 周期性导通、截止, 实现电池的充、放电功能。

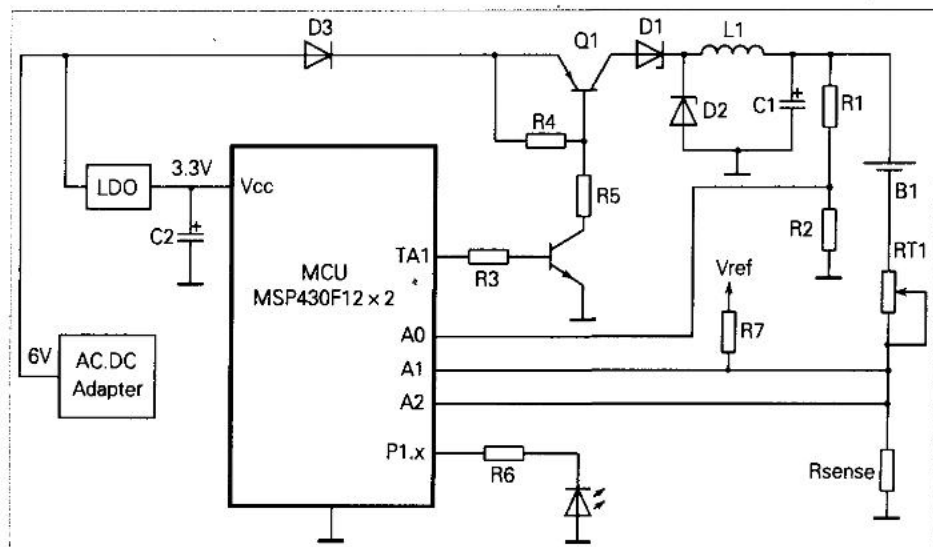


图 2

Buck 变换器计算 Buck 变换器的电感线圈由公式 $L1 = \text{Duty Cycle} \times T \times (V_i - V_{\text{sat}} - V_o) / I_o$ 计算得出, 式中, Duty Cycle 为 PWM 的占空比, T 为 PWM 周期, V_i 为 Buck 变换器的输入电压, V_{sat} 为 Buck 变换器的漏电压, V_o 为输出电压, I_o 为恒流值, 假设上式中 Duty Cycle=50%, $V_i=6V$, $I_o=500mA$, $1/T=15kHz$, $V_{\text{sat}}=0.5V$, $V_o=4.575V$, 则计算出 $L1=62 \mu H$, 本文选用 $75 \mu H$ 。

PWM 控制 MSP430F12x2 的内部 DCO 振荡器频率设为 3.84MHz, TACCR0 值设为 255 以满足 PWM 周期为 15kHz, 由定时器 TA1 设定 TACCR1 值达到预置的 PWM 占空比值, 控制电池的恒流和恒压充电时间, 如果电容 $C1=220 \mu F$, $L1=17 \mu H$, 则 LC 网络的截止频率为 1.2kHz, 远小于 PWM 的频率, 提高了电容效率, 同时降低了纹波电压, 使输出的直流电压更稳定。

AD 转换 原理图中的 A0、A1、和 A2 三通道的 10 位 AD 转换用于监控充电电池的电压值、温度值和充电电流值, $1 \text{ LSB} = V_{\text{ref}} \times (N-1)$, 其中 V_{ref} 为参考电压, N 为 AD 转换的位数, 芯片参考电压 V_{ref} 为 1.5V, 则 $1 \text{ LSB} = 1.5/210 = 1.47mV$ 。

当恒流充电时输出电压最大, 本文设计的最大值 $V_o=4.575V$, 其中 $R1=2.1R2$, 则通道 A0 的 AD 转换的电压值为 $4.575/3.1=1.5V$, 满足参考电压 $V_{\text{ref}}=1.5V$; 恒压充电时 AD 转换检测电池的充电电流值, 当电流值降到

0.1C 时通知 MCU 停止充电, 此时输出电压最小, 对应的 AD 电压值 $=0.1 \times 500mA \times 0.75=37.5mV$, 约等于 25LSB 电压值。

通道 A2 通过 1 个 10k 的热敏电阻 RT1 连接到电池负极, 检测当充电过热时引起的不正常低电压, 从而达到控制充电温度的目的。

软件设计

软件设计由 C 语言和汇编语言共同完成, 由主程序、ADC10 中断服务程序和 WDT 看门狗中断

服务程序三部分组成, 流程图如图 5 所示。

主程序 DCO 的 SMCLK 设为 3.84MHz, Timer_A3 的 TA1 作为控制 Buck 变换器的 PWM 开关信号, 定时时间由 ADC10 模块控制, 同时 ADC10 模块内含的数据传

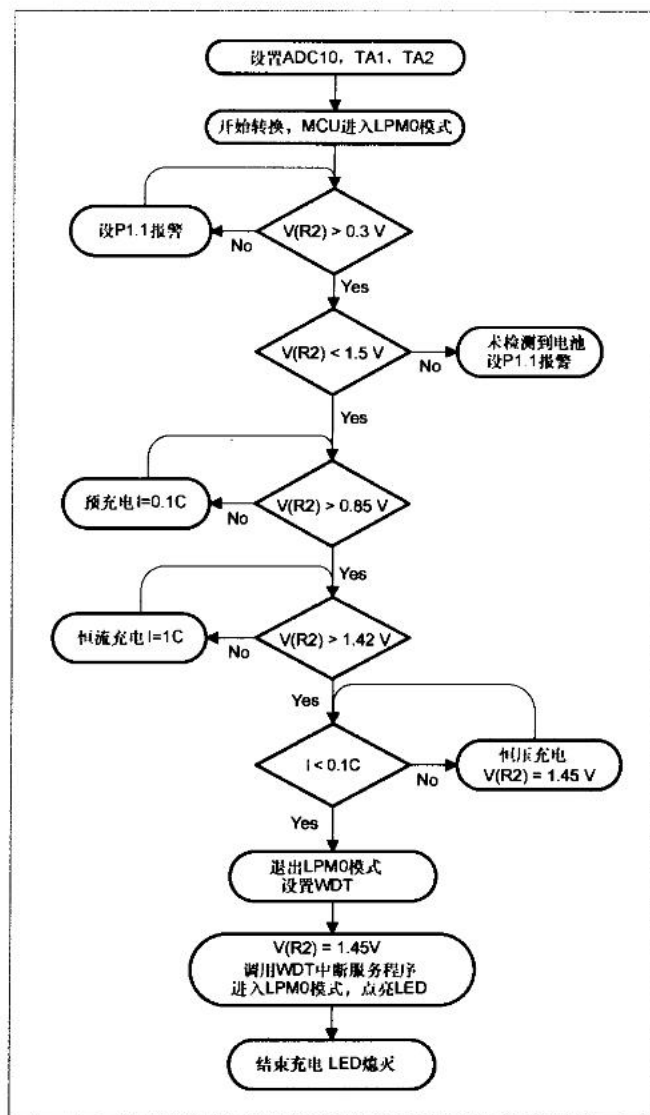


图 5

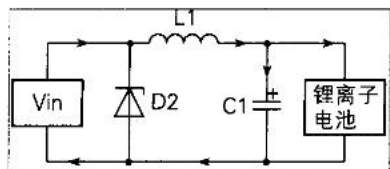


图 3

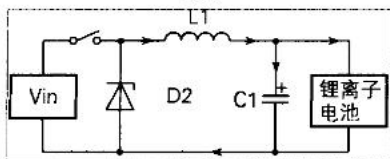


图 4

递控制逻辑 (DTC) 将 A0、A1 和 A2 三通道的数据快速传递到 RAM 中。

ADC10 中断服务程序 当 DTC 将 A0、A1 和 A2 三通道数据传输到 RAM 区后开始触发 ADC 中断程序。充电过程中若检测到电池温度超过 40℃ 后则终止充电, 同时定时器、ADC10 模块和看门狗定时器都停止工作; 充电刚开始时若检测到充电电压小于 1V 或大于 4.3V 时, 通过 I/O 口控制的 LED 指示灯提示短路或没有检测到电池。

WDT 中断服务程序 当恒压充电过程中充电电流降低到 0.1C 时, 电池充电结束之前 MCU 微控制器根据设定的时间值调用 WDT 中断服务程序。在整个充电过程中 MCU 进入 LPM0 模式, 直到有中断服务程序唤醒。

小结

由于 MSP430 微控制器具有 ADC10、WDT 等完整的外设, 利用其实现的高性能锂离子电池充电器具有较高性价比。

MSP430 样品、学习板或开发板套件申请表

申请注意事项 (请仔细阅读, 复印有效)

1. 请按下面表格认真填写您的详细信息, 可另附页详细描述您的项目方案、开发周期及今后产量等, 项目方案可以有方案框图、方案要达到的指标、方案内容或原理的描述等, 您描述的越仔细清楚, 我们越容易根据您的描述批准申请表, MSP430 样品、学习板或开发套件的型号可以从利尔达科技有限公司网站 (www.lierda.com) 获得。我们会认真阅读每位读者的来信, 尽快答复, 若编辑部解决不了您的问题, 我们会及时将您的来信与

利尔达科技有限公司联系, 根据您的方案提供样品、资料等技术支持, 并会对您所提供的信息保密。

2. 因样品、学习板或开发板有限, 我们有可能根据您的方案, 对您申请的物品进行适当的调整, 我们也不能承诺某一时间内某一申请人一定能申请到所需的物品, 请您谅解。

3. 填写完后请您将申请表按页脚地址邮到编辑部, 如您对此条款有异议, 请及时与我们联系。

姓名: _____ 部门/职位/学校: _____

公司: _____

申请型号: _____

地址: _____ 邮编: _____

电话: _____ 邮件: _____

方案叙述 (可附页):

地址: 北京市海淀区玉渊潭南路普惠南里 13 号楼 通讯处: 北京 165 信箱 邮编: 100036

编辑部: 010-68278179 广告部: 010-68278572 传真: 010-68278572

网址: <http://www.eleworld.com> E-mail: dzsj@public.bta.net.cn