

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2013.05.016

# 基于 uC/OS-II 操作系统纯电动汽车锂电池管理系统

肖雪峰, 肖伸平, 彭琼林

(湖南工业大学 电气与信息工程学院, 湖南 株洲 412007)

**摘要:** 设计了以 ARM 处理器 STM32 为主控芯片, 移植 uC/OS-II 实时操作系统来实现任务调度的电池管理系统, 包括锂电池参数采集模块、均衡模块、控制器区域网路通讯模块、充放电控制模块等。锂电池采集模块采集到各个锂电池的电压、温度、电流等参数通过 CAN 总线与主控芯片进行通讯。主控芯片根据采集的参数控制电池的能量均衡, 保护电池安全, 估算电池荷电状态并在 LCD 液晶显示屏显示电流、温度、电压和电池荷电状态信息。该系统能较准确估算电池荷电状态, 快速实现多个电池之间的均衡, 可扩展性良好。

**关键词:** uC/OS-II 操作系统; 电池荷电状态; 电池管理系统; CAN 总线

中图分类号: TM912

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2013)05-0072-04

## Lithium Battery Management System for Pure Electric Vehicle Based on uC/OS-II Operating System

Xiao Xuefeng, Xiao Shenping, Peng Qionglin

(School of Electrical and Information Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

**Abstract:** Designs a battery management system with ARM STM32 processor as the main control chip and uC/OS-II real-time operating system for task scheduling implementation. It includes lithium battery parameter collecting module, balancing module, controller area network communication module and charge and discharge control module. The parameters of voltage, temperature and current gathered from the lithium battery parameter collection module communicate with the main control chip through CAN bus. Based on the sampling parameters, the main control chip controls the battery energy equilibrium, protects the security of the battery, estimates the battery state of charge and displays the information of current, voltage, temperature and state of charge on LCD. The system estimates the battery state of charge accurately, achieves the balance between multiple batteries quickly and has good extensibility.

**Keywords:** uC/OS-II operating system; battery state of charge; battery management system; CAN bus

## 0 引言

面对日益严重的环境问题, 纯电动汽车因无排气污染成为汽车行业发展的方向。与铅酸电池、超

级电容器以及镍氢电池相比, 锂电池具有能量密度大、电压平台高、循环寿命长等优良的性能而成为纯电动汽车的理想动力源<sup>[1]</sup>。锂电池在使用过程中,

收稿日期: 2013-08-05

基金项目: 住房和城乡建设部重大专项基金资助项目子课题(财建[2010]520-4), 湖南省自然科学基金资助项目(10JJ6098, 11JJ2038)

作者简介: 肖雪峰(1988-), 男, 湖南娄底人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为智能控制, E-mail: xaxefn@sina.com

通信作者: 肖伸平(1965-), 男, 湖南东安人, 湖南工业大学教授, 博士, 主要从事时滞系统的鲁棒理论及应用的研究,

E-mail: xsph\_519@163.com

出现过充、过放、过流、超温等情况时会缩短锂电池组的使用寿命, 甚至引起燃烧和爆炸。

针对上述情况, 设计了锂电池管理系统, 管理电池组充放电, 维持单体电池之间的均衡性, 保护电池组的安全<sup>[2]</sup>。操作系统的移植, 优化了总控制器的处理速度, 更准确地估算电池荷电状态 (state of charge, SOC); 非耗散型相邻电池电量均衡方式的采用, 快速地实现电池能量均衡, 降低了电阻耗能产生的热量; 同时 CAN 总线的引用, 能根据需要随时添加电池组而无需对管理系统进行较大改动, 从而适用不同型号电动汽车。

### 1 系统硬件设计

用 STM32F103VC 作为电池管理系统 (battery management system, BMS) 硬件的主芯片。该款芯片是意法半导体公司 (STMicroelectronics) 生产的基于 ARM (advanced RISC machines) Cortex-M3 的 32 位处理器芯片, 带闪存、USB 和控制器局域网络 (controller area network, CAN) 的微控制器, 具有 256 kB FLASH, 48 kB 随机存取存储器 (random access memory, RAM), 72 MHz 运行频率<sup>[3]</sup>。

系统主控模块主要是对采集的信号进行分析处理: 根据电池温度高低决定是否开启降温处理, 根据电压信息来控制均衡模块对电池进行均衡处理, 并根据这些信息来估算电池组的 SOC 和完成充放电控制。采集模块主要是对电压、电流、温度进行采集并通过 CAN 总线主控模块完成信息之间的交互<sup>[4-5]</sup>。系统总体结构如图 1 所示。

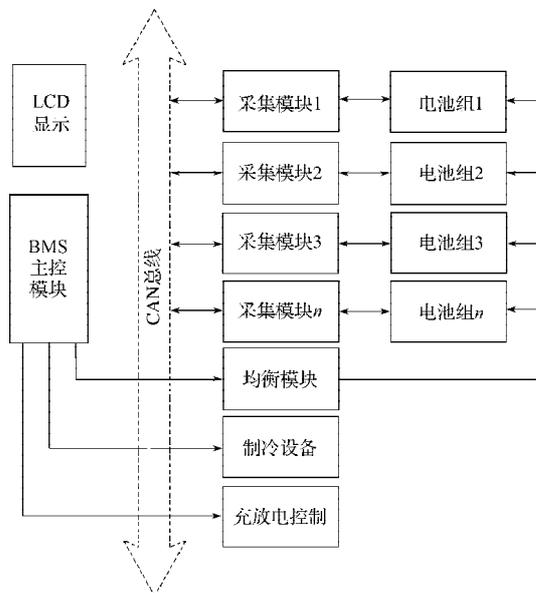


图1 系统结构图

Fig. 1 System structure diagram

### 1.1 采集模块

采集模块主要是对电池组中单体电池的数据进行采集并将数据上传, 完成与主控模块之间的相互通讯。

将 AT89S52 作为采集模块的控制芯片, 控制传感器进行信号采集, 并把采集来的信号通过 CAN 总线上传至主控模块。SJA1000 作为 CAN 控制器, LTC6802 作为电压采集芯片, 它内置一个 12 位 ADC、1 个精准电压基准、1 个高电压输入多工器和 1 个串行接口。每个 LTC6802-2 能够在总输入电压高达 60 V 的情况下测量 12 个串接电池的电压。所有 12 个输入通道上的电压测量都能在 13 ms 内完成<sup>[6]</sup>。温度传感器选用 DS18B20, 该传感器能直接将温度值转换为数字量, 通过一条数据线就能完成对 DS18B20 各种操作, 支持多点组网功能, 测温范围为 -55~125 °C。电流传感器选用 LTSR25-NP, 最高可测 80 A 电流。把待测电流转换为 0~5 V 的电压信号, 通过单片机的 A/D 得到电流数值。采集模块结构如图 2 所示。

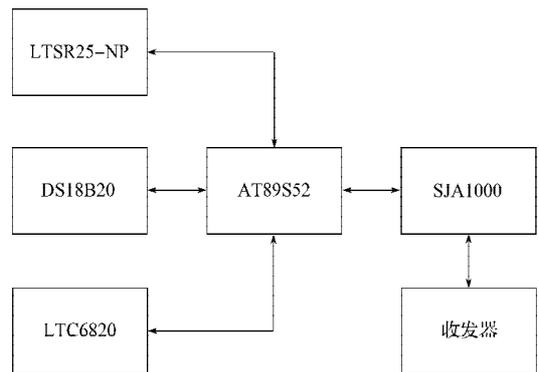


图2 采集模块结构图

Fig. 2 Acquisition module structure

### 1.2 均衡模块

均衡方式采用非耗散型相邻电池电量转移的方式, 可节约能源, 消除因耗散均衡发热导致温度过高而产生的安全隐患, 同时还可以对多个电池进行均衡控制, 提高了均衡控制的速率。均衡电路如图 3 所示。

电池组在充放电过程中或空闲状态时, 系统根据采集的信号判断相邻两电池电量需要转移时, 微控制器 (microprogrammed control unit, MCU) 的 I/O 口发送控制信号给电池相关联的 MOSFET 开关来均衡相邻电池之间的电量。如 MCU 根据条件判断 BT2 的电量比 BT1 低, 则给 MCU\_PA1 发送一个控制信号控制 Q1 导通, 电感 L1 中的电流上升开始充电, 然后 Q1 截断, 根据电感的特性, 电流沿着 L1, D2, BT2 慢慢衰减, 从而实现给 BT2 充电。

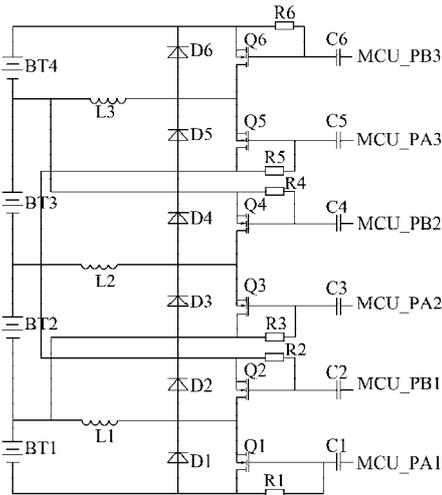


图3 均衡电路

Fig. 3 Equalizer circuit

### 1.3 充放电控制和温度控制

锂电池的开路电压(open circuit voltage, OCV)曲线是非线性的,且电池组过量放电时,直接充电会有充不来电的情况,而过量充电会影响电池的使用寿命。在充电过程中需要根据电池组的状态采用不同的方式进行充电:在SOC低于10%时,采用小电流预充;在10%~80%时,快速恒流充电;在80%~100%时,恒压充电<sup>[7-8]</sup>。主控芯片发送控制信号给充电机来控制充电模式。放电过程中,持续大电流放电也会影响电池的使用寿命,甚至引发安全事故。在大电流放电过程中,放电超过限定的时间,MCU发送控制信号控制电路断开。电池组温度过高时,会引起火灾甚至爆炸,所以需要制冷设备对电池组降温,当检测到电池温度超过设定值或者快速升高时,MCU发送控制信号给电池组进行降温处理。

## 2 系统软件设计

采用 keil uvision4 作为系统的开发环境,在 ARM7 上移植 uC/OS-II 操作系统软件。主程序在运行中,操作系统首先调用系统初始化函数 OSInit(),初始化 uC/OS-II 所有的变量和数据结构,然后建立就绪状态的空闲任务 OSTaskIdle(),接着调用 OSTaskCreate() 函数建立启动任务,最后调用 OSStart(),将控制权交给 uC/OS-II 内核,开始运行多任务。主程序流程如图 4 所示。

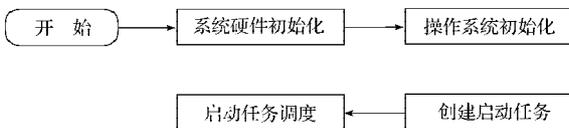


图4 主程序流程图

Fig. 4 Main program flowchart

### 2.1 uC/OS-II 操作系统移植

uC/OS-II操作系统移植需改写 OS\_CPU\_A.ASM, OS\_CPU\_C.C 和 OS\_CPU.H 这 3 个文件中的代码<sup>[9]</sup>。

任务切换 OS\_TASK\_SW() 定义为 OSCtxSw, 应用于任务低优先级向高优先级切换。本文设定了多个任务用于主控模块任务调度。CANTask(): CAN 通讯任务,完成与子模块的数据收发;SOCTask(): 完成 SOC 估算;LcdTask(): Lcd 显示任务;ControlTask(): 充放电控制任务;EquilTask(): 均衡任务;MainTask(): 系统启动任务<sup>[10]</sup>。

### 2.2 采集模块软件设计

采集模块不断采集电池各参数信息,通过 CAN 总线上传给主控模块,以供主控模块分析处理,采集模块流程如图 5 所示。

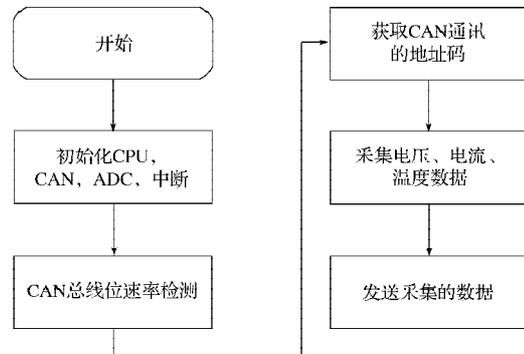


图5 采集模块流程图

Fig. 5 Acquisition module flowchart

## 3 SOC 的估算

锂电池荷电状态评估问题是 BMS 中的一个难点,常用的估算方法有开路电压法、安时法和内阻法等。由于锂电池电压存在电压回弹特性,采用开路电压法需要对电动汽车进行长时间的停车,才能对 SOC 作准确的估算,否则估算出来的 SOC 存在较大误差。安时法存在误差累计问题,对初始值的准确度十分依赖。内阻法中电池内阻不仅与 SOC 有关,还与温度、健康状态 (start of headling, SOH) 等因素有关,所以无法准确确定内阻与 SOC 值的对应关系,并且阻值太小,难以准确测量。

设计中采用扩展卡尔曼滤波 (extended Kalman filter, EKF) 算法对 SOC 进行估算。EKF 是在 Kalman 滤波器的基础上进行了改进,适用于参数之间的非线性关系。EKF 的状态方程和量测方程分别如下:

$$x_k = f(x_{k-1}, u_{k-1}, w_{k-1}),$$

$$z_k = h(x_k, v_k),$$

式中:  $x_k \in \mathbf{R}^n$  是系统当前时刻的状态变量;

$z_k \in \mathbf{R}^n$  是系统当前时刻的观测变量;

$v_k$  表示系统当前时刻的过程观测噪声;

$u_{k-1}$  表示系统上一时刻的激励;

$w_{k-1}$  表示系统上一时刻的过程激励噪声。

以电池工作电流作为系统激励, 电池的工作电压作为观测变量, 把在激励作用下随时间改变的变量 SOC、电压、电流等状态参数组合在一起作为状态变量。确定这些变量后根据锂电池模型来确定状态方程和量测方程。

## 4 结论

采集锂电池参数、均衡电池能量以及对锂电池控制时, 实时性是其中重要的指标, 移植 uC/OS-II 实时操作系统, 能更好地管理微处理器, 加快处理速度。设计中采用分布式管理方式, 能随时添加锂电池组而不需对系统有较大改动, 可扩展性良好。

用 12 节安装了本文设计的锂电池管理系统的串联锂电池, 进行充放电测试, 通过 CAN 总线上传采集的数据。经过测试, 系统的电压采集精度为  $\pm 8 \text{ mV}$ , 温度精度为  $\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ , 单体电池之间最大电压差小于  $0.05 \text{ V}$ , 能满足各项要求。系统工作稳定可靠, 具有一定的应用价值。

### 参考文献:

- [1] 雷惊雷, 张占军, 吴立人, 等. 电动车, 电动车用电源及其发展战略[J]. 电源技术, 2001, 25(1): 40-46.  
Lei Jinglei, Zhang Zhanjun, Wu Liren, et al. Electric Vehicles, Power Sources for Electric Vehicles and Their Developing Strategy in China[J]. Chinese Journal of Power Sources, 2001, 25(1): 40-46.
- [2] 乔思洁. 锂电池管理系统的研究与设计[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2009.  
Qiao Sijie. Research and Design of the Lithium Battery Management System[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2009.
- [3] 赵一夔. 基于 ARM Cortex-M3 的嵌入式系统设计与实现[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2010.  
Zhao Yikui. Research and Implementation of Embedded System Based on ARM Cortex-M3[D]. Xi'an: Xidian

University, 2010.

- [4] 王海英, 吴锋, 胡宇, 等. 基于 CAN 总线的电动车动力电池组采集系统设计[J]. 电源技术, 2010, 34(11): 1166-1168.  
Wang Haiying, Wu Feng, Hu Yu, et al. Design of Electric Vehicle's Power Batteries Collection System Based on CAN-Bus[J]. Chinese Journal of Power Sources, 2010, 34(11): 1166-1168.
- [5] 沈瑶, 李小清, 周云飞. 基于 CAN 总线的电动车控制系统设计[J]. 电子设计工程, 2010, 18(11): 143-145.  
Shen Yao, Li Xiaoqing, Zhou Yunfei. Design of Electric Vehicle Control System Based on CAN Bus[J]. Electronic Design Engineering, 2010, 18(11): 143-145.
- [6] 卢居霄, 黄文华, 陈全世. 电动汽车电池管理系统的多路电压采集电路设计[J]. 电子设计应用, 2006(5): 103-106.  
Lu Juxiao, Huang Wenhua, Chen Quanshi. The Design of Multiplex Voltage Acquisition Circuit of Electric Vehicle Battery Management System[J]. Electronic Design & Application, 2006(5): 103-106.
- [7] 贾英江, 傅孝忠, 王耀济, 等. 锂电池充电方法分析[J]. 科技资讯, 2009(2): 123.  
Jia Yingjiang, Fu Xiaozhong, Wang Yaoji, et al. The Charging Method of Lithium Battery[J]. Science & Technology Information, 2009(2): 123.
- [8] 罗卓. 锂离子二次电池充电方法的研究进展[J]. 广东化工, 2011, 38(9): 76-77.  
Luo Zhuo. Research Progress on the Charging Protocol of Lithium Secondary Batteries[J]. Guangdong Chemical Industry, 2011, 38(9): 76-77.
- [9] 任哲. 嵌入式实时操作系统 uC/OS-II 原理及应用[M]. 2 版. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2009: 52-72.  
Ren Zhe. The Principle and Application of Embedded Real-Time Operating System uC/OS-II[M]. 2nd ed. Beijing: Beijing Aerospace University Press, 2009: 52-72.
- [10] 周航慈. 基于嵌入式实时操作系统的程序设计技术[M]. 2 版. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2011: 75-93.  
Zhou Hangci. The Programming Technology Based on Embedded Real-Time Operating System[M]. 2nd ed. Beijing: Beijing Aerospace University Press, 2011: 75-93.

(责任编辑: 邓光辉)