

DOI:10.19651/j.cnki.emt.1802088

# 新能源汽车 48 V 电池管理系统设计

李田丰<sup>1</sup> 易映萍<sup>1</sup> 石伟<sup>2</sup>

(1.上海理工大学 光电信息与计算机工程学院 上海 200093; 2.许继电源有限公司 许昌 461000)

**摘要:** 目前,相比传统燃料汽车对环境的污染,新能源汽车因其零排放的优势得到大力发展。电池管理系统(BMS)作为新能源汽车的核心之一,可以实时监控电池组的状态信息,避免在使用过程中电池出现过充过放的现象,从而提高了电池的利用率和使用周期。为此,设计一个具备基本功能的电池管理系统硬件电路,应用英飞凌公司的XC2267M芯片作为主控芯片,采用了主从式结构,利用从控芯片XC886完成电池基本信息的采集,然后通过内部CAN网络传递给XC2267M芯片,由其实现信息处理和SOC估计等功能,并同时与其他模块进行通信。最终,系统基本可以实现电池信息采集、CAN通信、信息存储、电池均衡等功能。

**关键词:** 电池管理系统; XC2267M 芯片; 硬件设计; 电池均衡; CAN 通信

中图分类号: TN702 文献标识码: A 国家标准学科分类代码: 470.40

## Design of 48 V battery management system for new energy vehicle

Li Tianfeng<sup>1</sup> Yi Yingping<sup>1</sup> Shi Wei<sup>2</sup>

(1.School of Optical-Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China; 2.XUJI Power Limited Company, Xuchang 461000, China)

**Abstract:** Nowadays, compared with the environmental pollution caused by traditional fuel vehicles, new energy vehicles have been developed vigorously with the advantage of zero emission. Battery management system (BMS) as one of the core of the new energy vehicles, can monitor the status of battery, improve the utilization rate of the battery, prevent the battery from over-charge and over-discharge, to some extent, prolong the service life of the battery. To design a battery management system hardware circuit with basic functions, this paper uses the XC2267M of Infineon Corporation as the main control chip. The system uses the master-slave structure. The slave control chip is XC886 that completes the collection of the basic information of the battery and passes message through the internal CAN network to the XC2267M, which realizes the functions of information processing and SOC estimation and communicates with other modules and so on. At last, the functions of battery information collection, CAN communication, information storage and battery equalization can be completed.

**Keywords:** battery management system; XC2267M control chip; hardware design; battery equalization; CAN communication

## 0 引言

国外对于电池管理系统的研发开始较早,目前具有代表性的公司包括德国的Mentzer Electronic GmbH、Werner Retzlaff、日本三菱、美国DNSL,基本上能够对电池的相应工况做出即时的反应。但局限性在于系统均针对各自的产品,通用性较差。国内研究起步相对较晚,国家目前出台了大量相关政策,例如信华、博强等公司均有满足标准要求的BMS产品。制约我国BMS发展的问题主要是缺乏统一标准,技术难以快速成熟。

从电池管理系统的硬件结构出发,国内外现阶段主要采用集中式或分布式两种模式。集中式将电池信息检测和MCU集成到同一块板上,优点在于简化了通信成本,而缺陷在于设计布线复杂,同时由于系统支持的通道有限,所以只适用于小型电池组。分布式是由主控制器和多个单体电池管理单元组成,优点在于装配灵活性很高、适用性强,缺陷在于成本较高。

综上,本文将电流检测和温度检测与主控集成在同一块PCB板上,电压检测由从控完成,属于半分布式结构,较好地满足了适用性和成本问题。

收稿日期:2018-10-30

\*基金项目:国家重点研发计划(2018YFB0106300)资助

## 1 系统设计

本文设计的电池管理系统针对 LG 三元锂离子 18650 电池,通过 14 串/48 并的方式连接<sup>[1-3]</sup>。电压平台为 50.4 V,电池容量为 124.8AH。该电池管理系统针对这种型号的电池,无论是在车辆行驶,还是在充电过程中都对电池的运行状态进行实时监测与管理,以及充放电保护。系统功耗低,数据采集精度高。

电动汽车用电池组对于电压、容量、电流等许多参数都有要求,单个的单体电池难以达到要求,所以在实际使用中大多采用单体电池串并联的方式组成。其中典型的结构一般是多个电池包并联,每个电池包中有多个串联的单体电池<sup>[4-6]</sup>。本文采用主从式结构,电池管理系统如图 1 所示。

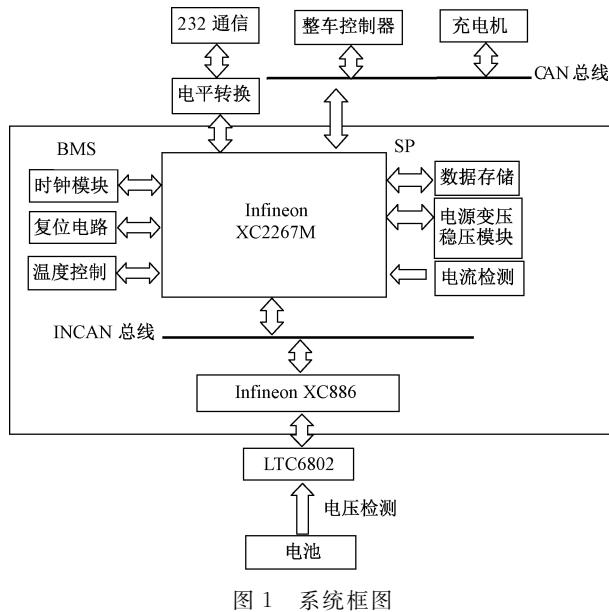


图 1 系统框图

主控芯片 XC2267M 与从控芯片 XC886 通过 INCAN 内部通信进行实时通信,从控芯片 XC886 负责单体电池信息采集,之后将结果送至主控芯片 XC2267M,由其进行信息处理,进行 SOC 估计以及能量管理等<sup>[7-10]</sup>。

### 1.1 主控模块

本文采用的主控芯片是 16 位的 XC2267M 芯片,它是德国 Infineon 公司的研发的第 5 代芯片,突出的特点是有增强 C166SV2 架构。工作模式分为操作模式与待机模式,待机模式功耗低。外接 8 MHz 的晶振,通过内部倍频得到最大 100 MHz 的系统频率。单时钟周期指令执行,适用于高速数据处理。

晶振电路给主控芯片提供工作时序;复位电路在系统出现故障时实现复位操作,高电平复位;电源电路给主控芯片提供稳定的工作电源;外接蜂鸣器可以实现报警,蜂鸣器信号来自 XC2267M 芯片的 P1.0,信号到来,晶体管导通,有源蜂鸣器实现报警。

### 1.2 信息采集模块

#### 1) 电压采集

单体电池电压的采集属于电池管理系统的基础功能,对于电池的监测起着很大的作用,其中精确度对于电池的 SOC 估计起着至关重要的作用。本文采用 Linear 公司的第一代专用电池监测芯片 LTC6802 采集单体电池电压,LTC6802 有测量模式和待机模式两种工作模式,可有效降低功耗。作为专用电池监测芯片,当 LTC6802 输入电压为 60 V 时,可以在 13 ms 内对 12 个串联的电池单体的电压进行监测<sup>[11]</sup>。12 个单体电池均衡通道内置了 12 个 MOSFET 管,通过微控制器的控制信号对过充的单体电池进行均衡。每个 LTC6802 都有对应的可单独寻址的串行口,因此通过对多块芯片进行菊花链式级联可以实现对大量单体电池电压的采集,精度高,速度快,电路简洁。LTC6802 内部集成一个 12 位的 AD 转换器,采集到的电压数值低,在传输的过程中很容易受到系统内部的电磁干扰,所以要加强抗干扰的设计。

如图 2 所示,封装为 SSOP-44 的 LTC6802 有 44 个引脚,包括 12 个电池电压采集引脚、2 个电池温度采集引脚、12 个单体电池均衡引脚、4 个通信引脚、2 个 GPIO 口、4 个片选引脚、工作模式使能引脚和电源和地引脚。

其中 ADUM1401 是四通道数字隔离器,信息采集芯片通过该隔离器与从控芯片 XC886 芯片相连,片选、时钟、主从数据双向传递依次与 XC886 芯片的 P4.3、P1.2、P1.3、P1.4 引脚相连,可以增强抗干扰。电池单体 B1~B12 依次连接到电池监测芯片 LTC6802 的电压采集引脚上,使得电压采集电路实现了同时监测 12 个单体电池电压的功能。为了限流,电路中加入限流电阻;加入滤波电容实现滤波;在每个电池的正负极之间,都连接了稳压二极管,可以实现过压保护。由于 18650 单体电池端电压为 2.75 V~4.2 V,所以稳压二极管选取 PDZ7.5B。

#### 2) 温度检测

作为动力电池的单体电池,具有最佳工作范围。当温度过高时,降低充放电的效率。而当温度过低时,电池内阻增大,损耗增加。两种情况都会在很大程度上影响电动汽车用电池组的循环周期和寿命。所以对电池的温度监控及管理十分必要,在满足功能的条件下还要考虑体积,价格等因素。

如图 3 所示,温度测量通过热敏电阻 R57、R58、R59 的分压值与被测温度一一对应,主控芯片接收信号后通过内部处理可以得到相应的温度值,环境、进风口、出风口依次对应主控芯片 XC2267M 的 P15.4、P15.5、P15.6。

#### 3) 霍尔电流检测

电流的大小是检测电池容量的主要参数,电流采集电路要实现高精度、高抗扰性、零漂移。为了实现这个目的,如图 4 所示,通过采样放大电路对微弱电流信号放大采集,将与霍尔电流对应的电压信号与 4.096 V 电压相加,避免

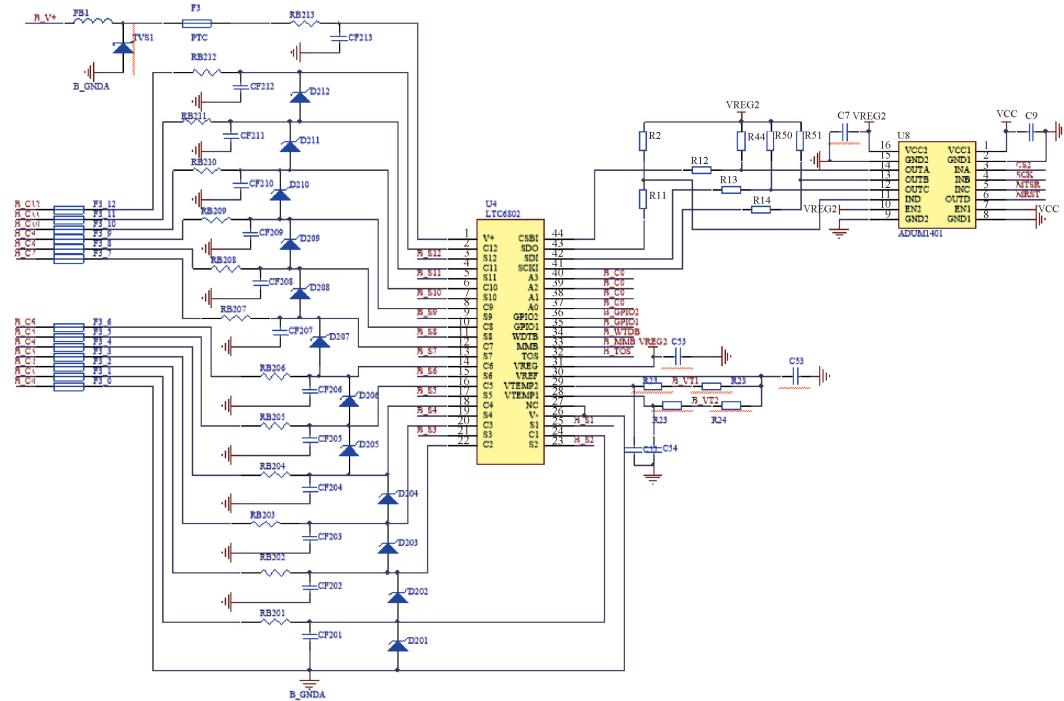


图 2 电压采集电路



图 3 温度检测电路

了负的采样值。之后将被反相放大的信号通过 ADS1100A1 实现数模转换后送往主控芯片 XC2267M 进行分析处理, 其中 ADS1100A1 的时钟和数据引脚与 XC2267M 芯片的 P7.3、P7.1 相连。

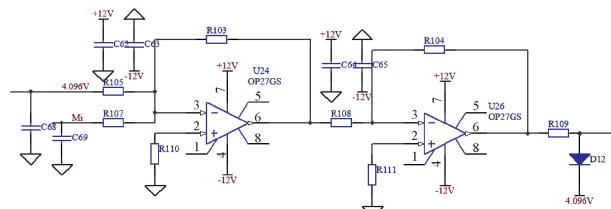


图 4 电流信号放大电路

### 1.3 电源模块

电源模块是整个电路的运行的动力支持, 同时还要能够满足不同类型原件对于电压大小的要求。主从部分的电源电路设计基本一致, 如图 5 所示, 首先在电源部分的输入端接入二极管 TVS1, 可以抑制来自诸如电网的浪涌信号, 保证电池管理系统电源部分的安全, 共模电感滤除共模干扰。然后利用 C6 和 L1 构成的滤波电路, 滤除电源

形成的差模干扰<sup>[12-13]</sup>。

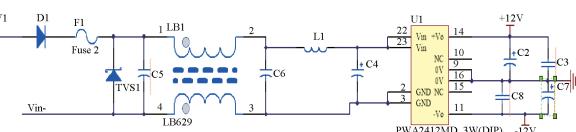


图 5 电源模块电路

将经过滤波的电压信号利用 PWA 2412MD 转换成稳定的 12 V 电压, 之后如图 6 所示, 再利用不同的变压稳压芯片, 将 12 V 的电压依次转换成电路各部份所需的 5 V、3.3 V 电压。

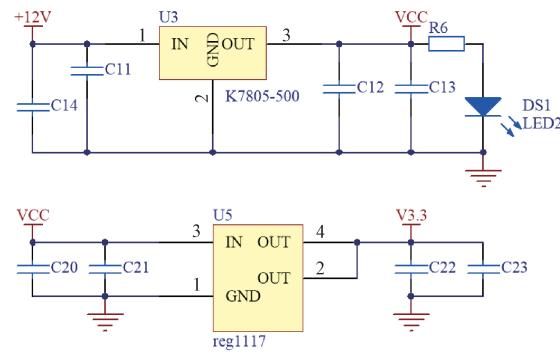


图 6 电压转换电路

### 1.4 通信模块

主控芯片 XC2267M 内部集成了 CAN 模块, 通过 CAN 芯片 TJA1050 可以实现与从控芯片 XC886 的双向

通信<sup>[14-15]</sup>。以内部通信网络中从控向主控传递信息为例,如图7所示,从控芯片的P1.0、P1.1输出信息首先到达隔离芯片,经过CAN芯片输出INCAN\_H、INCAN\_L信号,信号首先通过共模电感滤除共模干扰,再次经过CAN芯片TJA1050后,利用双向数字隔离器ISO7221A输出到主控芯片的P6.0和P6.1引脚,完成一次从从控芯片到主控芯片的信息传递。为了增强对电磁干扰的抵抗,CAN通信的电源经过IB0505LS-W75单独提供。

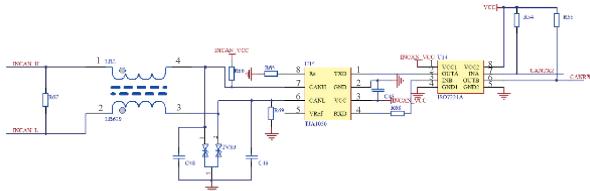


图7 内部通信电路

在整个电池管理系统中,主控芯片XC2267M还与整车控制器、充电桩等利用CAN总线进行通信,以与充电桩的通信为例,如图8所示,同样将来自充电桩的信号CAN2\_H、CAN2\_L经过共模电感器滤除共模干扰,通过连接隔离器的CAN芯片进行通信,分别将CANTX0、CANRX0信号送到主控芯片的P2.1、P2.0引脚。同时电源单独提供,减少电磁干扰。

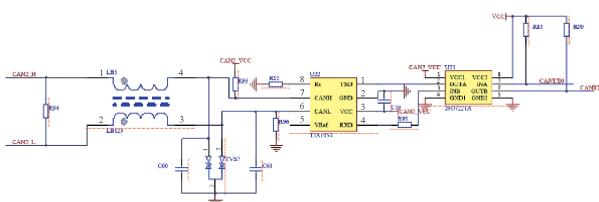


图8 充电机通信电路

主控芯片XC2267M的信号电平和RS232的标准不同,为了提升整个系统的用户友好度,要能够实现与PC的双向通信,就利用MAX232芯片实现电平转换。如图9所示,PC端经过RS232双绞线传送的RS232RX和RS232TX信号经过MAX232转换后,输出RXD3和TXD3信号,到达主控芯片XC2267M的P2.10、P2.11引脚,在芯片内部进行下一步的处理。

## 1.5 时钟模块

如图10所示,时钟模块采用DS1302ZN+时钟芯片,2、3引脚连接标准32.768 kHz晶振,5脚高电平使能读写,由主控芯片XC2267M的P0.7引脚控制。6、7引脚分别为数据和时钟引脚,与主控芯片XC2267M的P10.7、P10.6相连,为主控芯片提供外部时钟。

## 1.6 数据存储模块

数据存储模块包括microSD存储器和ADG3308八通道双向逻辑电平转换器,通过利用SPI通信,实现电池历

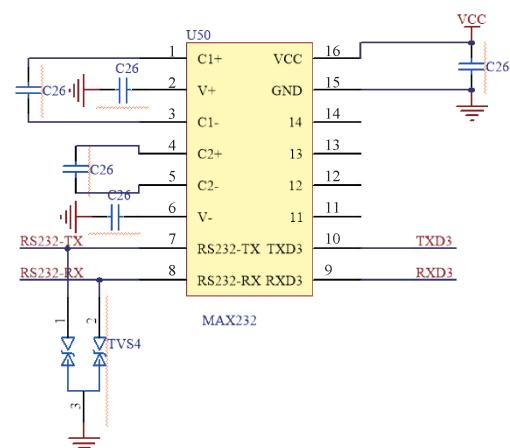


图9 电平转换电路

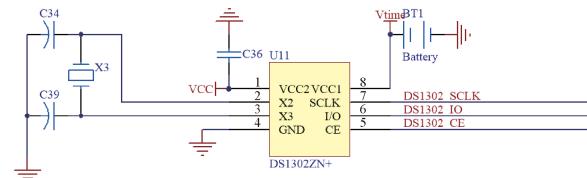


图10 时钟模块

史信息的存储。如图11所示,当microSD处于SPI通信模式时,1、7引脚悬空,其他数据、时钟、片选信号依次与电平转换器ADG3308相连,9引脚命令信号来自XC2267M芯片的P4.2。如图12所示,ADG3308的10、12、13、14、15引脚分别为使能信号、时钟信号、从控芯片到主控芯片的数据信号、主控到从控的数据信号、片选信号,依次与XC2267M的P4.1、P2.5、P2.4、P2.3、P2.6相连。

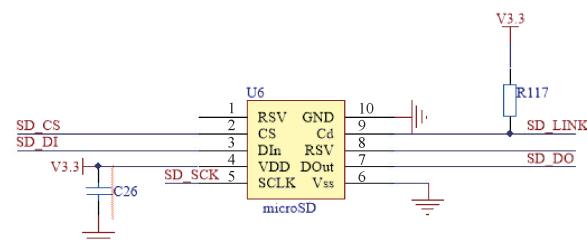


图11 microSD 存储卡

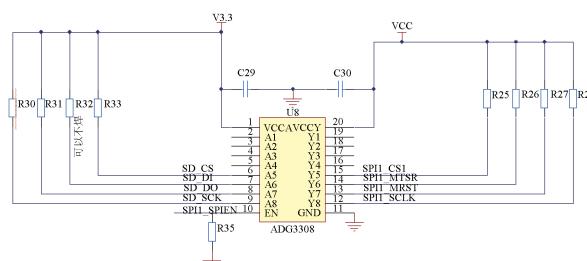


图12 电平转换电路

## 2 实验仿真

电池管理系统的一个核心功能就是对于多个电池单体进行均衡,本文采用非耗散型主动均衡,利用 MATLAB 进行仿真,如图 13 所示,用电感作为储能元件,将电量较高的电池中的电量转移到电量较低的电池中,有效保护电荷,降低了能量损耗。

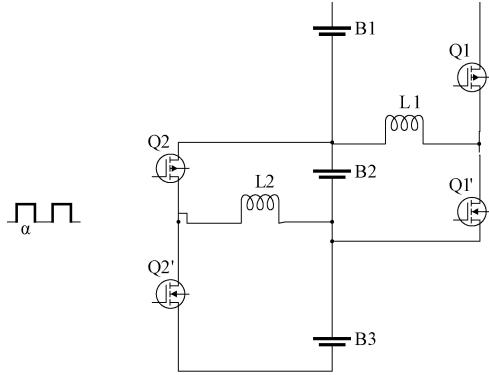


图 13 均衡电路拓扑结构

每两个电池单体间有一个均衡模块,电量可以从上而下或者从下而上地转移,调节占空比可以调整转移的方向。当电池 B1 电压高于 B2 时,首先导通 Q1,B1 向电感 L1 放电,L1 储能;然后关闭 Q1 导通 Q2,L1 向 B2 放电,实现了单体电池 B1 向 B2 的电量转移。

### 2.1 静置状态

静置状态仿真均衡电路如图 14 所示,3 个电池的初始 SOC 依次为 91%、90%、89%,当相邻两个电池单体 SOC 差值大于 0.2% 时开始均衡。占空比设置为 0.6。

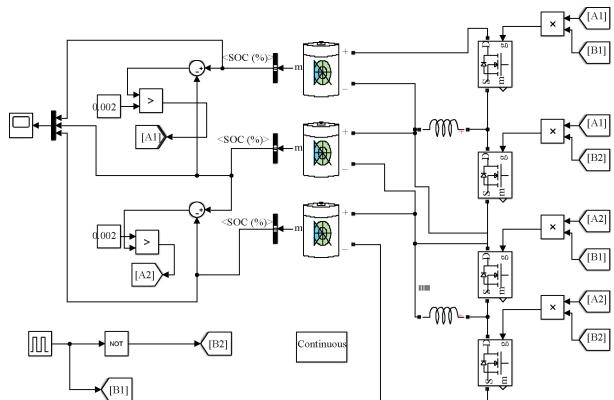


图 14 静置状态下的仿真均衡电路

仿真结果如图 15 所示。从图中可以看到,SOC 差值从 2% 到 0.2% 大约用时 80 s。

### 2.2 充电状态

充电时的均衡电路如图 16 所示。采用 1C 充电,电池参数设置不变,从图 17 仿真结果可看出,SOC 差值从 2%

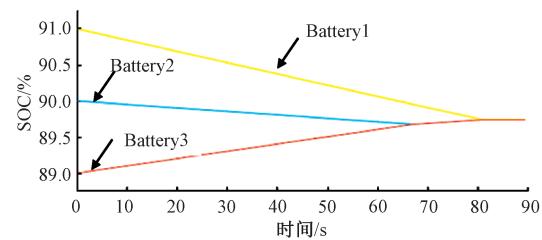


图 15 静止状态下均衡仿真结果

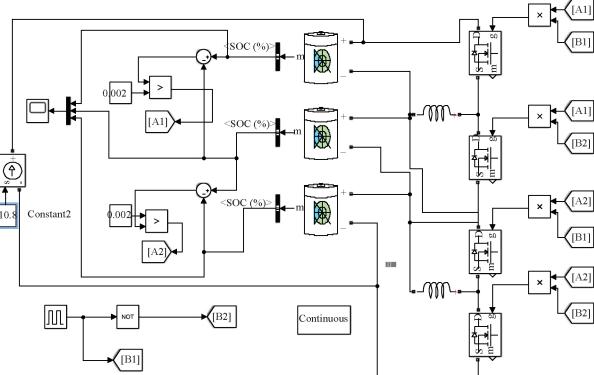


图 16 充电状态下的仿真均衡电路

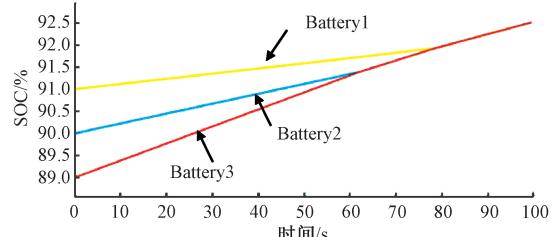


图 17 充电状态下均衡仿真结果

到 0.2% 大约用时 100 s。

### 2.3 放电状态

放电时的均衡电路如图 18 所示。电池参数设置不变,从图 19 所示仿真结果看出,SOC 差值从 2% 到 0.2% 大约用时 100 s。

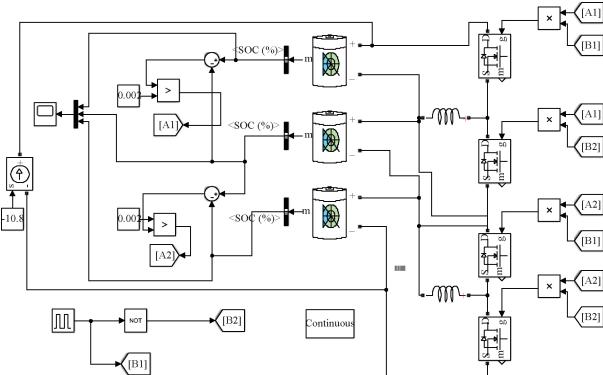


图 18 放电状态下的仿真均衡电路

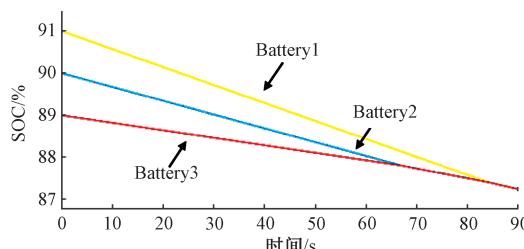


图 19 放电状态下均衡仿真结果

## 2.4 仿真实验结论

均衡电路在 3 种情况下,静置状态均衡用时最长,放电状态均衡用时最短。经过仿真验证,该均衡电路可以实现均衡目标,符合设计要求。

## 3 结 论

主从式的结构设计可以实现目标设计功能。电路安全可靠,电路结构清晰简洁,在保证基本功能高效完成的前提下,系统成本较低。系统功能包括电池管理系统的电压、电流和温度检测、实时通信、数据存储、电池均衡等功能,并针对电池均衡功能进行仿真,结果证明可以实现对多个电池的电量均衡且速度较快,可以有效解决电池在使用过程中由于多种原因造成的不一致性。均衡电路设计的局限性在于需要控制大量的开关管,随着电池数量的增加,控制难度和成本增加明显,有待进一步改进。

由于研究时间、研究条件有限,本文对于电池状态参数的监测实验测试数据不足,后续需要进一步完成的工作是,通过对多个 18650 电池实体进行工作检测,进一步检验硬件电路设计的需要改进之处。

## 参考文献

- [1] 汪世国.电动汽车电池管理系统(BMS)现状分析[J].汽车实用技术,2014(2):65-67.
- [2] 陈洋,李荣正.电池管理系统(BMS)及其均衡充电的方法[J].上海工程技术大学学报,2015,29(3):213-217.

- [3] 肖玉萍.混合动力电动汽车电池管理系统[D].北京:北方工业大学,2005.
- [4] 岳仁超,王艳.电池管理系统的设[J].低压电器,2010(11):31-34.
- [5] 李仲兴,余峰,郭丽娜.电动汽车用锂电池组均衡控制算法[J].电力电子技术,2011,45(12):54-56.
- [6] 宋雪桦,吴和生,刘锦娟,等.混合电动汽车电池管理系统设计[J].电子测量与仪器学报,2011,25(9):787-792.
- [7] 李秉宇.混合动力汽车镍氢动力电池管理系统的研[D].北京:北京交通大学,2008.
- [8] 王恩亮,涂德凤,陈业慧.电动汽车电池管理系统主控板硬件设计[J].赤峰学院学报(自然科学版),2017,33(23):45-46.
- [9] 钱立军,赵明宇,张卫国.一种电动汽车充电安全预警模型设计方法[J].电网与清洁能源,2016,32(12):114-119.
- [10] 刘再飞,李立伟,张洪伟.基于 LTC6803 电动汽车电池管理系统的设计[J].工业控制计算机,2013,26(3):121-122,130.
- [11] 刘广敏,乔昕,贺冬梅.电动汽车 BMS 抗干扰性能的改进[J].安全与电磁兼容,2015(4):75-78.
- [12] 姜付鹏.电磁兼容的电路板设计[M].北京:机械工业出版社,2011.
- [13] 宋磊.CAN 总线在现代汽车中的应用研究[D].镇江:江苏大学,2002.
- [14] 李阳.CAN 总线接口电路设计及其传导抗扰度研究[D].北京:北京交通大学,2012.
- [15] 张春强.车用锂离子电池管理系统研究[D].合肥:安徽农业大学,2016.

## 作者简介

李田丰(通信作者),硕士研究生,主要研究方向为电力电子、新能源汽车、电池管理系统。

E-mail:18301926973@163.com