

基于单片机及可编程器件的电动汽车电池管理系统

Battery Management System of Electrical Vehicle Based on Microcontroller and FPGA

杨 静 张朝晖

(北京科技大学信息工程学院, 北京 100083)

摘 要: 分析了影响电池性能的各种因素, 根据当今电池管理系统的现状, 结合目前单片机技术、EDA 技术、总线技术等的发展, 就电池管理系统提出一种可行的电池管理系统方案。

关键词: 电动汽车 电池管理系统 单片机 FPGA

Abstract: After analysis of many kinds of factors which effect the performance of battery, according to status quo of battery management system and development technology of MCU, EDA and field bus, a kind of viable battery management system is described.

Key words: electrical vehicle battery management system MCU FPGA

0 引言

电动汽车是 21 世纪解决能源和环境问题的一项重要手段, 各个国家及大的汽车厂商也都将电动汽车作为研究的重点。但不可否认, 目前电动汽车的开发有许多关键技术尚未得到突破性的解决。主要表现在, 第一, 蓄电池容量低, 致使电动汽车续驶里程短。目前的电动汽车的续驶里程不过 100 ~ 200km, 而内燃机汽车加一次油可以持续行驶 500 ~ 800km, 大大限制了电动车的适用范围。第二, 蓄电池的比功率低, 汽车的动力性能差。第三, 电池的充电时间长, 即使是使用快速充电技术也不可能像内燃机汽车加油那样在几分钟内完成。第四, 成本太高, 目前几乎所有投入使用的电动汽车都是亏本的, 其制造成本约是同级别内燃机汽车的 2 ~ 3 倍。

针对电动汽车优缺点的分析不难发现, 电动汽车发展普及及所遭遇到的瓶颈都或多或少地和电池技术有关。所以, 如何提高电池以及相关的管理水平, 就成为突破电动汽车困境的关键。

以纯电动汽车为例, 目前应用于纯电动汽车的蓄电池包括铅酸电池、锂离子电池、镍镉电池、镍氢电池等。电动汽车对动力电池要求较严格, 所以只有先进的电池生产技术才可以使电动汽车的普及应用成为可能。而抛开纯单体电池的性能不谈, 降低电池造价以及提高电池系统的管理水平也是提高电动汽车整体竞争力的关键因素。众所周知, 续驶里程短以及造价高是影响电动汽车发展普及的主要因素。庞大的蓄电池组就占去了电动汽车成本的一半以上, 且由于各种单体电池故障导致的更换率非常高, 更换频繁致使电动汽车造价高昂, 影响了电动汽车的普及。

如何有效降低蓄电池造价是影响电动汽车发展普及的关键因素。电池组的使用寿命由单体电池的使用寿命和单体电池的均一性、可靠性决定。一方面是随着电池技术的发展, 提高单体电池的性能指标和一致性; 另一方面就是提高电池管理水平, 建立完善可靠的电池管理系统。本文着重于第二个方面的论述。

1 电池管理系统

电池管理系统是指从“系统”的角度来控制和管理后备与电池组,将其所有的工作视为一个周而复始的“过程”而进行全程管理。它适用于电动车用电池(铅酸/镍氢/锂离子蓄电池)单体及整组进行实时监控、充放电、巡检、温度监测等,采用诸如电压均衡控制、超温保护等尖端智能化技术的动力电池智能管理监测系统。

系统的要求主要的思想是“系统、网络、全过程管理”。系统化是指将电池管理系统的所有部件和整车内其他控制环节,通过现场总线连接,构成一个有机的系统,在主控计算机的控制管理下,协调一致地工作。全过程监控是指基于电池检测系统的监测数据,将充电控制、馈电输出、例行检测、数据汇总、故障诊断、预测报警等,都置于主控管理系统之下进行协调联动。这样,整个电池系统的运行的全过程都被置于控制和管理之下。网络化是指由现场总线和车内局域网络接口构成集散的多级网络控制系统。这样,在局域网内可通过任意一台计算机在授权许可的情况下,察看到每一块电池每一部分的工作情况和特性参数。

管理系统对电池参数包括单体设备的固有性能指标和工作状况的稳定性、系统各设备固有性能的有效、合理、最佳发挥和各设备之间的协调工作特性,进行监控管理。前一点是保证系统能够正常运行的必要条件,后一点是确保系统总体性能和效果的关键。因此,仅仅满足对蓄电池组的充电和总体电压检测,不能满足使用要求,也无法检测和控制由于电池单体性能的不一致而导致的损坏。为满足工况实时在线检测、系统性能预报、故障预报、性能跟踪、事故追踪及处理等工作要求,就需要通过现场总线进行监控、管理、控制。

从微观上来讲,电动汽车用蓄电池组的性能指标,在实际工作过程中受多种因素影响,其荷电状况不仅同电池的电压、电流、温度有关,还受电池的使用寿命及各电池之间的一致性的影响。所以描述电池的工况要对电池建立相关的模型,以适应管理系统的要求。目前,世界各国及大的汽车生产厂商都致力于电池管理系统的研究。系统的功能和大体框架彼此相差不大,所不同的是,根据不同的电池类型的解决方案及具体的实现方式。其系统框图如图1所示。

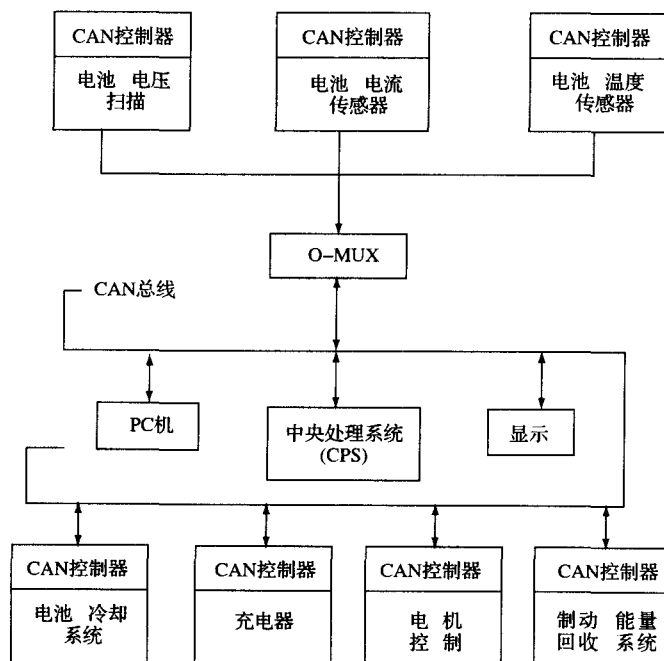


图1 电池管理系统框图

图1相当于一个广义的电池管理系统。它可以通过检测电池的电压、电流和温度信号掌握电

池的荷电状况(SOC)和健康状况(SOH)信息,制定管理策略,一方面保障电动汽车的可靠行驶,另

一方面高效管理电池,合理分配各个单体电池的使用,平衡电池间的不一致性。将狭义的电池管理系统功能通过总线连接到整车的智能管理系统中去,将电池的使用和管理同整车的运行状况联系起来,不仅考虑电池的使用信息,还能够最大限度地延长其使用寿命。该系统框图中,中央处理系统 CPS 的作用是收集发送所有状态控制信息,是系统的核心环节。O-MUX 是单片机,作用是采集电压、电流、温度信号,实现电池的 SOC、SOH 算法,并把状态信息发送给中央处理系统 CPS。其他部分都是电池及整车管理所需要的组成部分。PC 机用于发送工作方式等参数信息,决定系统的工作方式,有时还包括用存储体存储相关数据。显示环节可以采用 LCD、LED 等,显示给驾驶员。充电器、电池冷却系统是电池管理的组成部分。充电器是 HEV 中的环节,EV 中没有。电机控制、制动能量回收系统属于整车管理系统的组成部分,主要是完善系统的功能。

2 基于西门子单片机及 FPGA 的 EV 电池管理系统

单片机、EDA、总线技术的迅猛发展,为实现高效的电池管理方案提供了可能。本文提出了一种方案,它是针对 EV 蓄电池组设计的,功能主要是监测电池的荷电状况。它采用西门子公司生产的 C166 系列 16 位单片机作为系统的主控模块,结合 CAN 总线通讯,应用模块化设计的狭义电动汽车电池管理系统。

EV 不像 HEV 那样,它只采用蓄电池组作为汽车的动力源。与电动自行车相似,当电池电量不足时,将其整体卸下,采用专用充电器进行充电。目前,电池管理的工作在汽车内部和充电器中都需要,但两者有不同的侧重点。充电器对电池的管理主要是充电管理,注重考察电池的充电特性。EV 电池管理系统针对的是汽车行进中电池的放电特性以及电池组单体电池间的一致性问题。首先,是监测电池荷电状况,这是由于 SOC 参数大小直接反映了电池所处的状态,由此可限定电池的最大放电电流和预测电动车的续驶里程。根据各节电池的 SOC 值,可以识别电池组中

各电池间的性能差异,并依此进行相应的均衡处理,以保持电池性能的均匀性,最终达到延长电池寿命的目的。另外,根据电池的放电特性判断电池的使用情况,及时诊断出电池出现的问题,还要注意防止电池过放电。过放电会严重影响电池的使用寿命,长期工作于过放电的电池在自身失效的基础上还会对其他工作正常的电池产生不良影响,造成整个动力系统工作的不稳定。同时,系统还涉及到一部分电池健康状况的内容,但只做一般性处理。它的根据是,电池的放电过程处于释热状态,而处于深度放电的电池其内阻会增大,这时电池的表面温度会升高很多。通过检测电池组中电池的温度状态这一简单方法,就能判断电池是否过度放电,以便于进一步处理。

系统的目标是,通过一定的算法准确表征电池剩余容量,显示汽车续驶里程,同时高效管理电池的使用,延长电池使用寿命。通过以上的分析可以看出,以上所述中,准确和可靠地获得电池荷电状态是电池管理系统中最基本和最首要的任务。整个系统的硬件框图见图 2。

系统核心控制环节是西门子的 C166 系列 16 位单片机,它负责系统的信息处理、电池管理的算法实现,以及向传感采集模块发送指令,并向显示模块提供所需要数据,控制报警环节的工作。与常用的 Intel 的 196 系列单片机相比,西门子的 16 位单片机具有以下优点: C166 采用模块化结构,提供了广泛的实际应用,可以适应不同的应用目的(例如,它本身集成了 CAN 总线控制器);具有许多变形以扩展不同的外设与内存模块,特别是 XBUS 很容易将新的外设功能集成到现有的工具链中,提供软件工具和实时模拟器,可以很容易地扩展外设功能,提高系统的设计灵活性;同时, C166 系列系统主频可达 25MHz,几乎所有指令执行时间在 80ns 范围内,控制器线性地址空间可以达到 16MB,访问内部 ROM 和 Flash 存储器是 32 位宽度,可实现大容量的程序,速度可达 16MIP,接近 DSP 的运算水平;CPU 采用 4 级流水线概念;采用寄存器池来进行用户定义的寄存器之间的切换,速度快,执行乘法、除法及中断响应性能都很优秀;外设事件控制器具有类似 DMA 的功

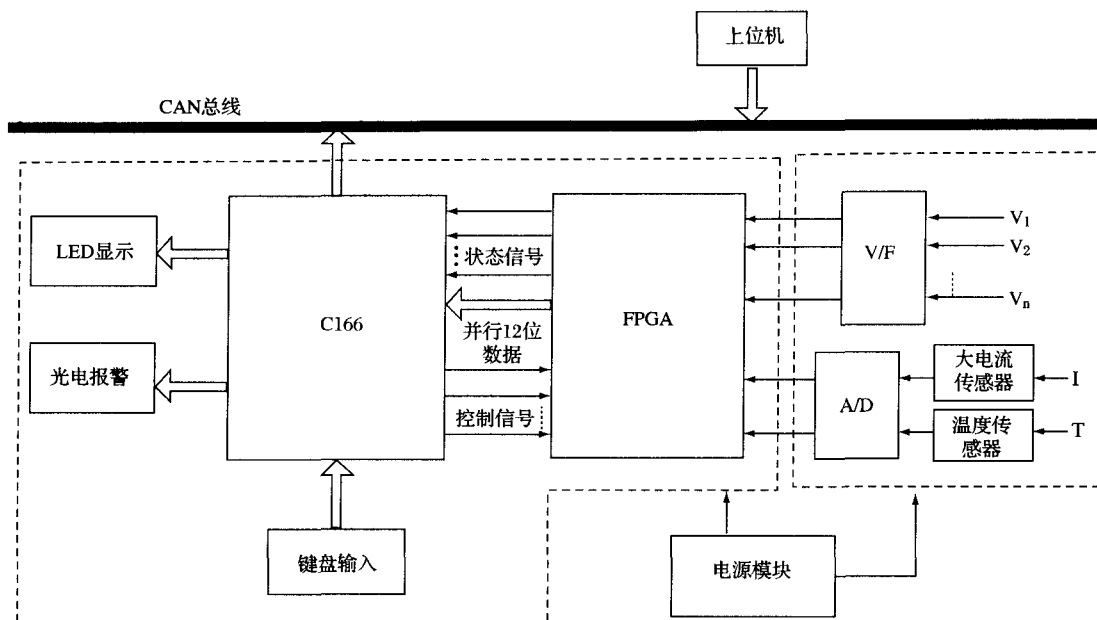


图 2 基于 C166 和 FPGA 的 EV 电池管理系统组成框图

能,事件控制不需要 CPU 的参与。这些特点都正适合复杂 SOC 算法的实现和系统的实时性要求。

系统的信号采集的特点是通道数多,每节单体电池的电压都需要采集,同时要求采集的参数必须实时传送到控制模块,要求数字信号的处理速度快。基于这两方面的要求,可以选择 FPGA 来实现 A/D 采样控制。首先,FPGA 的使用可以节省大量的逻辑器件,减小板卡面积,同时提高系统可靠性。FPGA 的性能高,内部延迟可预测,能够达到 ns 级,完全可以达到采集信号的实时处理的要求。另外,FPGA 的 I/O 管脚多,比如 ALTERA 公司的 EMP7128,其管脚 84 个,可用于普通的 I/O 脚的管脚有 64 个,而 FPGA 的普通管脚为保证芯片的正常工作,可使用 70%,7128 的可用 I/O 口达到 40 个以上,所以,处理多路信号采集没有问题。FPGA 采用 VHDL 或者 Verilog HDL 语言编程,系统调试、修改和升级都比较方便。目前 FPGA 技术越来越完善,有许多信号采集方面的应用,有很多的经验也借鉴。

整个系统实现电源模块对模拟、数字逻辑两部分供电。信号的隔离采样这两部分对系统的性能影响很大,这主要是因为电动汽车中,电池检测信号处于高共模干扰的条件下,这就要求高精度不失真的数据采集,包括采样前的信号调理电路的实

现。目前,国内外电池管理系统的相关产品很多,但信号采集和调理部分实现的好坏,都是影响系统性能的关键因素。另外,SOC 算法的实现是另一个难点。由于电池特性受温度、老化、自放电等多种因素影响,目前不管是根据经典的内阻-安时法、Peukert-安时法,还是应用更复杂的神经网络模型、模糊控制模型,效果都不是很理想。采用高性能的硬件都是为 SOC 算法的实现提供保障。

3 结论

本文提出的电动汽车电池管理系统可以高效管理蓄电池,为驾驶员提供续驶里程信息,延长电池的使用寿命,同时通过 CAN 总线将电池管理纳入到整车的智能管理系统中去,方便系统进一步升级扩充。西门子 C166 单片机和 FPGA 可编程器件的使用,使得系统具有简单、可靠、性价比高的特点。在此基础上,SOC 算法、信号的调理采集、系统供电是系统功能实现的难点,将决定着系统性能的好坏。

参考文献

- 1 朱元,韩晓东,田光宇.电动汽车动力电池 SOC 预测技术研究.电源技术,2000(3)
- 2 程军.亿恒(西门子)C166 系列 16 位单片机原理与开发.北京:北京航空航天大学出版社,2001