

智能型锂电池化成检测系统的设计与实现

林凯 韩阳 翁超 曾国仕 陈汉平 张恩迪 王太宏

(厦门大学 物理与机电工程学院, 福建 厦门 361005)

摘要:提出了一种智能程控、可靠性高、结构简化、成本低廉、高度模块化和具有良好可扩展性的多功能化成系统,该系统用于组成新能源锂离子电池生产与研究的规模庞大的多功能化成物联网,着眼于解决传统化成和检测方法的低效率、可扩展性差和高误差率等缺陷。文章介绍了系统的基本功能、硬件构成与设计以及系统的软件设计,实践证明该系统能够在实际应用中大大提高化成的效率和分选的精确性。

关键词:锂离子电池;精确测量;化成;智能

中图分类号:TM912 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-4801(2013)06-100-03

锂离子电池是20世纪90年代出现的绿色环保电池,具有能量密度高、环境友好、无记忆效应、循环寿命长、自放电少等突出的优点。化成是锂电池生产过程中的重要工序,化成时在负极表面形成一层钝化层,即固体电解质界面膜(SEI膜),SEI膜的好坏直接影响到电池的循环寿命、稳定性、自放电性、安全性等电化学性能^[1]。

目前国内化成检测设备在开发与应用方面仍存在几点不足:1)系统可靠性不够高;2)设备精度不理想;3)数据处理和管理能力有待提高、自动化程度不够高以至于不能满足大规模生产的需要^[2]。本文提出一种针对锂离子电池化成和检测过程的新型智能化系统,该系统有效地提高锂离子电池的生产可靠性、效率和性能。

1 系统基本功能

本文提出一种性能稳定、可靠性高、结构简化、成本低廉、高度模块化和具有良好可扩展性的多功能化成系统,该系统用于组成新能源锂离子电池生产与研究的规模庞大的多功能化成物联网。每个化成柜的通道数:600个(可派生为30~2000个不等各种大小电流容量的产品型号),化成柜联网数量:256柜(单集线器)/2047柜(多集线器)(达到153.6 K/1228.2 K只电池、307.2 K/2456.4 AH/批次生产能力)。化成系统由计算机、网络集线器和化成柜组成,计算机和化成柜之间的通信总线标准是RS-485标准。RS-485标准所具有的噪声抑制能力、数据传输速率、电缆长度及可靠性是其他标准无法比拟的^[3]。

2 系统硬件构成及工作内容

2.1 系统的结构及工作内容

目前化成检测设备的结构主要分为两级或者三级分布式结构,三级式分布结构是在两级分布式的结构的上的优化和改进^[4]。它适用于较大型的系统中,能够实现大规模的生产。

计算机作为上位机,负责以下工作:1)系统初始化过程中,上位机对化成柜进行自动编址并且下发工步指令;2)系统化成过程中,上位机以间隔一定时间不断地对所有已经登记的化成柜地址库进行扫描,以依次询问每台化成柜是否在线。上位机作为主机,中位机和下位机都是从机,因此没有询问的不允许发送数据;3)负责对中位机和下位机进行监管和充放电控制;4)对下位机采集回来的电池化成充放电数据进行数据库化管理,同时提供电池充放电电流电压变化曲线绘制和数据报表处理等功能。

中位机负责以下工作:1)系统初始化时,负责存储上位机下发的地址编号,并且将地址编号下发给柜内的下位机;2)中位机对应控制化成柜的公共电源模块,可以根据上位机下发的电源指令和自身工控情况,打开或关闭公共电源;3)负责监测整个化成柜的温度情况,及时反馈并通过控制化成柜内的风扇以调节柜内温度;4)通过数码管显示包括柜地址、柜内温度和错误信息三个方面内容;5)负责在下位机没有数据发送的情况下,应答上位机的询问,并且回复上位机温度等信息。

下位机主要负责以下工作:1)初始化时存储地址信息,化成过程中,接收到上位机下发相应的询问信息,处理后应答需要发送给上位机的数据;2)将下位机的错误信息上发给中位机,中位机给

作者简介:林凯(1992-),男,硕士研究生,研究方向:物联网系统。

韩阳(1989-),男,硕士研究生,研究方向:物联网系统。

予显示;3)对30个电池进行化成、测试和分选处理;4)将电池的测量数据备份处理;5)系统电源、测量、控制等异常情况处理^[5]。

2.2 系统的硬件设计

由于上位机为日常所用普通计算机,硬件设计不作介绍。

中位机是由中国宏晶科技公司的STC12LE5A32S2单片机、温度传感器和数码管等组成的监控装置,对20个下位机进行监管和控制。STC12LE5A32S2单片机具有2个采用UART工作方式的全双工串行通信接口(串口1和串口2),分别负责与上位机和下位机进行通信。SPI口线扩展,以74HC595进行扩展成3位7段数码管:DG1-DG2-DG3,DG3是最低位,但最先发送。并且将数码管倒置,使小数点是位于左上角的用来显示温度标示:“℃”。有8路10位高速A/D转换器,速度可达到250 kHz(25万次/s),分别用以温度检测、电源电压检测。单片机将采集获得的温度值和电源电压值处理后,通过I/O口控制风扇和公共电源等外部设备。

下位机是由美国Silicon Labs公司的C8051F410单片机和高精度充放电及检测电路组成的控制模块,对30个电池进行化成、测试和分选。下位机的主控板主要由C8051F410单片机、存储器25B80、模拟转换器CD4053和CD4051、带锁存的移位寄存器74HC595,8路D型触发器74HC273,8位驱动器ULN2003等器件组成。它的通道板主要由精密运放OP07、精密电阻、MOSFET、散热片、继电器等器件组成,如图1所示。

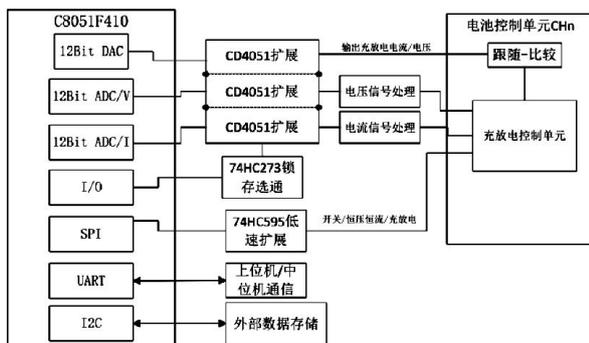


图1 化成柜下位机硬件设计框图

3 系统软件设计

本系统软件主要由上位机的管理软件、中位机的控制软件和下位机的执行软件组成。

3.1 上位机管理软件

上位机管理软件由程控模块、数据管理和软件纠错、维护、升级模块等组成。程控模块是指电脑执行用户操作,控制电池化成过程。主要负责处理接收到的操作命令,智能控制电池化成,实现相应的算法;数据管理是指提供安全的数据库连接方式,自动存储、备份测量数据,接收用户下发的查询命令并提交最终查询结果;软件纠错、维护、升级模块是指实现软、硬件错误监测与错误恢复功能、软件bug修正,版本升级,由各功能部分汇总。

上位机管理软件采用的软件开发语言是:C#和SQL,开发平台是:.NET Framework 4.0,开发工具是Visual Studio 2010 Ultimate和MySQL,软件运行的操作系统:WindowsXP及其以上的版本。

3.2 中位机控制和下位机执行软件

中位机的控制软件和下位机的执行软件根据软件任务需求,对不同的任务进行不同的处理,所以将软件任务处理分为后台型、中断型和事件驱动型三种类型处理方式。

后台型处理方式,也称为主程序处理方式,包括自系统硬件复位后完成系统初始化,再进入一个无限循环的主程序体,负责查询各种系统信息并根据需要调用相应处理任务模块。特点是:实时性不高,通过查询某一些信息或者标志位去调配资源。

中断型处理方式,是指以中断方式处理的高度实时性任务。负责实时性要求很高的任务,这些任务往往是一个任务的对实时性要求很高的子任务。特点是:针对实时性较高的任务,刻不容缓,用硬件产生中断请求并中断其它程序(即后台型、实时性的任务)程序去实现。

事件驱动型处理方式,是指以某一事件发生时请求立即处理的实时性任务。特点是:对实时性要求较高,但一般对时间延迟不会很敏感。没有预定的事件发生时之类任务是不会被执行的。

图2是中位机的程序运行流程图,下位机的运行流程图与之相似。

4 系统的运行结果

以1台PC计算机连接2台化成柜,对1200只锂离子电池进行化成和分选实验为例,化成时用1000 mAH锂离子电池按1)小电流恒流充电、2)大电流恒流充电两个工作步骤运行。分容时按1)恒流放电、2)休眠10 min、3)恒流恒压充电、4)休

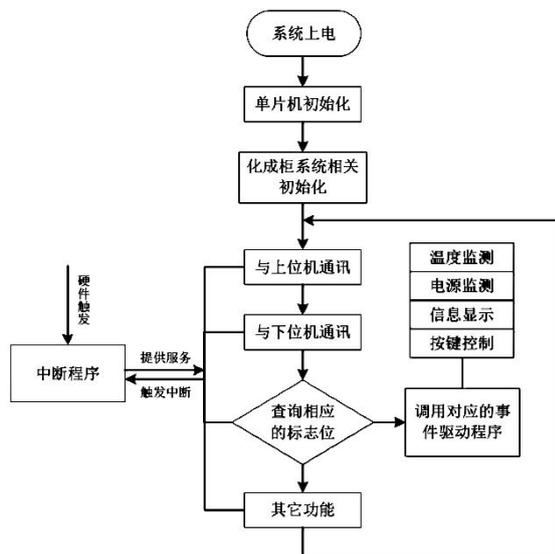


图2 中位机程序运行流程图

眠 10 min、5)恒流放电、6)休眠 10 min、7)恒流放电 7 个步骤编程运行。运行结果是:按照锂离子电池完整的一次放电容量进行分类,容量在 970~1 000 mA·h 的电池共 1 093 只;1 000~1 030 mA·h 的电池共 56 只;940~970 mA·h 的电池共 40 只;910~940 mA·h 的电池共 11 只。

5 结语

该系统将化成、检测和分选等功能集成,有效地解决传统化成和检测系统的低效率、可扩展性差和高误差率等缺陷,实现了大批量锂离子电池的集中化成检测和分散控制^[8],节省了生产成本,降低了生产工艺的复杂性。该系统经过一段时间的实验运行表明:系统在各种环境下能够长时间稳定运行,并且在实际应用中大大提高化成的效率和分选的精确性。

参考文献:

- [1] 鲁桂梅,谢秋,石永伉,等.锂离子电池化成工艺研究[J].化学工程与装备,2011(9):46-47.
- [2] 韩华胜.大容量锂离子电池检测系统硬件设计与实现[M].成都:电子科技大学出版社,2012.
- [3] 许燕萍,杨代华.RS485 串行总线可靠性的研究[J].电子科技,2009,22(2):8-10. Trans. On Industry Technology, 1994, Std: 401-405.
- [4] 张勇,林树忠,闫少伟,等.锂离子电池智能检测与化成系统设计[J].仪器仪表学报,2006,27(6).
- [5] 游林儒,张晋格,王炎,等.可充电电池化成检测一体化系统的功能与实现[J].电气自动化,1999(5).
- [6] 杨志勇.锂电池智能测试系统的设计[J].哈尔滨职业技术学院学报,2007(1).
- [7] 符明明,李桂森,李大文,等.锂离子电池通用测试系统的设计与实现[J].哈尔滨理工大学学报,2003(2).

(上接第 99 页)

大, TLP521 光敏三极管的等效电阻逐渐变小,最后 LM324 运放的反向输入端的电压大于正向输入端的电压, LM324 输出低电平, 而可控硅触发导通无法通过门极关断, 因此可控硅处于一直导通中。当蓄电池接入电路后, 光耦 TLP521 的光敏三极管的等效电阻处于较为稳定的状态, 且 LM324 的反向输入端电压小于同向输入端的电压, 因此可控硅一直导通, 当蓄电池的电压大于设定的值时, LM324 反向输入端的电压大于同向输入端, LM324 运放输出低电平, 三极管关断, 可控硅无法被触发, 充电回路停止对蓄电池的充电。

参考文献:

- [1] 周志敏,周纪海.充电器电路设计与应用[M].北京:人民邮电出版社,2006.

3 测试

经测试,本设计电动车蓄电池充电器可以很好地实现对电动车蓄电池的充电,以及对其充电过程的控制,在电池接入后能正确地检测到电池接入,并对蓄电池进行恒流充电,在电池充满后能够正确地检测到电池的状态,及时地断开。

4 结束语

本设计电动车蓄电池充电器具有抗干扰强,对市电无谐波污染、且对电网有容性补偿作用,成本低,可靠性高等优点,具有一定的市场前景。