

基于 LTC6803 和 NRF24L01 的动力电池检测系统

肖林京, 于鹏杰, 常 龙, 张 森

(山东科技大学 机械电子工程学院, 山东 青岛 266590)

摘要: 为了满足磷酸铁锂动力电池电压、温度参数采集实时性和准确性的要求以及摆脱检测系统的线束, 设计了一种基于 LTC6803 和 NRF24L01 的动力电池检测系统并进行了实验测试; 该系统主要由数据发送端和数据接收端两部分组成, 数据发送端采用 LTC6803 电池监测芯片和数字化温度传感器 DS18B20 实现对动力电池电压、温度的精确检测, 数据接收端利用上位机软件对数据集中存储和管理, 通过 NRF24L01 射频模块完成数据发送端和接收端的无线通讯; 实验结果表明: 该检测系统具有性能可靠、使用方便、测量精度高等优点, 完全满足工业现场的使用要求, 具有较好的实用效果。

关键词: 检测系统; LTC6803; NRF24L01; 无线通讯

Detection System of Power Batteries Based on LTC6803 and NRF24L01

Xiao Linjing, Yu Pengjie, Chang Long, Zhang Sen

(College of Mechanical and Electronic Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590, China)

Abstract: In order to meet the needs of LiFePO₄ power batteries voltage and temperature parameter acquisition in real-time and accuracy requirements and reduce the wiring harness of detection system. A detection system of power batteries is designed in this paper, which is based on LTC6803 and NRF24L01, and has been carried on the experimental test. The system is mainly composed of the data transmitting end and data receiving end. The data transmitting end uses LTC6803 battery monitoring chip and digital temperature sensor DS18B20 to realize the accurate detection of battery voltage and temperature, the data receiving end uses PC software to complete the concentrated storage and management of data. Wireless communication between data transmitting end and the receiving end is accomplished through the NRF24L01 module. The experimental results show that the detection system has the advantages of reliable performance, convenient use, high measuring accuracy, fully meets the requirements of the use of industrial field, has a good practical effect.

Keywords: detection system; LTC6803; NRF24L01; wireless communication

0 引言

近年来, 随着国家对新能源开发的越来越重视, 具有绿色环保、比能量和比功率高、充电时间短、使用寿命长等显著特点的锂离子蓄电池, 已成为新型二次蓄电池发展的方向^[1], 其在电动汽车、后备电源系统和高功率便携设备中均得到了广泛的应用。为了保证大规模锂离子蓄电池的使用安全, 提高其使用寿命, 在使用过程中需要对每节单体锂电池的电压、温度等参数进行实时检测^[2], 防止锂电池出现过充、过放、过热等异常现象^[3]。

LTC6803 是 Linear 公司开发的单体电池测量专用芯片, 单芯片最多可测 12 节串联电池的电压, 最大测量总误差为 0.25%, 采用电流型的 SPI 总线, 实现了可堆迭式的架构, 有效消除了共模电压的影响^[4]。该芯片具有电压检测精度高, 抗干扰能力强等优点, 已被广泛应用于电池电压检测领域。NRF24L01 是一款工作在 2.4~2.5 GHz (世界通用 ISM 频段) 的单片无线收发芯片, 工作速度最高可达 2 Mbit/s^[4], 采用节能化设计, 具有多种低功耗工作模式。该芯片的接收灵敏度较高、外围电路较少, 适用于多种无线通信的场合^[5]。本文将两者优点结合起来, 设计出一套动力电池检测系统, 既可以摆脱检测系统的线束, 又能实现电池参数的实时准确检测, 具有较

高的实际应用价值。

1 系统硬件设计

本文所设计的检测系统能够实现大规模串联锂离子蓄电池电压、温度参数的远距离无线检测。该系统由发送端和接收端两部分组成, 系统结构如图 1 所示。发送端部分包括多个电压采集单元、微处理器 1#、温度采集单元和 RF 发射器; 接收端部分包括 RF 接收器、微处理器 2# 和上位机。其中, 发送端的每个电压采集单元使用了一片 LTC6803 芯片, 多个电压采集单元通过 LTC6803 芯片的电流型 SPI 串行接口以菊链的形式进行级联, 最顶端的电压采集单元通过 SPI 总线接口与微处理器 1# 连接通讯。温度采集单元包含多个温度传感器, 各温度传感器与单体电池一一对应, 所有的温度传感器通过单总线网络与微处理器 1# 的 I/O 口连接。微处理器 1# 将采集到的电压、温度数值进行处理后, 由 RF 发射器进行发送。接收端的 RF 接收器按照设定的通讯协议接收 RF 发射器发送的数据并传送到微处理器 2#, 微处理器 2# 对数据进行准确性和完整性检验后上传到上位机, 由上位机实现对大规模串联锂离子蓄电池电压、温度参数的集中存储和管理。

本文采用 3 片 LTC6803 芯片和 36 个温度传感器组成电压、温度采集单元, 选用 2 个 NRF24L01 射频模块组成无线收发网络, 实现了一套检测规模为 36 节串联磷酸铁锂动力电池的无线检测系统。

1.1 电压采集单元电路

由于电池组在正常充放电过程中, 会受到外部环境和其他因素的影响, 电池输出的电压信号中会存在一定的噪声干扰,

收稿日期: 2014-11-11; 修回日期: 2014-01-09。

基金项目: 山东省科技发展计划项目(2012GSF11606)。

作者简介: 肖林京(1966-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事煤矿机电一体化、新能源车辆方向的研究。

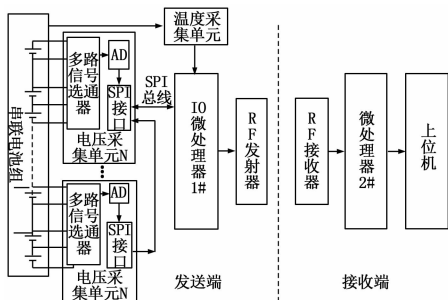


图 1 系统结构框图

为保证每块电池的电压测量精度, 系统在每块电池的输入通路中加入了一个铁氧体磁珠电感器和 RC 滤波电路, 大大增加了系统抗 EMI 的能力和提高了电池电压的测量精度, 同时, 在每个电池的输入端并联了一个 5 V 的稳压二极管, 防止输入端电压过高烧坏 LTC6803 芯片。具体电压采集单元电路如图 2 所示。

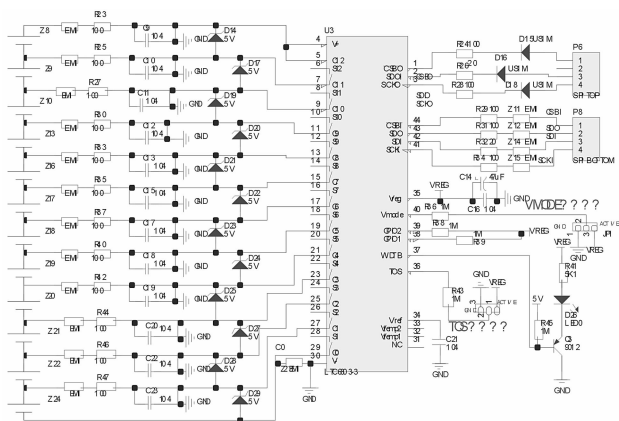


图 2 电压采集单元电路

由于系统的 3 片 LTC6803 芯片是在同一 SPI 总线上以菊链的形式进行级联后与微处理器进行通讯的, 根据 LTC6803 的级联原理, 需要通过对 LTC6803 芯片电池组顶端输入 TOS 引脚和电压模式输入 V_{MODE} 引脚的配置, 实现 LTC6803 芯片级联时的层次划分。具体配置如下: 将位于菊链最低端芯片的 V_{MODE} 引脚连接到线性稳压输出 V_{REG} 引脚上, TOS 引脚连接到 GND; 将位于菊链最顶端芯片的 V_{MODE} 引脚连接到 GND, TOS 引脚连接到 V_{REG} 引脚; 将位于菊链中间位置芯片的 V_{MODE} 引脚和 TOS 引脚都连接到 GND。

1.2 NRF24L01 射频模块通讯电路

本系统发送端和接收端的微处理器均选择的是 ST 公司生产的基于 ARM 公司的 CORTEX-M3 内核 32 位 RISC 处理器 STM32F103ZET6, 该微处理器内含 18 通道的 12 位 AD 转换器及 USART、IIC、SPI、USB2.0 等丰富的外围设备^[6], 为较复杂的控制类应用提供了低成本、小体积的高性能解决方案^[7]。

本系统中微处理器通过 SPI 接口与 NRF24L01 射频模块进行通信, 通信接口共包括 6 个控制和数据信号。微控制器的 SPI2_SCK、SPI2_MISO、SPI2_MOSI 信号分别与 NRF24L01 模块的控制时钟信号 SCK、控制数据信号 MISO 和 MOSI 相连; 微控制器的 PG6、PG7 两个 I/O 口分别与

NRF24L01 模块的模式控制信号 CE 和片选信号 CSN 相连。NRF24L01 模块工作于接收模式时, 接收完成后采用中断方式^[4], 通过自身的 IRQ 引脚向微处理器的 PG8 口发送应答信号, 使微处理器及时从 NRF24L01 的数据寄存器中读取接收到的数据。微处理器与 NRF24L01 模块连接示意图如图 3 所示。

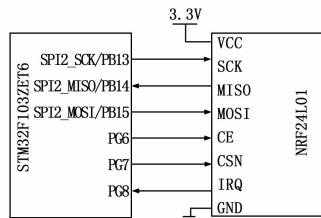


图 3 微处理器与 NRF24L01 模块连接示意图

NRF24L01 射频模块作为一款无线收发一体模块, 既可以作为发射器件, 又可以作为接收器件。该模块在系统中作为 RF 发射器和 RF 接收器与微处理器的硬件连接形式是完全一致的, 只需在软件部分进行相应的设置, 即可将其配置为 RF 发送器或 RF 接收器。

1.3 温度采集单元电路

本系统温度采集电路采用 Dallas 半导体公司的数字化温度传感器 DS18B20, 该传感器温度测量范围为 $-55 \sim +125 \text{ }^\circ\text{C}$, 测温分辨率可达 $0.0625 \text{ }^\circ\text{C}$, 支持一线式数据传输, 具有体积小, 结构简单, 布线方便等优点。本系统为每块待测电池配置一个 DS18B20, 通过将 DS18B20 固定安装到磷酸铁锂蓄电池的极耳处进行电池温度的检测, 所有的 DS18B20 挂接到一条数据线上, 与微处理器 1# 的一个 IO 口相连。

2 系统软件设计

系统的软件部分是在 MDK-ARM 5.0 环境下, 基于 C 语言设计的, 设计任务按照功能分为: 电池电压采集程序设计、无线射频通讯程序设计和上位机界面设计。

2.1 电池电压采集程序设计

电池电压的采集任务是指实现微处理器 1 通过 SPI 总线与 LTC6803 芯片完成命令和数据的读写控制。电压采集部分的程序流程图如图 4 所示。首先, 对微处理器 1 和 LTC6803 进行初始化, 微处理器 1 的初始化包括 SPI 接口、GPIO 口和系统时钟等进行初始化, LTC6803 的初始化包括电池过压、欠压值的设定以及 12 路电压采集通道启用情况的设置; 然后, 微处理器 1 向级联的 3 片 LTC6803 发送电压转换指令开启各个芯片的电压转化, 延时等待 13 ms 后, 发送读取电池电压指令, 读取各芯片采集的电压值, 在进行电压数值转化后, 存储到微处理器 1 内部 flash 的 VOL [i] [j] 数组中, 等待通过 RF 发射器进行发送。

2.2 无线射频通讯程序设计

无线射频通讯程序分为发送端程序和接收端程序两部分。具体无线射频通讯程序流程图如图 5 所示。在发送端程序流程图中, 系统开始时先检测 NRF24L01 模块是否存在, 在检测到 NRF24L01 模块存在后, 对 NRF24L01 模块进行初始化设置, 并将其工作模式设置为发送模式; 设定好工作模式后, 设置接收端地址, 开始发送数据; 发送数据完成后若接收到接收端 NRF24L01 模块的应答信号, 表示数据发送成功; 若未接

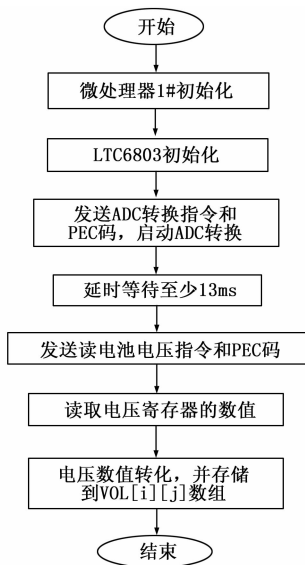


图 4 电压采集部分的程序流程图

收到应答信号, 发送端 NRF24L01 模块将重新发送该数据直到达到设定的重复发送次数上限, 若超出重复发送次数上限, NRF24L01 模块将产生中断信号通知微处理器 1 发送失败。

在接收端程序流程图中, 系统在进行 NRF24L01 模块是否存在检验和 NRF24L01 模块初始化设置后, 将工作模式设置为接收模式, 在设定好工作模式之后, 判断是否有接收数据请求, 若存在请求, 则开始接收数据同时产生应答信号; 接着对接收的数据进行 CRC 校验判断数据正确后产生中断通知微处理器 2 进行数据读取。

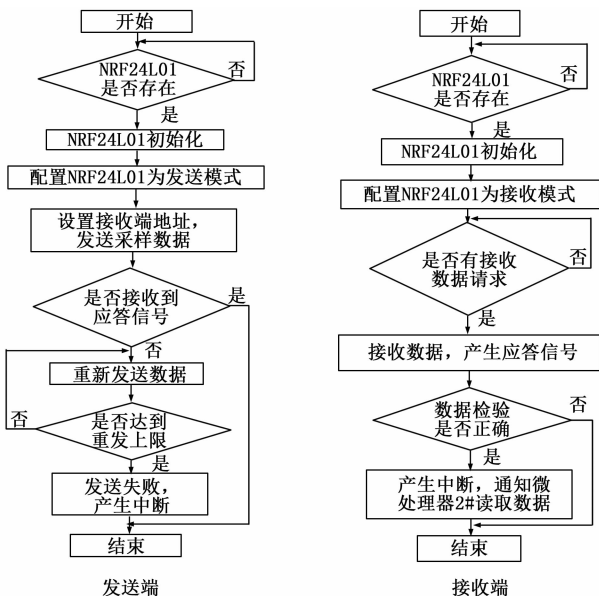


图 5 无线射频通讯程序流程图

2.3 上位机界面设计

文中上位机是通过串口与微处理器 2# 之间进行数据通讯, 通过上位机软件将系统发送端采集到的电压、温度数据进行实时显示和存储。本系统的上位机软件采用面向对象的编程语言 C#, 在 Visual Studio 2010 开发环境进行开发。

3 实验和结果分析

本系统采用 3 个电压采集单元和 36 个 DS18B20 温度传感器, 对 36 节标称电压为 3.2 V, 容量为 100 AH 的磷酸铁锂动力电池进行了电压、温度参数的采集。其中, 36 节电池全部串联, 每个电压采集单元采集 12 节电池。现任选其中一个电压采集单元检测到的 12 节电池的电压值与使用 Agilent 公司生产的 34410A 六位半高性能数字万用表测的实际值对比, 数据对比如表 1 所示。将该 12 节电池的温度值与测量精度为 0.1 °C 的高精度数字温度计测得值对比, 数据对比如表 2 所示。

表 1 某 12 节电池的电压数据对比表

电池	检测电压值/mV	实际电压值/mV	误差值/mV
1	3230.2	3233.5	-3.3
2	3222.9	3225.1	-2.2
3	3234.6	3230.5	+4.1
4	3235.4	3231.2	+4.2
5	3219.2	3218.2	+1.0
6	3236.7	3233.6	+3.1
7	3225.6	3227.7	-2.1
8	3238.5	3233.5	+5.0
9	3225.7	3223.9	+1.8
10	3206.8	3210.6	-3.8
11	3232.7	3231.0	+1.7
12	3218.6	3222.3	-3.7

表 2 某 12 节电池的温度数据对比表

电池	检测温度值/°C	实际温度值/°C	误差值/°C
1	26.4	26.7	-0.3
2	26.5	26.4	+0.1
3	26.8	26.7	+0.1
4	26.7	26.3	+0.4
5	26.5	26.3	+0.2
6	26.1	26.4	-0.3
7	26.7	26.1	+0.6
8	25.9	26.1	-0.2
9	26.3	26.8	-0.5
10	26.9	27.2	-0.3
11	27.4	26.5	+0.9
12	26.7	26.9	-0.2

通过表 1、2 可知, 本文设计的检测系统的电压检测最大误差值约为 ±5 mV, 温度检测最大误差约为 ±1 °C, 误差值很小, 完全可以满足实际应用中对电池电压、温度采集精度的要求。

4 结论

本文以电压检测芯片 LTC6803 和无线射频模块 NRF24L01 作为硬件基础, 配合相应的电压采集程序和无线射频通讯程序, 开发了一套动力电池检测系统。该系统采用无线数据传输方式, 使得该系统分布灵活, 有效摆脱了检测系统的线束。根据数据采集的实验结果可知, 该系统检测精度高, 在有效传输距离范围内通讯稳定可靠, 可满足工业现场要求, 具有很强的实用价值。

行定位。在压接管末端存在钢芯压接区和未压接区的过渡。磁铁运行到此处磁通量应该要产生变化。同时对钢芯中的空隙长度进行定位，观察信号幅值的变化。

图 7 给出了传感器距离 a 为 6 mm 时的原始输出信号和对信号去偏置，放大及取绝对值后的信号，信号放大倍数为 10。判断时阈值设定为 1.5 V，高于设定阈值的 3 个极值点分别表示压接管前端和两段钢芯端点的位置，位置分别是 29.25 mm、106.25 mm 和 132.5 mm。从图中得到的空隙长度是 26.25 mm，检测精度较高。

输电线涡流检测所用的试件是待测电线上用砂轮磨削出了一处人工缺陷，缺陷范围包括相邻的三股绞线，最深处约为 3 mm。涡流传感器采用两半包裹式的一对磁场激励和接收线圈，检测时出发点大致离损伤为 50 mm。

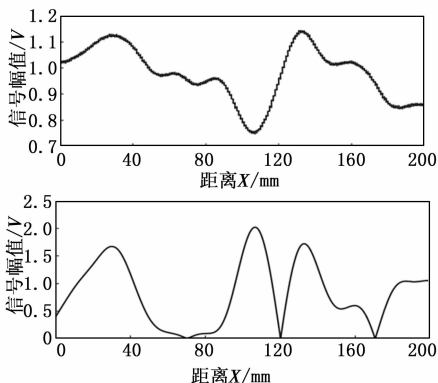


图 7 漏磁检测结果，(a) 原始信号，(b) 经滤波放大和取绝对值的信号

图 8 是经去噪后得到的输电线涡流损伤检测信号，探头激励频率是 50 kHz，信号经放大器放大了 20 倍显示。图中的 V_x 和 V_y 分别表示信号的实部和虚部，对应锁相放大器的同相输出和正交输出。根据信号波形的起伏变化，可以清楚的判断出铝绞线上的缺陷中心大致位于离运动起点的 50 mm 处，这与实际的情况相吻合。

5 结束语

本文使用 STM32F407 作为主控芯片，设计了一套完整的基于涡流和漏磁方法的输电线检测系统。直接数字频率合成 DDS 技术可方便地产生频率相位可调的涡流激励信号；锁相放大技术可有效地从干扰噪声中提取出涡流信号的幅值相位信息；差动测量技术消除测量间隙变动带来的影响，提高漏磁信

号测量的稳定性和抗干扰能力；USB 总线传输技术实现稳定、

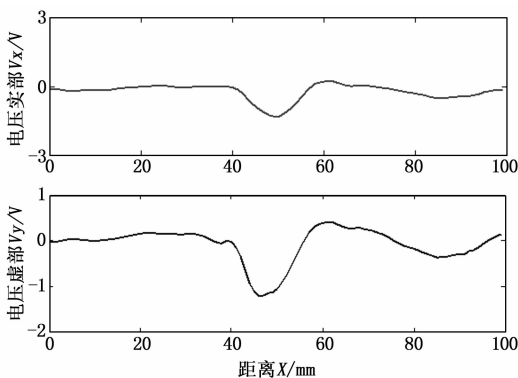


图 8 涡流检测信号，包括信号实部和虚部

高速的数据传输，使上位机 LabVIEW 程序能够有效地对系统参数进行设置，并实时地显示出系统测量数据。

文中最后利用设计的电磁检测系统对输电线接头处和铝绞线中的损伤分别进行了漏磁和涡流检测，结果验证了检测的可靠性和实用性。

参考文献:

- [1] 任吉林, 林俊明. 电磁无损检测 [M]. 北京: 科学出版社, 2008: 8.
- [2] 蔡成良, 丁一工, 康宜华, 等. 基于涡流和漏磁检测原理的输电线导线损伤检测 [J]. 电网技术, 2000, 24 (11): 18-22.
- [3] STM32F407xx datasheet. ARM Cortex-M4 32b MCU + FPU, 210DMIPS, up to 1 MB Flash/192+4KB RAM, USB OTG HS/FS, Ethernet, 17 TIMs, 3 ADCs, 15 comm. interfaces&camera [Z]. STMicroelectronics, 2012.
- [4] 田武刚, 潘孟春, 罗飞路, 等. 一种应用于涡流检测的 DDS 正交信号源 [J]. 计量技术, 2008 (4): 9-11.
- [5] 聂绍龙, 黄旭初, 王宣银. 微弱信号检测的原理及其实现 [J]. 电测与仪表, 2002, 39: 9-12.
- [6] 黄向龙, 施 俏. 检测输电线内部钢芯损伤的漏磁传感器设计 [J]. 荆门职业技术学院学报, 2005, 20 (6): 15-17.
- [7] 于克泳, 孙建军. 新一代 16 位 8 通道同步采样 ADC-AD7606 在智能电网中的应用 [J]. 电子产品世界, 2010 (10): 63-65.
- [8] AD7606 datasheet. 8-Channel DAS with 16-Bit, Bipolar Input, Simultaneous Sampling ADC [Z]. Analog Device Inc., 2010.
- [9] Kalkman, C J. LabVIEW: a software system for data acquisition, data analysis, and instrument control [J]. Journal of clinical monitoring, 1995; 11: 51-58.

(上接第 2280 页)

参考文献:

- [1] 肖林京, 常 龙, 张瑞雪, 等. 煤矿避难硐室锂离子蓄电池后备电源系统设计 [J]. 煤炭科学技术, 2014, 42 (7): 73-76.
- [2] 李成学, 杨大柱. 电动汽车蓄电池组电池管理及其状态检测 [J]. 电源技术, 2010, 34 (1): 80-83.
- [3] 于志豪, 常 龙, 张瑞雪, 等. 锂电池动力电源单体电池电压检测系统设计 [J]. 电源技术, 2014, 38 (5): 832-834.

- [4] 廖 珽, 周 萍, 王继锋, 等. 基于 NRF24L01 的电池管理系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2013, 21 (5): 1338-1340.
- [5] 侯天星, 王凤新. 基于 nRF2401 的无线数据传输系统 [J]. 中国农学通报, 2009, 25 (7): 258-263.
- [6] 刘海燕, 杨帮华, 丁丽娜, 等. 基于 STM32 的红外火灾探测系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2013, 21 (1): 51-53.
- [7] 刘纯虎, 付 斌, 盛庆华. 基于 STM32 的微型 USB-CAN 适配器开发 [J]. 计算机测量与控制, 2013, 21 (4): 996-998.