

基于 MSP430 单片机的智能电池监测仪

姜印平, 刘江江, 李 杰

(天津大学自动化学院 天津 300072)

摘要: 电池检测与监控一直是研究的热点和难点问题。该监测仪是基于 MSP430F423 单片机采用 4 线制交流注入法在线测量电池内阻, 即对电池注入一个低频交流电流信号, 信号经过放大、滤波以及整流, 测出蓄电池两端的低频交流电压, 然后根据比例算出内阻, 进而计算出电池的容量, 采用分压法测量电池电压, 用单片机内部温度传感器测量电池温度。该内阻测量方法克服了噪声干扰, 能够快速获得稳定、精确的测量数据, 并且根据内阻数据可计算出电池的容量, 最后通过液晶将各数据显示出来。另外该仪器还可以通过 RS485 串行通信接口进行远程监控。

关键词: MSP430F423; 电池检测; 内阻检测; 交流注入法

中图分类号: TP277 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 470.4054

Intelligent battery monitor based on MSP430 microcontroller unit

Jiang Yinping, Liu Jiangjiang, Li Jie

(Department of Automation, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: Battery detecting and monitoring have been a hot and difficult problem. This device is based on MSP430F423 MCU and uses four-wire AC (Alternating Current) inserting method to measure the internal resistance of batteries online. A voltage dividing method is used to measure the voltage of the battery and the temperature sensor within MCU is used to measure the temperature of the battery. The battery internal resistance measurement method can overcome the influence of noise and interference, obtain stable measurement data. And then the capacity of the battery can be calculated according to the internal resistance data. Finally the test result is displayed on LCD. Meanwhile, the device can also use RS485 serial communication interface for remote monitoring.

Key words: MSP430F423; battery detection; internal resistance detection; AC inserting method

并可提供 RS485 远传功能。

1 引 言

电池作为电源系统停电时的备用电源, 已被广泛应用于工业生产, 以及交通、通信等行业。电池检测与监控一直是国内外研究的热点和难点问题。电池各参数的准确测量为电池的正常工作的提供了可靠的保障, 对提高直流系统的安全运行、提高供电系统的可靠性和自动化程度, 有着十分重要的意义。本文设计的基于 MSP430F423^[1] 单片机的智能电池监测仪器主要用来完成以下几方面的功能: 剩余容量的在线检测、单体端电压测试及电池体温度测试等。该系统采用友好的人机界面, 提供直观的数据资料,

2 系统硬件设计

该智能电池监测仪的硬件部分主要包括 MSP430F423 主控模块、电源模块、内阻监测模块、电压检测模块、温度检测模块、液晶显示模块、数据远程传输模块。系统硬件框图如图 1 所示。

2.1 MSP430 系列单片机简介

由美国 TI 公司生产的 MSP430 系列低功耗微控制器针对不同的应用范围集成了各种各样的外围设备, 它提

供的 5 种低功耗模式使得一些便携式测量设备延长了电池的使用寿命。本混合信号处理器内核为强大的 16 位精简指令集 (RISC) CPU, 具有 16 位寄存器和常数发生器, 这使得代码效率得以最大优化。其中的数控晶振 (DCO) 允许在 $6 \mu\text{s}$ 之内从低功耗模式唤醒到激活模式。MSP430F423 系列微控制器具有 14 个 I/O 引脚、1 个 16 位的定时器、3 个 16 位 Sigma-Delta AD 转换器、1 个通用串行同步/异步通信接口、128 段 LCD 驱动。

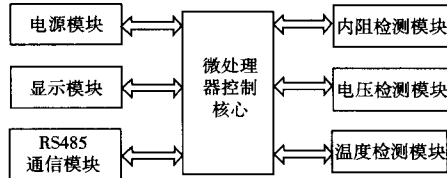


图 1 系统硬件框图

Fig. 1 Block diagram of system hardware

2.2 蓄电池剩余容量在线监测

由于电池的容量与内阻之间存在很好的相关性, 一般而言, 电池的容量越大, 其内阻就越小, 通过对内阻的测量就能评估容量的大小。因此内阻作为电池的一项重要技术参数指标越来越受到人们的重视, 对其进行测量将有着非常重要的实际意义。

测量蓄电池内阻的方法很多, 目前人们使用的主要有电位差计法、直流伏安法、短路电流法、交流注入法等^[3,4]。前 3 种方法都属直流法, 实际测量中电池始终处于放电状态, 对电池损耗较大, 且直流方法所得数据重复性较差, 准确度较低。交流注入法通过对蓄电池注入一个恒定的交流电流信号 I , 测量出蓄电池两端的电压响应信号 V_0 , 以及两者的相位差 θ , 由阻抗公式 $L = V_0/I$, 及 $R = Z \cos \theta$ 来确定蓄电池的内阻 R_0 。该方法不需对蓄电池进行放电, 可以实现安全在线检测电池内阻, 故不会对蓄电池的性能造成影响。而在实际测量中, 由于电池内阻很小, 干扰和噪声对它的影响就会很大, 测量线的阻抗也不可忽略, 所以有效地抑制干扰和噪声, 提高测量精度在内阻测量中就显的十分重要^[5]。

为了解决上述各方法的缺陷, 本设计采用了一种新型的电池内阻测量方法。信号源给电池注入一个交流信号, 测量出由此信号在电池两端产生的电压信号和回路的电流, 就可计算出电池的内阻:

$$r = V/I \quad (1)$$

为减小干扰和噪声, 装置采用 4 端子测量电池的内阻, 其中两个端子施加频率为 15 Hz 低频的恒定交流激励电流信号, 另两个端子用于测量。测量工作原理如图 2 所示。

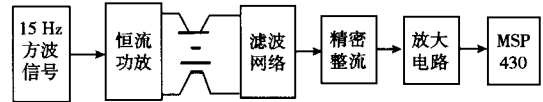


图 2 内阻测量工作原理图

Fig. 2 Operation principle of internal resistance measurement

按图 3 连接好电路, 使用单片机产生 15 Hz 的 PWM 低频方波, 作为恒定交流激励电流信号。将待测电池两端的交流信号经过前 4 级运算放大器滤波和放大将方波变为正弦波, 然后经过精密整流电路进行全波整流, 并调整放大倍数然后再次滤波变为平滑的直流信号, 然后送入单片机进行 A/D 转换, 经过运算后读出输出电压 V 。为测得输入回路电流信号的有效值 I , 本文引入了基准电阻 R , 测出电池两端的交流电压后, 再将的低频交流信号输入端移至基准电阻 R 和待测电池两端, 测出其电压 V_1 。由电路图可知, 在信号源输出信号不变的情况下, 待测电池和基准电阻 R 串联在同一回路中, 流过它们的电流是相同的, 根据式 (1), 可以推导出电池内阻与基准电阻之间的关系:

$$\frac{V_1}{R+r} = \frac{V}{r} \rightarrow r = \frac{RV}{V_1 - V} \quad (2)$$

这样由式 (2) 就可以计算出电池内阻。

用内阻法预测剩余电量的具体实施方法是: 首先将蓄电池充满电 (以 12 V 蓄电池为例, 充电至 13.4 V), 然后以恒定的放电率对电池放电, 记录下放电过程中内阻与电池容量的大小。当蓄电池放电完毕后 (12 V 蓄电池

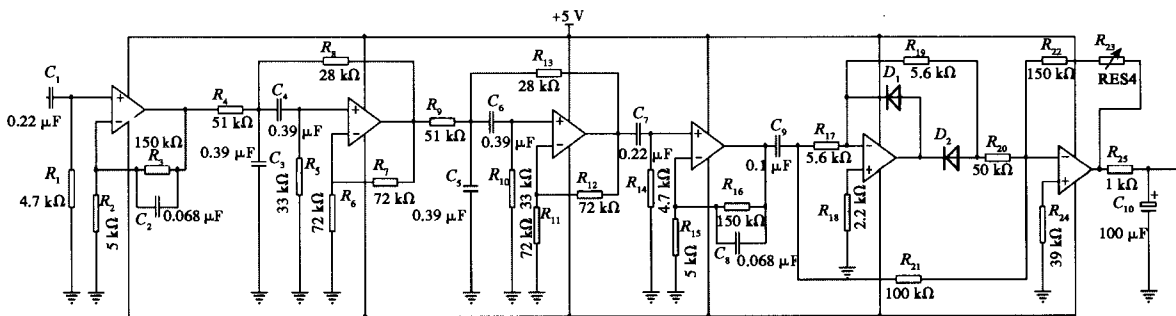


图 3 电池内阻检测电路

Fig. 3 Battery internal resistance detection circuit

放电至 10.5 V) 即可获得完整的放电曲线, 即剩余电量与蓄电池内阻之间的关系。将此曲线存入单片机内的 ROM 中, 在以后测试同型号同规格的电池时, 单片机根据在线测到的电池内阻值, 通过查表计算, 得出其剩余电池容量的值。

2.3 电压检测模块

对电池电压的检测主要通过 2 个定值电阻和 1 个电位器对待测电池进行分压, 然后进行滤波, 最后通过单片机 A/D 转换模块将采样的电压值进行转换, 然后进行计算, 得到待测电池的电压。MSP430F423 内部带有多通道的 16 位的 Sigma-Delta 模数转换模块 SD16, 分辨率高, 对于 1.2 V 的基准参考电压分辨率可以达到 0.018 3 mV^[6]。电路图如图 4 所示。

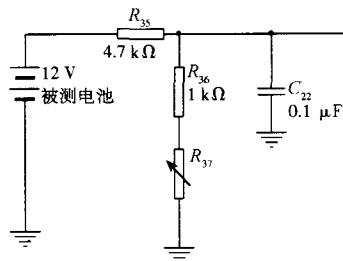


图 4 电压检测电路

Fig. 4 Battery voltage detection circuit

2.4 温度检测模块

由于电化学反应的吸热和放热, 以及电池内阻的存在, 使得电池在充放电过程中, 当有电流经过时, 电池内部会产生热量, 这部分热量会引起电池的温度发生变化。通过测量在线电池的温度, 找出温度异常的电池。这实际上是将电池的老化程度通过温度间接地反映出来^[7]。研究表明: 无论是恒流放电, 或限压恒流充电, 或浮充状态, 荷电量最小的电池温度为最高^[8]。该装置检测温度使用 MSP430F423 内置的温度传感器, 该温度传感器的测量范围可达 -40 ~ 100 °C。补偿电压典型值为 0 °C, 温度每升高 1 °C 电压增加 1.32 mV, 在 0 °C 时的电压典型值为 360 mV, 温度特性曲线如图 5 所示, 温度表达式为:

$$V_{\text{Sensor, typ}} = TC_{\text{Sensor}} (273 + T[^\circ\text{C}]) + V_{\text{Offset, sensor}} [\text{mV}]$$

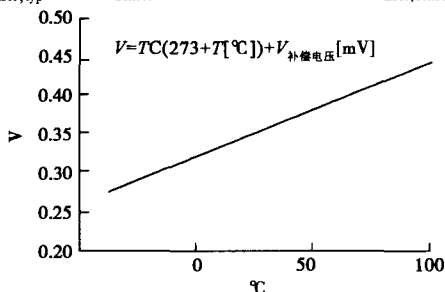


图 5 温度特性曲线

Fig. 5 Temperature characteristic curve

2.5 液晶显示模块

MSP430F423 单片机内置有液晶驱动模块, 可以驱动 128 段 LCD, 用户可以根据自己的需要自行设定液晶屏幕的所要显示的内容。该装置的液晶屏幕如图 6 所示, 分别显示待测电池的电压、温度、内阻和编号。

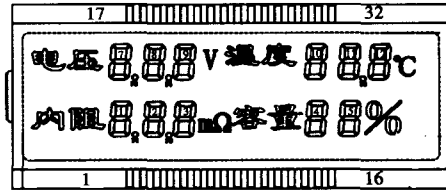


图 6 液晶显示界面

Fig. 6 LCD display screen

2.6 RS485 通信单元

在工业生产中, 蓄电池可能被安装在现场的各种设备上作为电源, 给电源的监测的带来诸多不便, 随着通信技术的不断加强, RS485 通信接口已大量的运用在各类仪器中, 完全可以运用现场总线方式实现多台监测仪器的集中监控与数据采集。

本智能仪表利用 VB6.0 的 ActiveX^[10] 控件——Microsoft Communication 控件, 方便地实现了 WindowXP 环境下一台 PC 机与智能电池监测仪器的串行通信功能, 完成数据采集与监控。采用 VB6.0 做成的通信界面操作简单可靠, 可以将仪表所存储的历史数据保存到文件, 在实际的工业生产中特别适合普通员工。智能电池监测仪器与计算机的通信采用 RS-485 半双工的方式, 监测仪器作为从机, 上位 PC 作为主机, 监视监测仪器, 通讯波特率为 9 600 b/s, 通讯格式为: 1 位起始位, 8 位数据位, 1 位停止位, 每个从站被赋予唯一的本机地址, 采用主机轮询, 从机应答的通讯方式。主机通过发送命令帧启动一次通信, 从机接收到数据后, 判断呼叫地址是否和本机地址相同, 若不同, 则不予理睬; 若相同, 则根据命令帧中的特征字 (命令字), 发送主机要求的数据帧。

3 系统软件设计

3.1 主程序流程

在该系统软件设计上, 遵循以下 3 个原则: 软件结构清晰、简洁, 流程合理; 各功能程序实现模块化, 便于维护、管理和链接; 程序运行实现标志化管理, 程序各模块的运行尽量通过状态标志位来控制。程序流程框图如图 7 所示, 单片机在上电和复位的时候, 先要执行初始化程序。然后进入低功耗模式, 当软件延时标志被置位, 启动 A/D 转换, A/D 转换完成后, 等待下一次延时标志置位, 当程序执行到最后, 再循环返回。在 A/D 中断服务程序模块, 分

别将内阻、电压、温度的采样值转换成 BCD 码,然后送到液晶进行显示,和上位机通信,实现数据的实时传输。

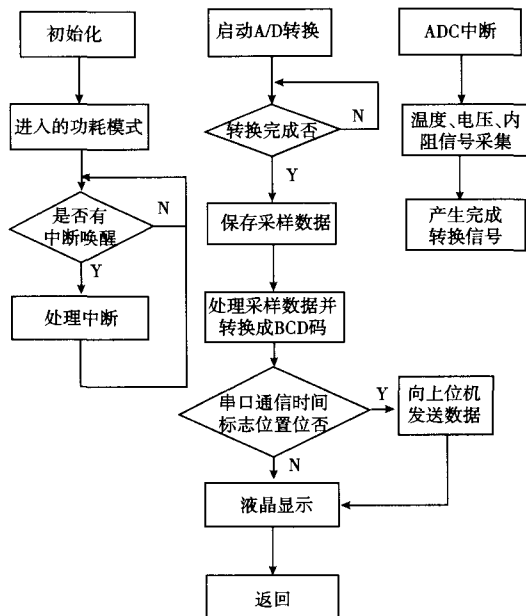


图 7 程序流程框图

Fig. 7 Flowchart of the system software

3.2 上位机通信程序界面

上位机通信程序界面采用 VB6.0 的窗体和控件进行设计,最终的界面如图 8 所示。

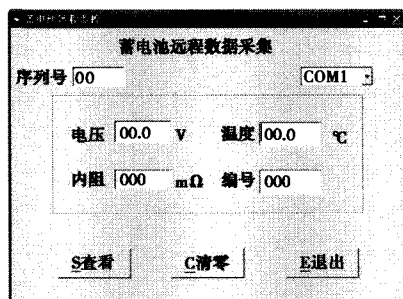


图 8 上位机程序通讯界面

Fig. 8 Communication interface of the host computer

4 结 论

本文设计的基于 MSP430F423 单片机的智能电池监测仪,实现了实时的电池内阻、电压、温度的监测以及数据的远传不用脱机而实现电池完全的在线测量管理。并对各参数测量的工作原理、技术难点及实现方法进行了详细的阐述。在低功耗设计方面的工作有效地延长了系统的工作时间,减少了对电池的消耗,对实现供电系统的可靠性和自动化程度有着十分重要的意义。该仪器现已投入生产取得了良好的效果。

参考文献

- [1] WEI X L. MSP430 microcontrollers interface technology and system design examples [M]. Beijing: Beihang University Press, 2002.
- [2] YANG H. Application research of intelligent electronic test system [J]. Journal of Central South University, 2004, 3(2): 37-39.
- [3] XIA Y. Application of lock phase amplifier in measurement of battery internal resistance [J]. Application of Electronic Technique, 2004, 30(3): 21-23.
- [4] LI L W, ZOU J Y. Research on the internal resistance measuring device for battery [J]. Chinese Journal of Power Sources, 2003, 27(1): 42-44.
- [5] GUI CH Q, LIU R H. Analysis of the internal resistance of VRLA battery [J]. Battery Bimonthly, 2000, 30(1): 19-21.
- [6] LI H Q, XIANG X M. Application of the method based on instantaneous high load current in testing battery internal resistance [J]. Telecom Power Technologies, 2006, 23(1): 56-58.
- [7] ROBINSON R S. On-line battery testing: a reliable method for determining battery health [A]. Proc INTELEC 96 [C]. IEEE, 1996: 654-660.
- [8] ALBER G, MIGLIARO M W. What is really necessary for stationary battery maintenance; US, 5744962 [P]. 1998.

作者简介



姜印平, 1980年毕业于天津大学, 现为天津大学硕士生导师, 主要研究方向为自动化仪表及自动化装置。

E-mail: jiangyinping@tju.edu.cn

Jiang Yinping is a supervisor for master student in Tianjin University. He graduated from Automation Department, Tianjin University in 1980. His main research area includes automatic instruments and devices.

E-mail: jiangyinping@tju.edu.cn



刘江江, 2007年于天津大学获得硕士学位, 现为北京和利时系统工程有限公司硬件工程师, 主要研究方向为自动化装置。

E-mail: tjulijj@yahoo.com.cn

Liu Jiangjiang received master degree from Tianjin University in 2007. He works in Beijing Hollysys Co. Ltd. as a hardware engineer now. His research direction is automatic devices.

E-mail: tjulijj@yahoo.com.cn