

基于单片机的车载超级电容测试系统设计与实现

王震, 杨东超, 伊强

(清华大学精密仪器及机械学系, 北京 100084)

摘要: 介绍了一种基于 51 系列单片机的车载超级电容测试系统。论述其工作原理和硬件结构, 针对本系统的高抗噪声高精度特性作详细设计。通过现场试验结果对比, 得出该电池检测设备具有调节精度高、抗干扰能力强、性能稳定可靠等优点, 适用于车载动力电池的检测。

关键词: 超级电容 电池检测 单片机

伴随着科技的进步, 电动汽车技术得到迅速的发展。相比内燃机汽车, 电动汽车具有零排放、高能量效率、低噪声、低热辐射、易操纵和易维护等优点, 将是未来汽车发展的方向, 也是现行研究的热点。

电动汽车的动力电池有如下三类: 燃料电池、蓄电池和超级电容。燃料电池、蓄电池和超级电容在能量密度和功率密度上有互补性^[1]。单一使用蓄电池、燃料电池或者超级电容, 难以用作电动汽车的动力源。混合电池是一比较理想的解决办法。采用混合电池驱动系统, 特别利用超级电容快速充放电实现汽车制动能量回收, 以及燃料电池超大能量密度支持汽车持久行驶, 使得燃料电池/超级电容组成的混合驱动系统成为电动车驱动的最佳方案^[2]。

对于车载用电源, 为达到较高功率和能量, 超级电容往往采用多块单体串联的形式。伴随着电容串级的提升, 电池整体电压也随之提高; 对于车载电池, 超级电容工作电压常达到几百伏, 而这样高峰值的电压引起的波动会带来强烈的电磁干扰, 为电容组件的检测带来很大的困难。同时由于串联超级电容往往采用大电流充放电(通常在 50A~150A 之间), 电压、电流变化十分迅速。如中型客车用超级电容以 150A 电流放电时, 端电压会在 1 分钟之内由 300V 减到 70V, 而 200V 恒压充电时电流也会在几分钟内由 50A 增大到 150A 左右, 这样迅速的充放电速度和幅度带来的噪声影响也是十分巨大。

针对超级电容特殊的工作状况, 本论文给出一种超级电容电池检测系统。通过对超级电容组件进行充放电循环试验采集其电压、电流参数, 并与标准参数对比, 从而验证出本检测系统能在强电压电流变化情况下快速实现较高的检测精度。

1 检测系统原理及各模块实现

1.1 检测对象

测试用超级电容采用上海奥威科技开发有限公司提供的两组串联不对称电极双电层超级电容组件。

1.2 系统原理介绍

超级电容管理系统可实现对超级电容工作电流和电压的实时采集。超级电容管理系统整体结构框图如图 1 所示。系统共由 3 个主要模块组成: 现场电压、电流、采集与调理模块(即采集模块), 信号隔离与 MCU 信号处理模块(即中央处理模块), 电源管理模块。采集模块内, 霍尔电压、霍尔电流传感器分别对超级电容电压和电流进行现场采集, 采集信号经过仪用放大, 然后转化为 4mA~20mA 电流信号并发送到中央处理模块。中央处理模块内, 采集模块发送的 4mA~20mA 电流信号, 经过电流电压变换后, 再进行隔离放大、AD 转换并送到 MCU; MCU 将数据处理后通过 CAN 接口传送到上位机; 当检测到数据异常时 MCU 输出故障信号, 以便工作人员能即时采取措施。电源管理模块为各功能模块提供稳定隔离的电压。增加 RS232 通信串口, 以便 MCU 程序烧录。

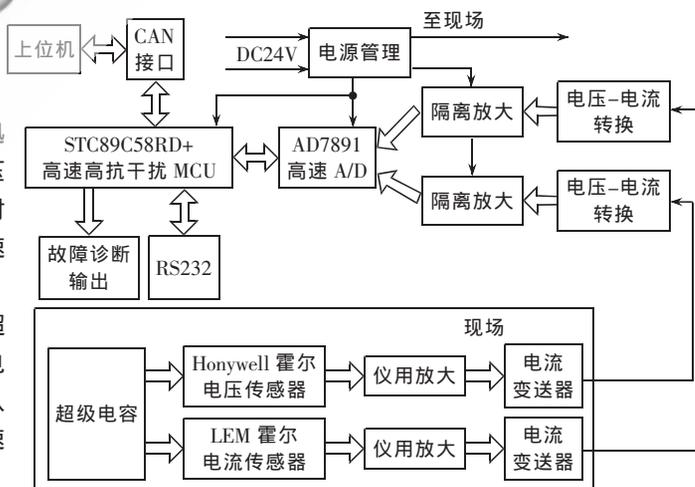


图1 超级电容管理系统整体结构框图

1.3 各主要模块的实现

本测试系统分别采用四块电路板, 以实现三大功能模块——采集模块、中央处理模块和电源管理模块。即

嵌入式技术

电压采集与初调理板、中央处理板以及电源板。下边着重介绍电压、电流采集模块和中央处理模块的实现。

1.3.1 采集模块的实现

采集模块包括总线电流的采集、总线电压的采集两个部分,图2即为电流采集原理图。采用霍尔电流传感器隔离被测系统,比传统的基于电阻采样的电流分压电路精度高,安全性能好,抗干扰能力强。本文选用 Honeywell 公司的基于磁补偿原理的霍尔闭环电流传感器 CSNK591,测量范围 $\pm 1200\text{A}$,线性精度达到 0.1% ,总体精度达到 0.5% ,响应速度小于 $1\mu\text{s}$,完全满足了系统的要求。采集信号经精密电阻转变为电压信号,再由仪用放大器放大为 $\pm 5\text{V}$ 双极性电压信号。系统选用 AD620BR 仪用放大芯片,该芯片在增益较低时具有较大的共模抑制比($G=10$ 时,共模抑制比最小为 100dB),能较强烈地抑制由于温度、电磁噪声等因素引起的共模干扰。放大信号通过 OP27GS 芯片抬升至 $0\sim 10\text{V}$ 单极性信号,经过射极跟随器送至变送器 XTR110KU,转为 $4\text{mA}\sim 20\text{mA}$ 的电流信号送到中央处理模块。之所以将采集信号转变为 $4\text{mA}\sim 20\text{mA}$ 电流信号,是考虑到与工业接口标准的统一,并且采用电流传输抗干扰能力强。

总线电压的采集同样选用基于磁补偿原理的闭环霍尔电压传感器 VSM025A,实现原理与电流采集相同。

1.3.2 中央处理模块实现

中央处理模块是测试系统的核心部分,包括 MCU 和 AD 单元、模拟信号二次调理单元、故障输出单元和 CAN 接口单元等,如图3所示。

采集模块输入的 $4\text{mA}\sim 20\text{mA}$ 电流信号首先经过模拟信号二次调理单元,进行信号的变送、隔离、滤波和放

大。模拟信号的隔离方式很多,常用的方法为隔离放大器、线性光耦以及电压频率转化,其中隔离放大器和线性光耦隔离电压高,抗干扰能力强,线性度高,但线性光耦隔离线路复杂,需要调整的参数较多,并且当输入电压比较小时,线性度较差。故本文选用 BB 公司高精度 ISO124U 隔离运算放大器完成输入模拟信号的隔离,隔离后的信号经 5 阶 Butterworth 低通滤波 MAX280 电路过滤高频干扰,随后通过一射极跟随器送出。

二次调理后的采集信号,经过 12 位高速 AD7891 送至 MCU。MCU 对数据进行处理并将数据通过 CAN 接口传送到上位机。单片机选用 STC 系列 8 位高速单片机 STC89C58RD+。该单片机具有强抗干扰性,4kV 快速脉冲干扰(EFT)和高抗静电(ESD),可通过 6000V 静电,很好地满足了超级电容高电压大电流的工作环境。该单片机可实现 6 时钟模式,在本系统采用 24M 晶振情况下,单片机工作频率可达到 4MIPS,相当于普通 51 系列单片机运行速度的 4 倍。

另外,测试系统设置 3 通道故障诊断输出,能显示欠压、过压、逆流等状态。测试系统与上位机采用抗干扰能力强、稳定性好的 CAN 通信方式,保证测试系统送入上位机数据的可靠性。

实际系统有模拟 $\pm 15\text{V}$,数字 $\pm 5\text{V}$,模拟 $\pm 12\text{V}$ 供电需求,电源管理模块在提供系统各部分所需电压的同时,进行模拟、数字电路隔离,从而避免两类电压互相影响。各部分电源入口都增加了 TVS 保护,防止浪涌电压对系统的损坏。同时在诸多电源入口处设置相应的滤波电路,如在 AD 供电入口处增加了 π 形滤波电路,较好地消除电源信号对所供电路的干扰。

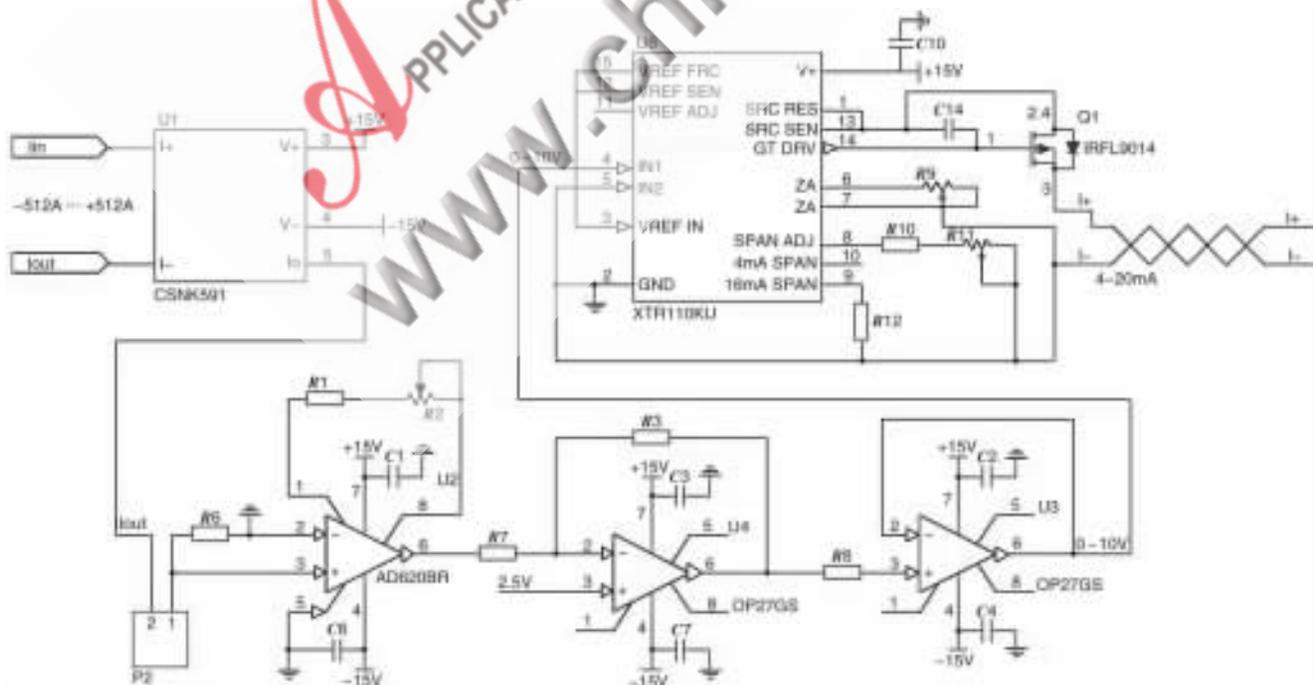


图2 电流采集模块原理图

嵌入式技术

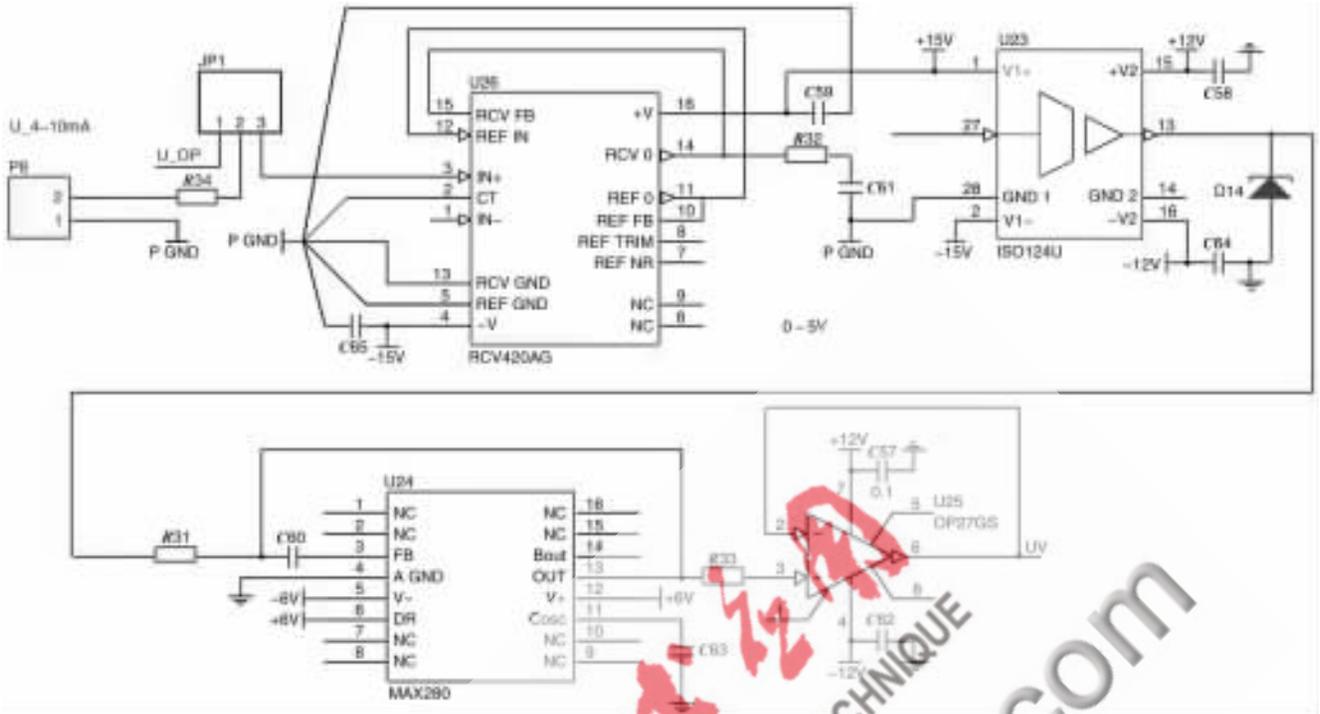


图3 电压信号调理支路

另外,外部连线均采用屏蔽线,能较强地屏蔽线路传输中的电磁干扰。所有电流板使用型材铝盒包装,采用标准航空接头与外界连线,这样在保护电路板的同时隔离外界磁场。

2 测试系统实测结果对比及分析

2.1 测试内容

实验选定以 70A 和 150A 两种模式对两组串联的超级电容组件进行充放电测试。首先,对电容进行恒流充电,当总线电压达到 300V 时,转为恒压充电,当总线电流降低到 10A 时进行 70A 恒流放电,如此循环测试 5 个周期。

2.2 实验结果及分析

图 4、图 5、图 6 给出了两种情况下的测试曲线对

比。其中,图 4 表示 70A 和 150A 两种标准测试情况下,电流的变化曲线。图 5、图 6 表示两种情况下,电压曲线特性。可以看出两者的匹配程度很好。电压测试精度高于电流测试精度,这是由于一方面充放电系统本身电压比电流控制精度要高,另一方面电流传感器安置在电容箱体内部并且紧靠单体电容,电容充放电时产

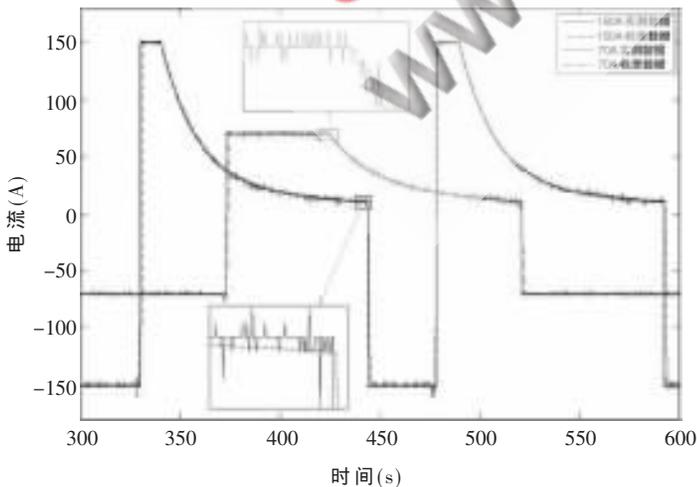


图 4 70A、150A 充放电电流测试对比曲线

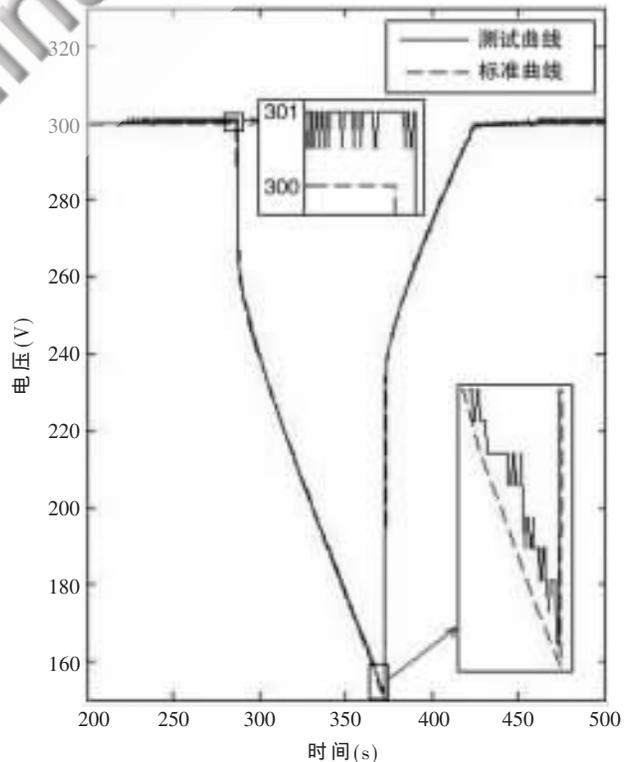


图 5 70A 充放电电压测试对比曲线

嵌入式技术

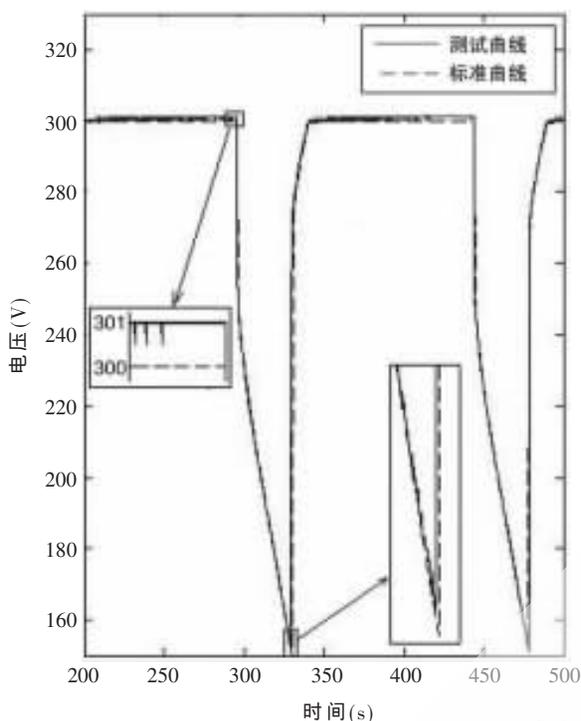


图6 150A 充放电电压测试对比曲线

(上接第41页)

3.5 检测引擎多线程协同工作

检测引擎中的模式匹配算法是检测引擎工作的关键,利用 IXP1200 多线程协同工作完成快速遍历规则匹配是设计中的难点。多线程并发调度的设计要对调度要求、存储器响应时间、存储空间大小等多方面因素综合考虑。进一步的设计要考虑接收请求预测、内存延迟隐藏等优化技术的应用,以完成高效的应用开发。

3.6 系统规格、规则体以及 Snort 的移植

系统采用滥用检测模型,Snort 2.0 的规则体及其稳定高效的内核以及基本框架,并根据 pSOS 的架构更改相应的应用程序接口(API)以及语言格式。针对标签机制,在对 Snort 的包解码引擎以及快速规则匹配引擎移植时^[5],这些标签需要保留。除了可以阻断恶意数据流外,IDP 也可以作一些其他积极的防御机制,例如,当发现某些恶意数据包时,可以通过向攻击者和目标主机发送 TCP 复位包,以终止入侵会话^[7]。

3.7 控制台终端代理

网关型 IDP 上的软件由主程序和控制台终端代理软件两部分组成。终端代理软件和控制台之间采用 SNMP 协议,终端代理软件将来自控制台的命令解析成相应的操作,并通过调用内部函数接口将操作传给 IDP 主程序来具体执行;同时,主程序产生的日志、告警消息以 SNMP Trap 的形式通知给控制台,控制台通过驻留在 IDP 上的终端代理软件来配置、升级规则体并获取检测和回复的信息。控制台的管理信息库 MIB(Management

生的噪声干扰比较严重。同时,霍尔电流传感器孔径较大,穿过电流总线后仍有一定空隙,在一定程度上影响了测试精度。对比各组电流曲线,可以看出随着电流的增大,测试结果的相对误差减小,但绝对误差保持一致,不超过 3A。

本文给出一种车载超级电容测试系统,该系统采用基于磁补偿原理的霍尔闭环电流、电压传感器采集总线信号,以抗高压脉冲干扰的 STC51 高速单片机进行信号处理,并采用仪用放大、电流传输、模拟信号隔离、5 阶低通滤波等措施,尽可能地减少信号传输过程的噪音。通过对超级电容组件充放电测试,表明本系统具有抗干扰能力强、检测精度高等优点,能很好的满足车载超级电容高电压大电流环境下的测试要求。

参考文献

- 1 林成涛,陈全世.燃料电池客车动力系统结构分析[J].公路交通科技,2003;20(5):2
- 2 雄奇,唐东汉.超级电容器在混合电动车上的研究进展[J].中山大学学报(自然科学版),2003;42(suppl)(2)

(收稿日期:2006-03-30)

Information Base)用于对所有 IDP 的记录和日志分类,呈现出网络运行细节。

在完成基本检测和防御规则配置的前提下,控制台软件也是提供给网管人员的一个分析工具。网管人员作为安全防御中的一个重要因素,对一些未知情况,可以利用这个工具提供的数据、手段,并根据自己的知识,更为灵活地处理各种入侵动作。

本文所提出的网关型 IDP 系统的设计和实现方法,即基于网络处理器的网关型 IDP 系统设计与实现,基本上实现了 P²DR 安全模型,一个轻量级的 IDP 的设计即可满足中小型企业网络对入侵检测防御的要求。

参考文献

- 1 S Axelsson.Research in Intrusion Detection Systems:A Survey[R].TR-98-17,Sweden:Chalmers Uni of Technology,1998
- 2 Julia Allen,Alan Christie,William Fithen et al.State of the practice of intrusion detection technologies[R].MU/SEI-99-TR-028 ESC-99-028,U.S.:Carnegie Mellon Uni,2000
- 3 唐正军,李建华.入侵检测技术[M].北京:清华大学出版社,2004
- 4 网络产品新概念.http://www.dataworld.com.cn
- 5 B Caswell,J Beale,J C Foster et al.Snort 2.0 Intrusion Detection.National Defence industrial Press,2003
- 6 Erik Johnson,Aaron Kunze.IXP1200 programming[M].U.S.:Intel,2002
- 7 宋献涛,纪勇.网络维护:从 IDS 到 IPS.计算机安全,2003;(11)

(收稿日期:2006-03-06)