

doi: 10.7690/bgzdh.2015.08.013

基于 CAN 总线的道岔表示电压采集器设计

易黎丽

(绵阳市维博电子有限责任公司传感器技术部, 四川 绵阳 621000)

摘要: 针对传统铁路道岔表示电压检测方案存在的不足, 设计了一款基于 CAN 总线的道岔表示电压采集器。基于 ARM 微处理器技术, 根据道岔表示电压信号的采集与计算, 给出了系统的硬件设计、软件设计及系统实现方案, 并在 $-25\sim 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内进行实验验证和讨论。结果表明: 该采集器具有精度高、体积小、易于安装和功耗低等特点, 能满足铁路现场监测应用需求, 具有一定的实际应用价值和推广意义。

关键词: 道岔表示电压; 采集器; CAN 总线

中图分类号: TP211 **文献标志码:** A

Design of Railway Switch Indication Voltage Collector Based on CAN Bus

Yi Lili

(Department of Sensor Technology, Mianyang Weibo Electronic Co., Ltd, Mianyang 621000, China)

Abstract: Aimed at the deficiency exists in traditional measurement of railway switch indication voltage, design railway switch indication voltage collector based on CAN bus. Based on ARM microprocessor technology, according to the collection and calculation of railway switch indication voltage signal, explicated the design of hardware and software, and the implementation of the system, and experimented and discussed in range of $-25\sim 70\text{ }^{\circ}\text{C}$. The results show that the collector has the features of high accuracy, small size, easy installation and low power consumption, and can meet the needs of railway field monitoring applications, and has certain actual application value and popularization significance.

Keywords: railway switch indication voltage; collector; CAN-Bus

0 引言

随着我国铁路运营的高速发展, 铁路运行的安全性能也受到越来越多的关注, 现场设备故障监测和预警对于铁路的安全运行至关重要。铁路道岔表示电压的监测, 是铁路新微机监测系统要求检测的参数之一^[1]。道岔表示电压采集器为铁路现场工作人员判断道岔转辙机是否正常动作提供依据, 成为铁路微机监测系统不可或缺的设备之一。

传统的铁路道岔电压检测方案是分别采用一只直流电压传感器和一只交流电压传感器进行检测, 其体积大、功耗高、现场布线施工工作量繁重、系统可靠性差和成本高。笔者基于 ARM 微处理器技术, 设计了一款基于 CAN 总线的道岔表示电压采集器, 集交直流电压成分检测于一体, 精度高、体积小、易于安装和功耗低, 具有一定的实际应用价值和推广意义。

1 采集器硬件结构设计

1.1 道岔表示电压信号类型介绍

2010 版铁路微机监测系统标准中要求道岔表示电压的监测内容: 道岔表示交、直流混合电压; 监测点: 分线盘道岔表示线; 监测量程: DC $0\sim 100$

V, AC $0\sim 200\text{ V}/50\text{ Hz}$; 监测精度: $\pm 1\%$; 测量方式: 站机周期巡检 (周期 $\leq 2\text{ s}$); 采样速率: 500 ms 。

道岔表示电压是道岔表示电路经半波整流后的电压信号, 信号波形如图 1 所示, 为实验模拟重现应用现场道岔表示电压信号波形, 交直流混合电压峰峰值为 460 V 。

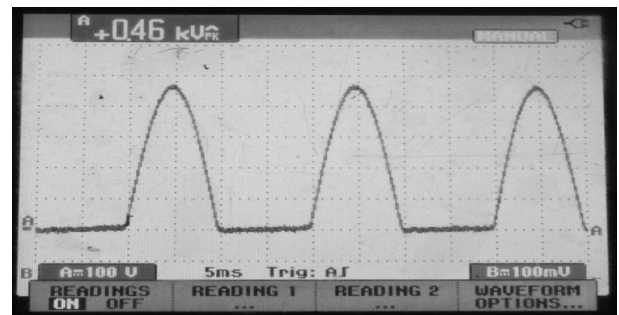


图 1 道岔表示电压信号波形

道岔位置的正确性对行车安全起着至关重要的作用, 可通过检测道岔定表与反表输出的直流电压分量值和交流电压分量值, 来判断道岔处于定位或反位状态, 进而检测转辙机是否将道岔扳动到指定的位置^[2-3]。

1.2 采集器硬件结构设计

道岔有 3 种工作状态: 定位、反位以及非定位

收稿日期: 2015-03-12; 修回日期: 2015-04-14

作者简介: 易黎丽(1986—), 女, 四川人, 硕士, 助理工程师, 从事铁路微机监测系统领域传感器研发研究。

非反位的四开工作状态，要正确反映道岔的位置，不能仅用一路采集信息来表示，而要用定位状态和反位状态两路采集信息组合确定一路道岔的状态。

采集器硬件结构设计原理框图如图 2 所示。采集器硬件设计支持灵活配置监测电压通路路数，可配置成 4 路或 8 路，方便施工现场灵活接线，可监测提速道岔或传统道岔表示电压。

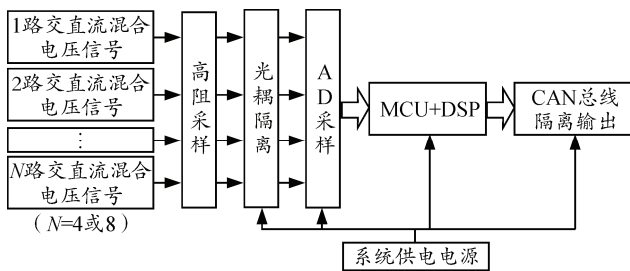


图 2 采集器硬件原理框图

如图 2 所示，采集器采用高阻采样，避免了直接将信号接入采样模块所导致的电路损坏，同时降低了采样模块电阻上的功耗，提高了采样电路工作的安全性与可靠性。采样信号经过光耦隔离，有效地隔离了前级采样端的干扰信号对系统内部可能造成的干扰和损坏。经 MCU 和 DSP 处理完成的道岔表示电压信号经过 CAN 总线隔离输出，增强了总线抗干扰能力，方便用户组网^[4]。

1.3 CAN 总线节点硬件电路设计

文中的 CAN 通信模块采用 ARM STM32F103 系列芯片作为采集器微处理器，采用带隔离的 CAN 收发器芯片 CTM1050T，波特率自适应，内部集成了 CAN 隔离及 CAN 收发器，具有热关断保护及高压瞬断保护等功能特点。其硬件节点结构简单、易于扩展、通信稳定可靠。CAN 通信硬件原理框图如图 3 所示。

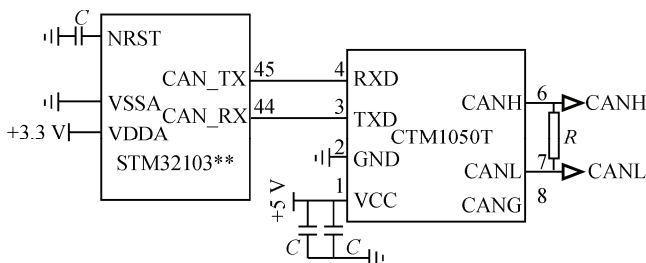


图 3 CAN 通信硬件原理框图

2 采集器软件设计

2.1 采集器软件算法设计

采集器应用的软件算法主要对交直流混合信号进行测量，首先需要对道岔表示电压信号进行采样，

然后对采样得到的数据进行分析处理。本设计采用单片机定时器触发 AD 采样，采用 12 位精度 AD，采样速率设置为 250 ms，高于微机监测系统标准要求。采样转换完成后进行数据传输，再进行计算得到直流电压分量值和交流电压分量值。

现有的测量算法中 FFT 算法亦可准确测量道岔表示电压信号，但 FFT 算法对信号频率有很大的敏感度，现场应用环境可能混合 25 Hz 频率信号、轨道移频信号等不同频率干扰信号，会造成数据波动较大等问题。笔者采用 RMS 有效值算法，计算道岔表示电压值。

交流电压的有效值又称均方根值，是指在一个周期内等效于纯电阻负载上产生同样热值的直流电压，可以表示为

$$V = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt} \quad (1)$$

式中： $u(t)$ 是某一时刻的电压值； T 是采样时间周期^[5-6]。

道岔表示电压的交流分量和直流分量可通过对采样值的运算得到，离散化的电压有效值计算公式为

$$U_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{k=1}^{N-1} u_k^2} \quad (2)$$

信号有效值为交流分量和直流分量有效值的叠加，可表示为

$$U_{RMS} = AC + DC = \sqrt{DC^2 + AC_{RMS}^2} \quad (3)$$

式中 AC_{RMS}^2 为交流分量有效值，由上式可得

$$AC_{RMS} = \sqrt{U_{RMS}^2 - DC^2} \quad (4)$$

其中， DC 电压分量可通过周期 T 内对电压采样值进行低通滤波后计算得到，可求出道岔表示电压信号中的直流有效值分量，从而获得道岔表示电压的交直流分量值。

2.2 交直流信号分离技术

鉴于现场应用环境的复杂性，信号采样不可避免地混有高频噪声，如何有效地滤除干扰噪声对后续的数据处理和测量准确性十分关键。

笔者运用一种抽取式 $SINC^2$ 数字滤波器，可以有效滤除高频噪声，再通过 FIR 补偿滤波器，以补偿通过 $SINC^2$ 滤波器后可能产生的幅值损耗。FIR 补偿滤波器具有严格的线性相频特性，是具有有限长单位抽样响应的稳定滤波系统。至此，交流通道采用 10 阶 Elliptic 高通滤波器 (HPF)，除去信号中

存在的直流成分。混合通道选用全通滤波器 (APF)，以保证混合信号有效值计算的准确性。道岔表示电压信号分离流程图如图 4 所示。最后采用 RMS 有效值算法，根据式 (3)、式 (4) 得出 VDC, VAC。

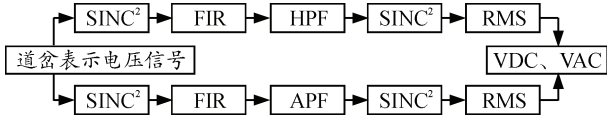


图 4 道岔表示电压信号分离流程

2.3 CAN 通信软件设计

CAN 通信软件设计的核心是 CAN 初始化、CAN 发送和接收处理，根据 STM32103 内部的具体结构，需要进行正确的 CAN 初始化设置、发送和接收处理设置。采集器波特率设置为 250 bit/s，采用 CAN2.0B 通信协议。CAN 初始化程序流程如图 5 所示，CAN 应答处理程序流程如图 6 所示，CAN 通信中断处理程序流程如图 7 所示。

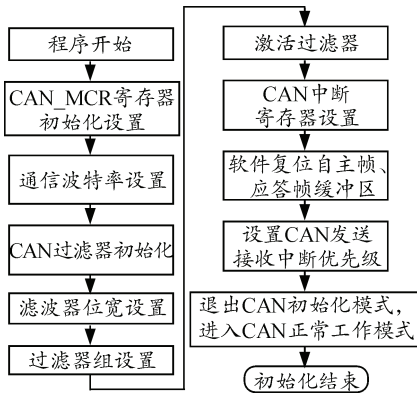


图 5 CAN 初始化程序流程

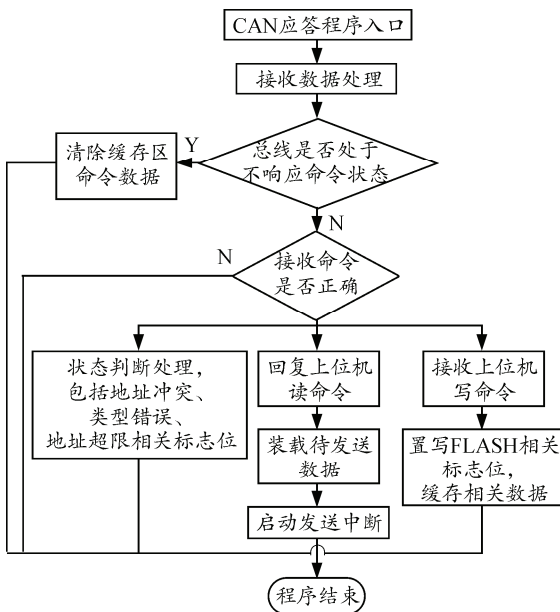


图 6 CAN 应答处理程序流程

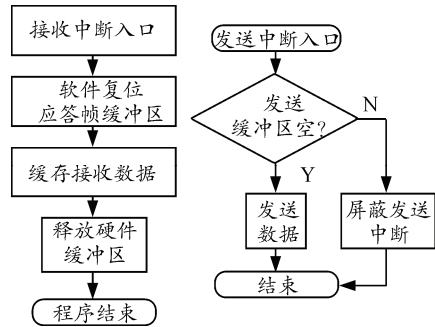


图 7 CAN 中断处理程序流程

3 采集器系统实现

基于 CAN 总线的道岔表示电压采集器系统软件，采集器系统主要由数据采集模块、参数计算模块和 CAN 通信模块组成。其中数据采集模块完成道岔表示电压信号采样，采样完成以后进入参数计算程序，计算提取出道岔表示电压信号的直流电压分量和交流电压分量，等待 CAN 总线通信中断产生通信中断请求，将参数计算结果通过 CAN 总线通信方式传输至微机监测系统。采集器软件主函数流程图如图 8 所示。

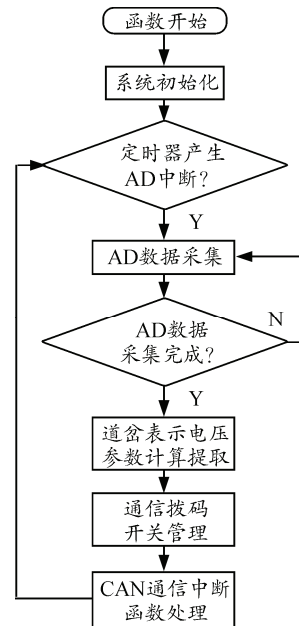


图 8 采集器软件主函数流程

4 实验结果与讨论

表 1 和表 2 分别为采集器在 -25~70 °C 范围内随温度变化的直流电压和交流电压输出值及误差值实验测试结果记录表，图 9 为测试直流电压信号分量随温度变化的关系曲线图，图 10 为测试交流电压信号分量随温度变化的关系曲线图。从表 1 和表 2 可以看出：以 25 °C 作为测量基准，实验结果显示直

流和交流电压信号的误差值不大于 1.0 V, 此采集器满足测量直流 0~100 V, 交流 0~200 V, 在-25~

70 °C 范围内监测精度±1%的应用要求, 满足现场测试要求。

表 1 直流电压随温度变化输出值及误差值列

温度/°C	第 1 路电压输出值	第 1 路电压输出误差值	第 2 路电压输出值	第 2 路电压输出误差值	第 3 路电压输出值	第 3 路电压输出误差值	第 4 路电压输出值	第 4 路电压输出误差值
-25	100.28	0.04	99.83	-0.45	100.00	-0.24	99.50	-0.91
-10	100.32	0.08	99.91	-0.37	100.00	-0.24	99.70	-0.71
-5	100.28	0.04	99.95	-0.33	100.00	-0.24	99.79	-0.62
25	100.24	0	100.28	0	100.24	0	100.41	0
45	100.28	0.04	100.45	0.17	100.40	0.16	100.91	0.50
55	100.44	0.20	100.73	0.45	100.61	0.37	101.20	0.79
70	100.56	0.32	101.02	0.74	100.89	0.65	101.25	0.84

表 2 交流电压随温度变化输出值及误差值列

温度/°C	第 1 路电压输出值	第 1 路电压输出误差值	第 2 路电压输出值	第 2 路电压输出误差值	第 3 路电压输出值	第 3 路电压输出误差值	第 4 路电压输出值	第 4 路电压输出误差值
-25	200.96	0.94	200.48	0.44	200.80	0.80	200.50	0.44
-10	200.66	0.64	200.30	0.26	200.52	0.52	200.28	0.22
-5	200.42	0.40	200.10	0.06	200.34	0.34	200.22	0.16
25	200.02	0	200.04	0	200.00	0	200.06	0
45	199.92	-0.10	200.10	0.06	200.04	0.04	200.32	0.26
55	199.92	-0.10	200.14	0.10	200.04	0.04	200.30	0.24
70	200.04	0.02	200.54	0.50	200.44	0.44	200.86	0.80

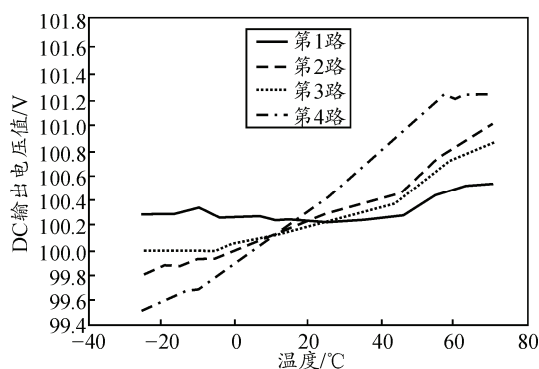


图 9 DC 输出数据随温度变化关系曲线

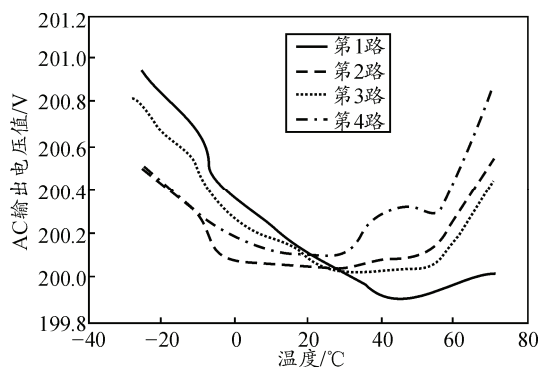


图 10 AC 输出数据随温度变化关系曲线

对 4 路或 8 路道岔表示电压交直流电压分量的可选择式测量。使用 CAN 总线和微机监测系统数据进行传输, 有效弥补了信号传输设备存在的线路衰减、需要补偿和费用昂贵等缺点。特制的安全保护和过载能力设计, 有效避免了高压、大电流冲击等极限条件下所带来的安全隐患, 满足铁路信号微机监测系统规范要求。该采集器具有精度高、体积小、易于安装和功耗低等特点, 具有一定的实际应用价值和推广意义。

参考文献:

- [1] 郭进. 铁路信号基础[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2010: 326.
- [2] 朱兆俊. 提速道岔三相交流转辙机数据采集系统[D]. 北京: 北京交通大学, 2010: 29.
- [3] 邓桂霞. 提速道岔表示电压采集的分析及改进方案[J]. 铁道通信信号, 2009, 45(8): 8-9.
- [4] 胡竟竞, 高一波, 严玉婷, 等. 电压源换流器直流侧短路故障特性分析[J]. 机电工程, 2014, 31(4): 512.
- [5] 张淑清, 姜万录. 铁路信号微机监测系统[J]. 铁道通信信号, 1996, 32(12): 4-5.
- [6] 何立民. 单片机应用系统设计[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1995: 50.

5 结束语

基于 CAN 总线的道岔表示电压采集器实现了