

文章编号:1671-251X(2015)08-0025-04 DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2015.08.007
樊利军,田柏林.矿用电子胶带秤信号采集系统设计[J].工矿自动化,2015,41(8):25-28.

矿用电子胶带秤信号采集系统设计

樊利军¹, 田柏林^{1,2}

- (1.北京工业职业技术学院 电气与信息工程学院,北京 100042;
- 2.北京市煤炭矿用机电设备技术开发有限公司,北京 100042)

摘要:针对现有矿用电子胶带秤的称重信号、速度信号采集和数据处理速度慢、采样数据精度低等问题,提出了一种基于FPGA的矿用电子胶带秤信号采集系统设计方案。该系统以FPGA为控制核心,对称重信号进行A/D转换和数字滤波处理,同时对速度脉冲信号进行采集处理,处理后的数据通过RS485总线传输到电子胶带秤称重仪表。测试结果表明,该系统信号采样和数据处理速度快,精度高,抗干扰能力强。

关键词:矿用电子胶带秤;信号采集;称重信号;速度信号;FPGA;A/D转换;数字滤波

中图分类号:TD672 文献标志码:A 网络出版时间:2015-07-31 15:25

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20150731.1525.007.html>

Design of signal acquisition system of mine-used electronic belt scale

FAN Lijun¹, TIAN Bailin^{1,2}

- (1.School of Electrical and Information Engineering, Beijing Polytechnic College, Beijing 100042, China;
- 2.Beijing Coal Mining Electric Equipment Technical Development Co., Ltd., Beijing 100042, China)

Abstract:In view of problems that weighting signal and speed signal of mine-used electronic belt scale has slower speed of signal acquisition and data processing and lower accuracy of data sampling, a design scheme of signal acquisition system of mine-used electronic belt scale based on FPGA was proposed. The system is built with FPGA as control core. In the system, the weighing signal is processed by A/D conversion and digital filtering and the pulse signal of speed is collected and processed. The processed data is transferred to electronic belt scale through RS485 bus. The testing result shows that the system has high speed of signal acquisition and data processing, high precision and strong anti-jamming capability.

Key words:mine-used electronic belt scale; signal acquisition; weighting signal; speed signal; FPGA; A/D converter; digital filter

0 引言

随着国家对煤炭产量和安全生产管理力度的加大,作为矿井煤炭运输安全计量设备,矿用电子胶带秤成为煤矿产量监测系统中不可或缺的组成部分,成为矿用计量产品领域关注的焦点^[1-2]。矿用电子胶带秤一般安装在煤矿井下带式输送机上,其运行环境较差,振动、煤尘、噪声、环境湿度、大容量电动

机启/停产生的电场和磁场干扰等都对电子胶带秤的计量精度产生影响^[3]。在实际应用中,称重传感器和速度传感器安装在带式输送机上,而称重仪表通常安放在监控室里,二者之间相距几十到几百米距离,而称重传感器输出的毫伏级微弱信号极易受到干扰。研究抗干扰能力强、信号采集精度高、处理速度快、适合远距离传输的电子胶带秤信号采集系统,对保证电子胶带秤的计量精度具有重要意义^[4]。

收稿日期:2015-04-03;修回日期:2015-06-09;责任编辑:李明。

基金项目:北京市教育委员会科研基地-科技创新平台项目(PXM2014_014225_000020);北京市属高等学校创新团队建设提升计划项目(IDHT20130511)。

作者简介:樊利军(1972—),男,陕西韩城人,副教授,硕士,主要从事检测技术与嵌入式技术方面的教学与研究工作,E-mail:flj@bgj.org.cn。

传统矿用电子胶带秤的称重和速度信号采集及处理主要由胶带秤显示仪表中的单片机完成,同时单片机还要完成仪表的人机交互、远程通信以及胶带机电机控制等功能,影响了信号采样速率和数据处理能力。本文提出一种基于 FPGA 的矿用电子胶带秤信号采集系统方案,即将传感器输出的称重和速度信号经过保护、滤波、A/D 转换、隔离变换、FPGA 采集和数字滤波处理后,通过 RS485 总线实时上传到电子胶带秤称重仪表,再由称重仪表实现计量运算、数据显示、统计和保存等,取得了良好的效果。

1 系统组成

矿用电子胶带秤信号采集系统由 FPGA、称重信号调理和 A/D 转换电路、速度信号调理电路、RS485 通信电路等组成,如图 1 所示。FPGA 芯片选用 Cyclone III EP3C16Q240C8,其具有 15 408 个逻辑单元和 516 096 个存储位,完全满足系统设计要求。考虑到胶带秤在矿井中使用,需满足防爆要求,因此系统由本质安全型电源供电^[5]。

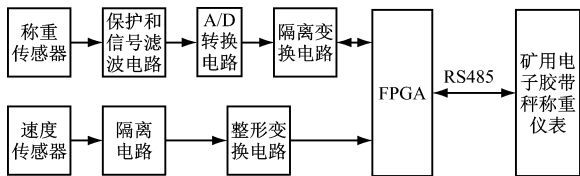


图 1 矿用电子胶带秤信号采集系统组成

2 系统硬件设计

2.1 称重信号调理和 A/D 转换电路

称重信号调理电路主要包括保护和信号滤波电路、A/D 转换电路。由于称重传感器输出的电压信号为 0~20 mV 微弱信号,且矿用电子胶带秤运行环境比较恶劣,所以在称重信号 A/D 转换电路前增加了保护和信号滤波电路,如图 2 所示。称重传感器输出的差分信号经过自恢复保险电阻 R_{29} 、 R_{30} 对前后级电路进行隔离和过流保护,低压 TVS 管 T_1 — T_3 对后级电路进行过压保护。 L_1 、 R_9 、 R_{10} 、 C_{15} 组成低通差分滤波器, C_{14} 、 C_{16} 构成共模滤波器。为了进一步提高电路的共模抑制比,增加了全差分运算放大调理电路,运算放大器选用精度高、低温漂移、输出噪声小的 AD8476。

A/D 转换电路如图 3 所示。采用 24 位 Σ - Δ 型 A/D 转换芯片 AD7193,其具有转换精度高、内部具有可编程增益放大器、低噪声增益可直接输入

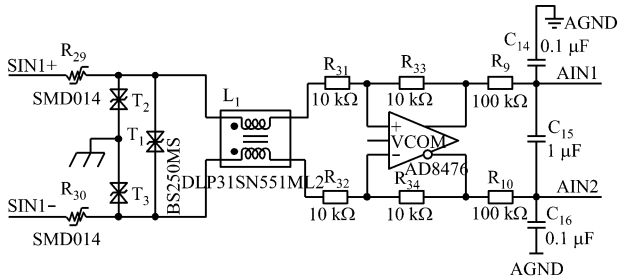


图 2 保护和信号滤波电路

小信号等特点^[6]。为了保证 A/D 转换的精度,采用外部低噪声基准电压。选用 ADR425 基准电压芯片,其具有低噪声、高精度和出色的长期稳定性,输出电压为 5 V。由于 FPGA 的 I/O 接口为 3.3 V 逻辑电平,A/D 转换电路提供 5 V 逻辑电平,因此采用 ADUM1411 对 SPI 总线接口进行隔离和电平转换。

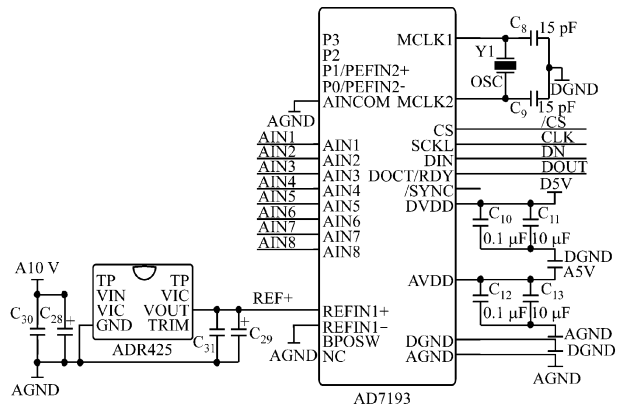


图 3 A/D 转换电路

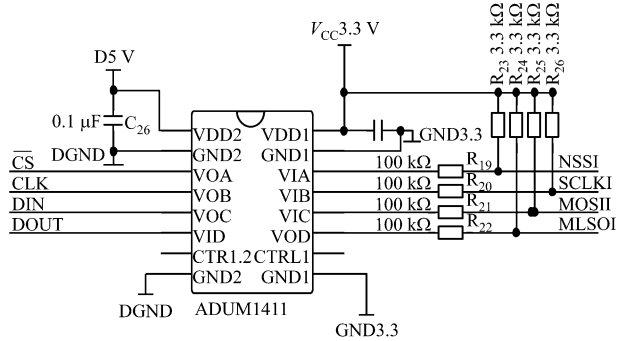


图 4 速度信号调理电路

2.2 速度信号调理电路

速度信号调理电路如图 4 所示。速度传感器输出的脉冲信号先经过 R_{64} 和 T_{18} 组成的保护电路,再通过 6N137 进行信号隔离和电平转换。为了更精确地测量速度信号,隔离后的信号经由 CD4098 组成的整形变换电路转换为宽度、幅度都相等的矩形脉冲信号,再由 FPGA 对信号进行采样处理。

2.3 RS485 通信电路

称重信号和速度信号经过 FPGA 采集处理后,

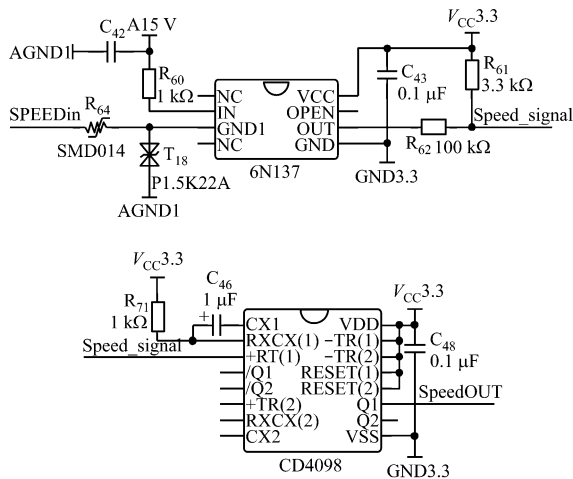


图 4 速度信号调理电路

通过 RS485 总线上传到电子胶带秤称重仪表。RS485 通信电路如图 5 所示。选用 ADM2483 为 RS485 总线驱动、隔离和电平转换芯片,其内部集成了 3 路数字隔离通道和 1 个低功耗 RS485 收发器,隔离电压为 2.5 kV。为了提高传输抗干扰性,在 RS485 总线上增加了过流、过压和共模差模保护电路。

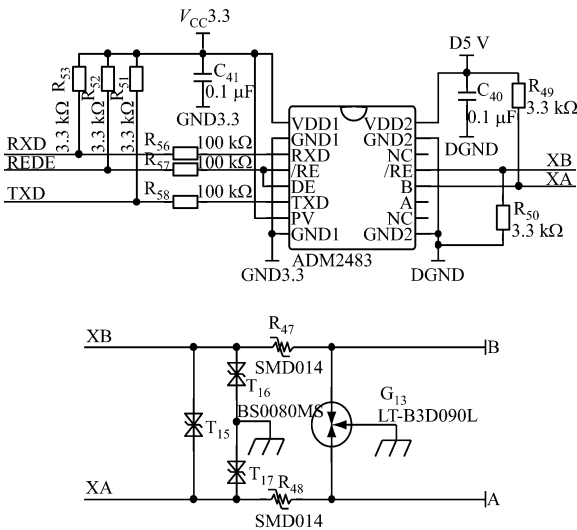


图 5 RS485 通信电路

3 系统软件设计

系统软件在 Quartus II 编译环境,采用 Verilog HDL 硬件语言描述设计^[7]。FPGA 内部逻辑主要包括锁相环、分频器、A/D 转换控制、数字滤波器、频率测量和速度计算、FIFO 寄存器、串口控制 7 个程序模块,如图 6 中虚线框内所示。

3.1 信号采集流程

信号采集流程如图 7 所示。首先对 AD7193 进行初始化,通过 RS485 总线接收命令控制 AD7193

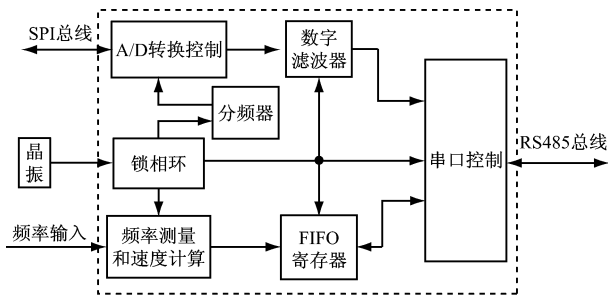


图 6 FPGA 内部逻辑

启动信号采样,同时使能频率测量和速度计算程序模块;称重信号经 A/D 转换后,经过 FIR 数字滤波,进入串口控制程序模块,串口控制程序模块从 FIFO 寄存器读取速度信息,2 组数据通过 RS485 总线上传至胶带秤称重仪表进行处理。

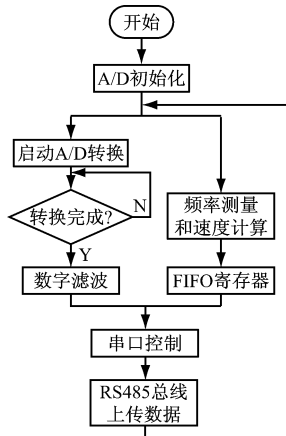


图 7 信号采集流程

3.2 AD 转换控制程序模块

AD 转换控制程序模块完成 A/D 转换初始化及 A/D 数据读控制。A/D 初始化对 A/D 内部的模式寄存器和配置寄存器进行操作,配置寄存器设置 AD7193 为单极性差分输入模式、可编程增益为 128 并选择外部基准电压;模式寄存器设置 AD7193 为连续转换模式、利用外部 4.92 MHz 时钟源、内部滤波器类型为 SINC4 并设定 A/D 转换输出速率。A/D 数据读控制主要设置内部通信寄存器为 A/D 转换结果连续读模式,设定 SPI 总线时序,完成对 A/D 转换结果数据的读取。

3.3 频率测量和速度计算程序模块

速度传感器输出的脉冲信号经过隔离整形变为矩形脉冲信号,通过 FPGA 对该信号进行频率测量计算并转换为胶带速度。设计中速度传感器输出脉冲频率范围为 0~2 kHz,为了精准测量低频速度脉冲信号,采用等精度测频原理对信号进行数据采集,以保证在速度脉冲信号范围内具有较高的精度^[8]。

4 系统测试

基于某公司研发的循环胶带机对该系统进行性能测试。循环胶带机周长为 21.8 m,在胶带机上安装 ICS-14A 型秤架,秤架的托辊间距为 1.2 m,有效称量段长度为 4.8 m,配置 4 只 250 kg 称重传感器。使用变频器控制胶带机带速为 2 m/s,分别施加 0%,20%,40%,60%,80%,100%的额定负荷,进行 3 min 累计量动态计量测试,结果见表 1。可看出系统计量精度达±0.25%。

表 1 系统实测结果

指标	负荷比/%					
	0	20	40	60	80	100
理论值/t	0.000	14.999	29.999	44.999	59.998	74.999
测量值/t	0.000	15.035	30.065	44.909	60.111	75.157
误差/%	0	0.24	0.22	-0.20	0.18	0.21

5 结语

基于 FPGA 的矿用电子胶带秤信号采集系统可实现称重信号的 A/D 转换、隔离变换和数字滤波,速度脉冲信号的测量计算、隔离保护,并通过 RS485 总线实时上传数据至胶带秤称重仪表。该系统以 FPGA 作为控制核心,硬件结构简单,信号采集和数据处理速度快,采集精度高,可实现复杂数字

滤波算法,在井下复杂工作环境中抗干扰能力强。测试结果表明,该系统具有较高的计量精度,满足煤矿生产计量要求。

参考文献:

[1] 王晶,刘尹霞,马恒,等. 本安型矿用防爆电子皮带秤仪表设计[J]. 辽宁工程技术大学学报:自然科学版, 2013,32(12): 1613-1617.

[2] 郝伟栋,李丽宏,禹琳琳. 矿用电子皮带秤井下计量仪表的设计[J]. 电子设计工程,2011,19(11):57-59.

[3] 王文清. 提高煤矿井下智能仪表电磁抗扰度的探讨[J]. 选煤技术,2007(6):55-57.

[4] 刘巍,宫赤坤,王宏峰,等. 基于 ADVFC32 的信号变送模块在电子皮带秤中的应用[J]. 计算机测量与控制, 2010,18(6): 1411-1413.

[5] 陈治国,李剑勇,乔风杰,等. 基于 C8051F 单片机的矿用电子皮带秤设计[J]. 仪表技术与传感器, 2012(8): 24-25.

[6] AD 公司. AD7193 Datasheet [EB/OL]. [2015-01-09]. [http://www. analog. com/media/cn/technical-documentation/data-sheets/AD7193_cn. pdf](http://www.analog.com/media/cn/technical-documentation/data-sheets/AD7193_cn.pdf).

[7] 刘淳,崔建明,黄宇峰,等. 基于 FPGA 的煤矿突水监测系统数据采集系统的设计[J]. 工矿自动化, 2012, 37(2): 84-87.

[8] 唐亚平. 基于 FPGA 与 DSP 的等精度数字频率计设计[J]. 微计算机信息, 2007,23(2):249-250.