

文章编号:1671-251X(2014)07-0009-04

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2014.07.003

余芳芳,郭来功,李良光.基于STM32F407的微震信息采集系统设计[J].工矿自动化,2014,40(7):9-12.

基于 STM32F407 的微震信息采集系统设计

余芳芳, 郭来功, 李良光

(安徽理工大学 电气与信息工程学院, 安徽 淮南 232001)

摘要:为了能够准确地采集和传输微震监测数据,实时监控煤矿井下冲击地压情况,设计了一套基于STM32F407的微震信息采集系统。该系统通过传感器和前端采集控制模块FPGA采集煤矿井下的微震信号,并将其传送到STM32F407进行处理,同时,STM32F407根据现场数据采集需要,可向FPGA发送增益控制、同步控制等信息,实时调整采集电路参数;处理后的微震信号经以太网传送至地面服务器,服务器对采集的信息进行分析和显示,可判断出震源位置。试验结果表明,该信息采集系统可靠、高效,能满足现场微震信息实时采集与传送的要求。

关键词:矿井;冲击地压;微震监测;信息采集;FPGA

中图分类号:TD326 文献标志码:A 网络出版时间:

网络出版地址:

Design of microseism information collection system based on STM32F407

YU Fangfang, GUO Laigong, LI Liangguang

(School of Electrical and Information Engineering, Anhui University of Science and Technology,
Huainan 232001, China)

Abstract:A microseism information collection system based on STM32F407 was designed in order to accurately collect and transmit microseism monitoring data and real-timely monitor case of coal mine rock burst. The system collects microseism signal by sensors and front-end acquisition and control module FPGA, and transmits the signal to master chip STM32F407, meanwhile, STM32F407 sends gain control signal and synchronization control signal to FPGA, so as to real-timely adjust circuit parameters for site needs. The processed microseism signal was transmitted to ground server by Ethernet, and the server can judge the source location according to analysis and display of the microseism signal. The experiment results show that the system has reliable and high performances, and can meet demands of real-time information collection and transmission.

Key words:mine; rock burst; microseism monitoring; information collection; FPGA

0 引言

近年来,随着煤炭行业的快速发展,很多煤矿都已步入深部开采阶段。而在煤矿深部开采作业过程中,由于煤矿冲击地压等地质活动,引发了越来越多的矿难。为了减少由此引起的人员伤亡和经济损失,一套行之有效的微震信息采集系统必不可少。

现阶段我国在微震信息采集智能型仪器方面的研究还处在起步阶段。现用的仪器主要是采用购进国外生产的现成数据采集卡配合工控机进行开发;少部分采用DSP芯片自行开发。前者不仅价格昂贵,且投入使用后,如果出现故障,维修不便;后者虽然在数据处理方面功能强大,但其控制功能较弱。针对这些问题,笔者设计了一套基于STM32F407的微

收稿日期:2013-10-29;修回日期:2014-05-06;责任编辑:张强。

基金项目:2013年安徽理工大学大学生科研基金资助项目(KY1331)。

作者简介:余芳芳(1988—),女,安徽安庆人,硕士研究生,研究方向为测控技术与仪器,E-mail:1053041546@qq.com。

震信息采集系统。该系统选用 STM32F407 作为核心处理器,并结合 FPGA(Field Programmable Gate Array)使系统处理数据更加快速和准确,体积也大大减小。

1 系统工作原理

考虑到微震信号的特点及其主要监测的信号频率范围在 20~300 Hz 之间,基于 STM32F407 的微震信息采集系统采用多路采集方式,12 路传感器将采集的信号经过初步放大和模数转换(AD)后送给 FPGA,FPGA 对信号进行滤波和相关处理,然后送往 STM32F407 芯片,STM32F407 通过串行外围设备接口(SPI)接收 AD 转换的数据,并进行处理,通过网络传送给服务器,并及时调整前端可控增益。若 STM32F407 与服务器断开或网络故障,还可将数据存储于 SD 卡(Secure Digital Memory Card)中,稍后送往服务器,系统总体结构如图 1 所示。

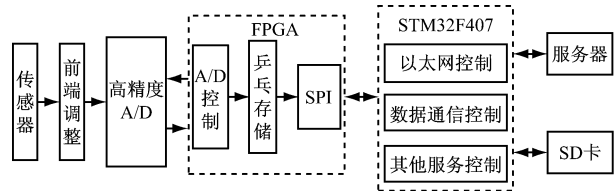


图 1 基于 STM32F407 的微震信息采集系统结构

2 系统硬件设计

STM32F407 有自适应实时加速器 ART,具有 1 MB 的 FLASH 存储器,从 FLASH 中连续执行允许零等待,频率高达 168 MHz,含内存保护单元,高达(192+4) B 的静态随机存储器 SRAM,更含有灵活的外部存储器接口 FSMC 以及多个通用直接内存存取控制器 DMA。凭借丰富的片内资源和高速的数据处理速度,STM32F407 可以很好地完成对微震信号的处理和传送。

2.1 前端数据采集模块与 STM32F407 接口电路

前端数据采集模块采用 EP3C25Q240C8 芯片来初步处理采集的微震信息,并将处理后的微震信号传送给 STM32F407 芯片,还负责控制前端调整电路的增益值。EP3C25Q240C8 与 STM32F407 要完成的数据传递包括前端增益值传递、同步信息传递和 AD 采样值传递。

发送增益控制、同步控制等信息时,设定 STM32F407 为主机,FPGA 为从机。增益值传递:STM32F407 将接收到的服务器发送信息发送给 EP3C25Q240C8,由 EP3C25Q240C8 根据接收的增

益值调整前端调整电路的增益。STM32F407 与 FPGA 之间的通信采用串口通信方式,两者通过数据线(DATA)、时钟线(CLK)和使能线(EN)连接,DATA 的高 4 位为通道号,低 4 位为增益值。

同步控制信息传递:设置 STM32F407 的 PA0 为中断输出引脚,同前端 FPGA 的同步信号引脚相连,为了保证 AD 采集的数据与服务器接收同步,STM32F407 接收到服务器发送的同步信号后,每隔 60 s 向 FPGA 发送同步控制信号。

传输采样值时,设定 STM32F407 为从机,FPGA 为主机,采用高速、全双工的 SPI 串行通信方式,主芯片通过 PA7、PA6、PA5 和 PA4 分别与 FPGA 的数据输入(MOSI)、数据输出(MISO)、时钟输入(SCLK)和片选(CS)引脚相连。设置 PA7 为高电平,即主出从入模式。

2.2 以太网通信电路

以太网控制器选用的是 ENC28J60,它带有 SPI 接口,符合 IEEE 802.3 标准。系统采用 STM32F407 结合以太网控制芯片 ENC28J60 来完成微震信号的网络传输,STM32F407 通过控制以太网芯片实现数据的收发通信,以太网接口电路如图 2 所示。芯片连接利用 SPI2 接口,分别连接到 STM32F407 的 PB1(中断输出)、PB12(SPI2_NSS)片选输入引脚、PB13(SPI2_SCK)、PB14(SPI2_MISO)、PB15(SPI2_MOSI)等 5 个引脚。

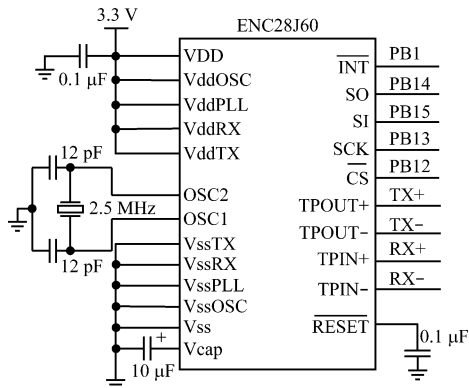


图 2 以太网接口电路

2.3 SD 卡接口电路

SD 卡主要用于在网络出现故障时,将采集的数据储存起来,等网络恢复正常时,再将数据传输给 STM32F407 芯片。SD 卡与 STM32F407 芯片的连接通过 SPI 接口来实现,STM32F407 根据服务器工作情况对 SD 卡进行读写工作。数据写入 SD 卡时,从主控芯片的 PC12 引脚(SPI3_MOSI)同步输入到 SD 卡的 DI 引脚,从 SD 卡读出数据时,由

SD 卡的 DO 引脚同步输入到 STM32F407 的 PC11 (SPI3_MISO)引脚,数据在 SCLK 信号的上升沿同步输入和输出。SD 卡与 STM32F407 的接口电路如图 3 所示。

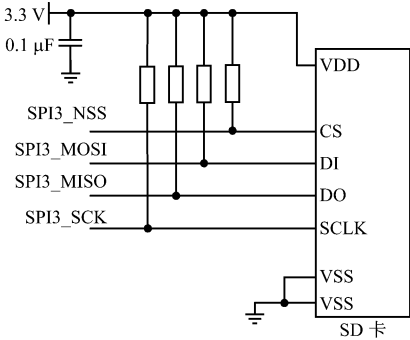


图 3 SD 卡与 STM32F407 的接口电路

2.4 键盘电路

系统投入运行前或井下定期维护时需对 STM32F407 芯片进行功能测试,检验其是否能正常工作,还需要对系统硬件进行复位,故通过键盘电路设置了复位键和测试键。

3 系统软件设计

基于 STM32F407 的微震信息采集系统软件主要包括以下几个部分:STM32F407 与 FPGA 的通信控制;网络故障或断电时 SD 卡的读写控制;以太网数据传输控制。系统主程序流程如图 4 所示。

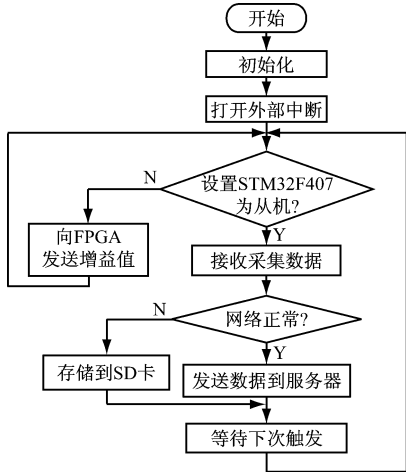


图 4 基于 STM32F407 的微震信息采集系统主程序流程

(1) STM32F407 接收 FPGA 发送的数据时,应设置 SPI 状态寄存器 (SPSR),使 STM32F407 为从机,FPGA 为主机,读取 SPSR 寄存器,等待传输完成标志位 (SPIF) 置位,SPIF 位将在 SPI 数据传输的最后一个采样时钟沿后由硬件自动置位,然后从 SPI 数据存储单元中接收数据。一个点数据采集完毕后,通过设置 DMA 把数据存储到 SRAM 中。

修改通道增益值时,应设置 STM32F407 为主机,FPGA 为从机,将服务器发送的增益信息传送给前端,只有在主机使能引脚 EN 有效且接收到 8 个脉冲数据时才对从机发送相应通道号和增益值,否则认为是干扰信号,对从机不做反映。

(2) SD 卡需先初始化,开启 SPI3 时钟并配置与主控芯片相连的 4 个引脚,然后设置 SPI3 全双工传输模式。SD 卡工作流程如图 5 所示。

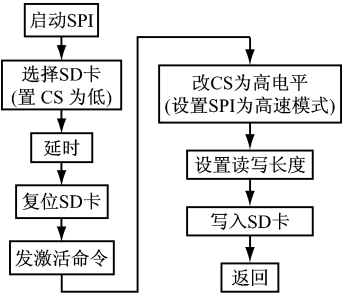


图 5 SD 卡工作流程

SD 卡启动时必须有一段延时,达到正常工作电压需 64 个时钟,使 SD 卡同步需 10 个时钟。这里还需注意的是初始化 SPI3 时,需设置高频和低频 2 个预分频值,以备选择。完成初始化后,从操作状态寄存器中读取指令,对 SD 卡进行读写操作。

(3) 网络传输是设计的重要部分,数据传输时采用合适的传输协议能最大限度地提高通信效率,在传输过程中较少出现数据丢失或者数据错乱等问题,本系统采用 TCP/IP 协议。网络发送数据的流程如图 6 所示。

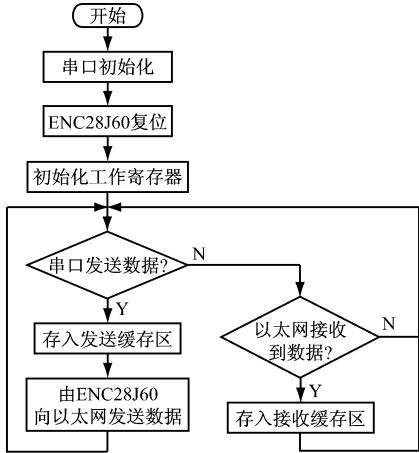


图 6 网络发送数据流程

初始化后,主机每隔 0.1 s 广播发出请求连接帧,等待服务器回复,当收到服务器发送的请求连接确认帧时,两者建立连接。此时,服务器设置的 60 s 定时器向设备定时发送同步信号,确保数据收发同步。主机开始发送数据包,数据包每包带有时间戳,

其数据区最大为 1 440 B,最小为 384 B。发送数据时需满足以下 3 个条件:网络畅通;384 B 的数据包大于 3 个;数据包小于 4 个,但时间超过 10 ms。数据包发送后,若服务器未在规定的 10 ms 内回复,则重发,若仍未回复,则发送网络请求帧,若仍未回复,则确定网络发生异常,启动 SD 卡写入数据操作。

在数据接收端,服务器接收数据的频率为 500 次/s,每次采样 12 通道,每通道 3 B,采集器将接收到的数据经过调整存放到结构体数组中,结构体数组最大容量为 40 KB,其分配的 96 包 384 B 内存被放满需耗时 200 ms。

另外,通过设置 STM32F407 的串口输出测试功能可以方便地在服务器端打印出串口发送的数据,根据该数据可以判断串口收发是否正常。

4 试验结果与分析

为了测试基于 STM32F407 的微震信息采集系统是否准确有效,在地表进行试验,选择 12 个通道中的 5 个通道作为监测点,其中第 7、8、9、10 路传感器分布在正方形的 4 个端点上,第 12 路传感器放置在正方形的中心位置,各传感器均布置在地下 2 m 深处,传感器的输入增益为 64,其分布示意如图 7 所示。

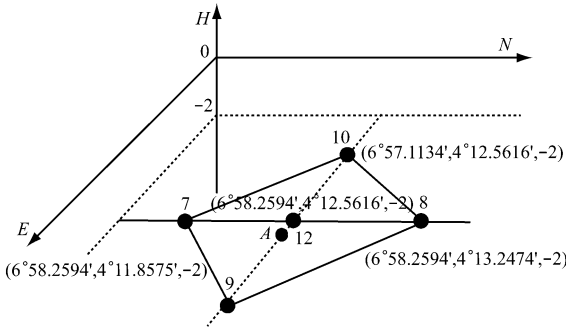


图 7 传感器分布示意

系统安装调试完后,在传感器分布图上,选择 A 点作为人工震源点,测试前,精确测量震源点 A 点的空间坐标,以便与监测坐标进行对比分析。服务器上显示的微震波形如图 8 所示。第 12 路传感器首先监测到微震波形且波形震动幅值最大,第 7、8、9、10 路传感器也监测到相对较弱的微震波形。

震源定位时,服务器采用 Geiger 定位方法,将第一触发传感器(第 12 路)的坐标值作为迭代初值,根据 5 路监测数据及相关运算,得到震源定位结果见表 1。

从表 1 可看出,服务器得到的监测坐标与实际震源坐标非常接近,误差较小。试验结果表明,通过该采集系统采集的数据对震源定位准确性较高,定

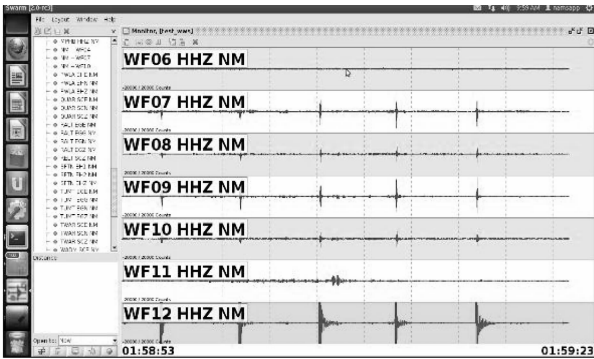


图 8 传感器微震波形

表 1 定位结果

坐标	N	E	H/m
监测坐标	4°12.593 2′	6°58.375 1′	-2.15
实际坐标	4°12.561 6′	6°58.318 4′	-2.00
定位误差	0.031 6	0.056 7	0.15

位效果理想,能够判断出震源位置,完成对微震信号的监测。

但该试验只是对系统采集效果的初步测试,要对整个微震系统进行更加精确的定位精度分析,还需要完善上述试验,如扩大监测范围、增加传感器个数、在监测范围外增加震源点等。

5 结语

基于 STM32F407 的微震信息采集系统能够在煤矿井下全天候、立体地监测煤矿冲击地压等地质活动,精确采集微震信息,达到对煤矿冲击地压等地质灾害预测与防治的目的。试验结果表明,该系统具有数据采集速度快、精度高的优点,对微震震源定位精确,在煤炭安全监测行业应用前景十分广阔。

参考文献:

[1] 刘彬,蒋曙光,吴征艳,等. 基于 LabVIEW 的微震实时监测系统[J]. 工矿自动化,2011,37(6):63-66.

[2] 许红杰,夏永学,蓝航,等. 微震活动规律及其在煤矿开采中的应用[J]. 煤矿开采,2012,17(2):93-96.

[3] 柏慧. 微震信号采集系统的研究[D]. 淮南:安徽理工大学,2012.

[4] 王学梅,宁占斌,刘刚. 基于 STM32F 的电感信息采集终端设计与实现[J]. 计算机与数字工程,2013,41(4):570-573.

[5] 马灵,杨俊峰,宋克柱,等. 地震数据采集中基于 FPGA 的多 DDR SDRAM 控制器设计[J]. 中国科学技术大学学报,2010,40(9):939-945.

[6] 葛维亮,庾先国,李怀良,等. 高速多通道地震数据采集处理系统[J]. 仪表技术与传感器,2011(3):61-63.