

文章编号:1671-251X(2013)11-0012-05

DOI:

李艳伟,宋建成,雷志鹏,等.工作面“三机”状态监测装置改进设计[J].工矿自动化,2013,39(11):12-16.

工作面“三机”状态监测装置改进设计

李艳伟, 宋建成, 雷志鹏, 许春雨, 赵龙, 柴文, 辛春红

(太原理工大学 煤矿装备与安全控制山西省重点实验室, 山西 太原 030024)

摘要:针对现有工作面“三机”状态监测装置体积庞大、安装困难、维护不便、无法在线升级程序等问题,开发了基于 C8051F040 单片机的本质安全型“三机”状态监测分站,采用 IAP 技术实现了“三机”状态监测装置的在线自动升级。改进后的分站体积仅为原有分站的 1/10,可与原有监测总站连接,实现对工作面“三机”状态的在线监测和故障诊断。样机测试结果表明,改进后的工作面“三机”状态监测装置运行可靠,监测准确,可实现在线升级功能。

关键词:综采工作面;三机;输送设备;状态监测;故障诊断;在线升级;IAP

中图分类号:TD634 文献标志码:A 网络出版时间:

网络出版地址:

Improvement design of condition monitoring device for three machines on
mechanized mining face

LI Yan-wei, SONG Jian-cheng, LEI Zhi-peng, XU Chun-yu,

ZHAO Long, CHAI Wen, XIN Chun-hong

(Shanxi Key Laboratory of Coal Mining Equipment and Safety Control,

Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: For problems that existing condition monitoring device for three machines on mechanized mining face is bulky, difficult to install, inconvenience to maintain, and cannot online upgrade program, an intrinsic safety condition monitoring sub-station for three machines based on C8051F040 MCU was developed, and IAP technology was used to achieve online automatic upgrade of condition monitoring device for three machines. The volume of the improved sub-station is only 1/10 of original sub-station, and the improved sub-station can be connected with the existing master station and achieves online monitoring and fault diagnosis of three machines on mechanized mining face. The prototype test results show that the improved condition monitoring device for three machines on mechanized mining face runs reliably, monitors condition accurately and has ability to update programs online.

Key words: mechanized mining face; three machines; conveyor device; condition monitoring; fault diagnosis; online upgrade; IAP

0 引言

煤炭工业发展“十二·五”规划指出,“十二·五”期间全国煤矿采煤机械化程度要达到 75% 以上。因此,要求煤矿综采设备的功能更强大,自动化

程度更高。综采工作面的设备主要包括采煤机、液压支架、刮板输送机、破碎机、转载机、带式输送机、泵站和负荷中心,其中刮板输送机、破碎机和转载机合称为工作面“三机”。“三机”作为综采工作面的重要运煤设备,其性能的好坏直接影响综采工作面的

收稿日期:2013-07-10。

基金项目:国家高技术研究发展计划(863 计划)项目(2012AA06A405);山西省科技重大专项项目(201111101024)。

作者简介:李艳伟(1986—),男,山西太原人,硕士研究生,主要从事智能电器技术研究,E-mail:2010liyanwei@gmail.com。

生产效率。现有的“三机”状态监测装置能有效保障输送设备的运行稳定性,减少故障发生率^[1-2],但这些监测装置多为隔爆兼本质安全型,体积较大,且接线均为螺丝压紧式,安装所需空间大,维护困难。另外,随着煤矿自动化开采和少人或无人值守综采工作面目标的提出^[3],联网运行和远程在线升级功能将成为“三机”状态监测装置的必备功能,而现有的监测装置大多利用下载工具通过 JTAG 口来更换程序。采用这种方式升级程序时,需要技术人员在井下停机,打开隔爆外壳,才能进行程序固件的更新与下载,操作效率低,耗时长,也不满足煤矿电气设备的本质安全性能要求。因此,本文针对无人值守工作面自动化系统的技术要求,对原有“三机”状态监测装置进行了改进设计,研究了装置的远程固件在线升级方法,并对样机进行了测试,取得了理想的效果。

1 “三机”状态监测及故障诊断系统

“三机”状态监测及故障诊断系统主要针对刮板输送机、破碎机和转载机的传动部件进行监测,其中减速器的监测参数包括高速轴承温度、低速轴承温度、油温、油位和冷却水的流量及压力,电动机的监测参数包括绕组温度、转子前轴温度、转子后轴温度、冷却水的流量及压力等。故障诊断采用 BP 神经网络与 D-S 证据理论相结合的方法,对监测点采集信号进行分析处理,进而判断被监测设备是否存在故障。

“三机”状态监测及故障诊断系统由井下监测装置和上位机软件两部分组成,结构如图 1 所示。井下监测装置包含 4 个分站和 1 个总站,分站分别完成对机头、机尾、转载、破碎设备传动和驱动部分监测点的数据采集、综合处理、图形显示和数据传输,总站完成分站信息的汇总、显示、数据上传和故障诊

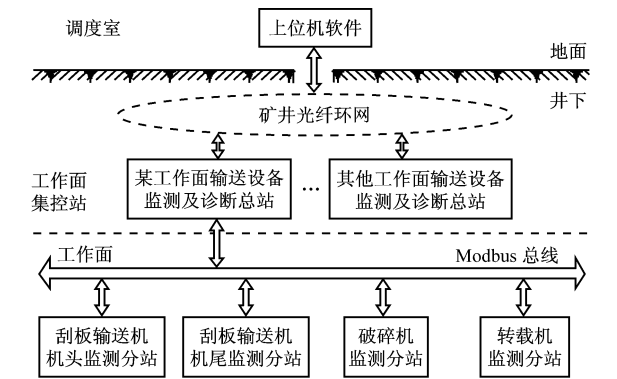


图 1 “三机”状态监测及故障诊断系统网络构架

断。安装于上位机的基于 LabVIEW 的“三机”状态监测与故障诊断系统软件主要对井下监测装置进行集中管理,最终并入全矿井安全生产监测监控及重大灾害预警系统^[4]。

2 “三机”状态监测分站硬件设计

2.1 硬件组成

分站硬件框图如图 2 所示。分站 CPU 选择 C8051F040,通信电路包括 RS485 通信电路、I²C 通信电路、SPI 通信电路、CAN 通信电路。由于井下环境特殊,RS485 采用平衡发送和差分接收,具有抑制共模干扰能力;互联设备可达 128 个,具有较强的扩展能力^[5-6]。因此,系统使用 RS485 接口作为固件在线升级的网络接口。分站的体积减小为原有分站的 1/10,可与原有总站连接,组成新的“三机”状态监测装置。

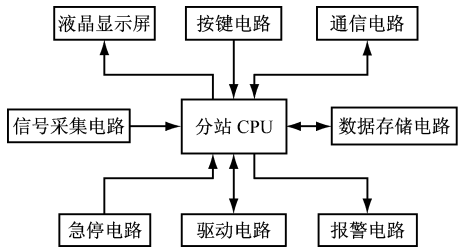


图 2 分站硬件框图

2.2 分站本安电路设计

根据煤矿井下本质安全型电气设备标准规定,即使线路发生短路或产生电火花,也不足以点燃周围的易燃易爆气体,这样的电路称为本质安全电路,简称本安电路。电路在正常工作时或(和)电路故障或元件损坏时,总要有电火花产生,要求电火花能量在安全的界限范围之内才是安全的。本质安全型“三机”状态监测分站的本安电路的设计包括以下 2 个部分:

(1) 电源设计。使用隔爆兼本质安全型直流电源,电源电压为 12 V,电流为 1.5 A,该电源采用两级过压保护和两级过流保护,防止由于外部电源引起控制器失爆。

(2) 安全区与非安全区的隔离。① 机械隔离。分站与外界的所有电气连接均通过背部的接口板连接,接口板采用胶封措施增加安全距离;电路板两侧均匀喷涂三防漆,增加爬电距离和绝缘穿透距离。② 电气隔离。电源输入端串联肖特基二极管和可恢复保险管;电源两端并联压敏电阻和 TVS 管,反并联二极管可防止电源反接。外部接口处电源采用隔离电源,包括驱动隔离电源、传感器供电隔离电

源、RS485 隔离电源等。外部驱动电路和信号采集电路均采用光电耦合器进行隔离,并在与外部连接电路的输入端串联可恢复保险管、并联 TVS 管,防止外界高电压、大电流的侵入。保护器件采用双重化设计原则,以保证当失掉一重保护功能时,还有一重仍具备保护功能,并在一些电路中加入可靠电阻,如在驱动电路接口处串联电阻。

3 基于 IAP 技术的程序在线升级方法

IAP(In Application Program,在应用中可编程)指 MCU 可以在系统中获取新代码并对自己重新编程,即可用程序来改变程序。IAP 技术是从结构上将 FLASH 存储器映射到 2 个存储体,当运行一个存储体上的用户程序时,可对另一个存储体重新编程,然后将控制方式从一个存储体转向另一个存储体^[7]。IAP 利用单片机的串行口接到计算机的 RS485 接口,通过固件程序将所接收代码烧写到内部 FLASH^[8]。

在线升级程序分为 IAP 程序和固件更新程序 2 个部分。IAP 程序在上位机通过以太网和 RS485 总线将代码下发至目标设备,固件更新程序作为功能函数固化在 C8051F040 单片机 FLASH 中的固定地址。

3.1 总站与分站通信过程

通信协议采用 CRC 校验与奇校验机制,可有效解决数据传输过程中因干扰等原因造成接收数据错误却无法辨别的问题。由于目标设备较多,根据地址区分各个设备,将分站作为子节点,总站作为主节点,总站与分站的通信过程如图 3 所示。采用重复发送机制来进行通信的交互,如果连续发送 3 次均无应答,则进入等待状态,认为此次通信失败。

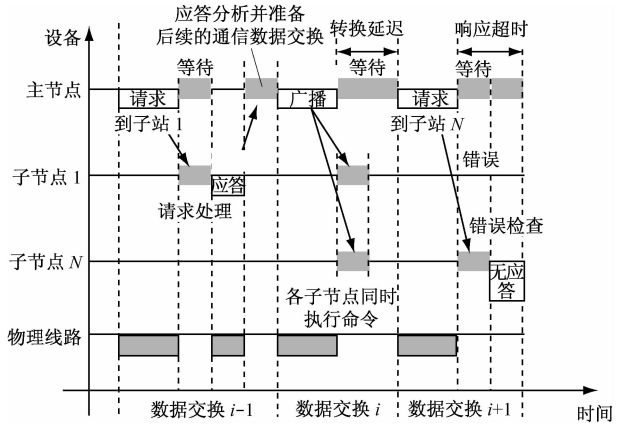


图 3 总站与分站通信过程

3.2 FLASH 空间分配

C8051F040 单片机的 FLASH 存储器可用地址空间为 0x0000—0xFDFE,每个扇区为 512 B^[9-10]。将 FLASH 空间分为 3 个部分:① Boot 区。存放系统的引导加载程序 Bootloader,完成硬件设备初始化、建立内存空间映射图,从而使系统的软硬件环境处于一个合适状态,以便最终实现应用程序的相互切换,并在升级完成后跳转至应用程序区运行更新程序,地址范围为 0x0000—0x0FFF。② APP 运行区。即用户应用程序区,用于存放正在运行的程序,地址范围为 0x1000—0x5FFF。③ 更新代码备份区。分为 Bank 0 备份区和 Bank 1 备份区,存放备份升级程序,Bank 0 备份区的地址范围为 0x6000—0xABFF,Bank 1 区的地址范围为 0xAC00—0xF7FF。

3.3 程序在线升级流程

基于 IAP 技术的程序在线升级过程:上位机下发升级指令,确定是否应该升级;当分站返回确认命令后,上位机将代码打包发送给分站;当代码接收完毕后,等待确认升级;上位机下发确认指令,查询当前版本号并进行更新。如果发生通信错误或校验错误,则返回错误指令,等待上位机重新发送。

系统固件更新内容主要包括引导加载程序、固件编程、程序下载等几个部分。

3.3.1 引导加载程序

C8051F040 中断向量范围为 0x0000—0x00A3,然而在更新过程中,由于 Bootloader 代码占用了中断向量的地址,需要改变中断地址,所以必须对中断向量表进行重映射^[11]。根据 C8051F040 中断矢量表可知,除复位中断采用 0x0000 外,其余向量均从 0x0003 开始,每个中断间隔为 8,在程序中加入头文件 Vector. A51,在 Vector. A51 中通过汇编伪指令加入新中断矢量地址的跳转入口,进而实现中断矢量的重映射。

引导程序主要由 2 个部分组成,即与 PC 机通信的串口驱动程序和 FLASH 擦写程序。由于串口驱动程序使用中断方式,即中断号为 4 的中断,所以未对其进行中断重映射。FLASH 擦写程序以页(512 B)为单位进行擦除。为了减少代码的容量,提高固件下载速度,在编程时采用 C 语言中嵌入汇编语言的编程方法。

Bootloader 的主要功能是引导加载程序,实现方法如下。

定义一个函数指针类型:

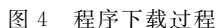
```
Jump_To_Bootloader();
```

固件的 Main 函数采用 C51 语言编写,由于固
程序占用了中断向量入口地址,必须修改
ARTUP. A51 预处理文件,并添加一段代码,对
地址进行重映射。在启动代码开始处加入以下
:

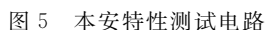
DS 1000H

程序的编程环境为 Keil uVision4, 选择 Options for Target 的 C51 选项卡, 将中断向量起始地址修改为 0x1000; 选择 Target 选项卡, 选中 Use On-chip Rom(0x0000—0xFFFF), 在 BL51 Locate 选项卡中将用户程序空间的范围改为 0x1000—0xFFFF。这样使用 C 语言编写中断函数时, Keil 编译器生成的中断函数入口地址就会自动重映射。

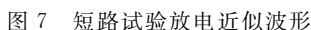
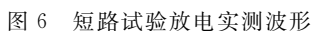
通过勾选 Options for Target 中 Output 选项卡中的 Create HEX File, Keil 可在程序编译时自动生成 HEX 文件, 上位机使用该文件来下载更新程序: 首先解析 HEX 文件, 将解析后的代码按地址排列, 空缺处填充 0xFF, 然后写入到一个目标代码文件中; 最后通过 RS485 接口将目标代码下发至 C8051F040 微控制器。程序下载过程如图 4 所示。



在电路中模拟器件损坏或短路造成电火花,测量故障回路中的电流、电压值,计算火花能量,测量电路如图 5 所示。



假设在传感器与分站接口处,电源线与地线发生短路故障。在电源线和地线之间接入刀闸开关,先将开关 S 闭合,测量电路的输出电压和输出电流(转换为电压信号),如图 6 所示。其中 ch1 代表电压,5 V/div; ch2 代表电流,2 V/div;时间均为 2 μ s/div。为便于分析,将图 6 所示实测波形近似为图 7 所示的波形。



短路放电能量为

$$W = \int u i \, dt \quad (1)$$

$$i = \begin{cases} \frac{2.5}{6}t & (0 < t < 6 \mu s) \\ -\frac{2.5}{4}(t-10) & (6 < t < 10 \mu s) \end{cases} \quad (2)$$

$$u = \begin{cases} 12 & (0 < t < 6 \text{ } \mu\text{s}) \\ 3(t-10) & (6 < t < 10 \text{ } \mu\text{s}) \end{cases} \quad (3)$$

结合图 7 及式(1)一式(3),计算得到短路电路放电能量为 130 μJ ,满足 GB 3836.1—2000《爆炸性气体环境用电气设备 第 4 部分:本质安全型“i”》对 B 类设备本安特性的要求,即放电能量小于 160 μJ 。

4.2 在线实时监测功能

分别测试了 7 路温度信号、6 路 4~20 mA 信号。温度信号采用三线制接法,测量范围为 0~200 $^{\circ}\text{C}$,测量精度可达 1%;4~20 mA 信号测量精度可达 0.5%。

总站与分站通信协议采用标准 ModBus-RTU 协议,测试中 1 台总站连接 6 台分站,实际通信数据与显示结果一致。

实验结果表明,“三机”状态监测装置可实时在线采集、处理、显示、存储监测数据,并将数据上传至上位机。

4.3 在线程序升级功能

(1) 下载升级代码。将 HEX 文件添加至固件在线升级软件中,再通过 TCP/IP 总线将代码下发至总站,总站通过 RS485 总线将代码发送至各分站;分站将接收到的代码暂存在外扩 FLASH 中,等待接收校验正确后,再写入内部 FLASH 中的对应的 Bank 区。

(2) 烧写升级代码。先擦除相应的 Bank 区(文中使用 Bank1 区),再将数据写入擦除的 Bank 区^[12]。比较可知,升级代码被写入对应的 FLASH 空间,上位机发送完升级代码且接收无误后,发送升级完成指令,程序将跳转至升级程序入口,执行升级程序。

5 结语

(1) 开发了本质安全型“三机”状态监测分站,实现了对工作面“三机”的状态监测及故障诊断。该分站体积仅为原有分站的 1/10,解决了原有分站体积过大、维护不便的问题。

(2) 应用 IAP 技术实现“三机”状态监测装置的远程在线升级功能,解决了原有“三机”状态监测装置装置升级困难、操作不便的难题,具有自动化程度高、工作量低等优点。

实验测试结果表明,改进后的“三机”状态监测

装置运行可靠,无需技术人员在井下参与维护,并且更新过程简单方便,为建立无人或少人自动化工作面提供了技术保障。

参考文献:

- [1] 闫孝姮,付华,刘南,等.综采自动化监控系统设计与实现[J].仪表技术与传感器,2011(10):73-75.
- [2] 郝宇洁.综采工作面自动化集成监测系统研究[J].矿山机械,2011,39(9):19-21.
- [3] 孙继平.煤矿自动化与信息化技术回顾与展望[J].工矿自动化,2010,36(6):26-30.
- [4] 雷志鹏,宋建成,李艳伟,等.基于 LabVIEW 的工作面输送设备远程监测与诊断系统设计[J].工矿自动化,2012,38(10):1-6.
- [5] 李磊,宋建成,田慕琴,等.基于 DSP 和 RS485 总线的液压支架电液控制通信系统的设计[J].煤炭学报,2010,35(4):701-704.
- [6] 苏波,王莉.基于 RS485 总线分布式集中润滑系统[J].工矿自动化,2010,36(9):33-35.
- [7] ZHANG Xufei, WANG Jian. Realization of remote online upgrading technology based on realview MDK and IAP function[C]// 2010 International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering, Wuhan, 2010: 6266-6269.
- [8] 赵伟,殷廷瑞.基于 ARM7 的应用程序在线升级设计[J].电子科技,2011,24(1):16-18.
- [9] Silicon Laboratories Inc. C8051F040 DataSheet[EB/OL]. (2013-05-06). http://www.google.com.hk/url?sa=t&rct=j&q=C8051f040%20DataSheet&source=web&cd=1&ved=0CCwQFjAA&url=http%3a%2f%2fwww.keil.com%2fdd%2fdocs%2fdatashts%2fsilabs%2fc8051f04x.pdf&ei=TfXsUYbLF8fzlAXLsYEQ&usg=AFQjCNGRU_Hyp0FcOmJ09cYPasqjCWp-Fw&cad=rjt.
- [10] 潘琢金,施国君.C8051Fxxx 高速 SOC 单片机原理及应用[M].北京:北京航空航天大学出版社,2002.
- [11] XU Yang, WANG Ronggang, CHENG Anyu, et al. Design of online upgrade system for the software of vehicle ECU based on CAN-bus[J]. International Journal of Advancements in Computing Technology, 2013,5(1):79-87.
- [12] 钟磊,卢文壮,左敦稳,等.C8051F 单片机的 IAP 系统设计与实现[J].微处理机,2009,30(3):9-11.