

矿用通信控制系统急停系统的设计与实现

Design and Implementation of the Emergency Shutdown System for MCCS

王珊珊 李 晨 陈 丁

(西安工业大学北方信息工程学院,陕西 西安 710025)

摘 要: 矿用通信控制系统 MCCS 是一个集自动控制、设备监测和报警保护于一体的系统,其中,急停系统又是 MCCS 的重要组成部分。为确保皮带传输系统的安全性,采用 C8051F 系列单片机,将急停系统的所有急停节点设备都设计为智能设备,并使每个智能设备均具备数据通信能力和故障定位能力。同时,急停系统采用 SKR 信号线和数据通信两种方式实现并行冗余,提高了系统数据通信的可靠性。

关键词: 通信控制系统 智能设备 故障定位 数据通信 可靠性

中图分类号: TN914 **文献标志码:** A

Abstract: Mine-used communication and control system (MCCS) is the integrated system for automatic control, equipment monitoring and alarm protection, while the emergency shutdown system is the significant composition of MCCS. To ensure the security of belt conveyor system, by adopting C8051F series single chip computer, all the devices of emergency shutdown node in emergency shutdown system are designed as intelligent devices. Each intelligent device is equipped with data communication and fault locating capabilities. In addition, the parallel and redundancy are implemented by using SKR signal wires and data communication methods in emergency shutdown for enhancing reliability of the system.

Keywords: Communication and control system Intelligent device Fault locating Data communication Reliability

0 引言

急停系统是矿用通信控制系统 MCCS 的重要组成部分,它由设备专用急停开关和拉线式急停开关共同组成。在连接电缆中设计了专用急停信号回路,以确保在紧急情况下畅通、快速地执行急停控制命令。MCCS 的急停子系统独立于其他子系统,当其他子系统出现故障时,通过急停系统仍能够将皮带传输系统停止,进一步确保了皮带传输系统的安全。

设计中的急停开关均为智能式急停开关,一旦开关动作,除了下达急停命令,其还向控制器发送报告,表明本开关的状态和位置。急停开关可以满足以下要求:①低功耗,静态工作电流小于 2 mA;②自检功能;③环境温度和系统供电检测功能;④配置功能,可以配置安装位置的相关信息。本文详细介绍了急停系统的电路原理和软件实现,并将通过模拟现场调试,针对系统性能进一步提出改进方案。

1 系统电路的硬件设计

急停系统的 CPU 采用 C8051F040/2/4/6^[1-2]。C8051F04x 系列器件具有片内 JTAG 边界扫描和调试

电路,通过 4 脚 JTAG 边界扫描和调试电路,安装在最终应用系统中的产品器件就可以进行非侵入式、全速的系统调试。该 JTAG 接口完全符合 IEEE 1149.1 规范,为生产和测试提供完全的边界扫描功能。整个系统电路的硬件设计主要由 VREF 电压基准电路、RST 复位电路和外部通信电路三部分组成。

1.1 VREF 电压基准电路

VREF 电路基准电路如图 1 所示。

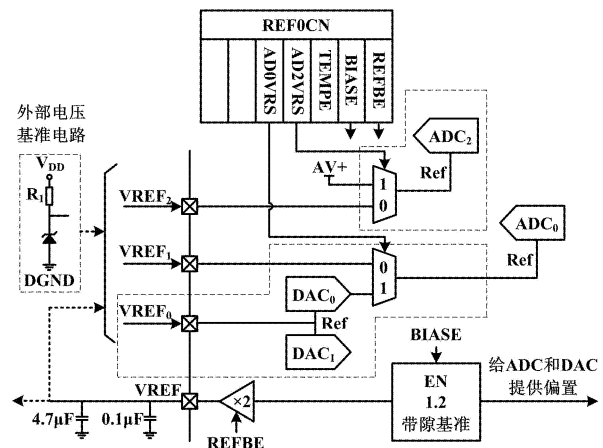


图 1 VREF 电压基准电路框图

Fig. 1 Block diagram of VREF voltage circuit

模数转换器(ADC)和数模转换器(DAC)都需要一个基准信号。VREF 电压基准电路为控制 ADC 和 DAC

修改稿收到日期:2010-06-29。

第一作者王珊珊,女,1983年生,2008年毕业于西安工业大学电子信息专业,获硕士学位,助教;主要从事信号与信息处理方面的研究。

模块的工作提供了灵活性。该电路有 3 个电压基准输入引脚 $VREF_2$ 、 $VREF_1$ 和 $VREF_0$, 允许每个 ADC 和两个 DAC 使用外部电压基准或片内电压基准输出。内部电压基准电路由 1 个 1.2 V、0.015%/°C (表示当环境温度在某个参考点每变化 1 °C, 输出电压偏离其标准值的百万分之十五) 的电压基准发生器和 1 个 2 倍增益的输出缓冲放大器组成。内部基准电压可以通过 VREF 引脚连接到应用系统中的外部器件或电压基准输入引脚。由于 VREF 引脚对 AGND 的负载最大不能超过 200 μ A, 所以在 VREF 引脚与 AGND 之间接入 0.1 μ F 和 4.7 μ F 的旁路电容。

控制寄存器 REFOCN 使能/禁止内部基准发生器和选择 ADC₀、ADC₂ 的基准输入。REFOCN 中的 BIASE 是 ADC/DAC 偏压发生器的使能位, 而 REFBE 位使能驱动 VREF 引脚的 2 倍增益缓冲放大器。当被禁止时, 带隙基准和缓冲放大器消耗的电流小于 1 μ A, 缓冲放大器的输出进入高阻状态。如果使用内部带隙基准作为基准电压发生器, 则 BIASE 和 REFBE 位必须被置“1”; 如果不使用内部基准, REFBE 位可以被清“0”。此外, 如果使用 ADC 或 DAC, 则无论电压基准取自片内还是片外, BIASE 位必须被置“1”; 如果既不使用 ADC 也不使用 DAC, 则这两位都应被清“0”以节省功耗。AD0VRS 和 AD2VRS 位分别用于选择 ADC₀ 和 ADC₂ 的电压基准源。

1.2 RST 复位电路

RST 复位电路保证电路稳定可靠地工作, 本系统的复位电路设计如图 2 所示。

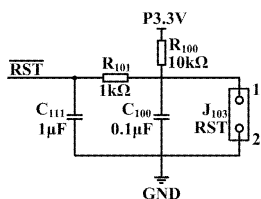


图2 复位电路

Fig.2 Reset circuit

外部RST引脚提供了使用外部强制 MCU 进入复位状态的手段。在RST引脚上加一个低电平有效信号, 将导致 MCU 进入复位状态。从图 2 中可以看出, 复位信号提供一个外部上拉电阻和去耦电容, 以防止强噪声引起复位。在低电平的RST信号撤出后, MCU 在复位状态将至少保持 12 个时钟周期。

1.3 外部通信电路

根据 C8051F040/2/4/6 的技术手册, 模拟多路器可以从 4 个外部模拟输入引脚 ($AIN_{0.0} \sim AIN_{0.3}$)、P₃ 口引

脚、高压差分放大器或片内温度传感器中选择 ADC 的模拟信号。在 MCCS 主控制器与急停系统通信电路中, 由外部数据存储接口驱动引出的外接电路主要是检测 V_{power} 、 V_t 、 V_{out} 和 V_{in} , 并通过 C8051F040/2/4/6 的 4 个外部模拟输入引脚, 把模拟信号转化为数字信号。

C8051F040/2/4/6 的 72、71、70 和 69 管脚功能分别为自检、检测电路的工作状态、CAN 总线控制和语音播报。72 管脚为高电平时, 三极管 T_{100} 导通, MOS 管 Q_{100} 截止, 此时 LED_{100} 亮, 系统开始自检, LED_{100} 的点亮状态是急停系统进行自检的标志; 当该管脚为低电平时, 急停系统进入正常的工作状态。

71 管脚和手动开关 S_{101} 相连。当系统出现紧急情况时, 按下手动开关, 71 管脚为低电平, LED_{101} 灯亮, LED_{101} 的点亮状态是系统进入到紧急停止状态的标志; 当系统正常工作时, 手动开关打到上面的触点, 使得回路呈高阻状态, 无电流产生, 该管脚和电源 3.3 V 相当于等势点, 为高电平。

70 管脚和 CAN 总线收发器 SN65HVD230 的 R_s 管脚相连。当 70 管脚为高电平时, 系统为“只听模式”, 只能接收信号, 不能发送信号, 可以降低系统功耗; 当该管脚为低电平时, 则为“斜率控制模式”, 即控制收发信号的最高速率, 这种模式可以通过连接在 R_s 管脚上的串联斜率电阻器 R_{109} 来实现。69 管脚是预留管脚, 当该管脚为高电平时, 则播放预警信号; 为低电平时, 则进行正常的语音播放。

C8051F04x 系列器件包含一个内部振荡器和一个外部振荡器驱动电路, 系统时钟可以由外部振荡器电路或内部振荡器提供。由于内部振荡器的时钟主频较高, 所以系统时钟完全由外部振荡器电路提供。外部振荡器电路可以驱动外部晶体、陶瓷谐振器、电容或 RC 网络, 这里使用晶振^[3]。外部晶体振荡器被使用后, 振荡器幅值检测电路需要一段时间才能达到正确的偏置。在振荡器工作和检测 XTLVLD 之间至少等待 1 ms, 以防止过早将外部振荡器切换为系统时钟。

2 急停系统自检的软件实现

MCCS 的软件设计是在硬件平台的基础上, 基于实时嵌入式操作系统 μ C/OS-II 开发的。远程终端监控 miniRTU 需要和上位机进行通信, 把急停系统的自检信息发送给主控制器, 并接收和执行来自主控制器的命令。在系统应用软件的任务划分中, 系统将创建一个任务来完成自检功能。在 miniRTU 与上位机的通信过程中, 为保证数据通信的准确性和可靠性, 不可以进行任务切换, 因此, 自检在任务模块中的优先级最高。

2.1 自检过程

矿井下的急停设备由系统总线相连,系统总线上每隔 100 m 处有一个急停开关。急停系统的自检过程主要是急停系统和主控制器之间通过 CAN 总线进行的数据交换^[4-5]。急停系统的自检过程是:首先确定需要检测的节点数;然后通过软件设计 AutoCheck()函数^[6],实现自动检测过程;最后完成 miniRTU 与上位机的通信。整个急停系统自动检测的流程如图 3 所示。

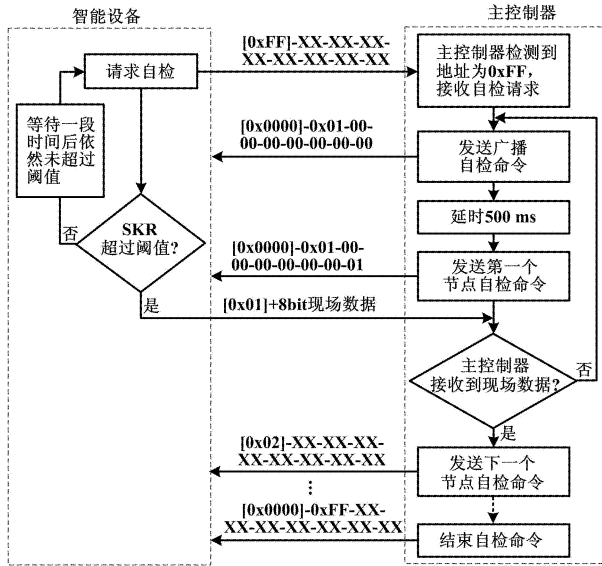


图 3 自检流程图

Fig. 3 Self-detection flowchart

从图 3 可以看出,智能设备首先请求自检(0xFF 是系统所默认的自检地址),当主控制器检测到的地址为 0xFF 时,则接收智能设备的自检请求,发送广播自检命令,并延时 500 ms。接着,主控制器向智能设备发送第一个节点的自检命令,此时,智能设备判断 SKR 电压是否低于阈值(这里阈值定义为 5 V),当 SKR 电压低于阈值时,则继续等待,直到高于 5 V,但一段时间后依然保持原样,则继续请求自检;反之,当高于阈值时,则发送现场数据给主控制器。之后,主控制器仍判断是否接收到现场数据,如果没有接收到,继续发送广播自检命令(最多只能发送 5 次),如果接收到现场数据,则向智能设备发送下一个节点的自检命令(过程同上),直到检测到终端,结束自检命令。

2.2 寻找节点

在急停系统的自检过程中,寻找急停节点是一个很重要的环节。当寻找到急停节点时,FindNod()函数将返回值“0”赋给自检过程的 NodDeviceType 变量,当 NodDeviceType 变量为 0 时,说明主控制器已经检测到该节点设备。寻找急停节点的流程图如图 5 所示^[7-8]。

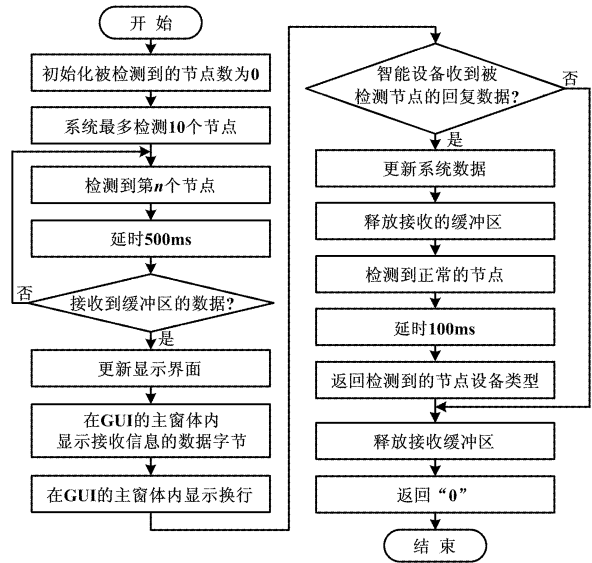


图 4 节点寻找流程图

Fig. 4 Flowchart of finding nodes

3 急停系统的调试

由于一个主控制器要控制多个智能设备的工作,当多个智能设备同时向主控制器传输数据时,容易发生总线冲突。因此,在急停系统与主控制器的通信方面,将 CAN 总线应用层的全双工方式改为半双工方式,并将传输模式由主动式改成问答式^[10]。

全双工方式虽然可以控制信息传输,且无需不断地请求急停子系统的变化数据,但在同一时刻进行发送和操作接收时会降低数据传输的可靠性。而半双工方式虽不能使通信双方同时收发数据^[12],且对于传输数据的处理速度也比较低,但却可以大大提高数据传输的可靠性。

主动传输模式为在全双工通道的配置下^[11],采用主控制器请求其他数据为主、急停子系统主动送上传输数据为辅(要求主控制器确认)的传输方式。系统在问答式传输方式下^[13],只允许主控制器启动传输服务请求,而急停子系统仅是被动响应。主控制器和急停子系统在应用层之间进行问答(请求和响应)必须依靠数据链路层提供传输服务。当急停子系统采集到重要信息时^[14],不能主动响应给主控制器。为了保证实时性,主控制器必须不断地询问急停系统是否有重要信息。因此,为了提高数据传输的可靠性,将系统的传输模式由主动式改成问答式。

4 结束语

MCCS 的急停系统采用 SKR 信号线和数据通信两

种方式进行冗余实现,提高了急停子系统数据通信的可靠性,减小了受干扰概率,降低了数据出错率。但是设计中还存在不足。如在调试过程中,将 CAN 总线应用层的全双工方式改为半双工方式,并将传输模式由主动式改成问答式,这样虽然提高了通信的可靠性,但是会产生时间延迟,从而大幅度地降低急停子系统的自检效率。因此,这样的设计还有待改进,以保证通信可靠性的同时使效率并存。

参考文献

[1] 徐璐,杨建武,宋云鹏,等. C8051F040 在曳引及制动性能检测系统中的应用[J]. 微计算机信息,2010(8):88-90.
 [2] 冯威,栗梅. 基于 C8051F041 的电力变压器非电量智能测控保护装置系统的设计[J]. 国外电子元器件,2007(6):7-10.
 [3] 周立功. ARM 嵌入式系统基础教程[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2008:156-158.
 [4] 袁越阳,鲁植雄,陈明江. C8051F040 的 CAN 模块应用研究[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2008(10):76-79.
 [5] 林叶春,黄辉,王洋. 基于 CAN 总线技术实现的船舶电站自动控制系

[6] 刘辉,李文雄,刘明生. 嵌入式实时系统 CAN 通信软件设计方案[J]. 计算机仿真,2008,25(4):138-141.
 [7] 刘晓莉,高军,赵延明. ARM 的 CAN 总线控制系统智能数据采集节点的设计[J]. 湖南科技大学学报:自然科学版,2006,21(4):79-82.
 [8] 李金刚,何志伟. 基于 C8051F040 的 CAN 总线智能节点设计[J]. 电子产品世界,2007(3):102-107.
 [9] 广州周立功单片机发展有限公司. PHILIPS LPC2000 系列 ARM7 微处理器 CAN 控制器驱动程序的编写与开发[M]. 广州,2004.
 [10] 马杰. 煤矿井下工作面通讯控制系统研究[D]. 济南:山东科技大学,2003.
 [11] 胡穗延. KT14 型矿井蜂窝状全双工移动通信系统[J]. 煤矿自动化,2000(2):4-5.
 [12] 张余,潘成康,杨文东,等. 基于可信度的半双工协同频谱检测[J]. 信号处理,2008,24(6):1012-1017.
 [13] 张继超,常迪,郑纬民,等. 数据传输模式对用户态通信的性能影响分析[J]. 小型微型计算机系统,2004,25(1):30-34.
 [14] 贺耀宜,杨晓华,季小燕. 煤矿数字化远程综合监控系统的设计与实现[J]. 工矿自动化,2007(4):75-76.

(上接第 31 页)

表 1 网络测试结果
 Tab. 1 Test results of the network

气体种类	电路性质	电压 /V	电流 /mA	电容 / μ F	电感 /mH	试验结果	网络输出
II C	线性	9	80	0.460	7.30	1	1.000 0
		28	93	0.051	1.10	1	0.955 6
		47	40	0.024	0.77	1	1.000 0
		30	10	0.070	0.50	0	-0.028 3
		30	30	0.080	2.00	0	-0.028 3
II B	线性	9	90	2.000	25.00	1	1.000 0
		28	245	0.650	0.06	1	0.568 1
		47	80	0.130	2.70	1	1.000 0
		30	100	0.200	5.00	0	-0.028 3
II C	矩形	20	300	1.000	0.15	0	-0.062 3
		5	150	1.000	1.00	1	1.000 0
		5	200	5.000	0.15	0	0.474 7
		20	50	0.300	0.50	0	-0.075 1
II B	矩形	9	150	0.500	1.00	0	0.084 7
		29	120	0.001	2.00	0	-0.062 3
		11	300	6.000	0.15	1	0.665 2
		8	250	6.600	0.50	1	0.712 1
		32	20	0.300	1.00	1	0.999 9
		4	250	7.800	2.00	1	0.714 5
		25	150	0.001	0.50	0	-0.062 3

表 1 中,试验结果为火花试验装置实际检验的结果,其中 1 表示该组参数是安全的,未点燃试验气体混合物;0 代表在该组参数下电路点燃了试验气体混合物。

网络输出为本质安全参数评定模型的输出值。比较试验结果和网络输出可知,对于大部分试验结果,网络输出都能够很好地预测实际情况,说明该网络模型的泛化能力较好,可以用于预测实际的本质安全电路参数。

4 结束语

本文归纳了本质安全参数两种传统的评定方法及其使用局限性,提炼出影响火花点燃能力的 6 个主要因素,构建出一种基于 GA-BP 神经网络的参数评定模型。试验证明该模型具有较好的预测能力,可以实现计算机在本质安全参数评定中的应用。但网络测试结果表明,该网络模型的泛化能力有待提高。

参考文献

[1] 徐建平,都明生,黄咏委. 仪表本安防爆技术[M]. 北京:机械工业出版社,2002:17-18.
 [2] 国家质量技术监督局. GB3836.4-2000 爆炸性气体环境用电气设备第 4 部分:本质安全型“i”[S]. 北京:中国标准出版社出版,2001:4-6.
 [3] 杜亚娟. 微机在测试本质安全电路电气参数中的应用[D]. 西安:西安矿业学院,1996:6.
 [4] 贾少锐,李丽宏,安庆宾. BP 神经网络算法在字符识别中的应用[J]. 科技情报开发与经济,2007,17(2):167-169.
 [5] 胡伍生,沙月进. 神经网络 BP 算法的误差分级迭代法[J]. 东南大学学报:自然科学版,2003,33(3):1-3.
 [6] 丁卫平. 基于 BP 神经网络改进算法的数据压缩方案[J]. 湖南理工学院学报:自然科学版,2009,22(4):35-38.
 [7] 夏玫. BP 神经网络泛化能力改进研究[D]. 太原:太原科技大学,2009:30-37.