

基于 STM8S 单片机的货场铁路道口自动报警装置设计^①

高兵权^{1②} 肖学福¹ 汤丽¹ 孙志海²

(1. 总后军事交通运输研究所, 天津 300161; 2. 华北科技学院科技管理处, 北京 东燕郊 101601)

摘要: 本文介绍了一种基于 STM8S208 单片机的铁路道口自动报警装置的设计方案, 该设计能够自动识别列车运行情况, 并具有系统故障自诊断、报警处理、历史数据存储等功能, 围绕提高系统可靠性的问题重点阐述了相关软硬件的设计方法及考虑。

关键词: STM8S; 铁路; 道口; 自动; 报警

中图分类号: TP368.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7169(2012)04-0035-05

0 引言

港口货场铁路与公路交口的安全报警系统至关重要, 直接影响货场内作业车辆和人员的生命财产安全, 安全报警系统检测到铁路车辆即将达到时, 启动道口的红灯警示、喇叭报警和道闸拦截, 阻止公路方向车辆和行人的通过。安全报警系统既要避免火车和汽车、行人的通过冲突, 又要最大程度的提高铁路、公路两方面的通行能力。本文设计了基于 STM8S208 单片机的铁路道口自动报警装置, 实现了铁路到达信号自动检测、传感器故障自检、道口控制、室内人工远程控制等功能。铁路车辆的运行检测使用标准的霍尔型传感器, 各种信号指示、通信和执行机构的控制也都是工业上成熟的技术, 该装置设计的关键在于如何利用成熟的技术、成熟的元器件设计出高度可靠的铁路道口自动报警设备, 在设计中重点考虑了以下问题:

一是装置的抗干扰问题, 装置工作于港口码头货场现场, 现场的电磁环境比较复杂, 同时存在不同频段不同强度的多个发射干扰源。货场内有多种多类电子电器设备, 如照明、监控、指挥调度、物流作业定位的 WIFI 等等, 都是信号发射源; 港区货场内装卸搬运保障流机(吊车、叉车、拖车、抓举车等)不停地穿梭作业, 这些车辆内部都集成了各种功率设备, 同样也是干扰源; 码头沿岸有数台门机作业, 门机使用三相交流供电, 其内部动力设备均为大功率电机, 电机运行/停止动作瞬间不但会引起电网电压的波动, 还会发出瞬时脉冲

辐射。总之无论是传导干扰, 还是辐射干扰都对铁路道口自动报警装置的干扰承受能力提出了挑战。

二是装置的故障自检能力, 重点是传感器的故障和现场道口控制执行情况, 确保传感器和执行器处于良好的工况。如果检测到输入输出通道存在异常, 主要是短路和断路情况, 应立即报警, 提示值班员排除故障, 确保铁路车辆被时刻检测到, 道口信号灯、道闸等随时能够执行控制指令。

三是装置自然环境适应性方面的要求, 主要是关注工作温度、湿度指标, 装置工作在室外环境, 温度指标要求: $-40^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$, 湿度 $\leq 95\%$ (40°C)。另外所有港口使用的电子装置不可避免地要考虑盐雾的影响, 在工艺设计方面需要对一些金属触点、接触面、元器件采取必要的涂护措施。

1 系统组成

货场铁路道口自动报警装置主要由单片机最小系统、传感器检测模块、报警输出模块、人机接口模块、故障及历史记录模块、电源模块等组成。如图 1 所示。

1.1 STM8S208 单片机

选用意法半导体公司(ST)的 8 位 Flash 存储器 STM8S208 单片机作为该装置的核心控制器, STM8S208 单片机采用 3 级流水线哈佛架构, 24MHz 时最高处理性能 20MIPS, 完全满足道口传感检测和控制的实时性需求。STM8S208

^① 收稿日期: 2012-08-26。

^② 作者简介: 高兵权(1975-), 男, 河北阜平人, 硕士, 总后军事交通运输研究所工程师, 主要从事军事装备信息化技术研究。

单片机内部 Flash 128k, RAM 6k, EEPROM 2k, 供电电压 2.95 ~ 5.5V, 外部中断 37 个, IO 口 68

个, 大电流驱动管脚 18 个, 驱动能力最大 20mA, 能够直接驱动光耦和发光二极管^[1]。

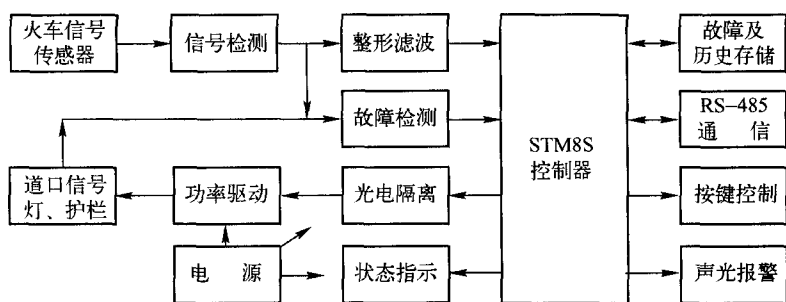


图1 系统组成

STM8S208 单片机提供一个 16MHz 内部时钟源 HSI RC, 占空比为 50%, 启动速度比外部 HSE 晶体振荡器快, 但是其精度即使经过校准也仍然比外部晶体振荡器或陶瓷谐振器低^[2], 尽管如此, 货场铁路道口自动报警装置仍然选用 HSI 作为系统时钟, 主要是考虑装置工作时不需要过高精度的时钟保障, 同时内部时钟和外部时钟相比, 省略了辅助元件, 受到的干扰大大降低, 又能够减少对周边其它元件的高次谐波辐射。装置软件设计时通过设置分频因子寄存器 CLK_CKDIVR 将 HSI RC 降频至 4MHz 使用, 进一步提升了工作时

钟抗干扰能力。

1.2 铁路信号及传感器故障检测

在货场铁路出入口两侧合适的位置布设传感器, 用于判断火车的到来和离去。基于霍尔感应原理, 火车经过时感应出脉动波形电压, 这个感应波形必须经过滤波、放大才能被 STM8S208 单片机识别, 传感器信号调理电路如图 2 所示。铁路波动信号 SS1 经过电阻 R11A 和电容 C4A 提取了交流分量, 经过 CD4069 整形后成为较为干净的方波信号 SENSOR1, 方波信号接入单片机的接收管脚。

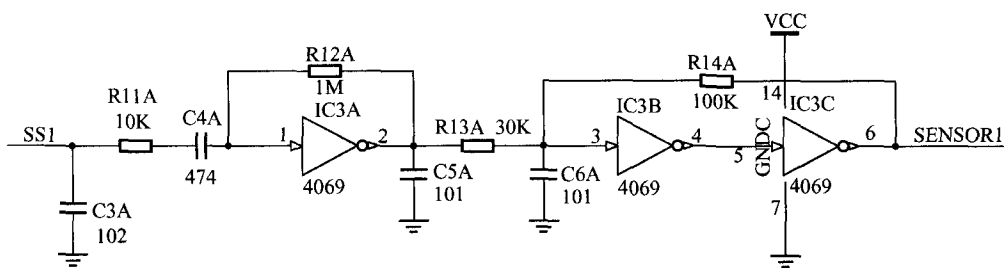


图2 火车信号检测调理电路

该套装置在现场布置时, 为了保证传感检测的可靠性, 根据需要将多个传感器并联使用, 就是在铁轨沿线布 2 个、3 个或多个传感器, 将这些传感器的两端并联在一些使用, 确保火车经过时肯定能够被探测到, 也就是只要有一个传感器是正常的, 就能感应出波形信号。为确保传感器时刻工作于良好状态, 装置必须具备传感器故障自我检查能力, 就是检测到任何一个传感器短路或断路故障时, 即产生硬件电平

中断信号, 通知 STM8S208 单片机, 单片机实时报警, 提示人工参与故障排查, 确保传感检测功能的高度可靠, 如图 3 所示为传感器故障自检电路。

铁路信号传感器就相当于一个 580Ω 的负载, 传感器信号 S1 接 +5V 上拉电阻, 传感器断路时, S1 电压会升高; 传感器短路时, S1 会变成 0V。S1 经过两级 RC 滤波变成 SS1 进入两个电压比较器, 一个是传感器电压高比较, 另一个是

传感器电压低比较。比较器正常情况下 ER1H、ER1L 输出高电平,传感器状态两个指示灯 LED1H、LED1L(短路、断路)点亮,一旦发生短

路或断路故障,一个灯会熄灭,控制面板 LED 指示灯熄灭的同时,触发单片机中断,发出声音警报和远程软件消息。

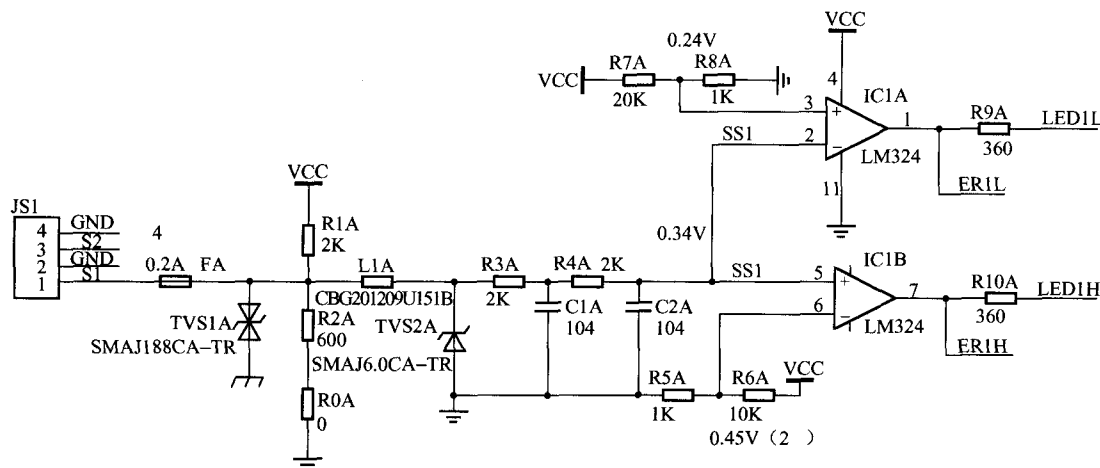


图3 传感器故障检测电路

选用单电压工业级4门运算放大器LM324做比较器使用,多路铁路信号根据并联传感器数量的不同,设定不同的比较电压,确保只要有一个传感器故障即被检测。实际设计中比较电阻的选择需要考虑传感器传输线路电阻,并不仅仅是传感器电阻值相除。另外这里选择LM324运放放大器,考虑了其工作温度指标和输出端的驱动能力,LM324能够直接驱动4个10mA工作电流的发光二极管故障指示灯。

1.3 人机接口和报警模块

人机接口和报警模块主要是LED传感器状态指示、系统运行呼吸灯指示、报警LED灯和报警喇叭等。由于该装置没有更多地显示信息,采用LED比液晶显示具有更高的可靠性和直观性。报警喇叭采用CD4011搭设波形振荡电路,由LG4425A驱动放大,报警电路和单片机之间采用光耦继电器AQW212S进行隔离防护。STM8S208单片机部分I/O口包括一个内嵌的输入施密特触发器,可以通过ADC_TDR寄存器来使能/禁止施密特触发,人工手动控制按键经过RC滤波后入施密特触发IO口,降低了硬件电平整形和软件滤波的开销。

1.4 故障及历史记录模块

为了保存系统的故障信息和工作过程历史记

录,该装置扩展了一片W25X16,W25X16是华邦公司推出的容量为16Mb,也就是2M字节的Flash存储器,同AT45DB161大小一样,W25X16将2M的容量分为32个块(Block),每个块大小为64K字节,每个块又分为16个扇区(Sector),每个扇区4K个字节。W25X16的最少擦除单位为一个扇区,也就是每次必须擦除4K个字节。这样我们需要给W25X16开辟一个至少4K的缓存区,这样对SRAM要求比较高(相对于AT45DB161来说),但是它有价格及供货上的优势,同时STM8S208能够提供4K缓冲区的RAM空间。W25X16的差些周期为10000次,具有20年的数据保存期限,W25X16支持标准的SPI,还支持双输出的SPI^[3]。使用外扩W25X16能够满足装置连续60天故障和历史数据记录的需求。这些数据能够帮助确认事故责任,同时还可以辅助软件调试完善。

2 提高系统可靠性设计的相关措施

货场铁路道口自动报警装置在设计过程中最大可能地考虑了系统运行的抗干扰能力,采取了一系列的可靠性设计措施,大体上可以分为硬件系统和软件系统两个方面,工艺上的措施本文不再阐述。硬件系统可靠性设计包括以下几个方面的措施:

2.1 系统供电方面

电源的稳定性在一个系统中占据极其重要的地位,货场铁路道口自动报警装置由公网交流220V电压供电,为此设计了开关电源+双路隔离DCDC的电源模式。使用开关电源完成了AC220V到DC12V的转换,后经双路隔离型DC-DC输出DC12V和DC5V,DC12V为功率器件供电,DC5V为STM8S208单片机、W25X16、RS485等低压芯片和传感器处理电路供电,这种供电模式为单片机系统完全剔除了公网电源干扰和大功率开关干扰。供电方面的抗干扰技巧还体现在PCB设计和处理上,在PCB走线上尽可能增大电源线的宽度,尽量单点连接,避免大面积的电流回路,在每个芯片的供电引脚就近安装了去耦电容,这些措施虽然都较为常见,但事实上的效果也很明显有效。

2.2 传感器信号处理方面

传感器信号处理方面采取了以下抗干扰措施,一是传感器供电及信号传导使用了屏蔽电缆,屏蔽空间辐射信号的影响,提升抗共模干扰能力,屏蔽层在电缆入控制箱处单点接地;二是如图3所示,在每路传感器入口处安装自恢复保险F为后处理电路提供过流保护,安装双向TVS二极管SMA188CA提供防雷击、静电保护,安装铁氧体磁珠CBG201209U151B降低传导的干扰信号,安装低压TVS管SMAJ6.0CA提供过压保护,另外,还对传感器信号实施了二次RC滤波。因为系统在设计中重视了传感器干扰信号的存在和剔除,因此也收到了预期的良好效果。

2.3 防雷击方面

港口环境较为空旷,在海边,空气湿度大,雷电现象比较严重,该装置在设备箱的市电接入口安装了德力西的HY5WZ避雷器,切断市电网传导过来的雷电,港口货场的电网极易被雷电注入;在历史的设计中,使用MOSFET驱动道口现场开关的控制方式中MOSFET管很容易被损害,主要的罪魁祸首就是雷击放电,故该设计驱动道口信号机、道闸改用了机械触点继电器PA1A,有效地避免输出开关控制遭雷击穿的问题;另外,在信号电缆入口和RS-485通信接口都安装了TVS管,

避免长距离传输导入雷击。故该装置整个从供电、传感器接入,驱动输出都采取了将雷击抵挡于外的措施。

货场铁路道口自动报警装置软件系统可靠性设计措施包括以下几个方面:

1) 软件运行监控双看门狗技术。STM8S208单片机内部集成一个看门狗模块,可以用于解决处理器因为硬件或软件的故障所发生的错误。它由一个内部的128kHz的LSI阻容振荡器作为时钟源驱动,因此即使是主时钟失效时它仍然照常工作。通过设定预分频系数寄存器IWDG_PR和重装载寄存器(IWDG_RLR),能够实现最快62.5 μ s,最慢1.02s的定时监控,本设计设定喂狗间隔为0.5s。独立于STM8S控制器,系统还设计增加了一片复位监控和看门狗一体的芯片IMP706ESA,设定IMP706喂狗间隔为1.6s,这样设计,能够保证即使在STM8控制软件异常情况下,甚至内部看门狗异常条件下,系统有效复位,恢复系统功能,起到了双保险的效果。

2) 故障记录与恢复。报警装置检测到火车到达,启动道口信号报警时,同时在内部EEPROM中记录当前警状态,每次自动或人工取消报警后,程序清除EEPROM记忆的报警标志。如果正在实施报警的情况下,由于系统异常而致使程序重新启动,软件会读取当前的报警状态并立即执行。如此报警记忆并自动恢复的设计确保只要有车就会报警,系统复位不耽误现场报警任务的执行。

3) 开关量输入信号的软件抗干扰。传感器脉冲信号的干扰是叠加在有效电平信号上的一系列离散脉冲,这些干扰确实存在,又不能完全依靠硬件加以有效抑制,设计中采用了软件重复检测的方法,隔一定时间间隔重复检测,若检测结果一致,则是真的信号,若相邻检测内容不一致,则为假信号^[4]。根据传感器波形周期的特点,选择5ms为一个采样周期,每次采样压入FIFO缓冲区Sensor_Buf,然后根据相近的4个采样值判断是否发生电平翻转,需满足三个判断条件,代码如下:

```
Sensor_Buf[0] = Sensor_Buf[1] = 1  
// 电平翻转前持续保持一致
```

```
Sensor_Buf[2] = Sensor_Buf[3] = 1
```

```
//电平翻转后持续保持一致
```

```
Sensor_Buf[1] ^ Sensor_Buf[2] = 1
```

```
//异或运算,为真则发生翻转
```

3 结语

本文以STM8S单片机为控制核心,设计的铁路道口自动报警装置具备车辆信号自动采集、故障自动报警、行车报警信息历史存储、远距离监控管理等功能,软件控制具有动态响应快,控制灵敏度高等优点,且在系统设计中贯彻了抗干扰、容错的设计思想,使之具备了较高的可靠性。从装置在天津港某货场运行的实际效

果来看,实时性满足要求,运转稳定、可靠,对道口安全报警相关的控制系统设计和实现也具有一定的指导意义。

参考文献:

- [1] STMicroelectronics. STM8S20xxx datasheet REV6. 2008
- [2] STMicroelectronics. RM0016 Reference Manual STM8S microcontroller family REV4. 2009
- [3] 刘军. 例说STM32[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2011
- [4] 王幸之等. 单片机应用系统电磁干扰与抗干扰技术[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2006

Design of automatic alarm equipment for yard railway crossing based on STM8S microcontroller

GAO Bingquan¹, XIAO Xuefu¹, TANG Li¹, SUN Zhihai²

(1. Institute of Military Transportation, Tianjin 300161; 2. North China Institute of
Science and Technology, Yanjiao Beijing-East 101601)

Abstract: This paper introduces a design of automatic alarm equipment for yard railway crossing based on STM8S microcontroller. The design can identify the coming of train, have the function of error self-diagnostic, automatic alarm, history data saving etc. it describes the design method and consideration of related software and hardware particularly focus on system credibility.

Key words: STM8S; railway; crossing; automatic; alarm