

煤矿井下安全监控分站的设计及其仿真实现

张 涛

(华北科技学院, 河北 三河 065201)

摘要: 为了设计一种具有低成本、低功耗、易操作、功能强且可靠性高的煤矿井下安全分站, 针对煤矿安全生产实际, 文章提出了采用 MCS-51 系列单片机为核心、具有 CAN 总线通信接口的煤矿井下安全监控分站的设计方案; 首先给出煤矿井下安全监控分站的整体构架设计, 然后着重阐述模拟量输入信号处理系统的设计过程, 最后说明单片机最小系统及其键盘、显示、报警、通信等各个组成部分的设计; 为验证设计方案的可行性与有效性, 使用 Proteus 软件对设计内容进行仿真验证, 设计的煤矿井下安全监控分站具有瓦斯、温度等模拟量参数超标报警功能和电机开停、风门开闭等开关量指示功能; 仿真结果表明: 设计的煤矿井下安全监控分站具有一定的实际应用价值。

关键词: 煤矿安全生产; 安全监控分站; 单片机系统; CAN 总线; 计算机仿真; Proteus

Design and its Simulation Implement of Monitoring and Control Substation for Coal Mine Safety

Zhang Tao

(North China Institute of Science & Technology, Sanhe 065201, China)

Abstract: In order to design a monitoring and control substation for coal mine safety which has low cost, low power consumption, easy operation, strong function and high reliability, the paper proposes the design scheme of the monitoring and control substation for coal mine safety. According to the actual production safety in coal mines, the paper proposes using MCS-51 series microcontroller as the core controller and using CAN field bus as communication. Firstly, the paper gives the overall structure design of the monitoring and control substation for coal mine safety, and then introduces emphatically the design process of the analog input signal processing system, finally explain the design of the smallest single-chip system and its parts which includes keyboard, display, alarm, communication and so on. To verify the validity and the feasibility of the design scheme of the monitoring and control substation for coal mine safety, the paper using Proteus software to simulate the design content. The simulation results show that: the monitoring and control substation for coal mine safety has the alarm function when the parameter such as gas or temperature exceed the standard, and has the indication function for the motor is operating or stop, door is opening or closing. The designed monitoring and control substation for coal mine safety has a certain practical application value.

Keywords: coal mine safety production; monitoring and control substation; single chip microcomputer system; CAN field bus; computer simulation; Proteus

0 引言

煤炭是我国能源的主要来源, 煤炭安全生产直接关系到国家经济发展和人民生命安全, 煤炭安全生产的意义十分重大。

煤矿生产安全监控系统是保证煤矿安全生产的重要措施, 是我国煤矿企业实现高效、安全、有序生产的重要途径。

煤矿井下安全监控分站是煤矿生产安全监控系统的重要组成部分。煤矿井下安全监控分站能够实现实时监测煤矿井下的瓦斯(甲烷)、一氧化碳、风速、压力、风门开闭、机电设备开停等多种环境参数和设备状态, 并将监测到的各种环境参数和设备状态通过工业以太网或总线方式传送到地面监控主站; 同时, 煤矿井下安全监控分站还能够执行地面监控主站发出的各种控制命令, 执行断电控制信号或者及时发出报警信号等功能^[1]。

收稿日期:2014-06-08; 修回日期:2014-07-14。

基金项目:中央高校基本科研业务费资助项目(3142011027);中央高校基本科研业务费资助项目(3142014126);华北科技学院教研基金资助项目(HKJY201410)。

作者简介:张涛(1972-), 博士, 副教授, 工程师, 主要从事自动控制、计算机控制系统、煤矿安全生产监控系统方向的研究。

本文的目标是设计煤矿井下安全监控分站的基本框架, 设计煤矿井下安全监控分站的硬件系统和软件系统, 使煤矿井下安全监控分站具备基本且实用的功能。

1 系统设计

基于单片机的煤矿井下安全监控分站的系统设计框图如图 1 所示。煤矿井下安全监控分站主要由单片机系统和信号处理系统两大部分组成。

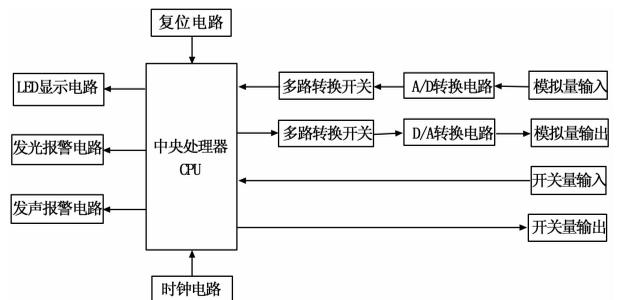


图 1 基于单片机的煤矿井下安全监控分站的系统框图

单片机系统以 MCS-51 系列单片机为核心, 包含电源电

路、时钟电路、复位电路、LED 显示电路、发光报警电路、发声报警电路等。

信号处理系统主要由四部分组成。

1) 模拟量输入信号处理系统: 读取并处理瓦斯(甲烷)传感器、一氧化碳传感器、温度传感器、风速传感器、压力传感器的测量信号。

2) 模拟量输出信号处理系统: 控制模拟量显示仪表、模拟量断电装置等, 一般较少用。

3) 开关量输入信号处理系统: 读取风门开闭状态传感器、机电设备开停传感器的测量信号。

4) 开关量输出信号处理系统: 控制数字量显示仪表、数字量断电装置等。

信号处理系统可以根据实际煤矿生产的实际情况进行简化设计, 本文的设计主要涉及模拟量输入信号处理系统和开关量输入信号处理系统^[2-6]。

2 模拟量输入信号处理系统的设计

模拟量输入信号处理系统主要用于读取并处理瓦斯(甲烷)传感器、一氧化碳传感器、温度传感器、风速传感器、压力传感器的模拟值测量信号。

因各种模拟量传感器的使用方法类似, 现以瓦斯(甲烷)传感器为例说明模拟量输入信号处理系统的设计过程。

2.1 瓦斯(甲烷)传感器

煤矿生产环境中的瓦斯, 其主要成分就是甲烷, 因此使用甲烷传感器测量煤矿生产环境中的瓦斯(甲烷)浓度。

本设计选择 GJ4 型矿用低浓度甲烷传感器用于检测煤矿生产环境中的瓦斯(甲烷)浓度。

GJ4 型矿用低浓度甲烷传感器是在有煤层及瓦斯爆炸危险环境中使用的低浓度甲烷气体传感器, 为本质安全型传感器。该甲烷传感器能够连续监测煤矿生产环境中的甲烷浓度, 并自动将检测到的甲烷浓度转换成标准的电流输出信号, 该电流输出信号可传送给井下的煤矿井下安全监控分站进行进一步的处理。

GJ4 型矿用低浓度甲烷传感器的工作电压范围是: 9~24 V; 测量响应时间: ≤ 24 s; 测量瓦斯(甲烷)浓度的范围是: 0.00~4.00%CH₄; 电流输出信号的范围是: 1~5 mA。

GJ4 型矿用低浓度甲烷传感器的甲烷浓度测量值与其电流输出信号值之间的关系为:

$$A_x = \frac{N_x - 1 \text{ mA}}{5 \text{ mA} - 1 \text{ mA}} \times (4\% - 0\%) + 0\% = (N_x - 1 \text{ mA})\% \quad (1)$$

式中, N_x 表示甲烷传感器的电流输出信号值(mA); A_x 表示甲烷传感器的甲烷浓度测量值(%)^[3]。

2.2 模拟量输入信号处理电路设计

GJ4 型矿用低浓度甲烷传感器的电流输出信号的范围为 1~5 mA, 是标准电流信号。故不再需要信号放大电路, 可直接将甲烷传感器的电流输出信号传输给 A/D 转换器进行处理。

本设计选择 A/D 转换器芯片 ADC0808 作为模数转换电路的主要器件。ADC0808 是采样分辨率为 8 位的模/数转换器件, 其工作原理采用逐次逼近原理。ADC0808 的内部含有一个 8 通道的多路开关, 可以根据地址码锁存译码后的信号, 选通 8 路模拟输入信号中的一个进行 A/D 转换。ADC0808 的输出数字信号通过三态缓冲器可直接与单片机的数据总线相

连接。

采用 ADC0808 的瓦斯传感器输出信号处理电路如图 2 所示。甲烷传感器的电流输出信号接 ADC0808 的 IN0 端口, 同时设置 ADC0808 的通道选择端口 C、B、A 均为低电平。

该电路的 A/D 转换工作过程主要分为 3 步:

1) 单片机通过 P3.6 端口输出高电平, 控制 ADC0808 的 START、ALE 端口使之启动 A/D 转换。

2) ADC0808 的 A/D 转换过程结束后, 其 EOC 端口输出高电平; 单片机通过查询 EOC 端口输出是否为高电平, 即可判断出 A/D 转换是否结束。

3) 单片机通过 P3.7 端口输出低电平, 控制 ADC0808 的 OE 端口使之输出 A/D 转换结果; A/D 转换结果由 ADC0808 的 OUT1~OUT8 端口传输到单片机的 P0.0~P0.7 端口。

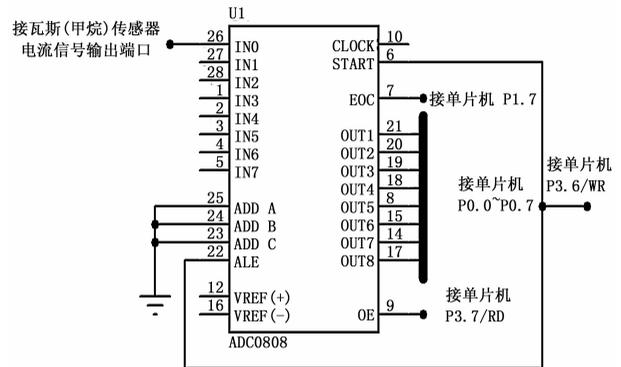


图 2 瓦斯传感器输出信号处理电路

3 单片机系统设计

3.1 单片机

本设计选用 AT89C52 型号的单片机。AT89C52 是一个低电压、高性能的 8 位单片机, 该单片机兼容标准的 MCS-51 指令系统。单片机片内置通用 8 位中央处理器(CPU)和 32 个双向 I/O 口, 还含有 8k 字节的可反复擦写的只读程序存储器(Flash)和 256 字节的随机存取数据存储器(RAM)。AT89C52 单片机的功能强大, 可作为许多较复杂控制系统的中央处理控制器。

3.2 键盘电路设计

因为煤矿井下安全监控分站所需要的按键功能较少, 可以不必使用扩展芯片, 直接利用单片机空闲端口来设计实现键盘。

设计的键盘电路如图 3 所示。单片机 P3.0~P3.3 端口分别检测 4 个按键的输入, 4 个按键的功能分别为: “分站启动运行” 按键用于启动煤矿井下安全监控分站的运行; “分站停止运行” 按键用于停止煤矿井下安全监控分站的运行; “发光报警检测” 按键用于检测煤矿井下安全监控分站的发光报警能否正常工作; “发声报警检测” 按键用于检测煤矿井下安全监控分站的发声报警能否正常工作。

3.3 显示电路设计

在本设计中, 煤矿井下安全监控分站所检测的开关量信号由相应的指示灯指示显示。此处的显示电路为 3 位 LED 显示器, 用于显示煤矿井下安全监控分站所检测的模拟量信号。

3 位 LED 显示器中的第一位 LED 显示器显示模拟量的“通道号”, 表示第几路模拟量信号; 后两位 LED 显示器显示

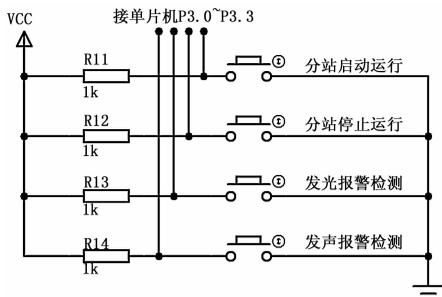


图 3 键盘电路

模拟量的“数字量”，表示该路模拟量信号数值的大小。

3.4 报警电路设计

当各模拟量传感器测量值超过报警范围时，报警电路应动作，发出声光报警信息。

设计的模拟量传感器报警电路如图 4 所示。例如，当甲烷（瓦斯）传感器测量甲烷（瓦斯）的浓度超过 1%CH₄ 时，甲烷（瓦斯）发出灯光报警信号，即图中的黄灯 D1 点亮。同时，发声报警扬声器发出声音，提醒煤矿生产人员及时采取相应的安全措施。

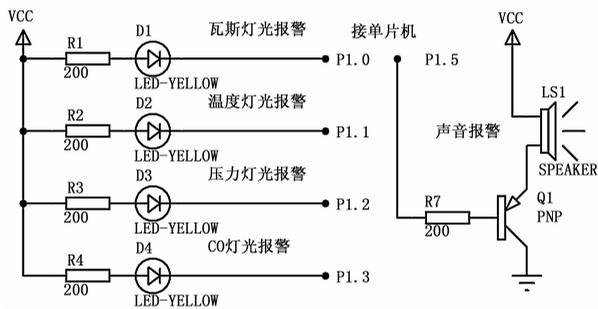


图 4 报警电路

3.5 通信电路设计

为便于煤矿井下安全监控分站与其它装置进行通信，需要设计通信电路。本设计采用 CAN 总线通信接口电路，煤矿井下安全监控分站可以和具有 CAN 总线通信接口的井下分站、井上主站等装置进行通信。

设计的通信电路如图 5 所示。CAN 总线通信接口电路主要由 CAN 总线控制器 SJA100 和 CAN 总线收发器 PCA82C250 等芯片组成^[7-9]。

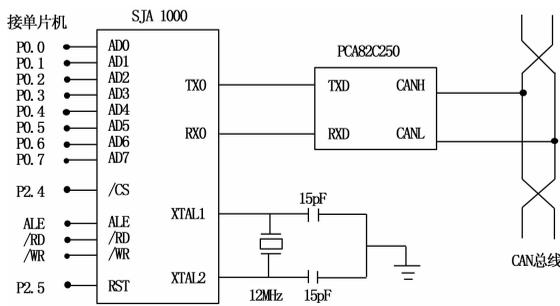


图 5 通信电路

3.6 软件设计

基于单片机的煤矿井下安全监控分站的软件设计思路及其主要功能包括：

1) 初始化单片机系统，定义各个外围功能芯片的工作参数；

2) 循环设置 A/D 转换器的通道地址，以接通各模拟量传感器的数据通道；

3) 启动 A/D 转换器，单片机读取当前模拟量传感器的 A/D 转换结果；

4) 将模拟量传感器的 A/D 转换结果送给 LED 显示器进行显示；

5) 判断模拟量传感器的 A/D 转换结果是否超过报警范围，若超过报警范围，则报警电路动作，发出声光报警信息；

6) 单片机分别检测开关量信号值，并控制相应的指示灯指示显示^[10]。

4 煤矿井下安全监控分站的仿真实现

为验证设计内容的正确性和可行性，可以采取制作实物的方式或者计算机仿真的方式对设计内容进行验证。此处，采用计算机仿真的方式对设计内容进行验证。计算机仿真是应用电子计算机对所设计系统的结构、参数、功能等进行模仿。可以利用 Proteus 软件对基于单片机的煤矿井下安全监控分站进行仿真模拟。

使用 Proteus 软件设计基于单片机的煤矿井下安全监控分站的仿真模型。Proteus 软件中没有模拟量传感器的模型，可利用电位器代替模拟量传感器。分别调整电位器，电位器的输出电压信号表示模拟瓦斯传感器的输出电压信号，ADC0808 将模拟电压信号 A/D 转换后送给单片机，单片机再对此转换后的数字信号进行处理。

本文设计的甲烷（瓦斯）传感器测量甲烷（瓦斯）的浓度范围为 0~4%CH₄。当甲烷（瓦斯）传感器测量的甲烷（瓦斯）的浓度超过 1%CH₄ 时，发出甲烷（瓦斯）灯光报警信号；同时，发声报警扬声器发出声音报警信号，如图 6 所示。图中，第 1 位 LED 显示器显示“0”，表示甲烷（瓦斯）传感器位于“数据通道 0”。后 2 位 LED 显示器显示“99”，其为 16 进制数值，换算成 10 进制数值为 153，则表示当前测量的甲烷（瓦斯）浓度值为： $153/255 \times 4\% = 2.4\%CH_4$ 。另外，图中的电机开停传感器测量结果为“电机开动运行”，相应的电机开停指示灯（绿色）点亮。

类似地，当温度传感器测量的温度数值超过 25℃ 时，发出温度灯光报警信号；同时，发声报警扬声器发出声音报警信号。温度超标报警状态的图形与图 6 类似，只是此时第 1 位 LED 显示器显示“1”，表示温度传感器位于“数据通道 1”。后 2 位 LED 显示器显示“50”，其也为 16 进制数值，换算成 10 进制数值为 80，则表示当前测量的温度值为： $80/255 \times 100\text{℃} = 31.37\text{℃}$ 。

5 结论

本文从煤矿生产实际情况出发，结合作者在煤矿安全生产领域的科研与教学实践，设计实现了基于单片机系统的煤矿井下安全监控分站。

本文首先给出了采用 MCS-51 系列单片机为控制核心的煤矿井下安全监控分站的整体构架，然后对煤矿井下安全监控分站各个组成部分进行了详细的设计，给出了煤矿井下安全监控分站的硬件设计电路和软件设计思路。最后，使用 Proteus 软件验证设计方案与设计内容的正确性和可行性。仿真结果表明：设计的煤矿井下安全监控分站具有瓦斯、温度等模拟量参数超标报警，电机开停、风门开闭等开关量指示等功能，能够实现

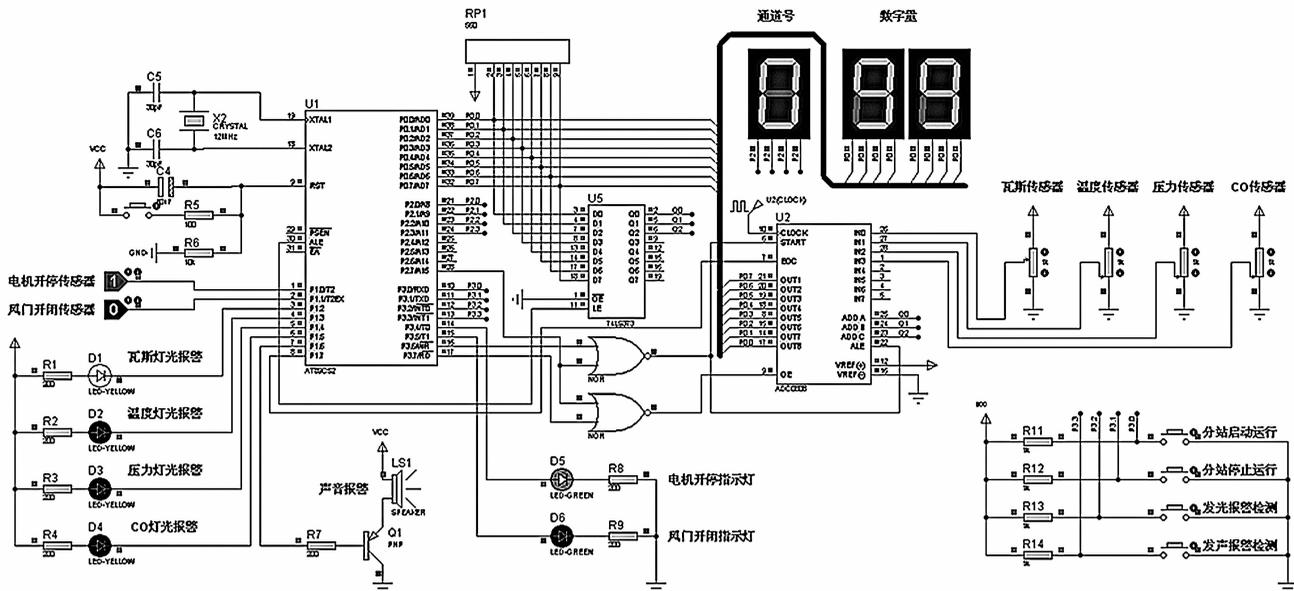


图 6 煤矿井下安全监控分站的瓦斯超标报警状态

煤矿井下安全监控分站的设计功能，具有一定的实际应用价值。

参考文献：

[1] 薛鹏骞, 潘玉民, 张 涛, 等. 煤矿安全检测技术与监控系统 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2010.

[2] 张 涛, 潘玉民. 自动控制系统实验实践教程 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2010.

[3] 李 彬, 袁建平, 岳晓奎. 基于远程操作的多路信号采集与开关控制系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2011 (4): 829-831.

[4] 朱前伟, 刘春霞. 高可靠性矿用分站的设计 [J]. 工矿自动化, 2011, 37 (3): 67-70.

[5] 赵忠宪, 高宗华, 陈玉明, 等. KJ70 煤矿安全监控分站的设计与

研究 [J]. 自动化与仪器仪表, 2011 (1): 141-143.

[6] 陈 健. 基于微控制器 LPC2101 的煤矿安全监控系统分站的设计 [J]. 中国矿业, 2009, 18 (1): 104-108.

[7] 齐亚峰, 周德华. 基于超低功耗单片机的 CAN 总线通信方案的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2007 (4): 531-532.

[8] 张 涛, 薛鹏骞, 蒋静坪. 基于 CAN 总线的煤矿安全监测监控系统的设计 [J]. 煤炭科学技术, 2007, 35 (6): 46-48.

[9] 朱 雄, 张 涛. 基于 CAN 总线的煤矿安全智能测控节点的设计 [A]. 第 18 届全国煤矿自动化与信息化学术会议论文集 [C]. 北京: 煤炭工业出版社, 2008.

[10] 张 涛, 薛鹏骞, 蒋静坪. 基于 LON 总线的煤矿安全生产监控系统 [A]. 煤矿安全发展战略学术研讨会论文集 [C]. 北京: 煤炭工业出版社, 2008.

(上接第 85 页)

而无须考虑网络的底层实现，计算机监控终端即可通过 Internet 与网关建立通信功能。

4 实验结果

计算机程序工作正常，能够实现操作者指令的发送和路灯运行状态数据的采集，可以实时显示各个路灯的工作情况，计算机与网关的通信延迟不超过 2 s。值班人员可通过计算机软件对路灯进行远程监控，实现对路灯的单灯控制、整体控制、定时控制、亮度调节、照明亮度数据采集等功能。当路灯出现故障时，网关可以主动报告故障路灯的信息给远程计算机和值班人员手机，以便故障路灯得到及时维修。路灯能根据其周围环境的亮度自动调整 LED 灯的驱动电流，以降低路灯功耗，节约电源。

5 结束语

无线智能路灯监控系统的设计有利于实现城市路灯的智能监控，提供节能高效的照明，缓解城市用电压力，更好地服务社会，符合现代化城市的发展方向。

本系统从开始设计到实物制作，一直遵循“智能化、人性化”的理念，一切从实际出发。该控制系统性能良好，成本低

廉，其包含的核心技术经过企业消化后，可直接投入市场，有望产生较好的经济效益和社会效应，推动现代化智慧城市的建设。

参考文献：

[1] Zhu X Q, Chen Z X, Zeng H, et al. An Environmental Monitoring Network with AODVjr-PB Routing Algorithm [J]. Journal of Computers, 2013, 8 (9): 2217-2224.

[2] 程世友. 路灯远程监控装置 [P]. 中国: ZL200720200392. 1, 2008-04-02.

[3] 李宏超. 智能路灯远程控制系统 [D]. 郑州: 郑州大学, 2010.

[4] 张 伟, 王宏刚, 程培温. 基于 GPRS 的智能路灯远程监控系统的研究 [J]. 计算机测量与控制, 2010, 18 (9): 2104-2106.

[5] 孙 戈. 基于 S3C2440 的嵌入式 Linux 开发实例 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2010.

[6] 丛 林, 杨 凯, 胡文东, 等. 基于 nRF24L01 和 STM32L152RD 超低功耗无线通信系统 [J]. 电视技术, 2013, 37 (17): 66-69.

[7] 谱泰通信公司. PTM105 GSM/GPRS 模块 AT 指令集 [Z]. 2014.

[8] 张兰勇. LabVIEW 程序设计基础与提高 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2013.