

基于单片机的矿井安全监测系统设计

黄耀雄

(西北民族大学, 甘肃 兰州 730124)

摘要: 为了保障煤矿安全生产, 减少煤矿瓦斯爆炸事故的发生, 文章设计了一款基于 AT89C51 单片机的矿井安全监测系统。本系统通过传感器对当前矿井内的甲烷浓度、烟雾浓度、温度、湿度等环境中的数据进行采集, 将采集到的数据经过单片机处理后, 传送到 LCD1604 显示屏上进行显示。当通过按键模块给单片机下达数据传输指令时, 可以将当前采集到的甲烷浓度、烟雾浓度、温度、湿度通过单片机串行口传输给上位机; 当监测到当前采集到的数据大于设定的上限时, 会触发声光警报, 以实现对矿井的安全监测。

关键词: 单片机; 安全监测; 煤矿; 传感器

中图分类号: TP311

文献标识码: B

文章编号: 2096-9759(2023)07-0204-03

0 引言

随着经济的发展, 我国煤炭产量也在逐年增加, 2022 年全国煤炭总产量约 44.5 亿吨, 同比增长 8%, 全年实现增产煤炭 3.2 亿吨^[1]。煤矿开采作为高危行业, 在其开采过程中会产生大量的甲烷和一氧化碳等易燃易爆气体。据《煤矿安全规程》规定, 在采掘工作面及其他巷道内, 体积大于 0.5m³ 的空间内积聚的甲烷浓度达到 2.0% 时, 附近 20m 内必须停止工作, 撤出人员, 切断电源, 进行处理。当采掘工作面温度超过 26℃, 机电室温超过 30℃, 应立即停止工作、撤离人员^[2]。为了防止瓦斯浓度超过安全标准, 减少煤矿瓦斯事故的发生, 因此现代化煤矿需要一套安全的监测系统。

1 系统总体设计

该安全监测系统使用了以 AT89C51 为内核的主控芯片, 由瓦斯传感器、烟雾传感器、温湿度传感器、A/D 转换模块、声光警报等部分组成一套完整的矿井安全监测系统, 其系统总体思路框图如图 1 所示:

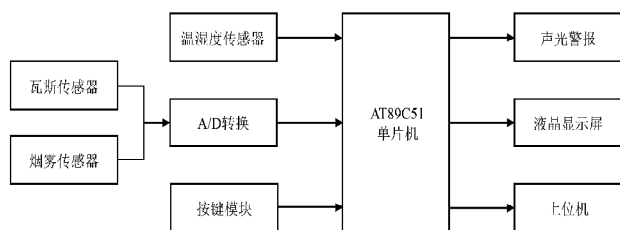


图 1 系统总体思路框图

2 系统硬件电路设计

2.1 单片机最小系统

用最少的元件组成的可供单片机工作的系统称为单片机最小系统。本文设计的系统由晶振电路、复位电路和 51 单片机三者构成单片机的最小系统, 其电路图如图 2 所示。

选用美国 ATMEL 公司生产的 AT89C51 单片机作为主控芯片, AT89C51 内部含 4K 程序数据的存储器和 256 字节片内数据存储器, 可以反复擦除程序 1000 次。在生产过程中采用 ATMEL 高密度非易失存储器制造技术, 能与工业标准的 MCS-51 相兼容, 上手简单^[3]。单片机的运行必须依赖于稳定的时钟脉冲, 选用 12MHZ 的片外石英晶体振荡器给单片机提供工作信号脉冲。随着科技的发展进步, 现如今的大多数单片机已集

成内部时钟, 在一般的应用场合中可以不使用片外晶振, 但由于内部时钟容易受外界干扰, 且矿井内部电子设备较多, 晶振电路的加入还是必要的^[4]。复位电路就是在单片机的复位引脚产生一个复位信号, 使单片机处于复位状态。由图 2 可知, 在时钟信号开始工作后, 按下复位键, 当 RST 引脚施加到 24 个以上的时钟振荡脉冲的高电平, 单片机便可以完成复位。

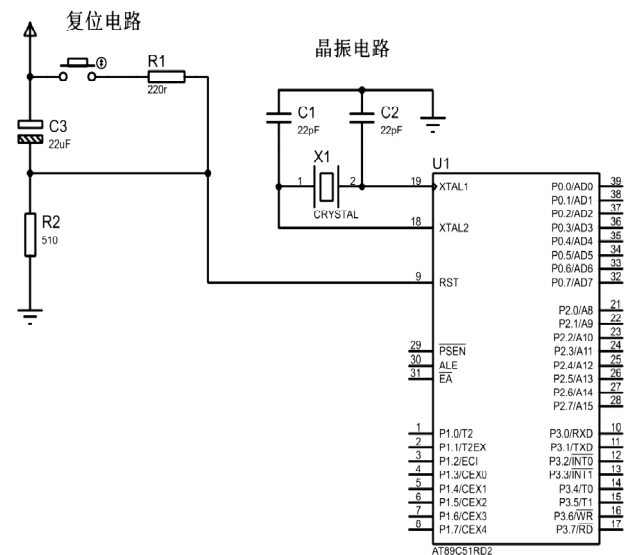


图 2 单片机最小系统电路图

2.2 气体传感器

2.2.1 甲烷传感器

瓦斯的主要成分是甲烷 (CH₄)，属易燃易爆性气体，本文设计中的甲烷传感器选用 MQ-4 天然气传感器。由于二氧化锡 (SnO₂) 在清新空气中的电导率较低, 利用这一特性, 选其作为 MQ-4 天然气传感器的气敏材料最适合不过。传感器内部的气敏元件对矿井内不同瓦斯浓度会呈现出不同的阻值, 经过电路转换, 即可得到瓦斯浓度相对应的模拟输出。同时这款传感器具有高灵敏度、长寿命、低成本、驱动电路简单等优点。

2.2.2 烟雾传感器

由于矿井内部环境复杂, 一旦发生火灾后果不堪设想, 因此对烟雾浓度的监测是很有必要的, 本系统选用 MQ-2 型烟雾传感器。该款传感器具备探测范围广、灵敏度高、抗干扰能力

收稿日期: 2023-04-07

作者简介: 黄耀雄 (2001-), 男, 广西南宁人, 现就读于西北民族大学, 主要研究方向为电子信息。

强等优点。作为 MQ 系列气体传感器, 这款传感器也是以二氧化锡 (SnO_2) 作为半导体气敏材料, 也会对矿井内不同烟雾浓度呈现出不同的阻值。当与烟雾接触时, 如果晶粒间界面的势垒收到烟雾的调至而变化, 就会引起表面导电率的变化。根据这一特点可证明烟雾的存在, 矿井内的烟雾浓度越大, 导电率越大, 输出电阻越低, 则输出的模拟信号就越大^[5]。

2.2.3 A/D 转换

由于 MQ-4 天然气传感器和 MQ-2 烟雾传感器输出的都是模拟信号, 必须使用模数转换器将其转换成数字信号才能传输到单片机进行处理, 本次设计选用 ADC0832 转换芯片来实现模数转换功能。该转换芯片具有体积小, 兼容性强, 性价比高等优点。ADC0832 的功能引脚图如图 3 所示, ADC0832 具备双通道 A/D 转换, 在设计时, 模拟输入通道 CH0 用作烟雾浓度模拟信号采集口, 模拟输入通道 CH1 用作甲烷浓度模拟信号采集口, 将采集到的模拟信号转换成数字信号后输入到单片机进行实时处理^[6]。

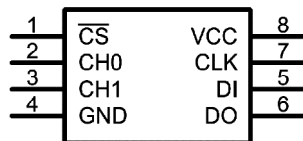


图 3 ADC0832 功能引脚图

2.3 温湿度采集模块

本系统选用 DHT11 数字温湿度传感器用作温湿度的数据采集工作。DHT11 是一款复合型的数字温湿度传感器, 它应用专用的数字模块采集技术和温湿度传感技术, 能够输出已校准的数字信号^[7], 在使用过程中稳定可靠。DHT11 将整个数据的采集过程集成到一个传感器上, 其内部结构如图 4 所示, 其中包括一个电阻式感湿元件和一个 NTC 测温元件, 并与一个高性能的单片机相连接。因此具备响应快、抗干扰能力强、性价比高等优点, 能够满足对矿井内部环境的温湿度数据采集^[8]。

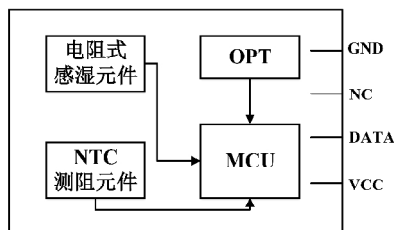


图 4 DHT11 内部结构

2.4 显示模块

本文设计的安全监测系统只针对矿井内部的四个环境参数进行监测, 所以显示模块选用 LCD1604 液晶显示屏。这款液晶显示屏能够同时显示 16×4 (即 4 行 16 列) 个字符, 在设计时, 温度、湿度、烟雾浓度、瓦斯浓度分别用 WD、SD、YW、WS 来表示, 上限用大写的 H 表示, 温度单位 ($^{\circ}\text{C}$) 用大写的 C 表示, 湿度、烟雾浓度、瓦斯浓度用 % 表示。假设上限值用小写的 xx 表示, 实时刷新的数值用 ** 表示, 第 1 行用于显示温度上限和当前环境温度值 (WDH:xxC **), 第 2 行用于显示湿度上限和当前环境湿度值 (SDH:xx% **), 第 3 行用于显示烟雾浓度上限和当前环境烟雾浓度值 (YWH:xx% **), 第 4 行用于显示瓦斯浓度上限和当前环境瓦斯浓度值 (WSH:xx% **)。该款显示屏具有显示清晰、轻巧、功耗效率高、无电磁辐射、数字式接口简单方便、应用范围广等优点, 因此这类显示器与单片机的连接比较简单方便^[9]。

点, 因此这类显示器与单片机的连接比较简单方便^[9]。

2.5 按键模块

本文选用手动按键控制电路, 操作简单方便, 总共设计 4 个按键按钮: 选择键、增加键、减少键、串口键。接通电源后, LCD1604 显示屏会先显示初始设置的环境参数上限值, 第一次按下选择键进入温度上限调节模式, 可通过增加键和减少键来实现对温度上限的调节, 再按下选择键可进入下一调节模式, 重复以上操作, 完成对四个环境参数上限的设置后, 第五次按下选择键, LCD1604 显示器会将当前温度、湿度、烟雾浓度、瓦斯浓度实时显示在屏幕上, 当按下串口键, 可将当前数据通过单片机串行口传输给上位机, 方便矿井外的工作人员实时了解到矿井内部的情况^[10]。

2.6 声光警报

本文设计的矿井安全监测系统选用一个蜂鸣器和两个 LED 灯 (红灯和绿灯) 作为声光警报设备。当矿井内的瓦斯浓度、烟雾浓度、温度、湿度均没有超过设置的初值时, 蜂鸣器不响, 亮绿灯; 当任一环境参数超过设置的初值时, 蜂鸣器响, 亮红灯。

3 系统软件设计

本文设计的矿井安全监测系统的核心部分就是系统的软件设计, 设置开发环境为 keil uvision5 编译器, 程序使用 C 语言进行编写, 各部分采用模块化设计。当系统上电后, 单片机进行模块初始化, 气体传感器、温湿度传感器开始对矿井内部环境中的瓦斯浓度、烟雾浓度、温度、湿度进行数据的采集, 单片机对采集到的数据进行处理, 判断是否超过设置的上限值, 若有任一数据超过上限值, 则亮红灯, 蜂鸣器响, 反之亮绿灯, 蜂鸣器不响, 并将当前采集到的瓦斯浓度值、烟雾浓度值、温度值、湿度值实时显示在 LCD1604 液晶显示屏上, 检测系统是否收到数据传输指令, 若接收到指令则将当前采集到的瓦斯浓度值、烟雾浓度值、温度值、湿度值通过单片机串行口传输给上位机。通过对矿井内部的四个环境参数实时的监测, 一旦发现问题, 可立即让工作人员停止工作, 并迅速撤离现场, 避免事故的发生。系统软件设计的主程序流程如图 5 所示:

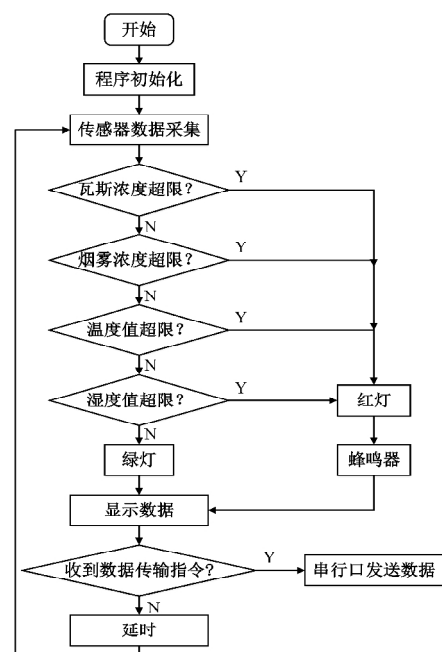


图 5 主程序流程图

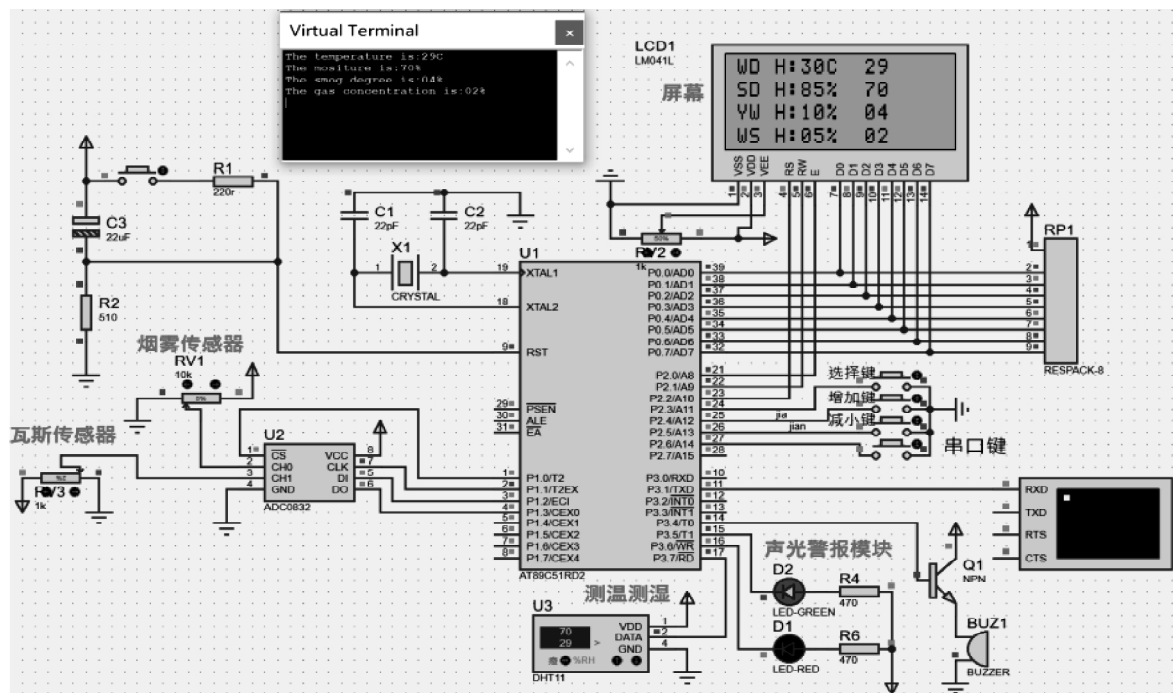


图6 仿真电路图

4 系统仿真

选用 Proteus 软件对安全监测系统进行仿真, 来验证设计方案的可行性。由于在 Proteus 软件的元器件库中没有 MQ-2 烟雾气体传感器和 MQ-4 天然气传感器的虚拟模拟器件, 所以在仿真过程中用滑动变阻器来代替。首先在 keil uvision5 编译器编好 C 语言程序, 然后再将程序代码导入到 Proteus 软件的 AT89C51 单片机中进行仿真。仿真电路图如图 6 所示。

在 Proteus 仿真中, 单片机的 P0 口连接 LCD 液晶显示器的数据传输接口, 同时为了稳定输出端的电位, 提高输出端的电流, 增强引脚的驱动能力, 还需要在 P0 口接一个上拉电阻, P1 口连接 ADC0832 的功能引脚, P2.3、P2.4、P2.5、P2.6 分别连接选择键、增加键、减少键、串口键, P3.1 连接到上位机, P3.4 连接蜂鸣器, P3.5、P3.6 连接 LED 电路, P3.7 连接 DHT11 数字温湿度传感器的数据传输接口。

当矿井内的温度、湿度、烟雾浓度、瓦斯浓度均在设置的允许范围时, 亮绿灯, 蜂鸣器不工作; 当任一环境参数超过设置的允许范围, 亮红灯, 蜂鸣器工作; 当按下串口键, 可将当前采集到的数据通过单片机串行口传输到上位机。通过 Proteus 软件对系统仿真, 进一步验证了系统硬件设计和软件设计的合理性。

5 结语

煤矿开采作为高危行业, 每年都有煤矿瓦斯爆炸事故的发生, 为有效解决这一问题, 文章通过气体传感器、温湿度传感器来采集矿井内部实时的瓦斯浓度、烟雾浓度、温度、湿度, 后由单片机对数据进行处理, 判断是否超限, 进而来控制 LED 灯和蜂鸣器, 并将采集到的数据显示在 LCD 显示屏上, 实现了对现代化矿井的安全监测。

本文设计的矿井安全监测系统采用 AT89C51 作为主控芯片, 该芯片成本低, 在教学领域和其他对性能要求不高的场合

被大量采用, 但运行速度过慢, AD 转换、EEPROM 等功能需要靠扩展, 增加了硬件和软件负担, 在将来的升级中主控芯片将会用 STM32F103C8T6 系列芯片进行替换。该系统在发现矿井内部存在危险时, 仅能通过声光警报来提醒煤矿工人撤离现场, 并未能对存在的危险进行进一步的处理, 在未来的设计中可加入通风系统。当矿井内的甲烷浓度过高时, 可通过通风系统对矿井内部的空气进行更换, 以降低矿井内部的甲烷浓度。此系统实用性高, 发展前景广阔, 对于保证煤矿安全具有重要意义。在今后还需不断升级优化, 令其得到更好的应用。

参考文献:

- [1] 煤炭资讯网.CCTD 重磅分析: 2023 年煤炭市场展望[Z].
- [2] 晏勇, 周相兵. 基于物联网矿井瓦斯动态监测与预警系统设计[J]. 实验室研究与探索, 2016, 35(1): 93-96+105.
- [3] 沈华刚, 赵旭, 蒋世权, 等. 基于 AT89C51 单片机的鸡舍环境检测与控制系统[J]. 河南科技, 2021, 40(2): 24-26.
- [4] 电子发烧友. 单片机晶振电路的原理和作用图解[Z].
- [5] 陈家敏, 顾捷. 基于单片机的家居烟雾检测系统设计[J]. 电子测试, 2022, 36(20): 29-31.
- [6] 俞纪良, 刘壮林, 范海平, 等. 基于单片机的自动浇花系统设计[J]. 电子设计工程, 2022, 30(18): 11-15.
- [7] 王冰. 基于单片机的温湿度测量仪自动控制系统设计[J]. 智慧农业导刊, 2021, 1(01): 14-17.
- [8] 王守华, 黄晓. 基于无线传感和 GSM 场测试在现代农业中的应用[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(32): 20254-20255.
- [9] 董小艳, 王娟勤, 李梅. 基于 AT89C52 的农业温湿度智能控制系统设计[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(2): 237-240+254.
- [10] 步亚昆, 郭俊美, 刘海英. 基于 51 单片机的智能火灾报警系统的设计与实现[J]. 齐鲁工业大学学报, 2021, 35(4): 53-58.