

可视化电气火灾预警系统的设计与实现

邱文挺, 杜勇前

(华侨大学 计算机科学与技术学院, 福建 厦门 361021)

摘要: 设计一种基于 CORTEX-M3 平台的电气火灾预警监控系统,通过判断剩余电流和环境温度,实现对电气火灾有效的预防. 系统采用总线型结构,分为中心监控平台和前端报警探测机两个部分. 中心监控平台通过 RS-485 网络可同时连接 127 台探测机,监管 1 016 个监控区的火灾数据;采用 QVGA 彩色液晶触摸屏,嵌入中文菜单,以较少的资源实现友好的人机交互界面. 测试结果表明:该系统各项指标均符合国家标准,而且稳定性好、性价比高.

关键词: 电气火灾; 预警; 剩余电流; DS18B20; STM32; 可视化

中图分类号: TP 368.1 **文献标志码:** A

近年来,随着我国经济飞速发展,人们对电能的需求与日俱增. 但电能又是一把双刃剑,在给我们生活带来方便的同时也对我们的生命财产安全构成潜在的威胁. 每年因电气故障引发的火灾不断增加,如何对电气火灾进行预防成为一个不容忽视的问题. 电气火灾发生的原因有许多,如短路、过载、漏电、静电、电弧^[1]等. 其中漏电故障比较隐蔽,不容易被发现. 传统的电气火灾预警设备,虽然能对电气火灾的发生起到一定的预防作用,但是还存在几点不足:1) 大多可视化功能不够完备美观^[2],简陋的提示信息和繁琐的按键容易让人操作失误;2) 一些有完善可视化功能的设备,成本太高^[3],不利于推广;3) 大多独立工作,管理不便;4) 往往在火灾发生后才能发现并报警,无法预先发出警情^[4]. 针对这些不足,本文提出一种基于 CORTEX-M3 平台的可视化火灾预警系统.

1 系统整体设计

可视化火灾预警监控系统采用总线型结构,分为中心监控平台和前端报警探测机两个部分,其网络拓扑如图 1 所示. 中心监控平台通过 RS-485 网络可同时连接 127 台探测机,每台探测机有 8 个通道(探测机有 8 通道剩余电流、8 通道温度、4 通道电流并 4 通道温度几种型号,供现场安装时使用),即最多能同时监管 1 016 个监控区.

中心监控平台采用嵌入式平板主机来实现,其内嵌硬件看门狗,能在故障时自动复位,确保系统稳定可靠的运行. 当前端报警探测机发现火灾隐患后,现场发出声光报警,并将警情上传中心,并第一时间通知工作人员. 这种结构在确保监控区安全的同时,也大大提高了火灾监管的方便性.

2 前端报警探测机设计

前端报警探测机选择意法半导体公司生产的基于 CORTEX-M3 内核的 32 位 STM32 微控制器作

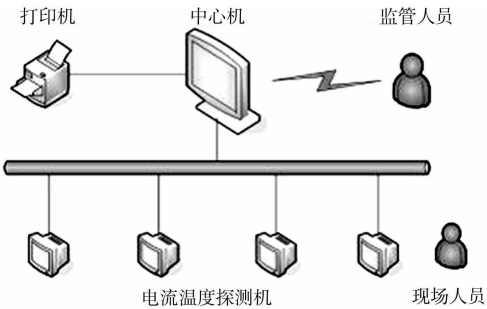


图 1 监控系统拓扑图

Fig. 1 Monitoring system topologecal graph

为处理器^[5],外接报警模块、通讯模块和液晶界面显示模块等.图2为前端报警探测机的硬件模块.

2.1 报警模块

该模块包含剩余电流和温度数据的采集、处理及判断。剩余电流的检测采用剩余电流互感器来实现^[6]。剩余电流互感器产生的感应电流通过电路整流、滤波、放大转换成电压,最终输入 STM32 芯片的 ADC 中进行软件处理。图 3 为剩余电流采集电路。剩余电流的采集通过 STM32 内部的 ADC 模数转换器将剩余电流转换的电压变为数字值,这个过程中会出现信号突变和抖动等干扰,需要对信号进行处理。电流信号的处理方式为连续采集 10 次数据,去掉最大和最小数据,对剩余数据进行均值滤波片的资源。为了提高系统的可靠性,电路还带有故障

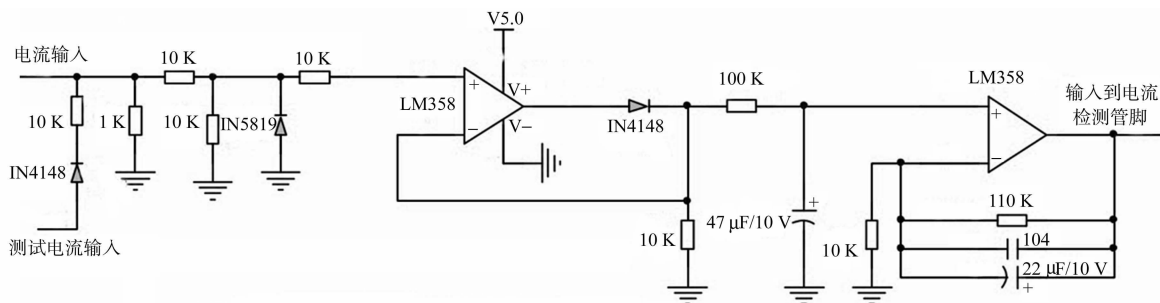


图 3 剩余电流采集电路

Fig. 3 Residual current collection circuit

图4为单路温度采集电路。在温度检测电路中,为减少系统的外引脚,采用DS18B20寄生电源模式采集温度。由于DS18B20采用寄生电源模式,不能过于频繁读取温度,系统设计每2s读取一次温度数据。根据国家标准GB 14287.3—2005《测温式电气火灾监控探测器》的规定,固定探测器温度阈值为75℃,当被监视部位温度达到报警设定值时,探测器应在40s内发出报警信号。因此温度的抗干扰处理方式:连续8次(也就是16s)读到的温度均超过温度阈值时才进行超温报警,16s的报警响应时间符合标准。此工作模式下,DS18B20芯片的电源线与地线共地。

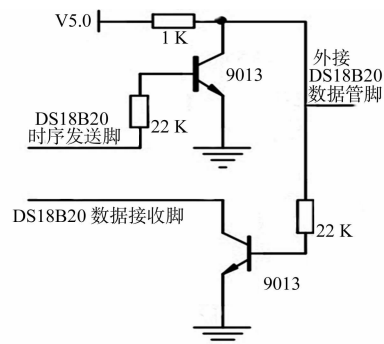


图 4 温度采集电路

Fig. 4 Temperature collection circuit

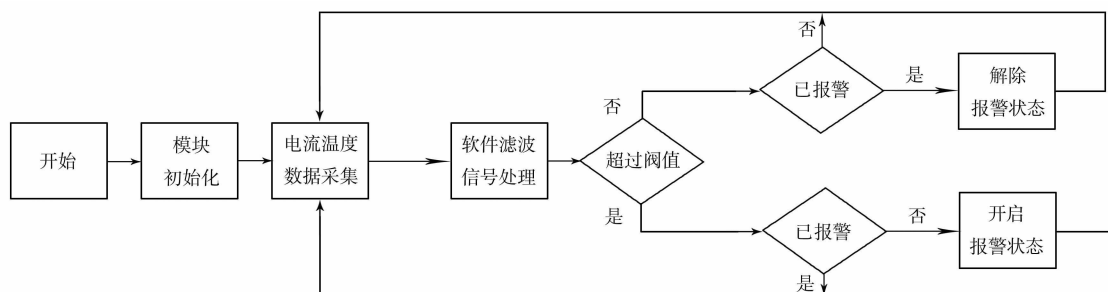


图 5 火灾报警流程图

Fig. 5 Diagram of the fire early warning

数据进行软件处理;最后,将处理完成的数据与系统阈值进行比较,当实际值连续超过阈值一定时间后(按国家标准,这个时间应小于 40 s),就发出声光报警动作,进行火灾预警.此后,当实际值连续低于阈值一定时间后,就停止声光动作,消除火灾预警.

2.2 通讯模块

探测机与中心平台的通讯采用 RS-485 总线. RS-485 总线通信结构简单、价格低、通信距离和数据传输速率适当,但其存在自适应、自保护功能差等缺点,因此提高 RS-485 总线的可靠性十分重要^[7]. 系统在 485 总线的硬件基础上,设计了一套通讯协议,以确保与中心机的通讯稳定可靠. 通讯方式采用中心机轮询,下位机应答的方式进行一点对多点通信.

2.3 液晶显示模块

丰富、友好的人机界面往往需要操作系统的支持,对硬件资源依赖较大. 采用单片机作为处理器的火灾探测器由于速度和资源的限制,都采用数码管式的显示屏外加按键的模式,这种方式往往一个按键要身兼多种功能,操作起来十分不方便,并且数码管式的显示屏在内容显示上有一定的局限性,不利于现场排查人员操作.

系统采用 STM32 微控制器驱动 QVGA3.5 寸彩色液晶屏配合电阻式触摸屏,在不使用操作系统的情况下,在液晶屏上嵌入内容丰富的中文汉字菜单,用较低的成本,较少的资源实现了友好的人机交互界面,提高了现场问题的处理效率. STM32 具有高可靠性、低功耗的特点,其工作主频可达 72 MHz,相比于单片机,处理速度更快,执行效率更高;而相比于 ARM7 的微控制器,在相同的工作时钟频率下,性能更高,可靠性更高、代码尺寸更小,价格更低^[8].

液晶屏菜单是通过 UCGUI 嵌入式图形界面系统来实现的. UCGUI 是高效的,能独立于处理器及 LCD 控制器的图形用户接口. 它的设计高度模块化,用一个 LCD 驱动层模块来包含所有对 LCD 底层的具体操作. 移植好后可以直接在图形层开发,开发者可不必理会硬件底层的操作,提高了界面开发的效率. 修改预编译变量还可去掉无需使用的功能模块,避免资源的浪费. 系统将 UCGUI 图形库移植到 CORTEX-M3 平台上,通过 UCGUI 提供的函数库进行界面的设计^[9].

UCGUI 提供了 LCD_L0_DrowBimap()绘制位图, LCD_L0_DrawHLine()绘制水平线, LCD_L0_DrawVLine()绘制垂直线, LCD_L0_FillRect()填充矩形区域, LCD_L0_XorPixel()反转像素,以及视窗管理,对话框管理等丰富的绘图函数,满足各式各样的功能需求.

对于菜单中汉字的显示,为尽量节省硬件资源,系统中没有采用完整的中文字库,而是从中提取出有用的汉字和符号,将其转换成数组. 各个数组连成链表存储 STM32 片内 FLASH 中,查找汉字时通过 ASCII 码与汉字机内码进行哈希索引,找到对应的汉字或字符节点进行显示.

利用 UCGUI 图形界面库,系统设计了主界面、设置界面、数据查询界面、电流标定界面、自检界面等十几个菜单界面,根据界面上的提示信息直接点击进行操作.

3 现场模拟测试

将探测机安装到现场,模拟出几组剩余电流和温度进行测试,结果如表 1,2 所示. 表 1,2 中:初始剩余电流(I_0)和初始温度(θ_0)表示开始测试时的剩余电流和温度;调整剩余电流(I_{re})和调整温度(θ_{re})表示人工调整后的测试剩余电流和温度;电流阈值(I_{th})设置 20~1 000 mA,温度阈值(θ_{re})设置 55~125 ℃; t_l, t_θ 为分别剩余电流持续时间和温度持续时间;报警和报警解除按照国家标准在事件连续发生 16 s 后进行. 从表 1,2 的测试结果可知:剩余电流和温度报警响应正常,符合国家标准^[10-12].

表 1 剩余电流测试
Tab. 1 Residual current test

I_0 /mA	初始状态	I_{re} /mA	t_l /s	I_{th} /mA	报警或解除响应	中心机响应
98	未报警	498	3	450	不报警	不报警
99	未报警	507	>16	450	报警	报警
590	报警	303	3	450	未解除	未解除
597	报警	310	>16	450	解除报警	解除报警

表 2 温度测试
Tab. 2 Temperature test

$\theta_0/^{\circ}\text{C}$	初始状态	$\theta_{re}/^{\circ}\text{C}$	t_{θ}/s	$\theta_{re}/^{\circ}\text{C}$	报警或解除响应	中心机响应
23	未报警	102	3	90	不报警	不报警
22	未报警	98	>16	90	报警	报警
96	报警	56	3	90	未解除	未解除
100	报警	43	>16	90	解除报警	解除报警

4 结束语

设计并实现了一种基于 CORTEX-M3 平台的电气火灾预警系统. 该系统通过 STM32 芯片及 UCGUI 的使用,在确保火灾监控稳定可靠的同时,大大提高了用户界面的友好性,同时节约了成本. 经过测试,系统各项指标均符合国家标准. 系统目前在开闭所中应用,其今后还可推广到其他场所,有很好的社会价值和经济价值.

参考文献:

[1] 张亮,张天成,吴仕平,等. 利用弧声信号的电弧预警保护系统设计[J]. 华侨大学学报:自然科学版,2010,31(5): 496-498.

[2] 刘美华,何雪冰,卢剑峰. 基于电力线载波的新型智能漏电报警系统[J]. 微型机与应用,2012,31(15):78-81.

[3] 陈文辉,蔡启仲. uC/GUI 在单片机系统上的移植[J]. 计算机工程,2007,33(12):275-276.

[4] 李峰,付晓晓. 基于 FPGA 的视频火灾检测系统设计[J]. 计算机工程与设计,2012,33(2):508-513.

[5] YIU J. ARM Cortex-M3 权威指南[M]. 宋岩,等译. 北京:北京航空航天大学出版社,2009:34-35.

[6] 赵连明,李元贵,王雪娟. 漏电电流引发火灾的效应分析[J]. 电气应用,2012(2):63-65.

[7] 王公堂. 基于 RS-485 通信的温度水位远程测控系统[J]. 电子设计工程,2011,19(6):78-81.

[8] 李宁. 基于 MDK 的 STM32 处理器开发应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2008:2-9.

[9] 徐宝国,宋爱国. 基于 UCOS 和 UCGUI 的嵌入式数字示波器[J]. 测控技术,2007,26(7):7-8.

[10] 中国国家标准化管理委员会. GB 14287. 1—2005 电气火灾监控设备[S]. 北京:中国标准出版社,2005:2-4.

[11] 中国国家标准化管理委员会. GB 14287. 2—2005 剩余电流式电气火灾监控探测器[S]. 北京:中国标准出版社, 2005:1-3.

[12] 中国国家标准化管理委员会. GB 14287. 3—2005 测温式电气火灾监控探测器[S]. 北京:中国标准出版社,2005:1- 3.

Design and Implementation of Visual Electrical
Fire Early-Warning System

QIU Wen-ting, DU Yong-qian

(College of Computer Science and Technology, Huaqiao University, Xiamen 361021, China)

Abstract: Designed a fire alarm monitoring system based on the Cortex-M3. By detecting the residual current and the environment temperature, the system prevented electrical fire effectively. The system used bus structure and divided into two parts, the central monitoring platform and front-end alarm detection machine. By using RS-485 network, center monitoring platform can connect 127 detection machine and monitor the 1 016 area fire data; the system used QVGA color LCD touch screen and embeded a Chinese menu. The system achieved a friendly interface with few resources. Test results show that; the system's indicators are in line with national standards and have good stability and high performance price ratio.

Keywords: electrical fire; fire early warning; residual current; DS18B20; STM32; visualization