

## 基于 MSP430 的电气火灾探测器设计

项新建<sup>1</sup>,李 明<sup>1</sup>,波官勇<sup>2</sup>

(1. 浙江科技学院 自动化与电气工程学院,杭州 310023;2. 巨邦电气有限公司,浙江 温州 325600)

**摘 要:** 介绍一种基于 16 位嵌入式微处理器 MSP430 的漏电电流电气火灾监控系统,该系统由电气火灾监控设备与多种电气火灾探测器组网形成,探测器采用改进的交流采样算法与专用计量芯片完成对监控线路的数据采集、电气火灾预警、故障与报警记录保存等工作,也可通过监控设备对系统进行实时监控与智能应用操作。结果表明,该系统满足国家标准设计要求,同时具有能耗低、精度高、安全可靠、误报率低及操作维护方便等特点,具有显著的市场应用价值。

**关键词:** MSP430;漏电电流;交流采样;智能监控

**中图分类号:** TP271.4

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1671-8798(2011)01-0031-05

## Design for MSP430-based electric fire detection monitor

XIANG Xin-jian<sup>1</sup>, LI Ming<sup>1</sup>, BO Guan-yong<sup>2</sup>

(1. School of Automation and Electrical Engineering, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310023, China; 2. Jubang Electric Co., Ltd., Wenzhou 325600, China)

**Abstract:** We introduce an electric fire monitoring system based on a 16-bit embedded microprocessor-MSP430. The system mainly consists of electric fire monitoring equipment and electric fire detectors. Detectors with improved AC sampling algorithm and special measuring chip to complete the data acquisition, electrical fire alarm and fault record-keeping. They also can real-time monitor and intelligent operate on monitoring equipment. Experiments show that electric fire monitoring system fully meet the national standards, which has low cost, high precision, safety and reliability, low false alarm rate, easy operation and maintenance, with a strong application value.

**Key words:** MSP430; leakage current; AC sampling; intelligent monitoring

随着国民经济的快速发展和人民生活水平的不断提高,社会用电量大为增加。各种电气设备及家用电器的用量陡增,电气火灾事故也随之剧增。近 10 年来,中国发生电气火灾次数占火灾事故总数的

---

**收稿日期:** 2010-05-14

**基金项目:** 浙江省重大科技专项项目(2009C11042)

**作者简介:** 项新建(1964—),男,浙江永康人,教授,硕士,主要从事智能检测、智能控制理论与技术的研究。

30%, 高居首位, 在当前已经成为国内各种火灾中的主要灾害源。电气火灾事故所占比例逐年增高, 令人堪忧。随着对电气火灾的重视程度逐渐加深及电气火灾探测器新国家标准的推广与实施, 越来越多的厂家参与到对电气火灾探测器的设计研制过程中去。然而现在市场上的此类产品良莠不齐, 对国家标准的执行也不完全到位。

在对当前国内外电气火灾探测器研制现状了解和研究的基础上, 结合现有设备、实际应用与企业的产品开发要求, 我们研制了一套具有良好人机交互功能、较强环境适应性、检测准确、误报率低, 基于 16 位微控制器 MSP430<sup>[1]</sup> 的电气火灾探测器, 并通过组网的方式与监控设备构建电气火灾监控系统。

该系统主要针对在漏电流故障发生时, 用于监控、预警, 及时排除火灾隐患, 把可能造成的火灾消除在萌芽状态。作为独立式探测器, 增加了液晶显示与数据储存芯片, 并具有短路、过载、过压、欠压、缺相报警和防雷等功能。与传统火灾报警系统相比, 电气火灾监控系统从本质上是立足预防、专门针对电气线路故障和漏电故障的前期预警系统。应用电气火灾监控在线检测技术, 可以及时发现并消除电气线路的火灾隐患, 防患于未然, 保护国家和人民的生命财产安全。

## 1 系统硬件设计

### 1.1 系统结构

整个系统如图 1 所示, 由一台监控设备与不多于 255 台探测器以主从模式联网。电气火灾探测器工作原理就是通过外部传感器、微控制器与专用数字处理芯片相结合方式独立完成对配电回路和供电线路的漏电流、过载短路电流、过压/欠压/缺相、线路温升等火灾危险参数实施监控和管理, 一旦供电线路发生漏电、过载、短路、过压、欠压、缺相及过热等超过设定值信号时, 能快速准确发出声光语音预警(报警)信号, 指示报警部位, 记录报警时间, 显示报警类型, 提醒相关人员及时处理险情。配合外部输入信号与断路器能完成对配置线路的隔离、消防联动与输入报警等。通过 RS485 总线方式进行组网后, 监控设备可对探测器进行实时巡检、参数设置、远程控制与数据备份打印, 实现对探测器的遥测、遥控、遥调与遥信; 同时系统内器件故障不影响其他部分正常工作, 具有较高的稳定性与安全性; 方便操作人员集中监管、故障快速处理与排查等。在图 1 中探测器的传感器与断路器已内置。

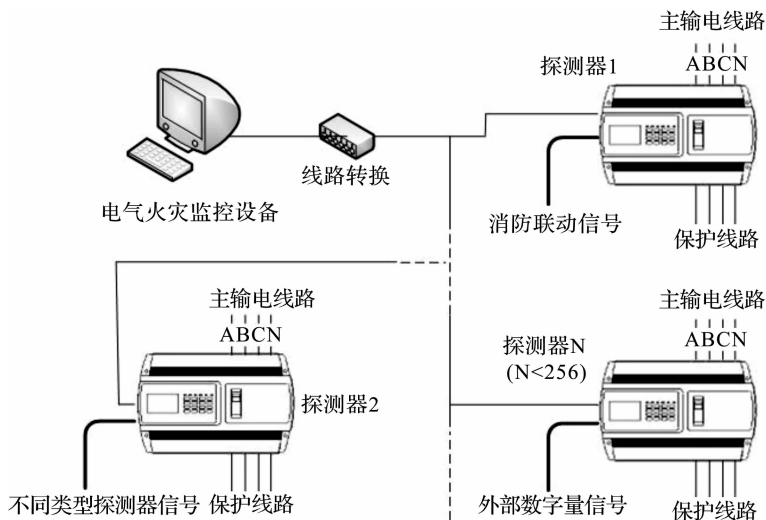


图 1 电气火灾监控系统结构

Fig. 1 Construction of electric fire detection monitoring system

根据探测器功能设计进行模块分类, 如图 2 所示, 除微处理器 MSP430 的主控模块外, 可将图 2 中电气火灾探测器设计大致分为信号采集模块、时钟与数据存储模块、人机交互模块、输入输出模块、通信模块与电源控制模块六部分。

## 1.2 主要功能模块

### 1.2.1 信号采集模块

主要应用交流采样算法对线路漏电电流进行检测。此外,通过温度传感器与专用电气参数DSP处理芯片ATT7028<sup>[2]</sup>对现场的温度和主要电气参数,如电压、电流、相位、功率等信号,进行实时采集与处理;同时,根据电网频率缓慢变化的特点,利用ATT7028完成对线路的频率测量,提供给MCU进行定时器采样间隔值设置。在硬件上,MSP430F149拥有12位精度的模数转换模块,1位非线性微分误差,1位非线性积分误差,内置参考电压源与温度传感器(用于测量芯片工作温度),8路AD转换通道。对漏电电流与外部温度参数进行序列通道多次转换,通过合理设置后,ADC12硬件会自动将转换结果存放到相应的ADC12MEM寄存器中。

### 1.2.2 时钟与数据存储模块

主要包含实时时钟芯片DS1302与专用数据存储芯片24CL0X,用于实时记录与传送故障信息。

### 1.2.3 人机交互模块

主要由LCD显示、5路LED指示灯与4×4键盘组成。操作人员可在现场通过显示屏与按键对探测器现状进行检查与设置。

### 1.2.4 输入输出模块

主要用于配合其他设备、产品以完善系统功能。其中输入部分主要包含5路数字开关量信号输入:消防联动信号输入、断路器状态反馈输入、远程分断信号输入及2路烟雾报警信号输入。输出部分主要包含扬声器控制信号、辅助报警信号与多路功能继电器控制信号。

### 1.2.5 通信模块

设计选用RS485总线进行组网应用<sup>[3]</sup>。RS485接口采用差分方式传输信号,可应用于主从模式的半双工通信,其总线式拓扑结构保证了探测器应用所要求的主从通信模式。传输线采用差动信道,只需要一对平衡双绞线传输线,具有很强的抗共模干扰能力;又由于它的阻抗低、无接地问题,其理论传输距离可达1200m,传输速率可达1Mb/s。由于在实际应用中还存在各探测器节点的共模电压范围与EMI干扰、总线上带有过多节点和节点支路过长等所造成的信号质量下降的情况,因此需要在硬件抗干扰设计中予以注意。

## 2 系统软件设计

电气火灾监控系统软件设计主要分为探测器软件设计与监控系统远程控制软件设计两部分,通过制订统一的组网通信协议进行数据传输。对于电气火灾探测器,通过合理编程充分调用16位微控制器MSP430强大的定时、中断与外围模块功能,以及内部器件间的同步通信与模块功能的实现;对于电气火灾监控设备,在安装了应用登陆口令、MFC功能扩展类、ActiveX控件、数据库访问、hook等技术的远程监控软件后,与探测器组网能直接通过系统监控主机完成对所有受控点的巡检、实时监控、数据备份打印与远程控制等一系列工作,在方便操作管理的同时又具有较高的安全性与稳定性。

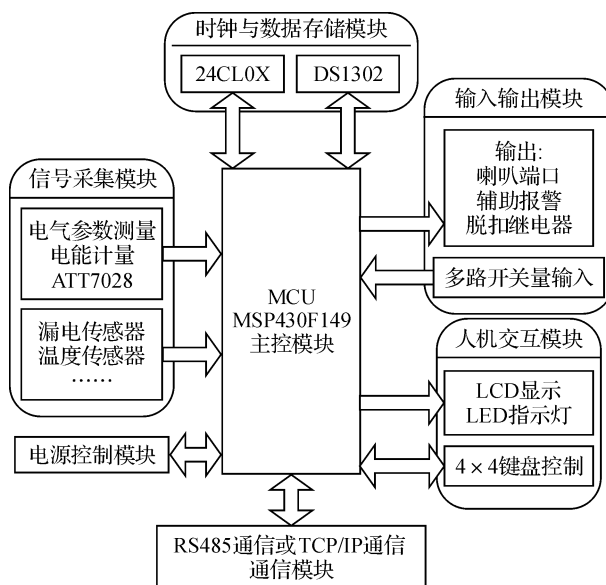


图2 电气火灾探测器硬件结构图

Fig.2 Hardware construction of electric fire detection monitor

## 2.1 交流采样算法

针对电力参数测量的基本交流采样算法,可分为正弦函数模型算法与非正弦周期函数算法<sup>[4]</sup>。根据项目中应用要求拟对工频范围的电流参数采集为主要目标,理想的单周期采样信号是频率为 50 Hz 的正弦波形;针对主要的算法,利用正弦函数模型算法进行实验仿真,引入一理想交流函数模型:

$$f(t) = \sum_{k=1}^9 A_k \cos(2k\pi \cdot f \cdot t)$$

其基波幅值  $A_1 = 138$ , 分别对各种算法在理想情况下  $A_3 = A_5 = A_7 = A_9 = 0$  与引入电网中奇次谐波  $A_3 = 22.3, A_5 = 6.4, A_7 = 3.2, A_9 = 0.5$  两种情况进行仿真。电流幅值  $I_m = 138$  mA, 有效值  $I = 97.581$  mA。表 1 与表 2 分别给出  $f = 50$  Hz 时正弦函数模型算法与非正弦周期函数模型算法的交流采样仿真结果。

表 1 交流采样正弦函数算法仿真

Table 1 Alternating current sampling algorithm simulation for sine

正弦函数模型算法	理想情况			谐波干扰		
	$I_m$ /mA	$I$ /mA	误差/%	$I_m$ /mA	$I$ /mA	误差/%
单点算法	138.4	97.866	0.29	134.93	95.411	2.22
最大值算法	138	97.581	—	119.64	84.599	13.30
半周期算法	137.89	97.502	0.08	147.01	103.95	6.53
两点算法	138	97.581	—	151.2	106.91	9.56
三点算法	138	97.581	—	119.7	84.638	13.26

表 2 交流采样非正弦周期函数算法仿真

Table 2 Alternating current sampling algorithm simulation for non-sine

非正弦周期函数算法	采样点 N	理想情况			谐波干扰		
		$I_m$ /mA	$I$ /mA	误差/%	$I_m$ /mA	$I$ /mA	误差/%
积分周期算法	16	138	97.581	—	139.96	98.969	1.42
	64	138	97.581	—	139.97	98.977	1.04
	256	138	97.581	—	139.97	98.977	1.04
傅里叶算法	16	138	97.581	—	138	97.581	—
	64	138	97.581	—	138	97.581	—
	256	138	97.581	—	138	97.581	—

通过实验对比可以发现,在实际环境中应用非正弦周期函数算法,通过采集一完整周期信号,可有效去除各次谐波干扰,从而得到较理想的电气参数信号。

## 2.2 探测器软件设计

图 3 为火灾探测器主程序流程图,根据主函数循环与程序设计思路,可将主程序分为初始化模块、数据处理模块、故障处理模块、主显示模块与通信模块。系统经上电初始化无误后对 AD 转换数据与片内通信数据一起进行处理,根据处理结果进行故障界面与循环界面显示判断。此外,还根据用户的操作涉及通信、按键等中断调用程序与参数设置函数。

## 2.3 监控设备软件设计

电气火灾监控设备软件采用 Visual C++/MFC,以面向对象设计思路(OOP)进行系统及其界面的开发设计工作,系统默认运行环境为基于 Win32 应用的 PC 平台。MFC 借助 AppWizard 使开发者摆脱了那些每次都必写的基本代码,借助 ClassWizard 和消息映射,使开发者摆脱了定义消息处理时那

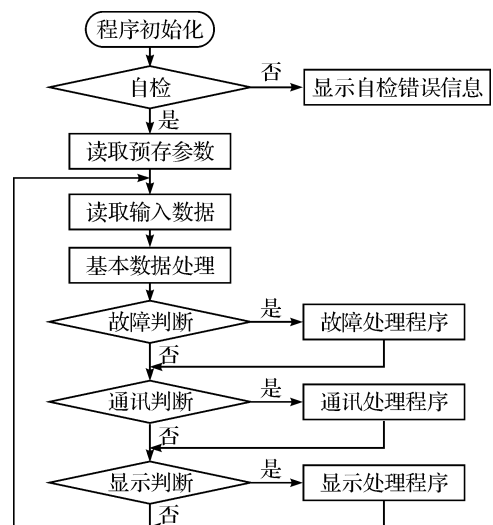


图 3 火灾探测器主循环流程图

Fig. 3 Software flow chart of electric fire detection monitor

种混乱和冗长的代码段。利用 C++ 的封装功能,使开发者摆脱 Windows 中各种句柄的困扰,他们只需要面对 C++ 中的对象,就能使开发更接近开发语言而远离系统。在针对 RS485 组网的控制软件设计过程中,除了利用 MFC 对封装好的 API 函数进行调用外,主要还利用了通信 ActiveX 控件、hook 与数据库访问技术完成了对传输数据的及时响应处理。

3 测试结果

电气火灾探测器测试方法参照现行国家标准 GB 1487.2—2005《电气火灾监控系统》<sup>[5]</sup> 试验规定要求。在完成电气火灾探测器软硬件设计后,对研制的探测器样品进行反复调试与检查,然后分别在实验室与现场对已搭建完成的电气火灾监控系统的探测器监控性能与组网性能进行测试;通过对测试结果与相关技术参数进行比较分析,确认整个系统是否满足国标、设计要求与实际应用的需要。

在实验现场,对探测器样品设置不同的报警门限后,通过漏电电流发生器制造一瞬时增大的漏电电流故障,观察探测器故障响应值、响应时间与动作处理,根据 GB 14287.2—2005《电气火灾监控系统》中规定报警值应在报警设定值的 80%~100% 范围内。根据标准条款 5.2 的报警性能试验与 5.3 的监控报警试验结果如表 3 所示。按国家标准规定,对探测器样品的绝缘、耐压及振动等一系列指标进行了试验,结果见表 4。

表 3 样品报警性能试验

Table 3 Alarm performance test of electric fire detection monitor

探测器样品	设定值 200 mA	设定值 500 mA	设定值 800 mA	响应时间/s	报警声压/dB	检测结果
1	192.2 (96.1%)	453.2 (90.6%)	716.3 (89.5%)	<1.0	76	合格
2	193.7 (96.8%)	427.8 (85.5%)	664.2 (83.2%)	<1.0	75	合格
3	189.3 (94.6%)	429.7 (85.9%)	712.0 (89.0%)	<1.0	75	合格
4	190.4 (95.2%)	442.2 (88.4%)	703.3 (87.9%)	<1.0	74	合格
5	189.6 (94.8%)	456.3 (91.2%)	724.3 (90.5%)	<1.0	75	合格

表 4 样品环境指标试验

Table 4 Condition performance test of electric fire detection monitor

实验类型	标准条款	设定值 200 mA	设定值 500 mA	设定值 800 mA	实验结论
耐压实验 #1	5.5	191.8	452.6	716.2	合格
耐压实验 #2	5.5	192.5	426.9	665.1	合格
振动实验 #1	5.6	188.5	438.7	711.9	合格
振动实验 #2	5.6	191.2	441.3	702.4	合格
高温运行 #1	5.8	191.7	453.1	715.8	合格
高温运行 #2	5.8	192.6	425.7	665.8	合格
低温运行 #1	5.9	188.4	440.2	711.5	合格
低温运行 #2	5.9	191.3	443.1	704.2	合格
恒定湿热运行	5.10	187.6	455.2	726.1	合格
绝缘电阻试验	5.4	大于 500 MΩ			合格

对探测器样品主要电气参数性能指标测试结果为:电压 172~268 V AC,精度 1%;电流 200~800 A AC,精度 1%;频率 45~55 Hz AC,精度 0.1 Hz;通信规程,MODBUS,RS485 接口,4800/9600/19200 bit/s;供电电压 220 V AC;保护功能:漏电保护,过负荷和短路保护,断相、断路保护,过压、欠压保护,温度保护,消防联动,数字开关信号接入保护;保护方式,关闭/报警/跳闸。

(下转第 41 页)