

文章编号:1671-251X(2011)07-0089-04

基于无线传感网络的温度监测节点设计

温阳东, 张玉凤, 朱敏

(合肥工业大学电气与自动化工程学院, 安徽 合肥 230009)

摘要:介绍了基于无线传感网络的高压电气设备温度实时监测系统中温度监测节点的软、硬件设计。该节点由微处理器 MSP430F2012、温度传感器 DS18B20 和无线收发控制器 nRF24L01 构成。在温度监测过程中,温度传感器定时采集温度,温度信号经微处理器处理后,节点通过无线收发控制器将得到的实际温度值发送给基站。该节点实现了对高压电气设备温度的实时监测功能,满足了测温节点低功耗的设计要求,提高了高压电气设备运行的稳定性和监测系统的可靠性。

关键词:无线传感网络;温度监测;无线通信;高压电气设备

中图分类号:TD76/655.3 文献标识码:B

Design of Temperature Monitoring Node Based on Wireless Sensor Network

WEN Yang-dong, ZHANG Yu-feng, ZHU Min

(School of Electrical Engineering and Automation of Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: A design scheme of temperature monitoring node of real-time temperature monitoring system for high-voltage electrical equipments based on wireless sensor network was introduced. The node is consisted of microprocessor MSP430F2012, temperature sensor DS18B20 and wireless transceiver controller nRF24L01. In process of temperature monitoring, the temperature sensor collects temperature data regularly and sends the data to the microprocessor for processing, then the node sends real-time temperature data to base station through the wireless transceiver controller. The node achieves real-time monitoring of high-voltage electrical equipment, satisfies the demand on low power consumption, and improves stability of the equipments and reliability of the monitoring system.

Key words: wireless sensor network, temperature monitoring, wireless communication, high-voltage electrical equipment

0 引言

随着计算机与通信技术的广泛应用,现代电力系统逐渐向着高压、大机组、大容量的方向发展,电气设备的安全运行问题成为影响电力系统稳定运行的因素之一。电气设备的安全隐患主要是由于电气节点长期工作或绝缘老化,使得节点温度升高从而引发火灾^[1]。电力系统中节点的热量与电流的平方和时间成正比,设备运行过程中温度的升高是个缓

慢的过程。因此,对电气设备的温度进行实时监测,并结合温度变化量的特点和具体监测对象的特征进行综合分析和诊断,可以将事故隐患消除在萌芽状态。

传统的有线监测方式布线复杂,大量缆线暴露在工作环境中,并且需要大量人力敷设,已经不能满足目前社会的需求。本文提出一种在温度监测系统中利用无线传感网络构造温度监测节点的解决方案,为实时监测高压电气设备的温度和预防设备过热提供了有益的帮助。

1 高压电气设备温度监测系统

高压电气设备温度监测系统采用分层、分布、分

收稿日期:2011-03-23

作者简介:温阳东(1955-),男,安徽合肥人,教授,研究方向为自动控制、计算机控制、现场总线技术应用、嵌入式系统、电力系统监控与继电保护。E-mail:zhyf1224@126.com

散的思想进行设计^[2]。该系统由测温节点和测温基站两部分组成,采用星型网络结构,其中一个基站最多可带32个节点。基站和节点之间采用无线通信,节点之间相互无通信功能,多个基站通过以太网连接到上位机。系统网络模型如图1所示。

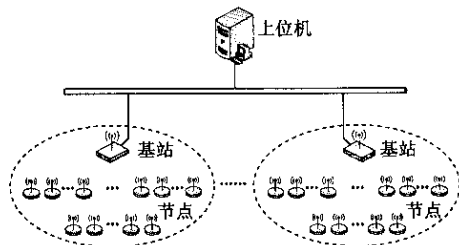


图1 电气设备温度监测系统网络模型

测温节点用于对电气设备的温度进行实时监测,定时扫描电气设备的温度并定时向基站发送温度数据,当温度超过某一设定值时立即向基站发送预警信息。测温基站主要负责接收和处理测温节点传送的数据,并在接收到预警信息时及时向上位机发出警报。另外,通过基站还可以随时查看节点的温度数据。

2 测温节点设计

2.1 总体结构及工作原理

测温节点主要由传感器模块、微处理器模块、无线收发控制模块及电源模块4个部分构成,如图2所示。



图2 测温节点总体结构

测温节点采用MSP430F2012作为主控制器。温度传感器DS18B20定时采集温度,经由MSP430F2012的P1.0口传送给MSP430F2012进行数据处理,得到实际温度值。MSP430F2012判断该温度值是否超过设定阈值,如果超过则立即通过收发控制模块的nRF24L01发送预警信号给基站;如果没有超过设定阈值,则将温度保存在MSP430F2012内部存储器内,再定时控制nRF24L01将温度值发给基站,即当温度过高时可实现及时预警的功能,当温度在安全范围内时,定时将温度传送给基站。为了使系统的实时性更好,基站可主动查询温度,当基站给节点下发查询命令时,

节点立即上传设备的实时温度。

2.2 硬件设计

2.2.1 器件选型

测温节点一般安置在高压电气设备上,节点电池的更换比较麻烦,因此,要求电池至少要连续工作2a以上,所以节点的省电模式设计极为重要,设计中主要考虑低能耗的要求。

(1) 传感器模块

采用DS18B20作为温度传感器。DS18B20是美国DALLAS公司生产的可组网数字温度传感器芯片,它能够直接读取被测物体的温度,并转换为数字信号输出。该芯片具备独特的单线接口方式,仅需1条口线即可实现与微处理器的双向通信。现场温度直接以一线总线的数字方式传输,减少了信号的损耗,大大地提高了节点的抗干扰能力,适用于恶劣环境的现场温度测量。DS18B20测温范围为 $-55\sim+125\text{ }^{\circ}\text{C}$,在 $-10\sim+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时测温精度为 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。每个DS18B20在出厂时都已具有惟一的64位序列号,因此,一条总线上可以同时挂接多个DS18B20^[3]。在功耗方面,由于DS18B20采用CMOS技术,耗电量很小,从总线上“窃取”一点电保存到DS18B20内的电容中就可供给器件工作,且其在待机时功耗近似为零。

(2) 微处理器模块

TI公司生产的MSP430F2012是一种超低功耗的16位单片机。它采用RISC内核结构,特别适合于电池供电的场合,能够在电压为 $1.8\sim 3.6\text{ V}$ 、频率为 1 MHz 的条件下运行,且具有5种省电模式。另外,MSP430F2012还集成了nRF24L01所需要的SPI串行通信模块,并且支持独特的SBW接口(即两线JTAG接口),使得后期的软件调试工作更加方便^[4]。

(3) 无线收发控制模块

无线收发控制模块中的通信控制器选用nRF24L01。它是一款工作于 $2.4\sim 2.5\text{ GHz}$ ISM频段的单片无线收发器芯片,内置频率合成器、功率放大器、晶体振荡器、调制解调器等功能模块,并融合了增强型ShockBurst技术;其输出功率、通信频道和协议可通过SPI接口直接设置。该芯片功耗非常低,以 $-5\text{ dB}\cdot\text{m}$ 的功率发射时,其工作电流只有 10.5 mA ,接收时工作电流只有 18 mA 。nRF24L01工作模式有发射模式、接收模式、空闲模式和掉电模

式,如表1^[5]所示。工作模式由PWR_UP、PRIM_RX和CE决定,并可通过配置寄存器切换。多种工作模式使得nRF24L01节能设计更方便。

表1 nRF24L01的工作模式

模式	PWR_UP 寄存器	PRIM_RX 寄存器	CE	FIFO 状态
接收	1	1	1	--
发射	1	0	1	数据已在发射堆栈里
发射	1	0	1→0	当CE有下降沿跳变时,数据已发出
空闲2	1	1	1	发射堆栈空
空闲1	1	--	0	此时没有数据要发射
掉电	0	--	--	--

(4) 电源模块

电源模块为传感器、处理器及无线收发控制模块提供运行所需要的能量,并对其进行管理,以达到最大的使用效率^[6]。由于节点电池更换比较麻烦,因此这里采用高性能干电池作为电源。

2.2.2 硬件连接

nRF24L01和MSP430F2012的连接如图3所示。

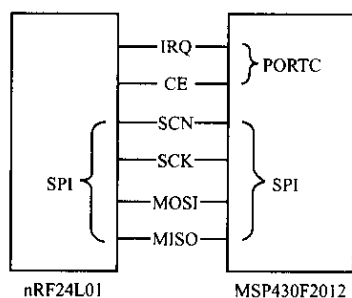


图3 nRF24L01与MSP430F2012的连接

SCN、SCK、MISO和MOSI四个引脚构成标准的4线SPI接口。MSP430F2012通过SPI接口与nRF24L01进行数据交换。MSP430F2012工作在主机模式,它是数据传送的控制方;nRF24L01工作在从机模式,它是数据传送的受控方。初始化时,MSP430F2012通过SPI接口配置nRF24L01的工作参数;在发射和接收模式下,MSP430F2012通过SPI接口传输要发送或者接收的数据。

CE为片选信号,IRQ为中断请求信号。在数据收发过程中,当nRF24L01的中断源被置高时,

IRQ引脚就会被置低,通知MSP430F2012收发的状态。中断源TX_DS为发送成功标志位,RX_DR为接收成功标志位,MAX_RT为自动重发超上限标志位。

2.3 软件设计

传感器模块的软件主要负责完成现场温度的采集任务,并通过无线收发控制模块传送采集到的数据包。软件设计的原则是降低能耗,使节点大部分时间都工作在低功耗状态。节点主程序包括系统初始化、温度读取和收发控制3个部分,流程如图4所示。

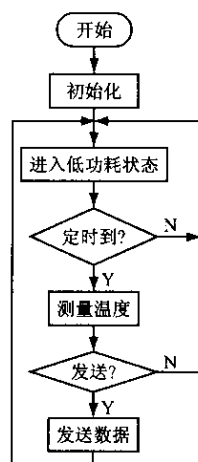


图4 主程序流程

2.3.1 系统初始化

主程序首先完成MSP430F2012、DS18B20及nRF24L01的初始化,然后进入低功耗的中断等待状态。

2.3.2 温度读取

由于DS18B20是单线式连接的,微处理器对它的任何操作都必须由初始化开始,且需要进行严格的时序控制。一次完整的操作有3个过程:初始化操作、读操作、写操作。对DS18B20即为初始化操作、ROM操作、RAM操作。以下为DS18B20初始化过程:

- (1) 由MSP430F2012将数据线置高电平“1”;
- (2) 延时(该时间要求不是很严格,但是应尽可能短一点);
- (3) MSP430F2012将数据线拉到低电平“0”;
- (4) 延时750 μs(该延时范围是480~960 μs);
- (5) MSP430F2012将数据线拉到高电平“1”;
- (6) 延时等待,MSP430F2012释放数据线,进入等待模式。

如果初始化成功,则在 15~60 ms 之内由 DS18B20 返回一个低电平“0”;当 MSP430F2012 检测到该低电平信号时,认为初始化成功,可进行后续操作。此处需注意不能无限地等待,否则会使程序进入死循环,所以要进行超时控制。在本设计里设置等待时间为 480 ms,如果超时则认为初始化不成功。

通过 DS18B20 读取温度的程序流程如图 5 所示。

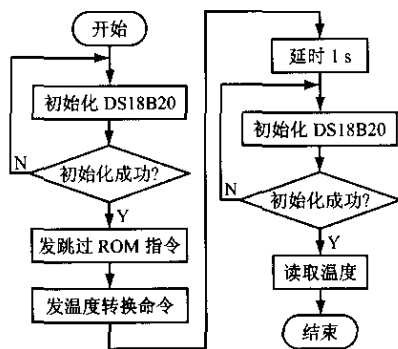


图 5 温度读取流程

2.3.3 收发控制

nRF24L01 数据传输有 ShockBurst 和 Enhanced ShockBurst 两种模式^[7-8]。两种收发模式的区别是 Enhanced ShockBurst 模式比 ShockBurst 模式多一个数据传送确认信号,保证了数据传输的可靠性。在 Enhanced ShockBurst 模式下, nRF24L01 启动时间短,空中传输速度快,极大地降低了电流消耗^[9]。发射数据时, MSP430F2012 首先配置 nRF24L01 相关寄存器,使其工作在发射模式。发射模式的初始化配置过程:

- (1) 写 Tx 节点的地址 TX_ADDR;
- (2) 写 Rx 节点的地址 RX_ADDR_P0(主要是为了使能 AUTO ACK);
- (3) 使能 AUTO ACK EN_AA;
- (4) 使能 PIPE 0 EN_RXADDR;
- (5) 配置自动重发次数 SETUP_RETR;
- (6) 选择通信频率 RF_CH;
- (7) 配置发射参数 RF_SETUP(低噪放大器增益、发射功率、无线速率);
- (8) 选择通道 0 的有效数据宽度 Rx_Pw_P0;
- (9) 配置 nRF24L01 的基本参数以及切换工作模式 CONFIG。

MSP430F2012 将数据按照时序由 SPI 口写入 nRF24L01 缓存区,然后将 CE 置为高电平,并延时一段时间后发射数据。nRF24L01 在发射数据后立

即进入接收模式,等待返回的应答信号。如果收到应答,则认为此次通信成功,将 TX_DS 置高,同时将 TX_PLD 从发送堆栈中清除;若未收到应答,说明发送失败,记录下发送失败的次数,并自动重新发射该数据^[10]。重新发送等待时间为 300 μs,本设计中设置初始重新发送次数为 3 次,速度为 2 Mbit/s,输出功率为 0 dB·m。

3 结语

设计了基于无线传感网络的高压电气设备温度监测节点。该节点采用高度集成的无线收发器件 nRF24L01,大大简化了节点的硬件和软件设计,减小了节点体积。该节点实现了对电气设备温度的实时监测,当设备温度超过设定值时,能主动向基站发出警报,提高了电气设备运行的稳定性和监测系统的可靠性,为预防火灾等意外事件的发生提供了有益的帮助。

参考文献:

- [1] 张建华,王贻平,郭守贤. 高压电气设备绝缘在线监测系统现场校验技术研究[J]. 华东电力, 2009, 37(9): 68-72.
- [2] 卢瑛,吴国忠. 智能型高压电气设备温度监测预警系统[J]. 中国电力, 2010, 43(3): 55-58.
- [3] 黄灿胜,黄婷. 基于 DS18B20 数字温度计温度补偿和测量系统设计[J]. 广西民族师范学院学报, 2010, 27(3): 37-39.
- [4] 沈建华,杨艳琴. MSP430 系列 16 位超低功耗单片机原理与实践[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2008.
- [5] 陈新兴,林其伟,高银. 基于 nRF24L01 无线巷道离层仪设计[J]. 福建电脑, 2008(1): 17-18.
- [6] 孙利民,李建中,陈渝,等. 无线传感器网络[M]. 北京:清华大学出版社, 2005.
- [7] AKYILDIZ I F, SU W. Wireless Sensor Networks: A Survey[J]. Computer Networks, 2002, 38(3): 393-422.
- [8] 张崇,于晓琳,刘建平. 单片 2.4 GHz 无线收发一体芯片 nRF2401 及其应用[J]. 国外电子元器件, 2004(6): 34-36.
- [9] Nordic 半导体公司. nRF24L01 使用手册[DB/OL]. [2010-12-03]. <http://wenku.baidu.com/view/e0aaf24efe4733687e21aab3.html>.
- [10] 季行健,郑青,姜伟. 基于 nRF2401 无线监控系统的应用与实现[J]. 自动化仪表, 2007(9): 38-39.