

多通道无线温度测量系统的设计

Design of Wireless System for Multi-channel Temperature measurement

(1.中科院长春光学精密机械与物理研究所 2.中科院研究生院) 孙 宁^{1,2} 沈湘衡¹

SUN Ning SHEN Xiang-heng

摘要: 温度指标在许多工程项目中是不可或缺的重要参数。针对这一要求提出的多通道无线温度测量系统,采用多个单总线数字式温度传感器 DS18B20 作为测温节点,PIC16F877A 单片机作为下位机微处理器来控制多路温度值的采集,并通过无线收发模块 PTR8000 进行传输,最后通过 RS232 串口将数据传送到上位机电脑。实验证明,该系统解决了在复杂环境下温度采集和获取的问题,具有较高的精度和很好的推广应用前景。

关键词: 多通道温度测量;无线模块 PTR8000; DS18B20

中图分类号: TP212.11

文献标识码: A

Abstract: The temperature index is an indispensable parameter in many projects. To this requirement the design of wireless system for multi-channel temperature measurement is put forward. It adopts 1-wire bus digital thermometer DS18B20 as the nodes and the PIC16F877A single-chip microcomputer as the microprocessor unit to control the data collection. Then the data is transmitted by the wireless module PTR8000, at last to the host controller PC through RS232. Practice certifies that the system solves the problem of getting the temperature in the bad conditions and it has a high precision and a wide application foreground.

Key words: multi-channel temperature measurement; wireless module PTR8000; DS18B20

技术创新

引言

温度是工业生产中常见的工艺参数之一,而且在许多的工程项目中温度指标也是不可或缺的重要参数。因此,准确、方便地获取温度就显得尤为重要。传统的温度检测以热敏电阻为温度敏感元件,虽然其成本比较低,但可靠性以及准确度相对较差,而数字式温度传感器 DS18B20 的精确度远远优于热敏电阻。通常在工程项目中可能要测量多点的温度值,这就需要铺设大量的电缆,而且如果现场环境恶劣就会带来很大的难题。因此,采用无线测温方案就很好地解决了这个问题。

1 系统总体概述

随着微机电系统、片上系统、无线通信和低功耗嵌入式技术的飞速发展而孕育出的无线传感器网络(Wireless Sensor Network)以其低功耗、低成本、分布式和自组织的特点深入到了广阔的应用领域。本文介绍的多通道无线温度测量系统设计则是 WSN 的一个典型应用。该系统就是由部署在监测区域内的多个微型传感器节点和远程主机组成,通过无线通信方式形成了一个自组织网络系统,其目的是协作感知、采集和处理网络覆盖区域中的温度信息,并发送给远程主机。系统总体结构如图 1 所示。

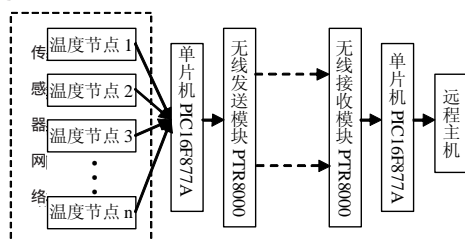


图 1 系统总体结构图

2 硬件结构设计

传感器节点作为传感器网络的基本单元,在单片机的控制下完成对各个监测点温度的采集,然后通过无线发送模块 PTR8000 将温度值传输到连接在远程主机上的无线接收模块 PTR8000,最后传送到主机上。

2.1 MCU 微控制单元 PIC16F877A

MCU 微控制单元采用美国 Microchip 公司的 PIC16F877A。PIC 系列单片机采用独特的哈佛总线结构和 RISC 精简指令技术,简单合理地提高了运算的速度。功耗低也是 PIC 系列单片机的一大特点,在工作模式下耗电仅为几毫安,睡眠模式下甚至可低到几微安。除此之外,PIC 系列单片机 I/O 端口驱动负载能力较强,每个输出引脚可驱动 20~25mA 的负载,一般端口总驱动能力约 60~70mA。

PIC16F877A 单片机具有 4K 的 Flash 程序存储器,192 字节片内数据存储器 RAM,128 字节的 EEPROM,14 种中断源,8 级硬件堆栈。片内集成同步串口 SSP 及 USART,自带看门狗定时器,省去了外接硬件电路,最大程度地节省了系统资源。

2.2 单总线数字式温度传感器 DS18B20

常用的温度检测元件主要有热电偶、热敏电阻、热电阻 Pt100 等。热电偶式传感器体积较大且变化率小导致灵敏度比较低,热敏电阻测量的稳定性和复现性差,且变化率非线性,热电阻 Pt100 的缺点就是热响应比较慢,成本高。本系统采用的 DALLAR 半导体公司推出的单总线数字式智能温度传感器 DS18B20 很好地改善了这些问题。

DS18B20 的测温范围从 -55℃ 至 +125℃,并通过简单的编程实现 9~12 位的数字值读数方式,可以分别在 93.75ms 和 750ms 内完成温度值转换和读取。DS18B20 外形简单且体积小,它只有三只管脚,分别是电源引脚 V_{DD} 、接地引脚 GND 和单线数据输入/输出引脚 DQ,仅通过单线接口 DQ 就可以完成与单片机的通信。

孙 宁: 硕士

的信息交流,所以需要有严格的时隙概念。每一个 DS18B20 的内部都有唯一的 64 位序列号,单片机通过读取序列号来识别每个器件,因此多个 DS18B20 可以挂接在同一条总线上,这就允许在不同的地方设置测温节点。

2.3 无线收发模块 PTR8000

PTR8000 以挪威 Nordic 公司的 N905 芯片为核心的无线收发模块,采用超小体积设计,其待机功耗仅为 2uA。而且内置环形天线,性能稳定不易受外界影响。它的最大发射功率可达 +10dBm,采用的是高抗干扰 GFSK 调制。PTR8000 内置完整的通信协议和 CRC,只需通过 SPI 即可完成所有的无线收发传输,使用方便可靠。

由于 PTR8000 的工作电压为 3V 左右,而 PIC16F877A 的供电和逻辑电平均为 5V,所以 PTR8000 与单片机连接时,需要进行电平转换。本系统选用 74LVC16245A,它是 TI 公司的一种 16 位双向总线收发器,能够接收高达 5.5V 的高电平,而输出的高电平能够达到 3.3V 左右。硬件电路如图 2 所示。

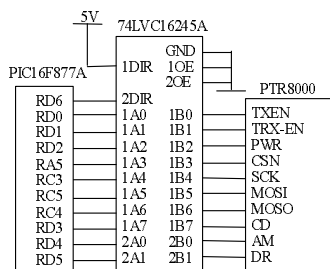


图 2 无线模块硬件电路图

2.4 MCU 与 PC 串口通讯

各点的温度值被发送到 PTR8000 接收模块之后,通过单片机与主机之间的串口通讯发送到远程主机上。由于单片机的串行通信采用的是 TTL 电平,而电脑标准串行接口的电平范围是 -15V 至 +15V。所以采用 MAX232 芯片进行电平转换。其接口电路如图 3 所示。

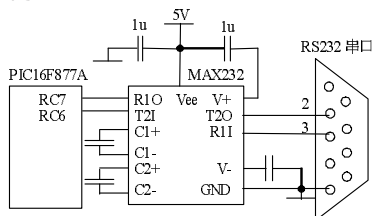


图 3 MCU 与 PC 串行通讯电路图

3 系统软件设计

3.1 上位机软件设计

系统的软件设计分为上位机 VC++ 编程和下位机单片机汇编程序。上位机编程实现 PC 与单片机之间的串口通信以及各点温度值的友好界面显示。采用 Visual C++ 中的 MSComm 控件完成串口通信,只需对串口进行简单地设置即可。应用程序要使用串口进行通信,必须在使用之前向系统提出资源申请要求,通信完毕后必须释放资源。主要步骤包括初始化串口、串口读写、发送数据、关闭串口。

3.2 下位机软件设计

下位机包括两个单片机。发送端单片机完成多点温度采集和温度值发送功能,接收端单片机完成温度值接收和串口通信功能。DS18B20 独特的单总线技术给硬件方面带来了很大的方便,而较小的硬件开销需要相对复杂的软件进行补偿,因此对

DS18B20 进行读写操作时,必须严格的保证读写时序。另外需要注意的是,在系统安装及工作之前,主机逐个与 DS18B20 挂接,以读取其序列号。然后在多点测温中,再逐一将序列号输入以确定每个 DS18B20 的正常工作。

为了顺利实现无线数据的发送和接收,必须通过 SPI 接口正确配置 PTR8000 的配置寄存器。上电后首先将 PWR、TX_EN、TRX_CE 设置为配置模式,通过 SPI 接口配置把工作频率、输出功率、地址宽度、有效数据宽度等初始化信息写进配置寄存器。在进行 SPI 编程时可直接使用 PIC16F877A 自带的主控同步串行通信模块(MSSP),使其工作在 SPI 模式。与 RF 协议相关的高速信号处理部分已经嵌入至 PTR8000 内部,用户在使用时只需编写应用层程序就可实现发送和接收功能。发送端单片机与接收端单片机程序流程图分别如图 4 和图 5 所示。

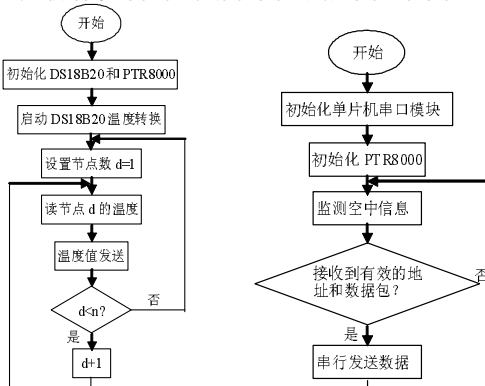


图 4 发送端单片机程序流程图 图 5 接收端单片机程序流程图

4 应用中的问题分析

4.1 多个 DS18B20 的总线驱动问题分析

系统在实际应用中可根据实际需要选择温度传感器的个数。但是当单总线上所挂 DS18B20 超过 8 个时,就需要考虑微处理器的总线驱动问题。根据系统功耗和布线成本的不同情况,MCU 与传感器之间有不同的接口驱动形式。第一种方法是利用 PIC16F877A 端口的强驱动能力,直接在总线和电源之间接 4.7K 的上拉电阻。第二种方法是采用分立元件三极管构成驱动电路。第三种方法是采用总线驱动芯片 74LS244,这种方法在数据读取过程中加入了缓冲,因此读写时序参数要作调整。

4.2 无线数据传输距离问题分析

PTR8000 的最大发射功率为 +10dBm,在无干扰情况下开阔地域的传输距离约 200 米,而且 PTR8000 的误码率接近零。如果在应用中误码多,传输距离近,或者容易受干扰,多数情况是硬件设计不合理或者调试不良造成的。要想进一步增加传输距离,可以在 PTR8000 的发射端连接一个 1W 的功率放大器,并为之配置匹配的天线。

5 结束语

系统采用单总线数字式温度传感器 DS18B20,并将易于维护、传输数据灵活的 PTR8000 无线收发模块与单片机相结合,克服了设计电路复杂、稳定性和可靠性差的缺点,提高了系统抗干扰能力,适合于恶劣环境下的温度测量,而且在计算机上实现了具有界面化的多点实时温度显示,使用方便,操作灵活。

创新点:系统基于 PIC 系列单片机 PIC16F877A 设计了一种多通道数据采集及无线通信系统,该系统功耗低,体积小,电路结构简单,传输数据误码率低。另外温度测量采用数字集成

(下转第 45 页)

译完成后,即可在工程中看到所生成的 Nios II Linux 可执行文件.exe 文件。

3.2 下载并运行用户应用程序

有多种方法将 Nios II uClinux 可执行文件.exe 文件传输到 uClinux 系统中并运行,一般首选 ftp 和 NFS 方法。鉴于本例没有包含网络系统,所以选用修改文件系统内容的方法完成下载和运行任务。

先将编译好的.exe 文件拷贝到 uClinux_fs 工程的 target\bin 目录下(可以根据自己的习惯选择其它),重新编译 uClinux_fs 工程。完成后将编译新生成的 romfs.bin 文件写入 Flash 芯片中,启动登陆 uClinux 操作系统,进入/bin 目录。可以看到,拷贝到文件系统下的.exe 程序已经出现在/bin 目录中。执行后则在 DNW 窗口得到程序执行的结果,例如打印输出:My first Nios2 uClinux Program!其效果示于图 4。

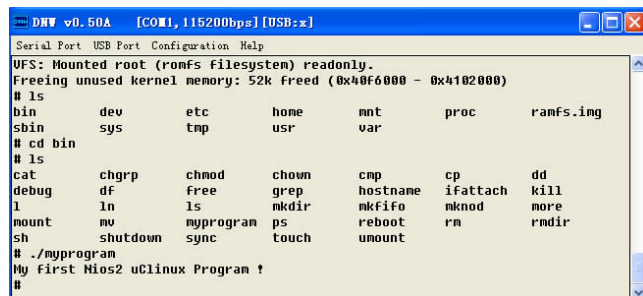


图 4 应用程序执行效果图

4 结束语

嵌入式系统设计是一门综合性很强的学科,其相关研究内容和技术具有高度融合的特点。基于新颖、高效、业已成熟的基本器件及开发环境,SOPC 使得测量和控制领域中直接面向应用的研究更加现实、可行。依托于“强电磁场环境模拟与防护技术”国防科技重点实验室,本文构建了一个 SOPC 系统,定制了 Nios II 处理器软核,进而完成了 uClinux 操作系统的剪裁与移植和应用程序的基本开发、调试工作,并投入到了后续实验之中。此外,这种方式不仅有助于大大缩短嵌入式系统的软硬件开发时间,又为一般实验条件下的相关控制系统提供了可行的设计思路和实现方法,并可望具有一定的学术价值和广阔的应用领域。

本文创新点:构建了可移植 uClinux 的最小 SOPC 系统,并成功完成了 uClinux 的移植工作,缩短了 SOPC 系统的开发周期、拓展了 uClinux 的应用领域。

参考文献

- [1]杨瑞瑞、王厚军、李力.基于 Nios II 内核的嵌入式 SOPC 开发板的实现[J].现代电子技术,2006年第24期总第239期:84-85.
- [2]Nios Development Board Cyclone Edition RoHS Rev02,www.altera.com.
- [3]张岩、陈利学、丁鹏、杨大千.基于 SOPC 的嵌入式 Web 服务器设计与实现[J].微计算机信息,2007,1-2:160-162.
- [4]北京革新科技有限公司.GX-SOP/SOPC-Dev-Lab Platform 创新开发实验平台 EDA/SOPC 实验指导.
- [5]Microtronix Nios Linux Distribution Quick Start Guide,www.microtronix.com.

作者简介:巨政权(1980—),男(汉族),军械工程学院计算机应用技术专业硕士研究生。主要研究方向:智能检测与故障诊断;

原亮(1955—),男(汉族),军械工程学院教授、硕士生导师,主要研究方向:智能检测与故障诊断

Biography: JU Zheng-quan, male, 1980, Master of Ordnance Engineering College, major in Computer Application, and study in intelligent detection and fault diagnosis.

(050003 石家庄 军械工程学院 计算机工程系) 巨政权 原亮 满梦华 郑见灵

(Department of Computer, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang, 050003, China) JU Zheng-quan YUAN Liang MAN Meng-hua ZHENG Jian-ling

通讯地址:(050003 河北石家庄军械工程学院研究生一队) 巨政权

(收稿日期:2009.03.03)(修稿日期:2009.04.05)

(上接第 33 页)

传感器,其精确度以及可靠性大大超过了模拟传感器,且简化了硬件电路。该系统应用广泛,使用方便。可以在各种复杂环境中完成测量任务,从而大大减少了人力物力。

参考文献

- [1]李荣正,刘启中,陈学军.PIC 单片机原理及应用[M].北京:北京航空航天大学出版社,2006.
- [2]郑长征,毛哲,谢兆鸿.多个 DS18B20 在粮库测温系统中的应用[J].自动化技术与应用,2006,25(11):87-89.
- [3]刘健翔,董浩斌.基于 PTR8000 的无线数据传输系统设计[J].科技情报开发与经济,2006,16(6):232-234.
- [4]官晟,张杰,丁永耀.微机主从通讯系统多 232 口连接电路设计[J].微计算机信息,2005,21(4).

作者简介:孙宁(1984—),女(汉族),河北衡水人,中国科学院长春光学精密机械及物理研究所,硕士,主要从事精密检测技术方向的研究;沈湘衡(1952—),男(汉族),研究员,中国科学院长春精密机械及物理研究所,研究员,主要从事精密检测技术方向的研究

Biography: SUN Ning (1984—), female (Han nationality), HeBei Province, ChangChun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, the master, Major in the technology of fine detection.

(130033 吉林长春 中科院长春光学精密机械与物理研究所)

孙宁 沈湘衡

(100390 北京 中国科学院研究生院)孙宁

(ChangChun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences Changchun Jilin 130033, China) SUN Ning SHEN Xiang-heng

(Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100390, China) SUN Ning

通讯地址:(130033 吉林长春 中科院长春光学精密机械与物理研究所)孙宁

(收稿日期:2009.03.03)(修稿日期:2009.04.05)

微计算机信息杂志 旬刊

每册定价:10 元 一年订价:360 元

地址:北京海淀区皂君庙 14 号院鑫雅苑 6 号楼 601 室
微计算机信息 邮编:100081
电话:010-62132436 010-62192616(T/F)