

基于 ZigBee 和 MSP430 无线温度控制系统设计

曹 莉, 曾黄麟, 乐英高

(四川理工学院人工智能四川省重点实验室, 四川 自贡 643000)

摘 要:将低功耗单片机 MSP430 与近距离低功耗无线射频芯片 ZigBee - CC2430 结合起来, 实现了温度多点无线监测控制系统。详细介绍了硬件部分和软件部分, 阐述了 ZigBee 组网过程。通过实验验证, 系统稳定可靠, 安装方便, 能够有效的实现远程温度采集和控制, 并且成本低廉, 终端节点功耗很低, 达到了数据传输安全可靠的目的。

关键词:温度控制系统; ZigBee 技术; MSP430F149; 无线通信

中图分类号: TN92

文献标识码: A

引 言

随着科技时代的发展, 数字通信、信息处理和信息融合技术的快速发展, 人们对环境保护和低碳环保意识的增强。在温度检测领域, 由于基于有线的温度采集系统, 具有布线麻烦、系统可扩展性差、系统安装和维护成本高以及移动性能差等缺点, 因此无线传感器网络技术是实现温度采集系统的理想选择。

近距离无线传感器网络技术主要包括无线局域网(Wi-Fi)、超宽带技术(UWB)、近场通信(NFC)、蓝颜技术(Bluetooth)、红外线数据通信 IrDA 和 ZigBee。但由于这些技术的应用领域不同, 而 ZigBee 是一种新兴的短距离、低速率、低功耗的无线网络技术, 它是一种介于无线标识技术和蓝牙技术的技术提案, ZigBee 被业界认为是最有可能应用在工业控制、传感器网络、智能家居、家庭监控、安全系统等领域的无线技术。

1 ZigBee 技术

ZigBee 技术是一种短距离、低复杂度、低功耗、低数据速率、低成本的双向无线通信技术, 是一组基于 IEEE 802.15.4 无线标准研制开发的有关组网、安全和应用软件方面的通信技术。IEEE 802.15.4 工作在工业科学医疗 ISM(Industrial, Scientific and Medical) 频段, 定义了两

个物理层 PHY, 分别工作在两个频段上: 868/915 MHz 和 2.4GHz。其中低频段物理层覆盖了 868MHz 的欧洲频段和 915MHz 的美国与澳大利亚等国的频段, 高频段 2.4GHz 则全球通用^[1]。

ZigBee 网络中有三种网络角色: PAN 网络协调器、协调器和设备。协调器和路由器只能是全功能器件 FFD。一个 PAN 的网络中, 至少要有一个全功能器件成网络的协调器, 它可以看作是一个 PAN 的网关节点(SINK 节点), 它是网络建立的起点, 负责 PAN 网络的初始化, 确定 PAN 的 ID 号和 PAN 操作的物理信道并统筹短地址分配, 充当信任中心和储存安全密钥, 与其他网络的连接等^[2]。协调器在加入网络之后获得一定的短地址空间。这个空间内, 他有能力允许其他节点加入网络, 并分配短地址。当然协调器还具备路由和数据转发的功能。在任何一个拓扑网络上, 所有设备都有一个唯一的 64 位 IEEE 长地址, 该地址可以在 PAN 中用于直接通信。或者当所有设备之间都已经存在连接时, 可以将其转变为 16 位的网络短地址分配给 PAN 设备。因此在设备发起连接时采用的是 64 位的长地址, 只有连接成功后, 系统分配了 PAN 的标志符后, 才能采用 16 位的短地址来通信。路由器可以只运行一个存放有路由协议的精简协议栈, 负责网络数据的路由, 实现数据中转功能^[3]。

收稿日期: 2011-12-05

基金项目: 四川省技术厅应用基础研究专项课题(2011JY0051); 四川省白酒及生物技术重点实验室重点专项课题(NJ2010-01)

作者简介: 曹 莉(1987-), 女, 湖北当阳人, 硕士生, 主要从事嵌入式技术和数字图像处理技术方面的研究, (E-mail) caoli198723@163.com

2 ZigBee 温度采集终端的硬件设计

温度无线控制系统主控制器采用 MSP430F149 单片机芯片,同其它单片机相比,MSP430 系列可以大大延长电池的使用寿命;1 μ s—6 μ s 的启动时间可以使启动更加迅速;ESD 保护,抗干扰力强;低电压供电;多达 64KB 寻址空间,包含 ROM、RAM、闪存 RAM 和外围模块;外部中断引脚;I/O 口具有中断能力;外围模块地址为存储器分配;全部寄存器不占用 RAM 空间,均在模块内;定时器中断可用于事件计数、时序发生、PWM 等;看门狗功能;A/D 转换器(10 位、12 位、16 位或更高精度)并且支持 C 语言和汇编语言^[4]。温度无线控制系统硬件整体设计图入图 1 所示。

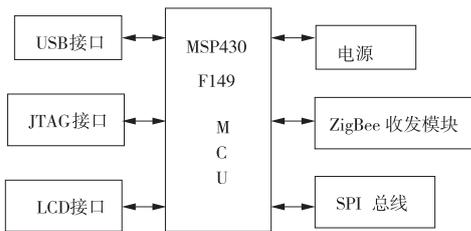


图 1 温度无线控制系统硬件设计框图

无线温度采集系统的协调器与温度传感器节点之间

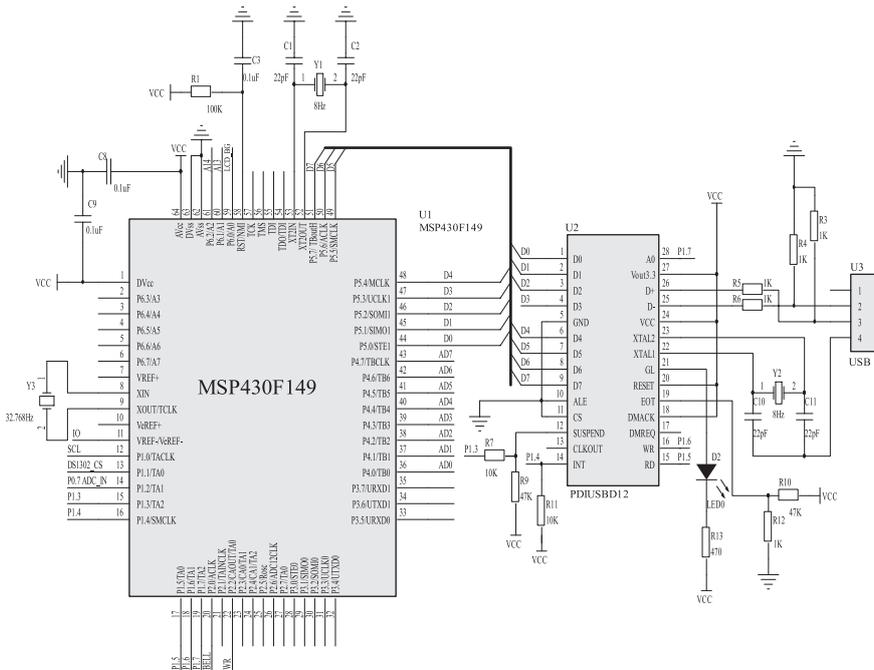


图 2 MSP430F149 与 PDIUSB12 硬件连接框图

3 ZigBee 温度采集终端的软件设计

在软件设计中我们使用 IAR Embedded Workbench 开发环境,是一套高精密且使用方便的嵌入式应用编程

只需传输温度数据信号,且数据发送频率不高,而 ZigBee 的最大传输速率可以达到 250 kb/s,这对于实现无线温度采集系统来说已经足够了^[5]。在硬件设计中,主控制器与 USB 连接使用的是 PDIUSB12, PDIUSB12 是一款性价比很高的 USB 期间,它通常用作微控制器系统中实现与控制器进行通信的高速通用并行接口,支持 DMA 传输,它可以在各种不同类型微控制器中选择出最适合的微控制器,这种灵活性减少了开发的时间、风险以及费用,从而用最快捷的方法实现最经济的 USB 外设的解决方案。MSP430F149 与 PDIUSB12 硬件连接图如下图 2 所示。

ZigBee 芯片采用 TI 公司的 CC2430,CC2430 片上系统保持了 CC2420 所包括的卓越射频性能,包括超低功耗、高灵敏度、出众的抗噪声以及抗干扰能力,集成了单周期的 8051 微控制核心,还具有掉点检测功能,AES - 128 协处理器和睡眠模式定时器等功能,CC2430 芯片带有电池监测和温度感测功能,测量的温度范围是 -40 $^{\circ}$ C ~ 85 $^{\circ}$ C,一般能够满足的工业温度检测要求。ZigBee 网络的拓扑结构主要有 3 种:星型、树状和网状网络结构。我们这里采用树状网络,树状网络拓扑图如下图 3 所示。

开发工具,它具有高度优化的 C/C++ 编译器,高性能的 C-SPY 调试器和硬件调试工具,支持 RTOS 内核识别调试,提供现成的代码流程,使我们二次开发更加简便快捷。系统软件设计包括上位机通讯管理软件设计和下位机的实时控制软件设计两部分。上位机通讯管

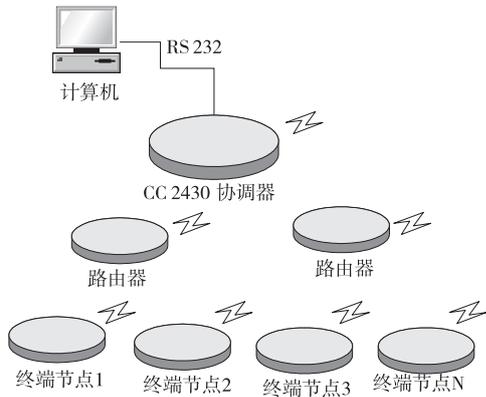


图3 树状网络拓扑图

理软件设计主要包括负责收发数据的传输模块,对数据进行处理的运算模块和对参数进行显示的显示模块,下位机实时控制软件包括系统初始化模块,处理A/D和D/A的转换模块和负责收发数据的通讯模块。ZigBee标准网络建立设计流程图如下图4所示。

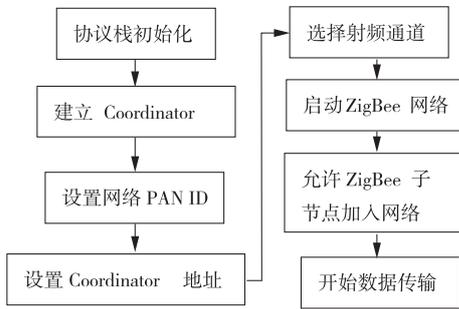


图4 ZigBee建立网络流程图

在整个系统软件设计中,无线温度控制系统整体设计流程图如图5所示。整个系统工作可以分为3个阶段:1,系统接上点后,MSP430F149和CC2430初始化,网络协调器检测是否与上位机相连。2,网络协调器建立网络,路由器和终端节点加入网络,并发送和处理绑定命令,终端节点把传感器采集到的数据发送给路由器,路由器又转送给网络协调器。3,网络协调器把收到的数据处理后送给LCD液晶显示并通过RS232串口发送给监控室的计算机处理,计算机根据收到的数据绘制温度曲线,实时在计算机显示器温度变化曲线。

4 无线温度控制系统测试和结论

在实验测试中,我们利用人工智能四川省重点实验室里的资源,选取4个CC2430小模块下载终端节点程序当做终端节点,选2个CC2430模块作为路由节点下载路由程序,之后把MSP430F149与CC2430相连下载网络协调器程序。上电初始化后,网络协调器建立网络,其他的路由器和终端节点加入网络,在ZigBee协议

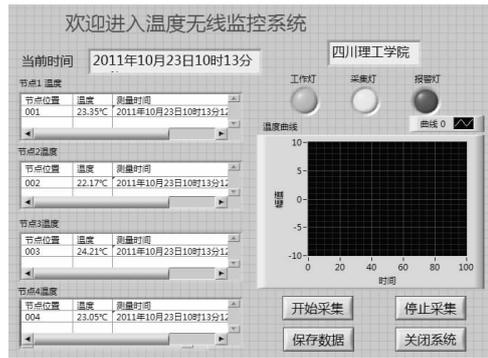


图5 无线温度控制系统设计流程图

分析仪软件 Packet Sniffer 软件中可以检测无线数据包并解码,按照一定的数据包格式显示在 GUI 界面,可以看到 ZigBee 组网过程。终端节点每隔 3S 向协调器发送检测到的温度数据,在计算机主机上可以看到温度变化曲线。我们用 Labview 软件^[6-7]做了一个上位机界面如下图6所示。

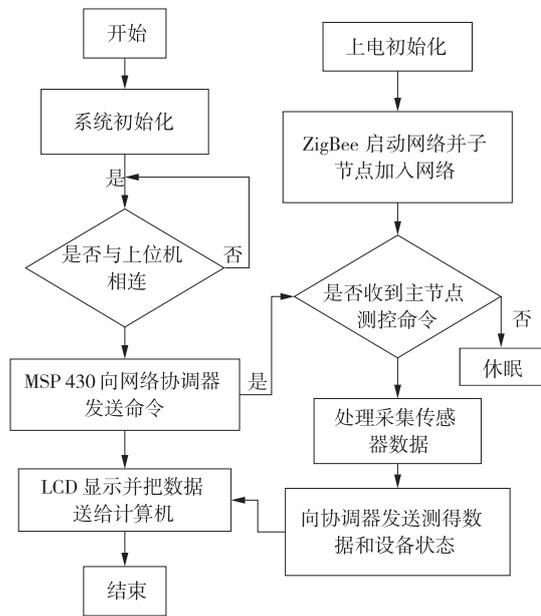


图6 温度无线监控系统操作界面

根据实践测试,可以实时的检测控制终端节点的温度,系统稳定可靠,安装方便,能够有效的实现远程温度采集和控制,并且成本低廉,终端节点功耗很低,从而达到了节能减排的功效。

5 结束语

本文设计的温度无线控制系统功耗低且控制简便,又能节约能源,保护环境,具有很强的推广价值。随着无线通信技术和信息处理技术的发展,无线温度控制系统有着更广阔应用前景,更好地改善我们的生活。

参 考 文 献:

- [1] 李文仲,段朝玉.ZigBee 无线网络技术入门与实战[M].北京:北京航空航天大学出版社,2007.
- [2] 高守玮,吴灿阳.ZigBee 技术实践教程[M].北京:北京航空航天大学出版社,2009.
- [3] 昂志敏,金海红.基于 ZigBee 的无线传感器网络节点的设计与通信实现[J].现代电子技术,2007(10):48-49.
- [4] 陈利虎,叶湘滨.基于 MSP430F149 的无线传感器网络节点设计[J].传感器世界,2004(10):28-29.
- [5] 陈蕾,曾连荪.基于 ZigBee 技术的公共场所无线温度采集系统[J].现代电子技术,2008(22):142-144.
- [6] 周志,孙静.关于 LabVIEW 中等待函数的运行误差研究[J].四川理工学院学报:自然科学版,2009,22(6):74-76.
- [7] 郭天石,刘高君.基于 LabVIEW 的微分方程数值解的动态仿真仪[J].四川理工学院学报:自然科学版,2009,22(2):92-95.

Wireless Temperature Control System Design Based on ZigBee and MSP430

CAO Li , ZENG Huang-lin , YUE Ying-gao

(Artificial Intelligence of Key Laboratory of Sichuan Province, Sichuan University of Science & Engineering,
Zigong 643000, China)

Abstract : The low-power microcontroller MSP430 and the low-power radio frequency chips ZigBee-CC2430 are proposed to be combined together to achieve multi-point wireless temperature monitoring and controlling. The hardware and software components are described and the ZigBee network process are elaborated in detail. The experiment indicates that the system is stable and reliable, easy to install, and can be effective to realize the remote temperature gathering and controlling. Furthermore, the system is low-cost and low-power end nodes to achieve safe and reliable data transmission.

Key words : temperature control system; ZigBee technology; MSP430F149; wireless communication