

无线通信在嵌入式系统中的应用

Application of Wireless Communication in Embedded System

(1.河南郑州轻工业学院;2. 孟州市电力公司)曹玲芝¹ 石 军¹ 任亚萍²

Cao,Lingzhi Shi,Jun Ren,Yaping

摘要: 本文介绍了无线数传模块在嵌入式系统中的应用,嵌入式处理器与无线模块的硬件接口设计,无线模块的驱动程序编写,预约式点对多点无线通信的传输协议的制定以及实现。为无线通信在嵌入式系统中的应用提供了有效的方案。

关键词: 无线通信;嵌入式系统;协议

中图分类号:TP316.81 文献标识码:A

文章编号:1008-0570(2005)11-2-0047-03

Abstract: This paper explains the application of wireless communication module in embedded system, the hardware interface of embedded processor and the module, the programming of driver of the module, establishment and implement of reservation point to multi points communication protocol. This paper provides application of the wireless communication in embedded system a effective solution.

Keywords: wireless communication; Embedded System; protocol

1 引言

在传统的远程监测系统中大多采用 PC 机作为上位机,通过 RS485 串行通信作为传输手段,因此系统有诸如工作不够稳定、连线繁多、扩展性差等缺点。

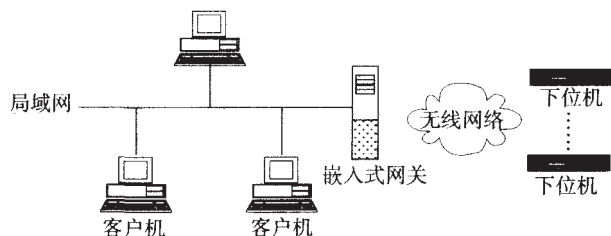


图1

如图1所示,本项目当中采用32位嵌入式芯片组成的系统作为上位机,其体积小、功耗小而且工作稳定;上位机与下位机之间的传输采用无线传输方式,且上位机对下位机可配置,从而使得系统具有很强的扩展性。这套系统具有更优的性能,可以作为现有系统的升级产品。

2 硬件结构

上位机嵌入式系统采用在工控领域有传统优势

曹玲芝:副教授

2003年河南省中青年骨干教师资助项目

电话:010-62132436,62192616 (T/F)

的摩托罗拉芯片(ColdFire5249)为核心,配备4Mbyte闪存和16Mbyte内存的系统,此系统外扩有网络接口,可通过局域网为客户机提供数据服务。通过无线模块与下位机进行数据交换,获取远程数据,下达客户机对远程对象的控制命令。

下位机采用基于8051的单片机系统,他的主要功能是采集现场的数据以备上位机查询,执行上位机转发来的用户指令。其中温度传感器采用DS18B20。

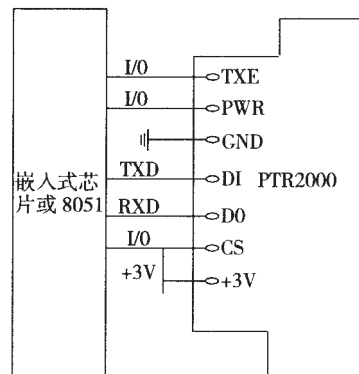


图2

无线通信模块采用PTR2000,PTR2000是收发一体的工作在国际通用数传频段433MHz的无线通信模块。他最高传输速率可以达到20Kbit/s,功耗低,待机状态下仅为8uA,可以直接与CPU的串口连接使用。PTR2000的引脚定义如表1。

表1

TXE	PWR	GND	DI	DO	CS	VCC
发送控制	节能控制	电源接地	数据输入	数据输出	频道选择	电源接入

具体硬件连接见图2,由图可见PTR2000的硬件连接非常简单,由3个通用I/O口分别控制TXE,PWR,CS。DI,DO与CPU的串口连接。TXE为1时,为发送状态,TXE为0时,为接收状态。状态转换需要5毫秒。PWR为0时,为节能待机状态,此时模块无法进行接收或者发送。

3 线通信协议及其软件结构

3.1 通信协议研究

在本系统中,网关(嵌入式系统)与下位机(单片机系统)之间采用无线通信方式。无线通信由于其无需布线、便于安装、检修升级容易、管理简单、灵活性强等诸多优点已经得到广泛应用,但是无线传输在传输过程中难以避免的会产生误码,而且产生误码的几

率要远远大于有线网络,并且误码的产生与多方面的因素有关,因此有很大的不确定性。所以必须采用一种差错控制机制,但是我们不需要也很难实现太过于复杂的方法,我们可以采用停止等待协议来实现差错控制。此外,我们必须采用校验机制以确定何时需要重传,CRC 校验码的检错能力很强,它除了能检查出离散错外,还能检查出突发错。考虑到硬件和传输的开销问题,使用 CRC16 校验码。

本系统当中我们所采用的无线数传模块是 PTR2000, PTR2000 灵敏性很高,因此在无载波的情况下在接收端会产生随机的数据,在通信协议中必须在有效数据前加上两个或多个固定的前导字符作为同步信号,使得接收端能够辨别出有效数据的开始。

本系统中所采用的是点对多点的无线通信模式,因此必须选择一种多址方式来实现点对多点通信,常用多址方式有时分多址(TDMA)、频分多址(FDMA)、码分多址(CDMA)等,其中 FDMA 为每一路通信提供一个不同的频段,易于实现,但是需要比较大的频段资源,而且抗干扰能力差。CDMA 是采用不同的编码来区分不同的信道,抗干扰能力强,但是传输开销非常大,而且实现也比较复杂。TDMA 在同一时间内只有一个信道可以通信,抗干扰能力较强,传输开销较小,而且实现比较容易,虽然实时性较差,但是由于温度的物理特性,此系统的实时性要求不高,所以可以采用时分多址(TDMA)来实现。

3.2 通信协议制定

表 2

前导字符	帧类型(帧编号)	地址	数据	校验	帧结束标志
------	----------	----	----	----	-------

帧格式如表 2,其中前导字符可采用 0xAA、0xAA、0xFF、0x00 共 4 字节,其中前两个字节为同步信号,后两个字节为帧开始标志,接收端只要能接收到 0xAA、0xAA、0xFF、0x00 就可以认为新的一帧开始了,帧类型(4 位)分为数据帧、有序数据帧、控制命令帧、确认帧等多种帧类型,帧编号(4 位)为可选项与帧类型相关,只有帧类型是有序数据帧时才有效,地址(1 字节)标明数据帧的目的地址,有效数据长度不定,校验为 2 字节 CRC16 校验码,结束标志为 0x00。

由于 Linux 串行通信中有许多 ASCII 码是作为控制字符来使用,因此,对以上帧当中除了前导字符和结束标志外的数据进行 base64 编码。

3.3 通信协议的实现

嵌入式系统端软件结构

首先,在嵌入式操作系统中,由于通常只能在内核态才能对硬件进行访问,所以软件必须通过驱动程序来操作硬件,在这里 PTR2000 可以看作一个串口设备来使用,但是, PTR2000 是一个半双工的通信模块,发送接收状态由 TXE 来控制,因此,要对默认的串口

驱动程序进行一些修改,在串口驱动程序中的 write 函数完成发送功能,我们需要在其中加入一个通用对 I/O 口控制 TXE 的操作,发送前 TXE 置 1 使 PTR2000 处于发送状态,并且延时确保状态转换完成,发送完毕后 TXE 置 0 使 PTR2000 处于接收状态,并且延时确保状态转换完成。在驱动程序结构中,ioctl 函数完成对设备的附加操作,在此函数中我们实现对无线模块的状态的设置,包括发送、接收、节电待机状态之间的转换,其中主要实现节点待机状态和正常状态之间的转换。图 3 所示的是驱动程序的中断服务程序的流程图,在其中我们实现数据的编码与解码、发送与接收以及校验,而差错控制交由上层应用程序来控制,通过驱动程序的编写,使得无线通信模块对于上位机来说基本成为标准的半双工串口设备,从而使得上层应用程序实现了与硬件无关,具有较强的可移植性。

其次,完成守护进程,此进程完成对下位机的初始化以及轮询,其中实现停止等待协议,读取到的数据存入共享内存中以备上层应用程序使用。

图 4 是上位机守护进程的流程图,程序先从配置文件中读出配置信息对下位机进行逐个查询。通过配置文件配置系统使得整个系统具有可配置性,可以随时扩展新的下位机,只需要通过用户界面修改配置文件中下位机的地址编码就可以使新加入的节点正常工作。此外,配置信息包括发送给每个节点的全部节点信息,可实现预约式通信,达到节能的目的。

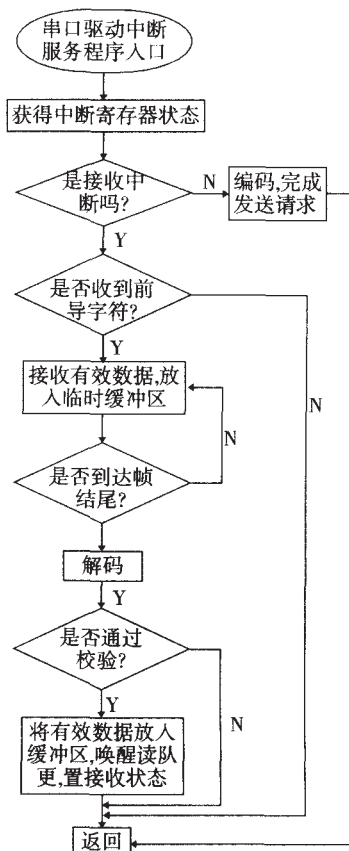


图 3

在进入论询后每次查询当前节点前首先在共享内存中查询是否有未执行的用户指令,如果有则发送这些指令,使下位机执行这些指令,并等待下位机返回确认信息,然后进入对当前节点的查询,在实际工作过程当中,每次数据发送完毕后,必须使程序进入一定的延时以确保发送完成,延时与波特率有关,延时过长会错过下位机反馈的数据的接收,延时过短会使得命令发送不成功或者不完整。如果在设定的超时时间没有收到数据,则超时次数增加一次,如果对同一个无线节点查询次数达到设置的超时次数,仍然没有接收到节点响应则标记此节点失效,由上层程序通知用户。收到有效数据包后,解开封包将数据写入共享内存并指向下一个节点进行查询,轮流对所有节点进行查询。超时次数可通过配置文件修改以确保在不同环境下的通信质量。

下位机软件

下位机单片机系统的软件系统完成温度采集以及与上位机的无线通信,主程序在空闲状态下定时对温度进行采集,当串口接收到数据发生中断时,接受封包并对其进行分析,如果收到的封包与本机地址一直则根据封包的类型完成相应的操作,否则,根据地址表中的信息计算出预约的时间,使无线模块进入节能状态,在预约时间到达时再次参与通信。

4 无线通信中的其他问题

4.1 无线通信中的节能问题

最小能耗的编码,由于在无线通信中,只有在传送的位是逻辑高电平时才消耗能量,而在传送逻辑低电平时并不消耗能量,因此,可以采用适当的编码使得编码中为逻辑1的位尽量的少,就可以达到降低功耗的目的。

进入节电状态,下位机由上位机初始化一份预约信息表,下位机对接收到的与本机地址不同的封包认为是预约封包,取出该封包中的地址,在预约信息表中查询计算本机将在下N个时刻进行通信,随后使本机无线模块进入N个时间间隔的节能状态,在预约时间到达时唤醒模块进行通信,在这种通信模式下,应该采用比较保守的计算方法,以避免因为节能而错过通信而造成的通信失败。

此外,通信中有可能发生重传,当下位机在预约时间到达时有可能收到的仍然是预约信息,此时下位机应该再次进入节能状态。

4.2 无线通信中的安全问题

对传输的编码进行加密,本系统当中受到下位机单片机系统的限制,复杂的加密方法很难实现。但是由于无线通信的特点,安全问题又是不容忽视的。我们可以采用简单的加密方法来保证通信的安全性,比如采用非标准的base64编码。

4.3 无线通信的网络规模

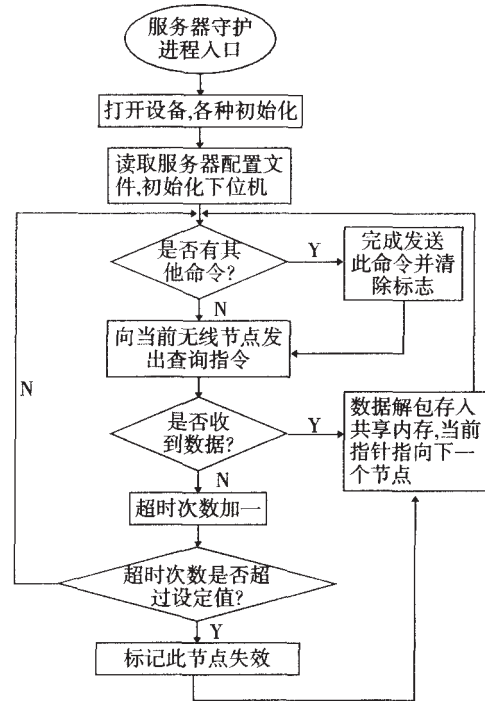


图4

无论采用何种无线传输模块,他都会受到其传输距离的限制,比如,在本系统当中所采用的PTR2000的传输距离在300—400米,对于一个大型的粮仓而言,这个传输距离就可能达不到要求,因此,我们采用路由的方式,在合适的位置加入一个单片机系统作为路由和中继,已达到网络的扩展,前文通信协议中地址字段中可以加入1字节作为不同网段的地址标志。

5 总结

本文所介绍的软硬件设计已经在远程无线粮仓温度测控系统中得到了应用,对一千组数据发送接收的实验表明,一次重传率为5%,两次重传率为0.4%,三次重传率为0.02%,没有发现超过三次重传的现象,因此,设定重传次数为5次以确保通信成功,本系统具有适合多种环境,误码率较低,通信效率较高,可靠性较高,安全性较强的特点,并且在实际应用取得了令人满意的效果。

参考文献

- [1]点对点多任务无线通信, 聂光义, 电子质量, 2003年第4期
- [2]一种实用的无线信道纠错方法, 李长乐, 李建东, 孙荷琨, 电讯技术, 2002年第4期
- [3]A LOW COST WIRELESS MULTIMEDIA PLAYER BASED ON 802.11B, Po-Chuan Lin, Jing-Fa Wang, ChifPin Tang, Tzu-Hsuan Huang, IEEE, 2003
- [4]An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks, Wendi B. Heinzelman, Anantha P. Chandrakasan, IEEE TRANSACTIONS ON WIRELESS COMMUNICATIONS, VOL. 1, NO. 4, OCTOBER 2002

(见第126页)

3.6 锁存器的使用

使电路复杂化的常见原因之一是设计中存在许多不必要的锁存器,使得电路复杂,工作速度降低,系统可靠性变差。综合时应该仔细检查是否合理使用了锁存器。由于 UART 接口的功能特点,设计中共使用了 4 个锁存器,用来锁存 A(2:0)和 CSn 信号。当 UART 和 CPU 总线处在同一个芯片中时,这些锁存器可以用寄存器取代。

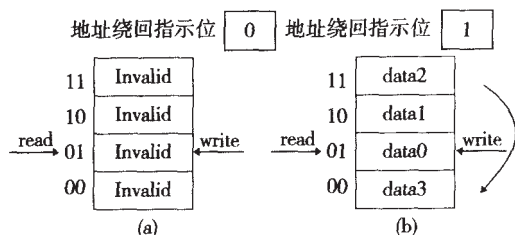


图 4 发送模块 FIFO 空满标志的生成

4 综合结果

整个设计以 VHDL 语言来实现。在 SYNOPSIS Design Compiler 中使用 LSI_10K 库,设定系统工作频率为 25MHz,其他使用预定的选项,综合后最大路径延时为 10.66ns,预期工作频率大于 90MHz。资源使用情况如表 1 所示。

表 1 VHDL 综合的资源使用情况

Cell	Reference	Aera
U1	Intface	1020.00
U2	Modem	131.00
U3	Rxcver	2694.00
U4	Txmitt	2412.00
U5	Clk_generator	333.00
Total 5 cells		6590.00

在 XC2V1000-6 芯片中,以 Synplify 为综合工具,则使用了 188 个寄存器,占用了 1%的逻辑资源。最大路径延迟预期 9.043ns,预期工作频率 110MHz。

5 仿真与验证

设计中对 UART 各模块分别撰写了相应的测试程序,验证了各模块的正确性。然后把这些模块装配在一起,在系统级上再进行了接收、发送和中断功能的门级验证。这种模块化分层次的验证过程在调试中有效地缩小了查找错误的范围,提高了调试效率并保证了代码的健壮性。

6 结束语

稳定性和低功耗是嵌入式通信系统的重要设计目标。实现需要的功能有时并不困难,难的是提高系统稳定性和有效降低功耗。时钟的规划和亚稳态的处理与这两个目标有着非常密切的关系,是实用化设计

关注的重点之一。通过稳定性、功耗与资源等方面的综合考虑,该设计在所实现的软件无线电硬件平台上得到了成功应用,达到了实用化设计的目标。

参考文献:

- [1]EXAR Corp. ,ST16C550 Datasheet[Z] ,www.exar.com ,2005
- [2]L.Kleeman A.Cantoni ,Metastable behavior in digital systems, IEEE Design and Test of Computers[J], Volume 4, No. 6, 1987
- [3]Chris Wellheuser ,Metastability Performance of Clocked FIFOs[Z] ,www.ti.com ,1996
- [4]Peter Alfke ,跨越异步时钟边界传输数据的解决方案[Z] ,www.eetchina.com 2001

作者简介:杨晓斌,男,硕士研究生,清华大学电子工程系;研究方向:数字电路设计,软件无线电,Email:yangxb02@mails.tsinghua.edu.cn;赵花荣,女,硕士研究生,清华大学电子工程系;研究方向:数字信号处理,软件无线电,Email:zhaohr03@mails.tsinghua.edu.cn;赵明生,男,博士,清华大学电子工程系副教授;研究方向:软件无线电、神经网络及其在信号处理中的应用;Email:zhaoms@tsinghua.edu.cn。

(100084 清华大学)杨晓斌 赵花荣 赵明生

联系方式:(100084 北京海淀区清华大学东主楼 9 区 318 室)杨晓斌

(投稿日期:2005.4.26) (修稿日期:2005.5.8)

(接 49 页)作者简介:曹玲芝,女,1965 年生,郑州轻工业学院电器信息工程学院,东南大学硕士研究生毕业,现为郑州轻工业学院副教授,主要从事远程测控技术研究。Email:caolingzhi@zzuli.edu.cn;石军,男,1978 年生,郑州轻工业学院电器信息工程学院 硕士研究生,籍贯:河南,研究方向:远程测控,嵌入式系统开发。

(450002 郑州 郑州轻工业学院 电气信息工程学院)曹玲芝 石军

(454750 孟州 孟州市电力公司)任亚萍

(Electric and Information Engineering College of Zhengzhou Institute of Light Industry ,450003)Cao, Lingzhi Shi,Jun

(Power Company of Mengzhou , 454750)Ren,Yaping

(投稿日期:2005.5.6) (修稿日期:2005.5.8)

(接 81 页)参考文献:

- [1]Universal Serial Bus Specification (Revision 2.0). WWW. USB.org
- [2]崇华明等,AMBA 总线与 USB1.1 桥接功能模块的硬件设计,计算机工程,Vol.32,No.3

作者简介:孙丰军(1980-),男,汉,硕士,北京工业大学电子信息与控制工程学院,控制理论与控制工程专业,研究方向:嵌入式系统及其应用。

(100022 北京工业大学电子信息与控制工程学院)孙丰军 余春喧

(投稿日期:2005.5.16) (修稿日期:2005.5.28)