

一种低成本无线传感器网络节点的设计

刘成岩, 孙晶华

(哈尔滨工程大学 理学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要: 基于 PIC 低功耗单片机与 MEMS 加速度传感器, 设计了一种低成本的无线传感器网络节点。该设计采用性价比较高的 PIC16 系列单片机, 软件模拟 PT2262 遥控编码器, 配合 I²C 接口加速度传感器、微型高频发射器件, 实现了通用 MCU 无线传感器的节点方案, 省去了昂贵的专用 RF 芯片, 降低了系统成本。节点整体采用 3.3 V 单节锂电池供电。实验结果表明, 该方案具有可靠、灵活、低功耗、低成本的特点, 可广泛应用于低速实时测量、监控防盗等场合。

关键词: PIC 单片机; 加速度传感器; 无线网络; EM310

中图分类号: TN957

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)15-0020-05

Design of low-cost node in wireless network system

Liu Chengyan, Sun Jinghua

(College of Science, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China)

Abstract: A low-cost wireless sensor network node is designed based on low-power consumption PIC microcontroller and MEMS acceleration sensor. The design uses low-cost PIC16 series microcontrollers, PT2262 encoder software simulation, with the I²C interface acceleration sensor and micro-high-frequency emitting devices to achieve a common MCU solution for wireless sensor nodes, eliminating the need for expensive dedicated RF chip, reducing system cost. All nodes use a single 3.3 V Li-Ion battery. Experimental results show that the scheme is reliable, flexible, low-power and low cost, which can be widely used in low-speed real-time measurement, monitoring security and other occasions.

Key words: PIC MCU; acceleration sensor; wireless networks; EM310

目前有多种可供选择的无线组网方案, 如 ZigBee, 其具有功耗低、传输速率高、体积小、协议成熟、节点能够协同工作等特点。但 ZigBee 由于采用国外技术, 其芯片价格高, 限制了它的普及应用。PT2262/PT2272 系列编解码芯片是一种采用 CMOS 工艺、低功耗、低价位芯片, 在遥控门、防盗、玩具等产品中大量使用, 但其在数据传输、安全性等方面有所不足。本文利用 PIC16LF876 单片机模仿 PT2262 编码方式, 并进行了改进, 配合 433 MHz 高频发射电路, 实现了数据的无线传输组网。传感器选用具有数字 I²C 接口的双轴加速度传感器 MX6202, 可以无线采集加速度、倾斜角数值, 具有接口简单、体积小、价格低的优点。无线节点部分均选用低电压器件, 实现了单节锂电池供电。特别适合节点数量庞大、对成本敏感(如家居、防盗、物联网等)场合的应用。

1 无线传感器系统设计方案

无线传感器系统包括传感器节点与网关两部分。传

感器节点负责实地数据采集, 网关负责接收各节点数据, 汇总处理后经 GSM/GPRS 网络通知用户。本文重点介绍传感器节点, 给出了软硬件实现方法。无线传感器系统组成如图 1 所示。其中无线传感器节点中的虚线框为扩展部分, F05V 与 J05U 为微型 433M 发射接收模块; 无线网关部分负责汇总节点信息与外界通信, 采用 EM310 模块, GSM/GPRS 传输。

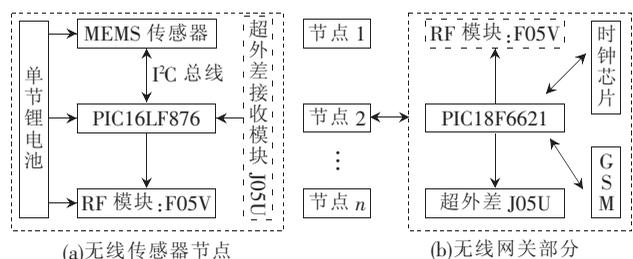


图1 低成本无线传感器网络设计框图

传感器网络采用星形连接方式,由各无线节点与网关组成。在大部分场合下(如防盗、环境监测等)可以采用单向通信方式,即节点发射、网关接收,这样,图1中的虚线部中的节点的超外差接收电路、网关的RF发射电路即可以省去。当需要实时采集、强调同步性时,加上虚线框内部分,由网关集中控制各节点动作,通过发采集或变更工作模式指令,控制各节点,采用双向通信方案。本文介绍的为单向通信方案。

传感器节点是系统的重要部分,负责现场采集工作,其工作稳定与否对整个系统具有至关重要的作用。而当节点数量较多时,它的成本占系统的绝大部分。有许多节点需要独立在室外工作并由电池供电,对能耗有较高的要求。为此,本设计通过PIC单片机模拟PT2262芯片编码,对433MHz高频电路完成键控调制(ASK),省去了无线收发芯片,实现了通用MCU+传感器的节点方案,大大降低了系统成本。采用的PIC超低功耗MCU,具有与MSP430相似的节能特性,选用低电压RF模块F05V,实现了系统的3.3V供电。

2 无线传感器节点设计

2.1 节点硬件电路设计

无线传感器节点是本文的重点部分,需要满足低成本

表1 无线节点方案比较

方案	典型芯片	参考单价/元	特点
专用RF芯片方案	Nrf24L01	20	速度快、资料较多,可以使用熟悉的单片机,距离与数据传输速度有关,远距离传输需加功放电路
	Nrf905	30	
集成处理器RF芯片方案	CC2430	50	速度快、体积小、功耗低,成熟ZigBee协议,需学习专门单片机、专用调试器,价格高
高频发射、超外差接收电路	F05V/ J05U	5	价格低、可以使用熟悉的单片机,组网灵活,但速度较慢,适合对本敏感、速度要求不高的应用

本、低功耗、小体积、适合电池供电等要求。无线节点方案比较如表1所示。

(1)本节点设计时所用器件及其性能:选用的PIC16LF876单片机,其性价比较高、外设丰富、工作稳定,具有针对电池供电的低功耗系列;最高速率为4MIPS,工作电压为2~5.5V,22个I/O口,片上集成有WDT、CCP、PWM、A/D等外设,14KB Flash,368bit RAM、256bit EEPROM,具有休眠省电模式。PIC16系列单片机不同型号之间大部分可兼容,可以根据需要,选用价格更低的PIC16F72或采用纳瓦(nW)及超低功耗技术的PIC16F723,程序稍作改动,器件即可封装兼容。

(2)加速度传感器选用数字I²C接口的双轴加速度传感器MXC6202,其具有±2g的测量范围,可以测量重力加速度,小体积、低功耗、接口简单,工作电压范围为2.7~3.6V,有休眠模式,在保证低价格、小体积的同时,可以满足防盗、人体姿态测量等应用的需求。

(3)RF电路采用F05V微型发射模块,具有2.1~3.5V的低电压、低功耗(10mA,连发)及1~10kb/s的传输速率,可以满足监控等场合数据采集的需要。小体积、低价位,只有正电源、地、数据输入、天线(天线按照手册由导线绕制而成)输出4个接口,可以像一个三极管一样使用它。

(4)网关配套的接收电路是J05U超外差接收模块,具有与F05V类似的特点。使用PT2262/PT2272编解码方案,开阔地接收距离在300m左右。

(5)无线节点采用的是电池供电的方式,因此,电池的好坏对整个系统的工作持久性有重要影响。本设计采用的是非充电性18650高容量锂电池,电压为3.7V,容量在1700mah以上,具有涓流放电、电压恒定等特点。经肖特基二极管降压后得到约3.3V电压为系统供电。

节点的硬件原理图如图2所示。

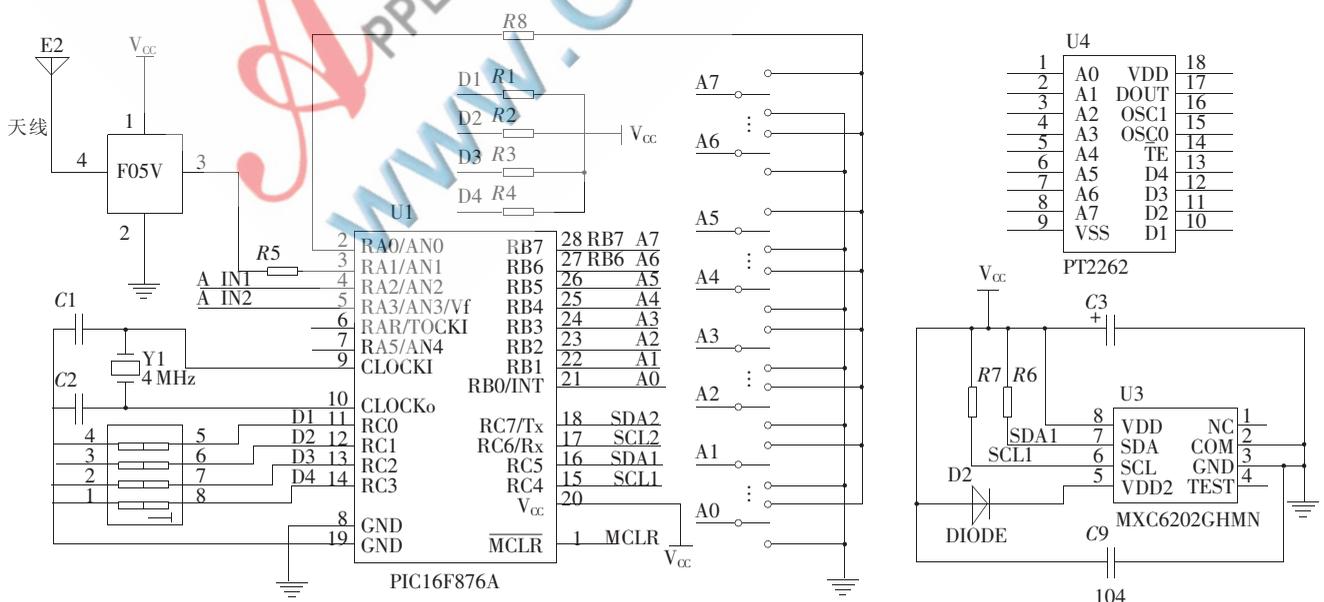


图2 无线传感器网络节点原理图

图2中右上角是PT2262的管脚图可以看出,PIC16F876单片机保留了PT2262的8 bit地址脚,4 bit数据脚。这样做是为了增加系统灵活性,将节点模块从一个网络转移到另一个网络,只需变更三态编码开关A0~A7,就可将其设置成与欲转入网络网关的地址(6 561种)。4 bit数据口D1~D4采用2 bit拨码开关,为传感器编号,这相当于节点在网络内的ID(16种)。

图2中右下角为加速度传感器MXC6202、PC接口。X、Y轴加速度值各为12精度。可以看到该传感器接口简单,没有地址编码脚,因地址在出厂前已确定,一路PC总线只能有一片MXC6202。PIC16单片机集成了一路PC接口,但为了以后扩展多路加速度传感器,采用软件模拟的办法,用RC4、RC5、RC6、RC7 4个I/O口模拟了两路PC接口电路。此外,PC接口类传感器还带有温湿度传感器STHX、双轴磁场传感器MMC212X等,只要稍微更改程序,就可以扩展到本系统上。

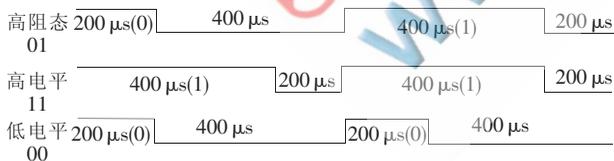
2.2 节点软件设计

单片机主要有两个任务:模拟PT2262波形对高频电路进行ASK调制,模拟PC总线读写MXC6202。

要想让软件模拟一个硬件电路,必须掌握硬件电路的工作原理:PT2262是红外遥控编码器,PT2272是其接收解码器,两者常常配对使用。发射端PT2262共有12个地址端,发射的每一组数据都由12 bit脉冲组成,顺序是从A0~A11,每个地址端有三种接法^[1]。常见的是用其中8 bit(A0~A7)作为地址编码,其余4 bit(D1~D3)作为数据编码,外加1 bit同步码,每组至少发送4次。接收端PT2272舍弃第一组,当连续得到两组与本身地址一样的信号时,则解码。参考文献[1-2]分别介绍了单片机模仿PT2262的编码方法和PT2272的解码方法。

由于需要传输X、Y两个轴各12 bit加速度值,因此,每帧36 bit数据,帧间加1 bit同步码,传输4次。单片机编码方案如图3所示。必须注意的是,由于高频发射具有随机性,在不发射时表现为白噪声,因此解码时应舍弃第一帧数据,从第二帧开始解码。

数据位格式:



数据帧格式:



图3 单片机编码方案

传输的数据位格式分为:高电平(11)、低电平(00)、高阻态(01)三种,0、1由高低电平的占空比决定。软件中设200 µs、600 µs两个延时函数。单片机调用这两个延时函数,在RA1管脚上输出相应的高低电平就能够模

拟出这三种状态数值,从而完成单位数据的ASK调制。

单片机在发射前首先读入预先设定的A0~A7 8 bit三态地址,D1~D4 4 bit节点网内ID,再加上加速度传感器X、Y轴的各12 bit加速度值,共36 bit数据,按图3的格式依次发送出去,就可以进行数据传输了。每帧数据传输4次,每帧之间由大约10 ms的帧间码隔开,帧间码由一个200 µs高电平与10 ms的低电平组成,发送一次数据的时间约为200 ms,这样1 s内最多可传送5次数据,在大多数场合是可以满足要求的。为了节省能耗,可以根据需要选择发射速率,在不发射时,应使单片机、F05V、加速度传感器处于休眠状态。处于休眠状态的PIC单片机可以使用看门狗等方式唤醒。用超外差接收模块J05U接收,可以在300 m的开阔地传输数据。当需要较高的数据传输速率时,应缩短宽窄脉冲时间长度。但需要注意的是,当脉冲宽度减少时,发射功率也同时减少。因距离与速度是矛盾的关系,当发射功率超过20 Hz时,建议使用专用RF芯片。

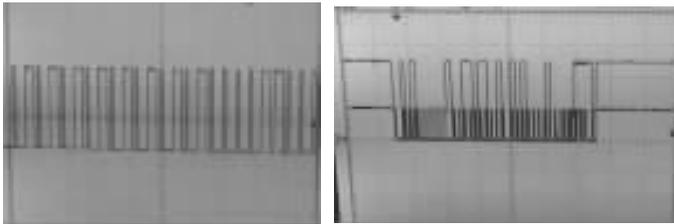
MXC6202在使用中作为从器件,PIC单片机只要按照标准PC时序控制MXC6202即可。参考文献[3]介绍了利用单片机的普通I/O口模拟PC总线的方法。MXC6202的地址在出厂时已经确定了,共8种,在一路PC总线上只能挂一个加速度传感器。当需要两个MXC6202测三轴加速度时,需要占两路独立的总线。为此,根据标准PC时序,模拟了两路PC总线,以两路循环采集。MXC6202示例驱动程序如下:

```

IICStart( );
//器件初始化,每次从休眠模式唤醒重新初始化
IICSendByte(0x20);
//写器件地址,MEMS传感器地址出厂时已固定
IICSendByte(0x00);
//器件内部寄存器地址,只有一个可写寄存器0x00
IICSendByte(0xf0);
//最低位写0,睡眠模式唤醒;写1,进入睡眠模式
Delay_75ms(); //睡眠唤醒时,需要75 ms的延时
//下面是依次接收: X高、X低、Y高、Y低4位数值
IICStart( );
IICSendByte(0x20); //写 MEMS 传感器
IICSendByte(0x01);
IICStart( );
IICSendByte(0x21); //读 MEMS 传感器
for(ii=0; ii<3; ii++)
{
s[ii]=IICReceiveByte();
IICAck(0);
}
s[3]=IICReceiveByte();
IICAck(1); //最后一位不应答
IICStop( );

```

测斜度时,采用查表与计算相结合的方法(器件手册中给出了参考方法)。单片机模拟的波形如图4所示。图4(a)是单片机RA1口模拟PT2262发出的一串数列。图4(b)是从MXC6202器件中读出的一帧数据,为便于观察,将两组波形重叠在一起,高的为总线数据线信号,低的为总线时钟信号。



(a)ASK 编码 (b)读写 MXC6202

图4 单片机模拟的波形

3 无线网关设计

无线网关由主控单片机、GSM模块和超外差接收模块J05U等组成,负责传感器网络的管理与控制,接收节点传来的数据并在必要时通过网络等方式告知用户。网关选用PIC18F6621单片机,GSM模块选用的是EM310模块。网关主要部分原理图如图5所示。

PIC18F6621单片机有:两个串口,使用串口2与EM310通信,串口1用于外部接口,如作为GPRS DTU、连接上位机、串口摄像头等;传送速率最高为10 MIPS;4 KB RAM、64 KB Flash;内部集成有AD、WDT等外设。

EM310的1~6管脚与SIM卡电路连接。PIC18F6621有55个IO口,空余的I/O口可以接1602液晶进行显示。DS12C887时钟芯片作为整个无线网络的时基。需要注意的是,EM310在接通网络的瞬间会产生一个接近2

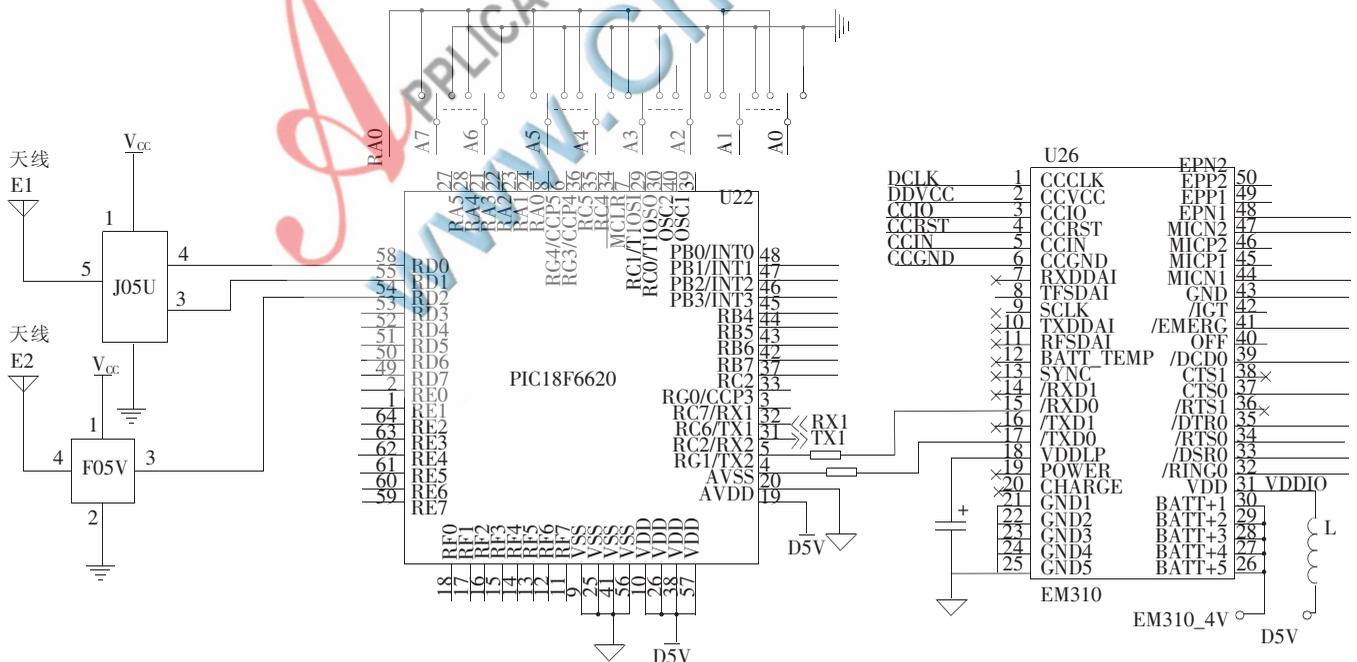
A的峰值电流,因此电源部分需有冗余,因此推荐使用开关电源。

网关的功能主要有三个:对接收到的节点数据进行解码、判断是哪个节点传来的信号及是否需要报警、控制EM310向设定手机发送短信及拨打电话等。

解码是编码的逆过程,关键是将发射节点编码的600 μs、200 μs 宽窄脉冲正确识别。当单片机侦听到开始码(即连接J05U模块的DATA引脚RD0产生第一个上升沿)时,开始分析数据,舍弃第一帧数据,对第二帧、第三帧、第四帧进行解码。利用PIC单片机内部定时器0计时,当有电平高低变化时,记录下TMR0数值,并清零,重新开始计数。这样可以把每一个高低电平宽度记录下来;然后比较解码,180 μs~250 μs之间为窄脉冲,550 μs~650 μs之间为宽脉冲;并将数据帧中的前8个数据与EEPROM中预存的地址码进行比对,当有两次相同时即表明正确解码,将节点ID 4 bit数值、X、Y轴各12 bit数据储存起来并进行处理。

EM310是一款兼容型GSM/GPRS通信模块,硬件兼容MC55,广泛用于数据采集、远程测试等;内嵌TCP/IP协议,具有低价位、使用方便的特点。选用该模块是为了方便系统GPRS功能扩展(如加接串口摄像头实现现场摄像、传输视频等功能)。EM310进行信号传输时(尤其是进行GPRS传输时),会产生一个2 A左右的尖峰电流,因此网关供电需要采用2 A以上的电源(如开关电源等)。EM310的所有命令、数据传输均通过串口,支持最高波特率为115 200 b/s,数据包包长可以达到2 KB,可以传输图像数据,便于系统以后扩展图像监控功能。

EM310与PIC18F6621之间接口非常简单,只占用



RX、TX、GND 三根线,采用 AT 指令进行通信,除个别指令外,每条指令均以回车符作为结束标志。本设计中用到了发送短信与拨打电话功能。发送短信 AT 指令为: `at+cmgs="\139XXXXXXXXX\r`,在 EM310 应答后,发送短信内容,并以“0x1A”结束短信内容。拨打电话 AT 指令如下: `ATD139XXXXXXXXX;\r`,其中“139XXXXXXXXX”为预先设定的用户手机号码。

本文提出了一种低成本的无线加速度传感器方案,采用通用单片机模仿成熟的编解码方案,降低了开发难度与风险,有明显的价格优势,适合对成本敏感、而对速度要求不高的场合,如工地器材防盗、智能家居网络等。节点选用的芯片均为低功耗芯片,采用大容量锂电池就可以使节点长期工作。PC 接口的传感器种类有很多,更换传感器就可以实现磁场强度分布检测、粮食仓库温湿度检测等,而且 PIC 单片机内集成有 A/D,也可以与其他模拟输出的传感器结合,因此本方案有通用性。使用

GPRS 网关可以实现远程监控测试。

参考文献

- [1] 安颖,张丽慧.PT2262 遥控编码功能的软件实现[J].嵌入式与 SOC,2005(5):111.
- [2] 郝迎吉,刘义刚,樊润丽.基于单片机实现遥控编码器 PT2262 的软件解码 [J]. 国外电子元器件,2008,5(5):36-39.
- [3] 陈志辉.PC 总线在 MCS51 系列单片机数据采集系统中的实现[J].微计算机信息,2005,21(1):67-69.

(收稿日期:2011-04-07)

作者简介:

刘成岩,男,1984 年生,硕士研究生,主要研究方向:信号检测与处理。

孙晶华,男,1963 年生,教授,硕士研究生导师,主要研究方向:信号检测与处理。