

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2012.03.019

一种无线温度传感器的设计与实现

陈卫兵, 彭志香, 曾光华, 王金燕, 郭德彪

(湖南工业大学 计算机与通信学院, 湖南 株洲 412007)

摘要: 利用数字温度传感器 DS18B20、单片机、射频模块, 设计了一款新颖的无线温度传感器。该无线温度传感器的温度测量范围为 $-55 \sim 125$ $^{\circ}\text{C}$, 温度测量精度在 0.5 $^{\circ}\text{C}$ 以内, 无线传输距离为 $80 \sim 100$ m。在测量范围内, 该无线温度传感器的精度较高, 且功耗较低, 性价比较高, 适用于温室大棚、粮仓等温度测量系统, 具有较好的应用及发展前景。

关键词: 无线温度传感器; 系统组成; 工作方式; 软件设计

中图分类号: TP302

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2012)03-0087-04

Design and Realization of a Novel Wireless Thermometer

Chen Weibing, Peng Zhixiang, Zeng Guanghua, Wang Jinyan, Guo Debiao

(School of Computer and Communication, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: A novel wireless thermometer composed of digital thermometer chip DS18B20, single-chip microcomputer and wireless RF module is designed. Its measuring temperature ranges from -55 to 125 $^{\circ}\text{C}$, the measuring accuracy reaches to ± 0.5 $^{\circ}\text{C}$, and the wireless transmission distance is from 80 to 100 m. Comparing with a cable thermometer, the wireless thermometer in the measuring range has higher precise, lower power consumption and better performance-price ratio, which suitable for temperature measuring systems in greenhouses and barns. It has good application and development prospects.

Keywords: wireless thermometer; system construction; work mode; software design

0 引言

温度与人们的生活息息相关, 在工业、农业、生产、生活等领域中, 都需要对温度进行测量和控制。传统的温度测量得到的结果大多是模拟量, 需要通过 A/D 转换器变成数字量才能用于控制, 在具体应用中很难满足实际需要。随着微电子技术的发展, 现已研发出数字温度测量仪, 这使得温度采集和控制过程更简便, 但是在一些需要遥测的系统中使用起来不是很方便, 特别是在一些多点、大面积的温度测量中。为此, 有关研究者开发出无线温度测量

专用系统^[1-4], 主要有粮仓温度测量系统、温室大棚温度测量系统和智能家居温度测量系统^[5-6]。这些系统的成本较高, 且均为定制无线数据格式, 仅适用于单一测量系统; 同时, 这些系统一般集成有多个物理量需要测量, 很难随意变动。针对这些问题, 本文使用数字温度传感器、单片机、射频模块, 设计了一种新颖、简单且体积较小的通用无线温度传感器。该传感器成本低廉, 精度较高, 既能广泛应用于温室大棚和粮仓温度等测量系统中, 又能支持某些特殊的温度测量应用, 因此, 具有较好的发展与应用前景。

收稿日期: 2012-02-25

作者简介: 陈卫兵(1966-), 男, 湖南湘潭人, 湖南工业大学副教授, 主要从事嵌入式系统及有机太阳能电池物理器件方面的教学与研究, E-mail: wb_cheng@163.com

1 系统组成与硬件设计方案

无线温度传感器的结构如图1所示。

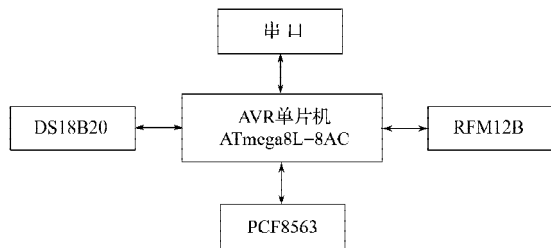


图1 无线温度传感器的结构框图

Fig. 1 Wireless-thermometer structure

从图1可知，无线温度传感器由数字温度传感器DS18B20、AVR单片机(ATmega8L-8AC)、射频模块RFM12B、时钟芯片PCF8563和串口组成。由于传感器有定时采集和发送的要求，所以系统增加了时钟芯片PCF8563，这样，在规定的时刻，能唤醒AVR单片机执行温度采集和发送功能，并且有利于降低系统功耗。串口主要为用户修改无线温度传感器的温度采集和发送时刻的时间间隔。

1.1 数字温度测试芯片DS18B20

DS18B20数字式温度传感器使用集成芯片，采用单总线技术，能够有效地减小外界干扰，提高测量精度。同时，它直接将被测温度转化为串行数字信号供微机处理，接口较简单。可检测的温度范围为 $-55\sim 125\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，最高分辨率为12位，精度可达 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，12位分辨率时的最大工作周期为750 ms。内置产品序列号，方便多机挂接。

1.2 无线射频芯片RFM12B

RFM12B为无线频段的低价射频模块芯片，一般应用于工业、科学研究和医学领域中，可以工作在433, 868和915 MHz 3个频段，以频移键控(frequency-shift keying, FSK)方式对输入基带信号进行调制，功耗较低，在休眠状态下其电流仅为 $0.3\text{ }\mu\text{A}$ ，工作电压为2.2~3.8 V。由于设有休眠状态，所以该系统适用于间断的、突发性的少量数据传输系统。

1.3 无线发射帧格式

RFM12B无线发射是按照帧发射的。根据温度数据格式和数据采集系统要求，设计了如表1所示的系统帧格式。

由表1分析可知，帧头(head)占用2个字节(FF, 77)；每一个无线温度传感器拥有一个唯一的识别代码(source ID)，占用3个字节；时间(time，包括年、月、日、时、分和秒)占用6个字节，用来传输从PCF8563取得的年、月、日、时、分和秒的标准数据；功能码(function code)的设置是为了实现无线温度

传感器和上位机的交互，具体设置及作用如表2所示；温度数据(temperature data)是从DS18B20取得的12位二进制温度数据，占用2个字节，此温度数据通过无线发送给温度采集监控主机；保留字节(reserved bytes)为将来可能存在的其他应用而设置；最后一个字节为校验字节(checksum)，是对前面从帧头字节开始的数据字节进行加和得到的结果，占用1个字节。

表1 无线温度传感器的数据帧格式(数据为16进制)

Table 1 Wireless-thermometer data frame format (Hexadecimal)

功能	字节数	数据	功能	字节数	数据
帧头	2	FF, 77	识别代码	3	XX, XX, XX
时间	6	XX, ..., XX	温度数据	2	XX, XX
功能码	1	XX	保留字节	2	XX, XX
校验	1	XX			

表2 功能码作用

Table 2 Function code

功能码	作用
0	无线温度传感器发送数据帧
1	上位机发送需要某个无线温度传感器温度数据命令
2	上位机发送需要系统内所有无线温度传感器温度数据命令
3	上位机发送设置系统时间命令
其他	保留

1.4 时钟芯片PCF8563

时钟芯片PCF8563的设置是为了使系统在无线温度传感器定时工作模式时给出一个对系统的唤醒信号，同时也给系统提供标准时间，起到一个专用时钟的作用。

1.5 串口

串口主要是为了在程序调试阶段使单片机与计算机通信，或者在无线模块工作前进行数据预置。

2 系统工作方式

无线温度传感器主要有2种工作方式：1)无线温度传感器定时发送方式；2)上位机实时查询方式。工作时，首先，取DS18B20序列号的后3个字节，作为该无线温度传感器系统的source ID存储在EPROM中；然后，将无线温度传感器的source ID号在上位机登记并存储。上位机发送设置系统时间命令(function code为3)，以保证系统内的所有无线温度传感器具有统一的系统时间。发送这一命令时，帧结构中的source ID值为0，所有收到命令的无线温度传感器都将进行系统时间设置。无线温度传感器的工作模式如图2所示。

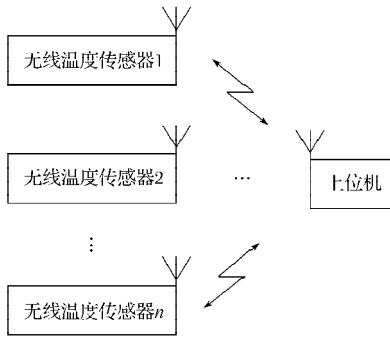


图2 无线温度传感器的工作模式

Fig. 2 Wireless-thermometer operating mode

2.1 无线温度传感器定时发送方式

首先, 设置好无线温度传感器中 PCF8563 的年、月、日、时、分和秒; 然后, 按照定时触发的方式, PCF8563 在一个确定时间将单片机 ATmega8L 从休眠状态唤醒; 其后, 单片机发出指令到 DS18B20 进行温度测量, 获得温度数据, 并将时间、source ID 和温度数据加入无线数据帧中; 最后, 将 function code 设置为 0, 并将帧数据通过无线单元模块 RFM12B 发射出去, 发送数据以后系统重新进入休眠状态, 以降低系统功率消耗。为了保证上位机能够有效收到无线温度传感器发送的温度数据, 由单片机控制每帧数据发送 2 次。如果上位机在无线温度传感器的 2 次发送时间内没有收到任何温度数据, 则系统报错。

2.2 上位机实时查询方式

上位机实时查询方式主要有 2 种, 一种是上位机需要检测某个无线温度传感器的测量温度, 另一种是上位机需要检测系统所有无线温度传感器的测量温度。

当上位机需要检测某个无线温度传感器所在位置的温度时, 先将无线温度传感器的 source ID、function code (设置为 1)、温度值 (设置为 0) 等条件加入帧格式中, 上位机通过 RFM12B 单元发送该帧数据; 收到 function code 为 1 的帧数据后, 无线温度传感器的 RFM12B 单元将单片机 ATmega8L 从休眠状态唤醒; 判断 source ID 为本机以后, 单片机发出指令到 DS18B20 进行温度测量; 获得温度数据以后, 单片机将从 PCF8563 获得的时间及从 DS18B20 获得的 source ID 和温度数据加入无线数据帧中, 并将 function code 设置为 0, 然后将帧数据通过无线单元模块 RFM12B 发射出去; 发送数据以后, 系统重新进入休眠状态, 以降低系统功率消耗。为了保证上位机能够有效收到无线温度传感器发送的温度数据, 由单片机控制每帧数据发送 2 次。如果 source ID 不是本机的, 则系统马上进入休眠状态, 以降低系统功率消

耗。如果上位机在一定时间内没有收到指定无线温度传感器发送来的温度数据, 则重发命令到指定的无线温度传感器, 重发 2 次命令后, 仍然没有收到温度数据, 则系统报错。

当上位机需要测量系统内所有无线温度传感器的温度时, 首先将帧结构中的 source ID 值设置为 0, function code 设置为 1, 温度值设置为 0, 上位机通过 RFM12B 单元发送该帧数据。当无线温度传感器的 RFM12B 单元收到该帧数据时, 将单片机 ATmega8L 从休眠状态唤醒, 单片机发出指令到 DS18B20 进行温度测量。获得温度数据以后, 单片机将从 PCF8563 获取的时间、source ID 和温度数据加入无线数据帧中, 并将 function code 设置为 0, 按照 source ID 的值产生一定时间延时后, 将帧数据通过无线单元模块 RFM12B 发射出去。发送数据以后, 系统重新进入休眠状态, 以降低系统功率消耗。为了保证上位机能够有效收到无线温度传感器发送的温度数据, 由单片机控制每帧数据发送 2 次。

3 系统软件设计

系统软件分为无线温度传感器软件和上位机软件, 本文主要研究无线温度传感器软件, 上位机软件暂不作研究。无线温度传感器软件分为主程序和中断子程序。中断子程序分为定时唤醒中断子程序和上位机无线请求中断子程序。

系统软件采用 C 语言编写, 软件程序流程如图 3 所示。

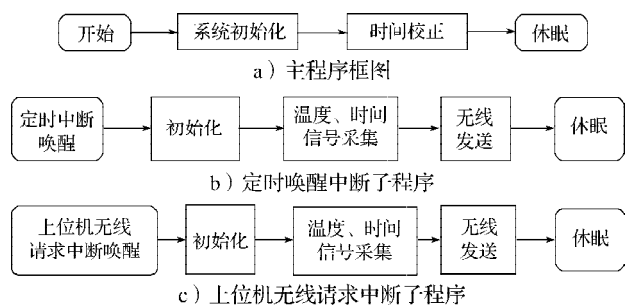


图3 系统软件框图

Fig. 3 Flow chart of system software

从图 3a 可以看出, 主程序完成初始化后, 通过串口或者与上位机通信进行时间校准, 时间校准完成后, 无线温度传感器进入休眠状态。图 2b 为定时唤醒中断子程序框图, 由图 2b 可知, 当到了设定时间后, PCF8563 发出中断信号, 激活 ATmega8L 开始工作, 进行温度和时间采集, 然后通过射频单元 RFM12B 将无线信号发送出去。图 2c 为上位机无线

请求中断唤醒子程序框图,当无线接收单元收到上位机发出的温度数据请求命令后,产生中断请求,唤醒 ATmega8L 开始工作,唤醒以后的其他过程与定时唤醒中断子程序相同。

无线温度传感器采集温度数据并进行无线发射后,立即进入低功耗的休眠状态,系统功耗相当低,一颗纽扣电池可以支持系统运行 3 a,适用于使用电池供电的无线温度采集系统,也可以在其他专用测量系统中使用。

4 测试结果

采用液氮调节温度,温度的测试范围为 $-50\sim 125\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。无线拉距测试时,需采用 2 套收发系统,发送数据字节为 36 字节(288 码元),在平坦环境及有树等障碍物存在的环境中进行测试,误码率为误码数除以发送总码元数(288 码元)。温度和无线拉距测试结果见表 3。

表3 温度和无线拉距测试结果

Table 3 The measurement results of temperature and wireless distance

实际温度/ $^{\circ}\text{C}$	无线测量温度/ $^{\circ}\text{C}$	平坦环境		有一定障碍环境	
		距离/m	误码和误码率	距离/m	误码和误码率
-50.5	-50	20	0(0)	20	0(0)
-30.3	-30	40	0(0)	40	0(0)
-10.3	-10	60	0(0)	60	0(0)
9.6	10	80	0(0)	80	0(0)
29.9	30	100	0(0)	100	1(0.4%)
50.1	50	120	0(0)	120	2(0.7%)
70.2	70	140	0(0)	140	4(1.4%)
89.8	90	160	0(0)	160	4(1.4%)
110.3	110	180	1(0.4%)	180	10(3.5%)
125.5	125	200	2(0.7%)	200	20(7.0%)

由表 3 分析可以得知,在 DS18B20 的温度测试范围 $-55\sim 125\text{ }^{\circ}\text{C}$ 内,无线温度传感器的线性度较好,测量精度在 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以内,工作稳定。同时,表 3 也显示,在空旷平坦区域,该无线温度传感器的无线传输距离可达 160 m 以上;在有一定障碍物存在的环境中,无线温度传感器的无线传输距离为 $80\sim 100\text{ m}$ 。考虑到无线温度传感器的实际使用情况,确定其无线传输距离为 $80\sim 100\text{ m}$ 。

5 结论

利用 DS18B20, ATmega8L 和 RFM12B 等,设计了一

款新颖的无线温度传感器,该传感器的温度测量范围为 $-55\sim 125\text{ }^{\circ}\text{C}$,测量精度在 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以内,无线传输距离为 $80\sim 100\text{ m}$ 。在测量范围内,该无线温度传感器的测量精度较高,且功耗较低,性价比较高,适用于温室大棚、粮仓等温度测量系统,具有较好的应用及发展前景。

参考文献:

- [1] 王书杰,李兴宁.基于 nRF905 和 DS18B20 的多路无线温度采集系统设计[J].通信电源技术,2011,28(6):55-57,65.
Wang Shujie, Li Xingning. Design of Wireless Multi-Spots Temperature Measurement System Based on nRF905 and DS18B20[J]. Telecom Power Technology, 2011, 28(6): 55-57, 65.
- [2] 薛小铃,刘志群,贾俊荣.单片机接口模块应用与开发实例详解[M].北京:北京航空航天大学出版社,2010:221-240.
Xue Xiaoling, Liu Zhiqun, Jia Junrong. Instance Description for Application and Development of Microcontroller Interface Module[M]. Beijing: Beihang University Press, 2010: 221-240.
- [3] 王刚,朴相范.基于 GPRS 网络的粮食温度检测系统设计[J].粮食与食品工业,2012,19(1):49-52,55.
Wang Gang, Piao Xiangfan. Design of Food Temperature Detection System Based on GPRS Network[J]. Cereal & Food Industry, 2012, 19(1): 49-52, 55.
- [4] 谢金峰,习友宝.一种新型温湿度检测的无线网络系统设计[J].单片机与嵌入式系统应用,2011,11(9):66-68,71.
Xie Jinfeng, Xi Youbao. A New Wireless Network for Temperature and Humidity Detection[J]. Microcontrollers & Embedded Systems, 2011, 11(9): 66-68, 71.
- [5] 刘扬,向俊杰,付涛.一种基于 PIC 单片机的温度检测和控制方法研究[J].电力电子,2008(2):50-53.
Liu Yang, Xiang Junjie, Fu Tao. A Study of Temperature Measurement and Control Method Based on PIC Microcontroller[J]. Power Electronics, 2008(2): 50-53.
- [6] 王红玲,白政民.基于 AT89C51 的多点温度检测系统设计[J].现代电子技术,2010(9):126-128.
Wang Hongling, Bai Zhengmin. Design of Multi-Point Temperature Detecting System Based on AT89C51[J]. Modern Electronics Technique, 2010(9): 126-128.

(责任编辑:徐海燕)