

无线数字温度传感器的设计

摘要: 介绍一种基于数字温度传感器 AD7416、单片射频收发芯片 nRF403 和 PIC16C54 微控制器的无线温度传感器,测温范围 $-55\sim 125\text{ }^{\circ}\text{C}$,分辨力为 $0.25\text{ }^{\circ}\text{C}$,工作频率 433 MHz,接收灵敏度 -105 dBm ,发射功率 10 dBm ,电池供电,待机状态电流消耗仅 $10\text{ }\mu\text{A}$ 。

关键词: 温度传感器;无线发射;无线接收;微控制器

Design of wireless digital temperature sensor

HUANG Zhi-wei, ZHU Rong-hui, ZHU Wei-hua

(Coll of Elec Engin, Nanhua University, Hengyang 421001, China)

Abstract: The wireless temperature sensor based on digital temperature sensor AD7416, a single-chip RF transceiver nRF403 and PIC16C54 microcontroller are introduced, temperature measure bound $-55\sim 125\text{ }^{\circ}\text{C}$, differentiate $0.25\text{ }^{\circ}\text{C}$, operating frequency 433 MHz, receiving sensitivity -105 dBm , transmit power 10 dBm , battery power supply, stand by mode current consumption $10\text{ }\mu\text{A}$.

Key words: temperature sensor; wireless transmitter; wireless receiver; microcontroller

0 引言

所设计的无线温度传感器是无线库房温湿度测量控制系统的一个部件,与有线方式比较具有可靠性高、安装容易、重复使用性和系统维护性好等优点。无线温度传感器由温度测量、无线收发和微控制器电路组成。

1 温度测量电路

温度测量电路如图 1 所示。

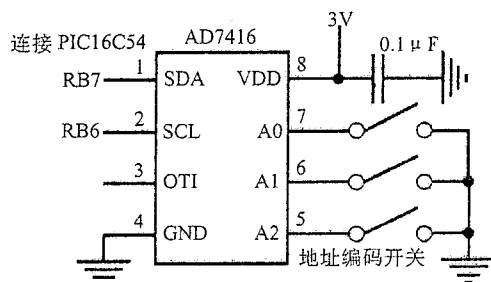


图 1 温度测量电路

Fig 1 Temperature measuring circuit

采用单片温度监控系统集成电路 AD7416^[1],其芯片内部包含有温度传感器和 10 位模数转换器,可将感应温度转换为 $0.25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 量化间隔的数字信号。测温范围 $-55\sim 125\text{ }^{\circ}\text{C}$,分辨力为 $0.25\text{ }^{\circ}\text{C}$,精度为 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

AD7416 采用 I²C 串行总线和数据传输协议来实现与微控制器的数据传输,数据输入/输出线 SDA 以及时钟信号线 SCL 与微控制器的 RB7 和 RB6 相连。当 SCL 保持高电平时,SDA 从高电平到低电平的跳变为数据传输的开始信号,随后传送 AD7416 的地址信息和读/写控制位。其地址信息的格式为:1001 A2 A1 A0 R/W。读/写控制位为 1 时,表示对 AD7416 进行读操作,为 0 时,则表示进行写操作。当每个字节传送结束时,必须在收到接收数据一方的确认信号(ACK)后方可开始下一步的操作。然后在地址信息和读/写控制位之后传送片内寄存器地址和数据。最后,在 SCL 保持高电平的情况下,当 SDA 从低电平跳变到高电平时将终止数据的传输操作。地址编码开关用于传感器的编号。

AD7416 片内温度传感器可按预先设置的工作方式对环境温度进行实时测量,并将结果转化为数字量存入到温度值寄存器中(地址 00H),其环境温度与输出数据的关系如表 1 所示。

表 1 环境温度与输出数据的关系

Tab 1 Connection of circumstance temperature and output data

环境温度(℃)	二进制数字输出
-50	11 0011 1000
-25	11 1001 1100
-0.25	11 1111 1111
0	00 0000 0000
0.25	00 0000 0001
25	00 0110 0100
50	00 1100 1000
100	01 1001 0000
125	01 1111 0100

AD7416 预先设置的工作方式分自动测温方式和低功耗方式两种,本设计采用低功耗方式。当需要对环境温度进行测量时,通过 I²C 串行接口总线来写入操作命令,此时,芯片将由睡眠状态转入测温状态。当温度量化转换结束后,芯片将重新转入睡眠状态。

AD7416 内部的配置寄存器(地址 01H)为 8 位读/写寄存器,数据 D7~D5 始终设置为 000;D4 和 D3 用于设置故障排队长度,以防止测温系统在受到干扰时错误地触发过温指示器(OTI),故障排队长度可分别设置为 1、2、4 和 6 次;D2 用于设置 OTI 的输出极性。0 表示低电平输出,1 表示高电平输出;D1 用于设置 OTI 的工作方式,0 表示采用比较方式工作,1 表示采用中断方式工作。D0 用于设置工作方式,0 表示采用自动测温方式,1 表示采用低功耗方式。

AD7416 的感温器件在芯片内部,因此芯片表面要与被测物体紧密接触,这一点在结构设计时一定要注意。温度传感器校准方法十分简单,将单片温度监控系统集成电路 AD7416 置入高低温箱中,在微控制器的控制下,即可将所测温度值一一的读出,将此值与标准值进行比较即可得到该传感器的技术指标。

2 无线收发电路

无线收发电路如图 2 所示。

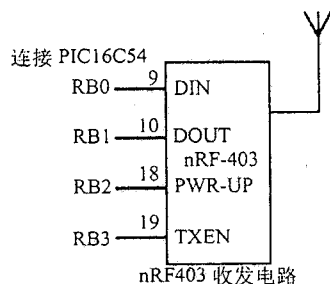


图 2 无线收发电路

Fig 2 Transceiver circuit

采用 nRF403 单片射频收发芯片^[2],芯片内包含有发射功率放大器,低噪声接收放大器,晶体振荡器,锁相环,压控振荡器,混频器等电路。工作频率 433MHz,FSK 调制解调,采用晶体振荡和 PLL 频率合成技术,接收灵敏度为 -105 dBm,发射功率为 10 dBm,待机状态电流消耗仅 10 μ A。

在接收模式中,射频输入信号被低噪声放大器放大,经由混频器变换,这个被变换的信号在送入解调器之前被放大和滤波,经解调器解调,解调后的数字信号在 DOUT 端输出。在发射模式中,压控振荡器的输出信号是直接送入到功率放大器,DIN 端输入的数字信号被频移键控后馈送到功率放大器输出。

芯片引脚 9 脚 DIN 输入数字信号,与微控制器的 RB0 相连,需要发射的数字信号通过 DIN 输入;10 脚 DOUT 输出数字信号,与微控制器的 RB1 相连,解调出来的信号经过 DOUT 输出进入微控制器;18 脚 PWR.UP 电源开关控制,与微控制器的 RB2 相连:PWR.UP="1"为工作模式,PWR.UP="0"为待机模式,待机模式电路进入待机(睡眠)状态,工作电流 8 μ A,在待机(睡眠)状态电路不接收和发射数据。19 脚 TXEN 为发射允许控制,与微控制器的 RB3 相连:TXEN="1"为发射模式;TXEN="0"为接收模式。接收模式转换为发射模式的转换时间至少 1 ms;发射模式转换为接收模式的转换时间至少 3 ms。

印制电路板(PCB)的设计直接关系到射频性能,PCB 使用 1.6 mm 厚的 FR-4 双面板,分元件面和底面。PCB 的底面有一个连续的接地面,射频电路的元件面以 nRF403 为中心,各元器件紧靠其周围,尽可能减少分布参数的影响。元件面的接地面保证元件充分的接地,大量的通孔连接元件面的接地面到底面的接地面。nRF403 采用 PCB 天线,在天线的下面没有接地面。射频电路的电源使用高性能的射频电容去耦,去耦电容尽可能地靠近 nRF403 的 VDD 端,在较大容量的表面安装的电容旁还应并联一个小数值的电容。射频电路的电源与控制电路的电源分离,nRF403 的 VSS 端直接连接到接地面。注意不能将数字信号或控制信号引入到 PLL 回路滤波器元件上。

3 微控制器控制电路^[3~5]

微控制器选用 PIC16C54。系统采用 LP 低频低功耗晶体振荡方式,地址编码开关用于传感器的编号,RB 口分别与 AD7416 和 nRF403 的引脚相

连,用于温度测量和无线收发控制。由于无线温度传感器采用电池供电,整个电路的低功耗控制十分重要。

无线库房温湿度测量控制系统采用查询方式对各点的温度进行测量,各传感器在未被查询时可处于低功耗睡眠状态。微控制器控制程序方框图如图3所示。

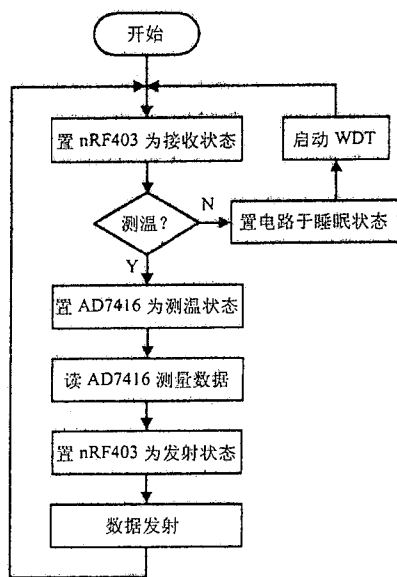


图3 微控制器控制程序方框图

Fig 3 Diagram of microcontroller control program

应特别注意的是印制电路板设计时,妥善的处理数字电路与射频电路的元件、信号线与地线的布置十分重要。

4 结束语

所设计的无线数字温度传感器采用专用的集成电路,电路结构简单,工作稳定可靠。设计中充分地利用了各芯片的低功耗特性,有效地延长了电池的使用时间;无线数据传输使用方便灵活。在烟叶、粮食等仓库中应用效果良好。改进的设计是将温度和湿度的测量结合在一起构成无线数字温湿度传感器。

参考文献:

- [1] Analog Devices Inc. 10-Bit Digital Temperature Sensors AD7416

欢迎索取免费详细资料、设计选型指南和光盘、样品；产品繁多未能尽录，欢迎来电查询。

[中国传感器科技信息网：HTTP://WWW.SENSOR-IC.COM/](http://WWW.SENSOR-IC.COM/)

[工控安防网：HTTP://WWW.PC-PS.NET/](http://WWW.PC-PS.NET/)

[消费电子专用电路网：HTTP://WWW.SUNSTARE.COM/](http://WWW.SUNSTARE.COM/)

E-MAIL：xjr5@163.com szss20@163.com

MSN：suns8888@hotmail.com

QQ：195847376

地址：深圳市福田区福华路福庆街鸿图大厦 1602 室

电话：0755-83376549 83376489 83387030 83387016

传真：0755-83376182 83338339 邮编：518033 手机：(0)13902971329

深圳展销部：深圳华强北路赛格电子市场 2583 号 TEL/FAX：
0755-83665529 25059422

北京分公司：北京海淀区知春路 132 号中发电子大厦 3097 号

TEL：010-81159046 82615020 13501189838 FAX：010-82613476

上海分公司：上海市北京东路 668 号上海赛格电子市场 2B35 号

TEL：021-28311762 56703037 13701955389 FAX：021-56703037

西安分公司：西安高新开发区 20 所(中国电子科技集团导航技术研究所)
西安劳动南路 88 号电子商城二楼 D23 号

TEL：029-81022619 13072977981 FAX:029-88789382

成都：TEL:(0)13717066236

技术支持：0755-83394033 13501568376

SUNSTAR商斯达实业集团是集研发、生产、工程、销售、代理经销、技术咨询、信息服务等为一体的高科技企业，是专业高科技电子产品生产厂家，是具有 10 多年历史的专业电子元器件供应商，是中国最早和最大的仓储式连锁规模经营大型综合电子零部件代理分销商之一，是一家专业代理和分销世界各大品牌 IC 芯片和电子元器件的连锁经营综合性国际公司。在香港、北京、深圳、上海、西安、成都等全国主要电子市场设有直属分公司和产品展示展销窗口门市部专卖店及代理分销商，已在全国范围内建成强大统一的供货和代理分销网络。我们专业代理经销、开发生产电子元器件、集成电路、传感器、微波光电元器件、工控机/DOC/DOM 电子盘、专用电路、单片机开发、MCU/DSP/ARM/FPGA 软件硬件、二极管、三极管、模块等，是您可靠的一站式现货配套供应商、方案提供商、部件功能模块开发配套商。专业以现代信息产业（计算机、通讯及传感器）三大支柱之一的传感器为主营业务，专业经营各类传感器的代理、销售生产、网络信息、科技图书资料及配套产品设计、工程开发。我们的专业网站——中国传感器科技信息网（全球传感器数据库）www.SENSOR-IC.COM 服务于全球高科技生产商及贸易商，为企业科技产品开发提供技术交流平台。欢迎各厂商互通有无、交换信息、交换链接、发布寻求代理信息。欢迎国外高科技传感器、变送器、执行器、自动控制产品厂商介绍产品到中国，共同开拓市场。本网站是关于各种传感器-变送器-仪器仪表及工业自动化大型专业网站，深入到工业控制、系统工程计 测量、自动化、安防报警、消费电子等众多领域，把最新的传感器-变送器-仪器仪表买卖信息，最新技术供求，最新采购商，行业动态，发展方向，最新的技术应用和市场资讯及时的传递给广大科技开发、科学研究、产品设计人员。本网站已成功为石油、化工、电力、医药、生物、航空、航天、国防、能源、冶金、电子、工业、农业、交通、汽车、矿山、煤炭、纺织、信息、通信、IT、安防、环保、印刷、科研、气象、仪器仪表等领域从事科学研究、产品设计、开发、生产制造的科技人员、管理人员、和采购人员提供满意服务。我们公司专业生产、代理、经销、销售各种传感器、变送器、敏感元器件、开关、执行器、仪器仪表、自动化控制系统：专门从事设计、生产、销售各种传感器、变送器、各种测控仪表、热工仪表、现场控制器、计算机控制系统、数据采集系统、各类环境监控系统、专用控制系统应用软件以及嵌入式系统开发及应用等工作。如热敏电阻、压敏电阻、温度传感器、温度变送器、湿度传感器、湿度变送器、气体传感器、气体变送器、压力传感器、压力变送、称重传感器、物（液）位传感器、物（液）位变送器、流量传感器、流量变送器、电流（压）传感器、溶氧传感器、霍尔传感器、图像传感器、超声波传感器、位移传感器、速度传感器、加速度传感器、扭距传感器、红外传感器、紫外传感器、火焰传感器、激光传感器、振动传感器、轴角传感器、光电传感器、接近传感器、干簧管传感器、继电器传感器、微型电泵、磁敏（阻）传感器、压力开关、接近开关、光电开关、色标传感器、光纤传感器、齿轮测速传感器、时间继电器、计数器、计米器、温控仪、固态继电器、调压模块、电磁铁、电压表、电流表等特殊传感器。同时承接传感器应用电路、产品设计和自动化工程项目。

更多产品请看本公司产品专用销售网站：

商斯达中国传感器科技信息网：<http://www.sensor-ic.com/>

商斯达工控安防网：<http://www.pc-ps.net/>

商斯达电子元器件网：<http://www.sunstare.com/>

商斯达微波光电产品网：[HTTP://www.rfoe.net/](http://www.rfoe.net/)

商斯达消费电子产品网：<http://www.icasic.com/>

商斯达军工产品网：<http://www.junpinic.com/>

商斯达实业科技产品网：<http://www.sunstars.cn/> 传感器销售热线：

地址：深圳市福田区福华路福庆街鸿图大厦 1602 室

电话：0755-83607652 83376489 83376549 83370250 83370251 82500323

传真：0755-83376182 (0) 13902971329 MSN: SUNS888@hotmail.com

邮编：518033 E-mail: szss20@163.com QQ: 195847376

深圳赛格展销部：深圳华强北路赛格电子市场 2583 号 电话：0755-83665529 25059422

技术支持：0755-83394033 13501568376

欢迎索取免费详细资料、设计指南和光盘；产品凡多，未能尽录，欢迎来电查询。

北京分公司：北京海淀区知春路 132 号中发电子大厦 3097 号

TEL: 010-81159046 82615020 13501189838 FAX: 010-62543996

上海分公司：上海市北京东路 668 号上海赛格电子市场 D125 号

TEL: 021-28311762 56703037 13701955389 FAX: 021-56703037

西安分公司：西安高新开发区 20 所(中国电子科技集团导航技术研究所)

西安劳动南路 88 号电子商城二楼 D23 号

TEL: 029-81022619 13072977981 FAX:029-88789382