

基于 MLX90615 和 MSP430 的红外测温系统的设计*

李娜娜^{1,2}, 马游春^{1,2,3}, 李锦明^{1,2}

(1. 中北大学 电子测试技术国家重点实验室, 山西 太原 030051;

2. 中北大学 仪器科学与动态测试教育部重点实验室, 山西 太原 030051;

3. 北京航空航天大学 光电技术研究所, 北京 100083)

摘要: 红外测温技术由于方便、快速、准确而被广泛应用于航空、医学等很多领域。介绍了一种非接触式测温方案, 采用 MLX90615 红外温度传感器和 MSP430F149 单片机来实现。单片机通过 SMBus 方式与 MLX90615 进行通信, 将读出的温度数据进行处理, 之后驱动 LCD 模块显示测量温度。发射率可根据测量目标进行设置, 用以提高测温仪的测量精度。

关键词: 红外测温; MLX90615; MSP430; SMBus

中图分类号: TP399 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-9787(2011)09-0115-03

Design of infrared temperature measuring system based on MLX90615 and MSP430*

LI Na-na^{1,2}, MA You-chun^{1,2,3}, LI Jin-ming^{1,2}

(1. National Key laboratory for Electronic Measurement Technology North University of China,

Taiyuan 030051, China; 2. Key Laboratory of Instrumentation Science &

Dynamic Measurement of Ministry of Education North University of China, Taiyuan 030051, China;

3. Institute of Opto-electronic Technology, Beihang University, Beijing 100083, China)

Abstract: Infrared temperature measurement technology is widely used in aviation, medical and many other fields because it is convenient, rapid and accurate. A kind of non-contact thermometric program is introduced, infrared temperature sensor MLX90615 and single chip MSP430F149 are applied to achieve the functions. Single chip communicates with MLX90615 by means of SMBus and the temperature data read from the sensor are processed. The LCD module is driven to display the tested temperature. The emissivity can be set according to different measured objects to improve measurement precision.

Key words: infrared temperature measurement; MLX90615; MSP430; SMBus

0 引言

21 世纪以来, 红外测温技术作为一种快速、便捷、精确、安全的非接触式测温方式, 得到了快速发展^[1]。与传统的接触式测温方式相比, 红外测温仪可以不需达到热平衡即可快速读取精确温度, 可以在可测范围内对难以接触或不安全区域安全稳定工作, 可以对测温目标进行实时连续监测, 可以使体温的测量更加安全、卫生。

快速性: 红外测温仪可快速提供温度测量, 在用热偶读取一个渗漏连接点的时间内, 用红外测温仪几乎可以读取所有连接点的温度。

精确性: 红外测温仪的通常精度都是 1℃ 以内, 在做预防性维护时特别重要, 如监视恶劣生产条件和将导致设备

损坏或停机的特别事件时。

安全性: 由于测量方式为非接触式, 避免了测温仪与被测物体的接触, 从而实现了安全测温, 同时避免了对被测物体的影响。

由于以上种种优势, 红外测温技术在电子设备故障的检测和诊断、工业生产、医疗、安检等诸多领域得到了广泛的应用。

本文详细介绍了一种基于 MLX90615 的红外测温仪的设计方案。

1 红外传感器与单片机

1.1 红外传感器模块

MLX90615 是 Melexis 公司新近生产的一种高精度的

收稿日期: 2011-07-01

* 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60871024); 国家重点实验室开放课题(KFJJ200915)

测温芯片,其正常工作环境温度范围在 $-40\sim +85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 内,在温度范围为 $+32\sim +42\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,测量绝对精度为 $\pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$,适用于对人体温度进行初步测量^[2]。

MLX90615 由红外温度传感器、低噪声放大器、A/D 转换器、DSP 单元、脉宽调制电路及逻辑控制电路构成,内部框图见图 1^[3]。热电偶输出的温度信号经过内部运算放大器后送给模/数转换器,其输出的 16 位数字量经过低通滤波器处理后输出,该输出作为测量结果保存内部 RAM 单元中,可以通过 SMBus 读取;同时测量结果送到后级数字式脉冲宽度调制电路,将测试结果以 PWM 方式输出。

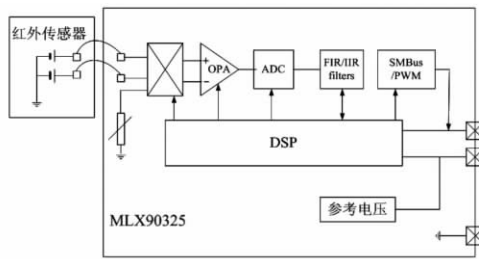


图 1 MLX90615 框图

Fig 1 Block diagram of MLX90615

1.2 单片机模块

MSP430 系列单片机为 TI 公司生产的 16 位超低功耗混合信号处理器,其电源电压采用 1.8~3.6 V 低电压,RAM 数据保持方式下耗电仅 $0.1\text{ }\mu\text{A}$,活动模式耗电 $250\text{ }\mu\text{A}$ /MIPS,I/O 输入端口漏电流最大仅 50 nA 。在系统中共有 5 种低功耗模式(LPM0~LMP4),可以根据不同情况方便地进行选择。本文设计的红外测温仪采用电池供电,通过合理编程,既可以降低系统功耗,延长电池使用时间^[4]。

2 红外测温仪的硬件设计

本系统中,单片机采用 MSP430F149,红外传感器采用 MLX90615ESG-DAA,液晶显示模块采用 LCD1602。

红外测温仪的设计框图见图 2 所示。

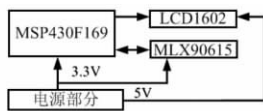


图 2 红外测温仪设计框图

Fig 2 Design block diagram of infrared thermometer

红外传感器 MLX90615ESG-DAA 接收外部红外信号,经传感器内部处理之后,输出数字量的温度信号。通过给红外传感器发送命令,单片机可以将数据写入传感器内部的 EEPROM,也可以将 RAM 中存储的温度数据读出。单片机将读出的数据进行处理,之后将温度数据在 LCD1602 上进行显示。

2.1 电源

在本系统中,需要对单片机 MSP430 和红外传感器 MLX90615 进行 3.3 V 供电,而液晶显示模块 LCD1602 需要

的供电电压为 5 V。电源设计采用 9 V 电池进行供电,以增加红外测温仪的便携性。采用 2 个 LM317 将 9 V 的电池电压分别转换为 5 V 和 3.3 V,以满足对 2 种供电电压的需求。

2.2 红外传感器

本设计中,红外传感器选择以 SMBus 方式连接到单片机,采用其典型应用设计如图 3 所示。其中,SDA 和 SCL 2 个引脚与单片机 I/O 口进行连接,并通过 $20\text{ k}\Omega$ 的上拉电阻与供电电压 3.3 V 相连^[3]。

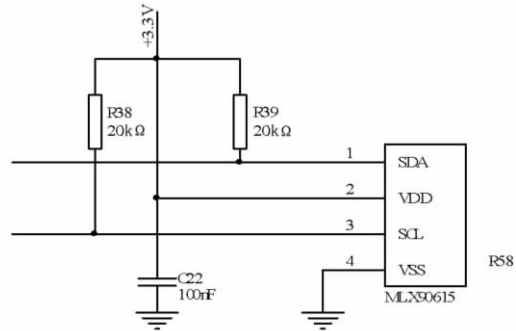


图 3 红外传感器部分原理图

Fig 3 Principle diagram of infrared sensor part

2.3 液晶显示

由于信号方向为单片机指向液晶模块,所以,使能端/OE 接地,DIR 端与 VCCA 端相连。LCD1602 的数据和控制端口通过 SN74LVCC3245A 转换后与单片机 I/O 口相连。

3 软件设计

下面着重介绍 MLX90615 与单片机之间的数据传输。

3.1 SMBus 传输协议简介

MLX90615 与单片机之间的数据传输通过 SMBus 协议进行传输,单片机作为主设备与作为从设备的 MLX90615 进行通信。读、写数据的格式分别见图 4、图 5。其中,S 为起始位,Slave Address 为从器件地址,W_r 为写标志,Command 为命令字节,R_d 为读标志,PEC 为出错数据包,P 为停止位^[3]。

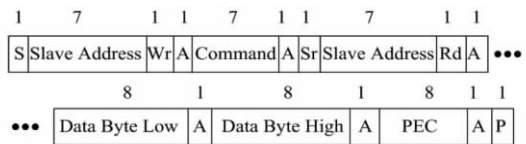


图 4 读数据格式

Fig 4 Format of data reading

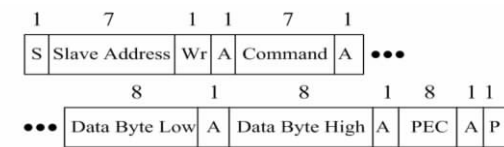


图 5 写数据格式

Fig 5 Format of data writing

数据传输时序如图 6 所示,在 SCL 变为低电平 300 ns 后,将 16 位数据分 2 次传输,每次传送一个字节。每个字

节都是按照高位(MSB) 在前, 低位(LSB) 在后的格式传输, 2 个字节中间的第 9 个时钟为应答时钟。

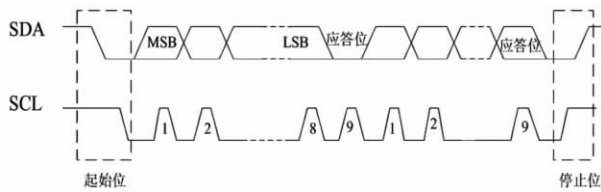


图6 SMBus 数据传输时序

Fig 6 SMBus timing of data transmission

3.2 程序设计

在本系统中, 只有一个从器件的 MLX90615, 其默认地址为 5BH, 对 5BH 和 00H 均能作出响应。单片机可以通过从器件地址访问 MLX90615^[3]。

发送和接收数据都是以字节为单位进行的, 以读数据流程为例进行介绍, 见图 7 所示。每次发送一个字节(按位来发送) 然后判断对方是否应答, 有应答, 则继续发送下一个字节, 否则, 重复发送该字节, 直至得到应答信号, 继续发送^[5]。

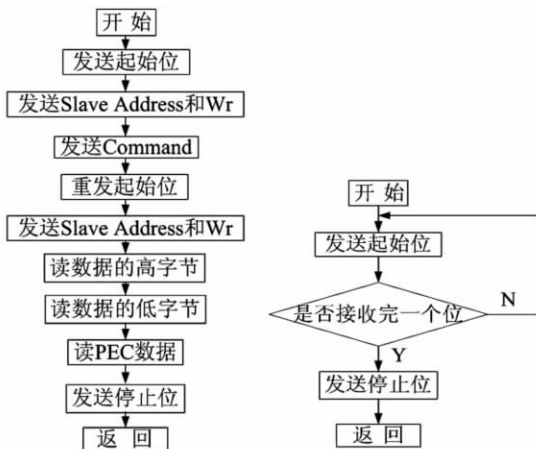


图7 读取字节流程图

Fig 7 Flow chart of byte reading

MLX90615 中共有 16 个字长为 16 的 RAM 存储单元, 其地址为 0H ~ FH, 其中 6H 和 7H 中存储了 T_a (环境温度) 和 T_o (物体温度), 将其中的数据读出可以通过 $T_o = \text{RAM}(7h) \times 0.02 - 273.15$ 来进行计算。

MLX90615 中共有 16 个字长为 16 的 EEPROM 存储单元, 其地址为 0H ~ FH, 这些地址单元通过 SMBus 读写, 其中 0H 为从动器地址, 默认为 5BH, 3H 为发射率, 出厂校准为 1.0, 可以设置为 0~1.0 之间的任意值。要改变发射率的值, 需要根据公式: 发射率 = dec2hex [round(16384 × ε)], 将 0~1.0 之间的任意浮点数 ε 转换为十六进制数, 然后写入 EEPROM 中的 3H 即可。

3.3 系统程序总流程

系统所有程序包括 3 部分: 主程序、MLX90615 模块、

LCD1602 模块。主程序通过调用其他 2 个模块的子程序来完成测温与显示功能, 流程如图 8 所示。



图8 测温程序总流程

Fig 8 Flow chart of temperature measuring program

单片机初始化主要是晶振初始化和相应 I/O 口的定义, 之后 MLX90615 初始化将被测物体的发射率设置为对应值。根据从地址和所读取 RAM 单元的地址给读取命令赋值, 通过读取命令读取 T_a 和 T_o 的值赋给 data 和 data1, 送到 LCD1602 显示, 之后无条件循环, 实时刷新显示温度值^[6]。

4 测试结果与分析

红外测温仪以水温温和人手表面温度为检测目标, 进行了测试, 与热电偶测得的结果进行对比。温度采集结果见表 1、表 2。

表1 水温测试结果

Tab 1 Measuring results of water temperature

被测水样编号	1	2	3	4	5
红外测温仪(℃)	21.01	20.81	20.75	21.15	20.75
热电偶(℃)	19.8	19.9	20.1	19.6	19.1

表2 人手表面温度测试结果

Tab 2 Measuring results of surface of man's hands

测试地点编号	1	2	3	4	5
红外测温仪(℃)	32.47	33.42	32.59	32.67	30.03
热电偶(℃)	33.5	33.7	32.6	33.0	32.0

从上表中可以看出: 采用 MLX90615 设计的红外测温仪的测温精度与热电偶很接近, 并且响应速度具有很大优势。其不足之处在于测温距离要控制在 2 cm 内, 才能保证其精度及其稳定性, 否则, 误差较大。

5 结论

所设计的红外测温系统采用 MLX90615 作为红外敏感元件, 其直接线性化的数字温度, 并已对环境温度进行补偿, 能够保证测温的精度和稳定性。单片机可以方便地读取温度数据, 并进行实时处理显示。采用电池进行供电使其大大减小了测温仪的体积, 增加了其使用的便携性, 在物

(下转第 120 页)

环境温度变化对测量精度的影响。经过综合考虑,该系统选用美国 Dallas 公司的 DS18B20 单线数字温度传感器。DS18B20 可直接将被测温度转换成串行数字信号,以供单片机处理,它还具有微型化、低功耗、高性能、抗干扰能力等优点^[4]。当开始测量身高时,DS18B20 自动采集环境温度,并将其直接转换成数字信号,将测得的温度数值,通过表 1 的温度-波速的关系进行处理,计算出实际的波速,当接收到超声波信号以后,进入中断,记录下测得的时间,在通过时差法计算出人的身高。

表 1 温度和数字量的关系表

Tab 1 Relationship between temperature and digital form

温度	数字输出(二进制)	数字输出(十六进制)
125.0	0000 0111 1101 0000B	07DOH
85.0	0000 0101 0101 0000B	0550H
25.1	0000 0001 1001 0001B	0191H
10.1	0000 0000 1010 0010B	00A2H
0.5	0000 0000 0000 1000B	0008H
0	0000 0000 0000 0000B	0000H
-0.5	1111 1111 1111 1000B	FFF8H
-10.1	1111 1111 0101 1110B	FF5EH
-25.6	1111 1110 0110 1111B	FF6FH
-55.0	1111 1100 1001 0000B	FC90H

2.5 系统串口通信

为增加系统的可操作性和实时监控效果,利用 RS-232/485 串口总线实现与 PC 上位机间的通信,利用 VB 编译了上位机的界面程序,以实现现场实测信号可以实时显示在 PC 机的界面上。界面窗体上包含测量键、数据采集键和退出系统 3 个按键,以及身高显示值、温度显示值和姓名(编号) 3 个显示框,可以通过上位机的操作执行和显示^[5]。

3 软件设计

系统软件包括初始化程序、超声波收发程序、测温程序、串口通信程序、显示程序。系统流程图如图 5 所示。

表 2 为当前温度下 10 组同学的身高测量数据比照表,测试数据最大误差约为 0.2%。实验数据说明该仪器测试结果较准确,温度补偿效果良好。

(上接第 117 页)

体表面得测量上有很好的应用前景。

参考文献:

[1] 陈可中,谭翔,董建杰,等. 红外测温仪的设计[J]. 电子测量技术, 2007(10): 11-14.
 [2] 张日欣. 基于 MLX90614 的非接触式体温测量系统设计[J]. 软件导刊, 2009(3): 105-107.
 [3] Melexis Corporation. MLX90615 [DB/OL]. [2010-10-12]. <http://www.future-electronics.com/doc/MELEXIS/MLX90615SSG-DAA.pdf>.

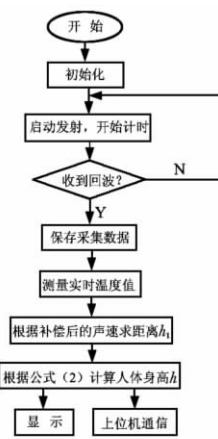


图 5 系统软件流程图

Fig 5 Flow chart of system software

表 2 测量数据与实际数据比照表

Tab 2 Comparison table of measured data and actual data

测量身高(cm)	172.2	168.4	160.8	175.6	162.1	169.3	176.8	170.5	163.1	173.6
实际身高(cm)	172.3	168.8	161.1	175.8	161.9	169.2	176.9	170.4	163.5	173.3

4 结束语

该身高测量仪充分考虑了环境温度的影响,提高了测量精度。同时采用 VB 编译上位机监控界面,使仪器具有简洁、操作方便等特点。另外,软件设计中采用结构化程序设计,运行简洁高效。实验证明:该仪器工作稳定可靠,可以实现非接触式人体身高测量和实时监控的测量要求。

参考文献:

[1] 朱旋. 超声波测距仪的研究[J]. 工业仪表与自动化装置, 2009(1): 96-97.
 [2] 赵小强,赵连玉. 超声波测距系统中的温度补偿[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2008(12): 62-64.
 [3] 林伟,梁家宁,李才安. 便携式多功能超声波测距仪的设计与实现[J]. 电子测量技术, 2008, 31(1): 91-93.
 [4] 时玮,孟军,刘波. 温度修正的超声波测距控制设计[J]. 机械工程与自动化, 2005, 34(6): 85-87.
 [5] 龚沛曾,志强,慰民. Visual Basic 程序设计教程[M]. 3 版. 北京: 高等教育出版社, 2007.

作者简介:

胡开明(1977-),安徽安庆人,硕士,讲师,主要从事控制理论、检测与控制仪表装置领域的教学与研究工作。

pdf.

[4] 沈建华,杨艳琴,翟晓曙. MSP430 系列 16 位超低功耗单片机原理与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
 [5] 田伟平,田跃,李杰,等. 一种新型红外测温传感器的原理与应用[J]. 传感器世界, 2007(12): 44-46.
 [6] 赵山林,高媛. C 程序设计[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2004.

作者简介:

李娜娜(1985-),女,河北保定人,硕士研究生,研究方向为电路与系统。