

基于 STM32 的红外测温仪的研制

刘文锋¹, 宋德杰¹, 刘俊成², 韩涛¹

(1. 山东理工大学 电气与工程学院, 山东 淄博 255049;

2. 山东理工大学 材料科学与工程学院, 山东 淄博 255049)

摘要: 利用嵌入式高性能 ARM 的 Cortex-M3 内核微控制器芯片 STM32 进行红外测温仪的研制, 给出了硬件设计的原理框图。重点阐述了信号处理、带通滤波和检波部分的设计, 并进行了相关软件的设计。由于 STM32 芯片内部集成度比较高, 使硬件结构得到简化。该红外测温仪具有扩展方便、配置简单、可靠性高、成本低等特点。

关键词: 红外测温; 热释电传感器; STM32; 神经网络

中图分类号: TH811

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)02-0022-03

Design of an infrared thermometer based on STM32

Liu Wenfeng¹, Song Dejie¹, Liu Juncheng², Han Tao¹

(1. School of Electrical and Electronic Engineering, Shandong University of Technology, Zibo 255049, China;

2. School of Materials Science and Engineering, Shandong University of Technology, Zibo 255049, China)

Abstract: A method of developing infrared thermometer is introduced in the paper; it is based on embedded and high performance Cortex-M3 micro-controller STM32. The hardware circuit of amplifier, band-pass filter and demodulation are presented, and the related software is designed. Since the STM32 microcontroller is highly integrated, the hardware structure of the infrared thermometer is simplified. It is convenient to extend, simple in configuration, outstandingly reliable and low cost.

Key words: infrared thermometer; PIR; STM32; neural network

红外测温仪是一种将红外技术与微电子技术相结合的新型温度测量仪器。与传统接触式测温仪器相比, 具有测温精度高、非接触、不影响被测对象温度场、响应速度快及稳定性好等一系列优点, 在电力、石油、化工、医疗等领域得到广泛应用^[1]。

热释电红外测温仪是利用热释电效应工作的一种新型红外测温仪。与其他传统测温仪相比, 具有不需制冷、能在室温下工作和光谱响应宽等优点, 且其灵敏度高、响应速度快、抗干扰能力强^[2]。本文利用热释电探测器, 结合 32 bit ARM 核处理器低功耗、高性能和低成本的优点, 设计了一个以 ARM 微控制器 STM32 为核心的红外测温仪。

1 红外测温的原理

一切温度高于绝对零度的物体都在不停地向周围空间发出红外辐射能量, 其辐射能量的大小及其波长的分布与其表面温度有密切关系, 由维恩位移定律可知, 温度为 T_c 的物体, 对应于波长为 λ_1 和 λ_2 的单色辐射功率之比 Z 由下式表示:

$$Z = \frac{M(\lambda_1)}{M(\lambda_2)} = \frac{(C_1/\pi)\lambda_1 - 5\exp(C_2/\lambda_1 T_c)^{-1}}{(C_1/\pi)\lambda_2 - 5\exp(C_2/\lambda_2 T_c)^{-1}} \rightarrow T_c = \frac{C_2 \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_1 \lambda_2}}{\ln Z - 5 \ln \frac{\lambda_2}{\lambda_1}}$$

$$= \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1}\right)^5 \exp\left(\frac{C_2}{T_c} \left(\frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_1 \lambda_2}\right)\right)$$

式中: $M(\lambda_1)$ 表示波长为 λ_1 处的单色辐射功率; $M(\lambda_2)$ 表示波长为 λ_2 处的单色辐射功率; C_1 和 C_2 表示第一和第二辐射常数; 因此, 可根据测得的 Z 值算出物体的温度 T_c 。

2 总体构成

由于本系统需要测量的是高温物体的表面温度, 故采用比色测温方案, 即利用同一被测物体在两个波长下的单色辐射亮度之比随温度变化这一特性作为其测温原理。红外测温仪的结构组成如图 1 所示, 主要由光学系统、红外探测器、信号处理和显示输出等部分组成。光学系统完成光线的收集和视场大小的确定, 红外探测器用来将聚焦在探测器上的红外能量转换成电信号, 经放大、滤波等进行信号调理, 然后送至微控制器进行模数转换及信号处理, 最后再经温度补偿和标定后转换为被测目标的温度并用 LCD 显示出来。

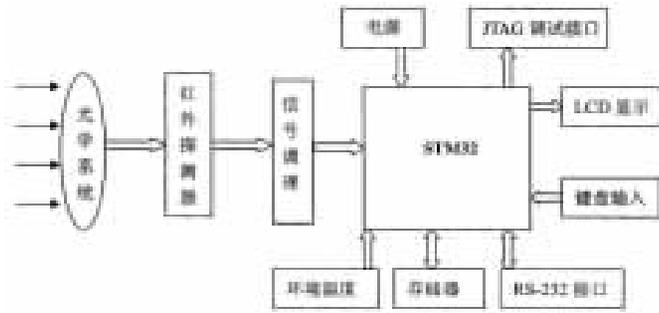


图1 系统结构框图

2.1 微控制器 STM32

STM32 系列基于为要求高性能、低成本、低功耗的嵌入式应用专门设计的 ARM Cortex-M3 内核。并带有 512 KB 的高速 Flash 存储器,其内部集成了 3 个 12 bit 的 ADC,1 个 2 通道 12 bit DAC,有多达 11 个定时器,其中有两个 16 bit 带死区控制和紧急刹车,用于电机控制的 PWM 高级控制定时器。利用此控制器可快速进行数字滤波、温度补偿等数据处理任务^[3]。

2.2 光学系统

这部分采用的是反射式光学系统中典型的牛顿系统,这种系统相对于透射式和透射-反射组合式光能损失小、不存在色差、结构简单、易于加工。

2.3 探测器及斩波器设计

本系统采用的是热释电传感器,目前热释电传感器的核心元件——热释电材料主要有锆钛酸铅 PZT、钛酸锶钡(BST)和钽铌酸铅(PST)等,在这里选择是用 BST 薄膜,热释电薄膜相对于热释电体材,具有小型轻量、分辨率高、反应快、能与微电子技术兼容等优点,因接受到的辐射很微弱且直流放大器存在零点漂移,故在辐射信号到达传感器前必须对辐射能进行调制,使其变为交变信号。本系统使用的扇形调制盘由 STM32 的脉宽调制器输出口 PA8 产生的占空比为 50% 的方波信号驱动步进电机。

2.4 信号的调理

信号的放大电路分为前置放大电路和后级放大电路。尤其是前置放大器的噪声系数对整个检测系统的噪声具有决定性作用。本设计采用的放大器是美国 MAXIM 公司生产的 OP07, OP07 是一种超低失调的运算放大器(一般为 $10 \mu\text{V}$ 左右),其共模输入阻抗可达 $200 \text{ M}\Omega$,输出阻抗仅为 60Ω ,可满足系统设计需要。由于 STM32 的 A/D 转换器输入信号范围为 $0 \sim 3.3 \text{ V}$,需选择合适的放大倍数,使最高测温时对应的输出电压在 3.3 V 内。

当信号经放大器放大后,其宽带噪声较大,因此,在前置放大器和后级放大器之间加了带通滤波器来抑制宽带噪声,提高信噪比。但带通滤波器的带宽应做的宽一些,否则当温度发生变化时,信号的频谱很容易偏离滤波器的通频带而导致测量误差^[4]。根据本系统需要,系统采用二阶巴特沃斯型带通滤波器,其中心频率设计

为 100 Hz ,带宽约在 20 Hz 。

2.5 检波电路

本文设计中采用电子开关型检波器,与模拟乘法器型检波器相比具有电路简单、精度更高、运行速度快、没有非线性等优点,具体的电路如图 2 所示。

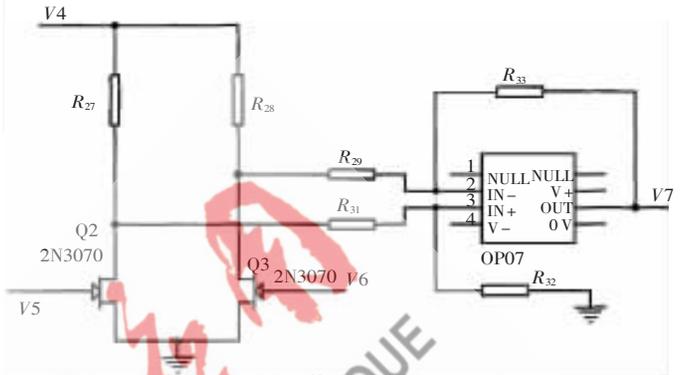


图2 检波电路图

由图 2 可见,输入信号 V_4 是传感器经主放大器放大的输出信号, V_5 是 STM32 的 PWM 端口发出的,经过移相后用于斩波调制的脉冲信号; V_6 为 V_5 的反相电压,通过加一反相器来实现的。图中 $R_{27}=R_{28}=R_{29}=R_{31}=R_{32}=0.5R_{33}$,当 V_5 为高电平时, Q_2 导通,OP07 的同相端接地;当 V_5 为低电平时, Q_2 截止,OP07 反相端接地,输出电压。

经上述电路后信号中还混有噪声,主要通过低通滤波器来消除这些噪声。

2.6 温度补偿单元

由于受到环境温度的影响,需要对系统进行温度补偿,本系统采用的是集成温度传感器 AD592,是美国 AD 公司的一款高性能集成温度传感器,具有精度高、非线性的误差小、输入的范围宽等优点。系统中的可调电阻 R_2 用来校准输出电压 V_2 ,当环境温度为 0 时输出电压 V_2 为 0 ; R_5 用来校准温度系数。经校准后,输出电压 V_2 即为温度系数与环境温度的积,接到 STM32 的 ADC 端口 PC0。

2.7 模拟/数字转换单元

STM32 内置了 3 个 12 bit 的模拟/数字转换器(ADC),每个 ADC 共有多达 21 个外部通道,可以实现单次或扫描转换,在扫描模式下,自动进行在选定的一组模拟输入上的转换^[5]。其 A/D 转换器测量范围为 $0 \sim 5 \text{ V}$,因为本系统的工作频率为 150 Hz ,每周采样 10 次,所以 ADC 的转换速率设为 1.5 kHz ,系统中采用 PC1 端口对电压进行采样。

2.8 输入输出单元

STM32 拥有多达 80 个多功能双向 I/O 口,因此设计键盘时可采用 5 个独立式按键,分别为开机、摄氏与华氏温度转换、辐射率修正和背光显示键,LCD 显示器采用字符型液晶 NT7502 显示,微处理器通过 8 bit 串行接口向 NT7502 发送数据/命令,用 GPIO 实现 LCD 的读写控制时序以及数据信号,完成对 LCD 的操作控制,同时可用来

硬件纵横

Hardware Technique

显示环境温度的值。液晶显示器接口电路如图3所示。

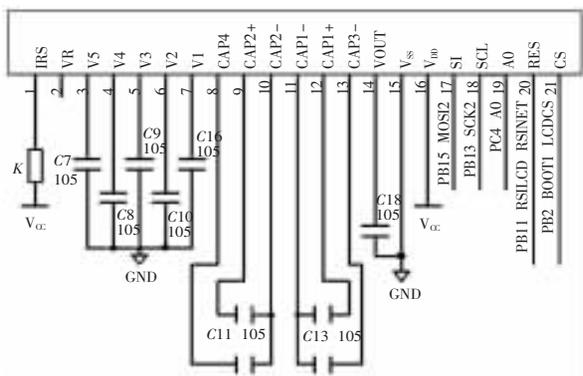


图3 LCD显示接口电路

3 系统的软件设计

系统的软件设计采用模块化的设计,包括步进电机设计的控制程序、对目标温度的检测、按键的识别、LCD的驱动、对数据的采样以及对数据的处理算法等程序。整个测温过程的流程如图4所示。

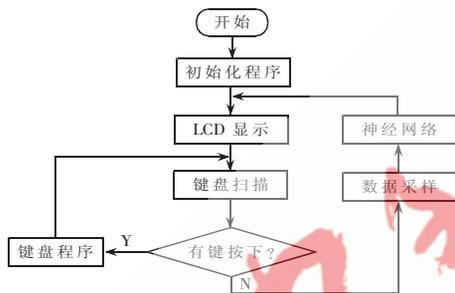


图4 系统软件流程图

4 红外测温仪的标定

红外测温仪必须经标定才能正确显示出被测目标的温度,传统的查表方式和拟合曲线法等标定方式不仅

要测量多个温度点,而且精度低、误差大。本系统在标定的过程中,采用了三层BP神经网络算法对测温数据进行标定,其具有自学习、自适应信息并行处理能力。在标定过程中,采用黑体炉模拟被测目标,采集不同温度下信号电压的大小。经过反复多次测量,在10℃~50℃的工作环境温度中,测温范围为800℃~1500℃。并在中频真空感应熔炼炉上与铂铑热电偶进行对比实验,该系统精度可达±1‰,分辨率为0.5℃,响应时间小于50ms,基本满足系统的最初设计要求。

本文研制的是一种基于比色测温原理的红外测温仪,与其他测温仪相比,能够抵消由于辐射率对测温精度的影响,使得测量结果更加接近待测物体表面真实温度,由于采用了32bit的STM32作为处理芯片,与其他使用8bit或16bit处理器相比,使数据处理能力大大增强,测温性能得到很大提高,同时也减小了测温仪的体积,并具有结构简单、操作方便、可靠性好、价格低等优点。

参考文献

- [1] 唐慧强,王友鹏.基于LPC2132的红外测温仪的研究[J].压电与声光,2008,30(2):161-163.
- [2] 曾亦可.热释电红外测温系统[J].系统工程与电子技术,2004(2):273-276.
- [3] STM32F103CDE增强型系列数据手册[S].2009:2-5.
- [4] 高晋占.微弱信号检测[M].北京:清华大学出版社,2004:170-172.
- [5] 周立功.ARM嵌入式系统基础教程[M].北京:北京航空航天大学出版社,2005:297-302.

(收稿日期:2011-10-22)

作者简介:

刘文锋,男,1981,硕士,主要研究方向:测量技术与控制装置。