

基于 FPGA 的温度自动控制系统

阳 兵, 夏敏莉, 王珽琦

(武汉大学 电子信息学院, 湖北 武汉 430079)

摘要:温度控制系统在工农业中应用广泛,但大多数的温度控制系统存在一定的问题,为了提高温度控制系统的稳定性和精确性,提出一种基于 FPGA 的温度自动控制系统。该系统设计是以 MCS-51 单片机为核心,结合由精密热电偶摄氏温度传感器和精密 A/D 转换器构成的前级信号采集电路和由 FPGA、双向可控硅、内置过零检测的光电耦合器构成的后向功率控制电路。该温度控制系统采用分段 PID 控制算法,通过调功法用制冷片控制木箱内温度,能够在 5~35℃ 范围内自由设定木箱内温度,稳定状态下温度在 $\pm 1^\circ\text{C}$ 范围内波动。

关键词: MCS-51; 控制算法; 温度传感器; ADC 采样; FPGA

中图分类号: TM935.37

文献标识码: A

文章编号: 1674-6236(2010)07-0173-03

Automatic temperature control system based on FPGA

YANG Bing, XIA Min-li, WANG Ting-qi

(School of Electronic Information, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

Abstract: The temperature control system is widely used in industry and agriculture, but the most of the system has some problems. In order to improve the stability and accuracy, the temperature control system used MCS-51 as control core, and combined a front signal acquisition circuit, which is consisted of a precision thermocouple Celsius temperature sensor LM35 and 12-bit precision AD converters ADS7886, and the power control circuit, which is made up of FPGA, tri-electrode AC switch and optocoupler built in zero-crossing detection. The system used a sub-PID algorithm and controlled the inner wooden box temperature with power regulation. The temperature of the inner wooden box is set from 5°C to 35°C , the fluctuation of the temperature in stable condition may range from -1°C to 1°C .

Key words: MCS-51; sub-PID algorithm; temperature sensor; ADC; FPGA

温度控制系统应用广泛,温度是一个重要而普遍的热工参数^[1]。常规的温度控制方法是设定一个温度范围,超出设定允许范围即进行温度调控。这种方法实现简单、成本低,但控制效果不理想,控制温度精度不高、达到稳定点的时间长,因此,只能用在精度要求不高的场合。而采用 PID 算法进行温度控制,具有控制精度高、能够克服容量滞后的特点,适用于控制品质要求高的控制系统^[2]。

单片机作为控制系统的核心部分,广泛应用^[3]。利用单片机控制温度系统,对环境检测具有极高的灵敏度,能够实时实现温度调节,且效率极高。

1 系统总体方案设计^[4-7]

该温度控制系统的前级采用 LM35 型模拟集成温度传感器来采集温度信号并转化为电压信号,再经过前级放大后送入 ADS7886 采样输出数字信号,将得到的数字信号送入单片机,单片机通过对采样信号和用户输入信号的分析自动选取合适的 PID 系数并计算出相应的加热(或制冷)波形的占空比系数,接着将占空比系数送入 FPGA,由 FPGA 内部构建的

DDS 读取相应的占空比并转化为波形输出,驱动制冷片工作,从而实现木箱内部温度的自动控制,系统总体设计框图如图 1 所示。该系统设计采用大屏幕点阵式 LCD 和按键进行人机交互,使得系统操作简单快捷,同时 LCD 还可实时显示测量得到的温度值,并绘制出坐标图像,统计信息明确直观。

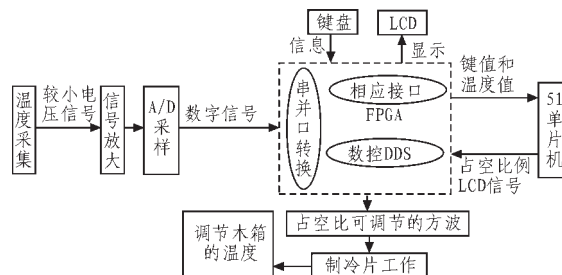


图 1 系统总体设计框图

2 系统硬件设计

2.1 前级采样电路

LM35 是电压输出型温度传感器,当温度在 0°C 时输出

收稿日期: 2010-03-15

稿件编号: 201003074

作者简介: 阳 兵 (1989—), 男, 湖南衡阳人。研究方向: 信号与信息处理。

电压为零,当电压每上升 1°C 输出电压便增加 10 mV 。较小的电压对 A/D 采样的精度会造成比较高的影响,所以在 LM35 输出端连接一个同相放大器。考虑放大时的精度和对共模干扰信号抑制需要,这里选用精密高共模抑制比的运算放大器 OPA277。由于实验要求测量精度为 0.1°C ,要求在 $5\sim 35^{\circ}\text{C}$ 范围内至少取样 300 个点,因此,至少选用 9 位的 A/D 转换器进行采样才能满足实验要求,考虑到功能扩展的需要,这里选用 12 位高精度的串口 ADS7886 来实现。

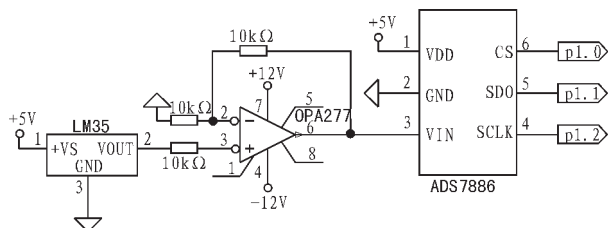


图2 前级采样电路

2.2 加热致冷切换控制电路

系统必须实现加热和制冷 2 种功能,制冷片当电压极性相反时,其制冷面和散热面也会交换。则系统电路必须包含加热制冷切换模块,该模块采用 2 个直流继电器来实现,具体电路如图 3 所示。

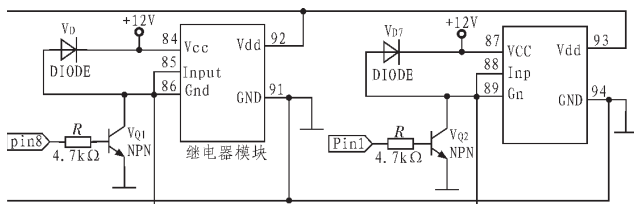


图3 继电器控制模块

2.3 FPGA 设计

FPGA 是该温度控制系统设计的核心,在 FPGA 中实现加热制冷切换控制模块以及 A/D 采样模块 2 个核心部分,在加热制冷控制切换模块中,采用 2 个继电器控制半导体控制制冷片两端电压极性,A/D 采样模块采用状态机控制 A/D 转换器对放大器 OPA277 的采样过程。具体电路如图 4 所示。

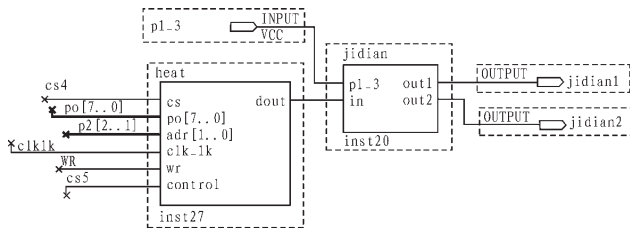


图4 加热制冷控制模块

3 系统软件设计

该系统充分利用了 FPGA 的强大功能,将 LCD 接口电路,键盘接口电路,信号串并行转换电路,以及 DDS 信号发生器全部构建在内部,使得硬件连接简单明了,外部硬件只有 2 个模块:温度信号采集转换模块和制冷片驱动模块。由于外设相对简单,调试时候相当方便,同时可以方便修改 FPGA 内部结构对系统的功能进一步修改和扩展,使得系统功能更强大,应用范围更广泛。图 5 为该系统设计流程。

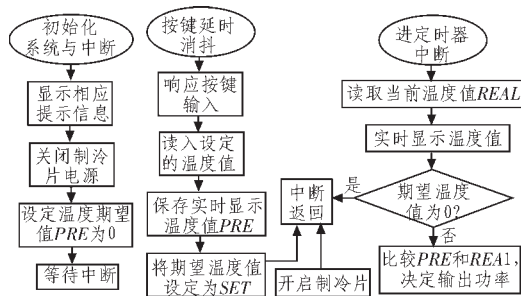


图5 系统软件设计流程

4 测试数据与分析

考虑到外部环境的变化会对系统调温造成一定干扰,因此将装置放在装有空调的实验室进行调试,同时为了精确测定木盒内部温度,以便选择相应的 PID 控制系数,选用高精度的数字温度计同时对盒内温度进行实时测量。表 1 给出了实际测试的比较结果。

表1 温度测量比较结果

实验编号	当前温度值/ $^{\circ}\text{C}$	设定的温度/ $^{\circ}\text{C}$	最终温度值/ $^{\circ}\text{C}$	加热时间/s
1	26.7	35	35.9	84
2	35.4	20	18.9	148
3	19.2	5	5.7	161
4	5.7	15	15.6	99

由以上实验数据可以看出,温度读数精度可以达到 0.1°C ,同时设定的温度读数和最终结果最大偏离为 1.1°C ,说明该温度自动控制系统精度较高。同时通过第 2 组数据可以看出,当温差大于 15°C 时达到指定温度所需的时间只要 148 s ,说明该系统设计平衡温度时间较短。

5 结束语

本系统软件设计的关键在于控制算法。PID 结合拟合分段算法必须尽量减少其他因素的影响,精确确立相应的 PID 参数。而硬件设计应选用高精度高速器件,以获得足够快的

速度与足够高的精度,绝热和散热是设计成功的决定因素。木盒绝热性差,盒内温度受到外界影响大,只有绝热好,温度变化才能理想。此外,制冷片热端的散热对系统也有很大影响。系统测量的误差来源主要是温度传感器在测量温度时存在非线性误差,前级放大电路引入新的干扰,A/D 采样时带来的量化误差等。另外,由于后级功率控制电路中的光电耦合开关具有一定的功率损耗,导致控制加热或升温时间内达不到设定的功率,以致温度调节存在误差。

参考文献:

[1] 刘军,李建伟,李慧琴.基于模糊 PID 的通用中档单片机温度控制系统设计[J].科学技术与工程,2007 (15):3934-3937.

[2] 张艳艳.基于 PID 算法和 89C52 单片机的温度控制系统[J].现代电子技术,2009(21):216-218.

[3] 李朝青.单片机原理与接口技术[M].北京:北京航空航天大学出版社,2004.

[4] 曾光奇.模糊控制理论与工程应用[M].武汉:华中科技大学出版社,2006.

[5] 黄根春.电子设计教程[M].北京:电子工业出版社,2007.

[6] 全国大学生电子设计竞赛组委会.全国大学生电子设计竞赛获奖作品精选[M].北京:北京理工大学出版社,2005.

[7] 马忠梅.单片机的 C 语言应用程序设计[M].北京:北京航空航天大学出版社,2004.

采用电池监控 AGC 与 SpeakerGuard 技术的音频放大器

德州仪器(TI)推出一款具有集成型升压转换器的 2 W 单声道 D 类音频放大器,其可在整个锂离子电池生命周期内实现比同类竞争器件高 36% 的稳定音量。该高效率 TPA2015D1 与性能最接近的同类竞争放大器相比,可实现高 2 倍的电池使用寿命,其采用紧凑型 2 mm×2 mm WCSP 封装,可充分满足智能电话、笔记本、便携式导航设备、便携式扩展基座以及便携式 DVD 播放器等空间有限的应用需求。此外,该放大器还采用电池监控自动增益控制(AGC)与 SpeakerGuard 技术,可避免低电池电压下的过早关断,并防止消波,从而可保护扬声器。

该款音频放大器具有如下特性与优势:可在 3.6 V (6 % THD) 下为 8 欧姆电阻提供 2.0 W 功率,从而可实现比业界领先的同类竞争产品高 36% 的音量;恒量输出功率为 2.0 W (3.6~5.0 V),可在整个锂离子电池生命周期内实现稳定音量;电池监控 AGC 可防止低电池电压(不足 3 V)下的过早关断,而 SpeakerGuard 技术则可防止消波,保护扬声器;高效率(1 W 与 3.6 V 时为 81%)与超低静态电流(1.7 mA)可实现比同类竞争产品高 2 倍的电池使用寿命以及低 5 倍的静态电流;可将外部组件锐减超过 50%,而且总体解决方案尺寸仅为 20.25 平方毫米,适用于空间有限的消费类电子产品。

采用 2 mm×2 mm、0.5 mm 间距 16 焊球 WCSP 封装的 TPA2015D1 现已开始供货。此外,具有 miniDSP 的 TLV320A-IC3254 音频编解码器与 TPA6141A2 G 类音频耳机放大器目前也已针对完整的音频信号链开始供货。

咨询编号:2010071018

4 款低成本精密热电偶放大器

热电偶系统可提供精确而可靠的温度测量和控制功能,经济有效,并且温度测量范围较宽。然而,为了实现良好的测量性能,冷结补偿和高增益精度精密放大器是必不可少的。ADI 公司的热电偶放大器 AD8494、AD8495、AD8496 和 AD8497 专门针对此问题而开发,具有片内冷结补偿功能,可根据环境温度的变化自动调整热电偶输出。相对于类似的分立解决方案,此特性可大大简化设计过程并降低系统成本。

4 款新型精密热电偶放大器都能将热电偶结点产生的小电压,转换为 ADC(模数转换器)或微控制器易于读取的 5 mV/°C 模拟信号。集成的冷结补偿功能确保热电偶能在较宽的环境温度范围内实现精确测量,高共模抑制性能(0.1 °C/V)则使得 AD849x 能够抑制长引线热电偶可能有的共模噪声。热电偶放大器 AD849x 可采用从 2.7 V 单电源至±18 V 双电源的各种电源供电,而且功效极高,静态电源电流仅 180 μA。采用单电源工作时,这些放大器可直接与低电源电压 ADC 接口,而较高的双电源电压则适用于要求宽共模输入范围的工业系统。在 5 V 单电源下,AD849x 放大器可以覆盖近 1 000 °C 的热电偶温度范围。通过基准引脚可以对 0 °C 输出进行电平转换,因而即使采用单电源,也能轻松测量负温度。

热电偶放大器的主要特性和优势如下:集成冷结补偿;5 mV/°C 输出,单电源工作,电源电压可低至 2.7 V,并提供轨到轨输出;高阻抗差分输入;基准引脚提供失调调整功能;宽电源电压范围:2.7~±18 V;高增益精度:0.1%;低功耗:180 μA 静态电源电流;低成本;无铅 MSOP-8 封装;供货、报价与配套产品。

咨询编号:2010071019