

基于单片机的恒温控制器的设计和实现

李善寿^{1,3}, 方潜生^{1,3}, 肖本贤², 汪小龙^{1,3}

(1. 安徽建筑工业学院 电子与信息工程学院, 安徽 合肥 230022;

2. 合肥工业大学 电气与自动化工程学院, 安徽 合肥 230009;

3. 安徽省智能建筑重点实验室, 安徽 合肥 230022)

摘要: 为了实现微生物分析仪中的恒温控制, 从而实现检测样品在恒温环境内的检测, 介绍了基于 PID 算法和 PWM (脉冲宽度调制) 技术的嵌入式恒温控制器的设计和实现方法。该系统采用新型单片机 P89V51RD2 作为系统控制器, 采用基于单总线协议的 DS18B20 温度传感器作为检测元件, 简化了系统的接口电路。该系统在微生物分析仪中的应用结果证明了系统设计方法的有效性。

关键词: 恒温控制; PID 算法; PWM; 单总线协议

中图分类号: T302.1

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2008)12-0197-03

Design and Implementation of Constant Temperature Controller Based on Singlechip

LI Shan-shou^{1,3}, FANG Qian-sheng^{1,3}, XIAO Ben-xian², WANG Xiao-long^{1,3}

(1. Coll. of Electronics & Information Eng., Anhui Institute of Architecture & Industry, Hefei 230022, China;

2. Sch. of Electric Eng. and Automation, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China;

3. Key Laboratory of Intelligent Building in Anhui Province, Hefei 230022, China)

Abstract: In order to implement the control of constant temperature in instrument of Microbe, and the examination of the sample can be performed in it, the design and implementation of embedded controller which based on the algorithm of PID and the technology of PWM was introduced. In the system, the micro-controller of P89V51RD2 was used, and the temperature sensor of DS18B20 which is based on the single-bus protocol was used as the sensing part, which simplified the interface circuit in the system. The result of the application in instrument of Microbe indicated the validity of the design and implementation of embedded constant temperature controller.

Key words: constant temperature control; algorithm of PID; pulse-width modulation; single-bus protocol

0 引言

众多医疗仪器在检测过程中, 常要求在恒温状态下工作, 因此需要进行精密的温度控制。为实现仪器的智能化, 一般在医疗仪器都嵌有微处理器。在温度控制过程中, 一般采用温度传感器作为检测元件, 然后经过 A/D 转换实现温度的数字检测和控制。采用一个适当的温度传感器作为检测元件, 可以简化系统的软硬件设计, 美国 DALLAS 公司生产的数字式温度传感器 DS18B20 作为检测元件, 可以直接将温度值转换成数字量, 不需要外加 A/D 转换电路, 与微控制器的

接口电路比较简单, 在温度检测方面有着广泛的应用^[1,2]。

在本课题研究的微生物分析仪中, 要求试样的温度恒定保持在 35~50℃ 之间, 且精度要达到 $\pm 0.5^\circ\text{C}$, 因此这里只需考虑加热控制而不考虑其制冷。在恒温控制方面运用基于单总线多点循环技术进行温度采样, 并设计了软件实现的 PID 控制器, 最终采用脉冲宽度调制 (PWM) 技术控制加热器实现加热控制。另外也可通过仪器控制面板实现温度的设定与显示。

1 系统硬件设计

1.1 系统工作原理

系统启动之后, 根据预定的温度值, 单片机首先控制加热器以最大功率工作, 以最短时间升至预定温度, 从而保证系统的动态性能。温度测量电路将采集到的

收稿日期: 2008-03-17

基金项目: 建设部重点计划项目 (06-K9-61)

作者简介: 李善寿 (1979-), 男, 安徽金寨人, 讲师, 研究方向为嵌入式系统; 方潜生, 教授, 研究方向为智能建筑、计算机应用技术; 肖本贤, 教授, 研究方向为运动控制技术、嵌入式系统。

信号送入单片机,单片机通过串口再将温度值传到上位机实时显示,并与所设置的温度期望值比较后产生偏差信号,进而通过 PID 控制算法由偏差信号计算出相应的 PWM 控制量,再由控制电路输出给执行元件,控制温度的变化(见图 1)。

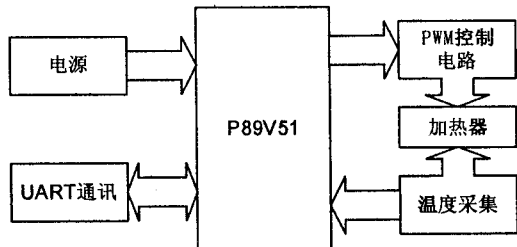


图 1 系统结构图

1.2 DS18B20 简介

DS18B20^[3]将传感器和数字转换电路都集成在一起,利用在板专利技术来测量温度。测温范围: $-55 \sim +125^{\circ}\text{C}$,在 $-10 \sim +85^{\circ}\text{C}$ 时精度为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$,在转换结果为 12 位(缺省值)时最大转换时间为 750ms,可编程的分辨率为 9~12 位,最小可分辨温度 0.0625°C 。每个 DS18B20 都具有唯一的 64 位序列(ROM)号,采用 Dallas 独有的单总线协议,CPU 只需一根端口线就能与诸多 DS18B20 进行通信,且只需简单的通信协议就能加以识别,这样就节省了大量的引线和逻辑电路。同时 DS18B20 具有多种封装形式,可以在多种环境下应用。

本系统中,考虑到 DS18B20 本身的温度转换误差,为保证温度控制效果,采用了单总线多点循环技术对多个温度传感器进行温度的采集,然后进行平均以将温度采集的误差降低到最小。

1.3 单片机 P89V51 及 PWM 实现

P89V51RD2^[4]是一款 80C51 微控制器,包含 64kB Flash 和 1024 字节的数据 RAM,具有 ISP(在系统编程)和 IAP(在应用中编程)功能,还具有 3 个 16 位定时器/计数器,PWM 和捕获/比较功能的 PCA(可编程计数器阵列),SPI(串行外围接口)和 UART 等功能。P89V51RD2 中 PWM 实现的主要功能模块有:

(1) CCAPMn - PCA 模块比较/捕获寄存器 (CCAPM0 ~ CCAPM4,其地址为: $0\text{xDAH} \sim 0\text{xDEH}$),PCA 的每个模块都对应一个特殊功能寄存器。它们分别是:模块 0 对应 CCAPM0,模块 1 对应 CCAPM1,依此类推。特殊功能寄存器包含了相应模块的工作模式控制位,如表 1 所示(不可位寻址,复位值: 0x00H)。

表 1 CCAPMn - PCA 模块比较/捕获寄存器位分配表

位	7	6	5	4	3	2	1	0
符号	-	ECOMn	CAPPn	CAPn	MATn	TOGn	PWMn	ECCFn

当 $\text{ECOMn}=1$ 时,使能比较器功能;当 $\text{PWMn}=1$ 时,使能 CEXn 脚(P1.3~P1.7)用作脉宽调节输出。

(2) 每个 PCA 模块还对应另外两个寄存器,CCAPnH (CCAP0H ~ CCAP4H,其地址为: $0\text{xFAH} \sim 0\text{xFEH}$) 和 CCAPnL (CCAP0L ~ CCAP4L,其地址为: $0\text{xEAH} \sim 0\text{xEEH}$)。当出现捕获或比较时,它们用来保存 16 位的计数值。当 PCA 模块用在 PWM 模式中时,它们用来控制输出的占空比。

(3) 所有 PCA 模块都可用作 PWM 输出。输出频率取决于 PCA 计数器的时钟源。由于所有模块共用仅有的 PCA 定时器,所有它们的输出频率相同。

各个模块的输出占空比是独立变化的,与使用的捕获寄存器 CCAPnL 有关。当 PCA 计数器低字节 CL (地址为 0xE9H) 的值小于 CCAPnL 时,输出为低,当 CL 的值等于或大于 CCAPnL 时,输出为高。当 CL 的值由 FF 变为 00 溢出时,CCAPnH 的内容装载到 CCAPnL 中。这样就可实现无干扰地更新 PWM。要使能 PWM 模式,模块 CCAPMn 寄存器的 PWM 和 ECOM 位必须置位。

2 系统软件设计

2.1 系统主程序流程

本系统是新型微生物分析仪的一部分,为了和其他部分融合实现恒温培养、细菌检测一体化,其实时温度显示、温度控制的设定以及控制指令的发送都在上位机软件中实现。考虑到温度对象的时滞以及 DS18B20 的转换时间,上位机中温度采样周期取 1s,其流程图如图 2、图 3 所示。

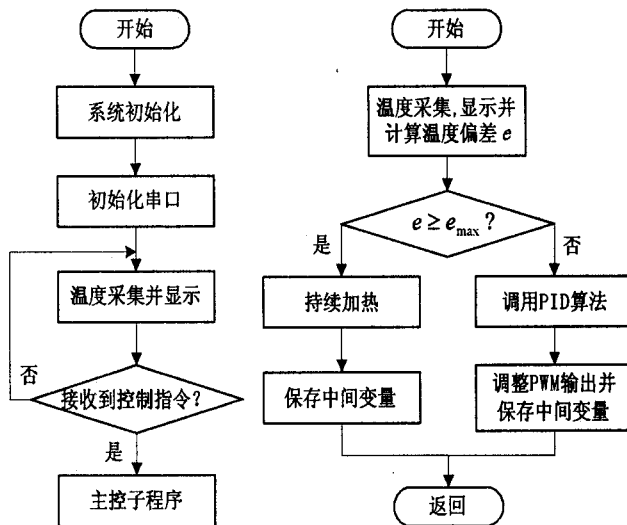


图 2 主程序流程

图 3 温控子程序

2.2 数据采集

2.2.1 DS18B20 与单片机之间的通讯

每一次访问 DS18B20 时必须遵循如下的顺序:第

一步:初始化;第二步:发送 ROM 命令;第三步:发送功能命令。

初始化包括主机发出复位脉冲(通过将总线拉低至少 $480\mu\text{s}$ 来实现),随即主机等待 DS18B20 发回的存在脉冲,DS18B20 则从检测到复位脉冲的上升沿开始等待 $16\sim 60\mu\text{s}$ 后,通过将单总线拉低 $60\sim 240\mu\text{s}$ 实现存在脉冲的发送。初始化完成后即可发送 ROM 命令,包括搜索 ROM 命令(F0H),读 ROM 命令(33H),匹配 ROM 命令(55H)等共 5 条指令,随后发送功能命令,包括温度变换命令(44H),写暂存器命令(BEH)等共 6 条指令,命令的传送是通过写时序实现,它们有严格的时隙概念^[1-3]。

2.2.2 多个 DS18B20 的处理

对单总线中多个 DS18B20 的识别是通过其唯一 ROM 号来匹配。但其内部通过二叉树的搜索算法来获得单总线上各个 DS18B20 的 ROM 号,如果每次匹配器件前都进行这样的搜索,不仅占用 CPU 处理时间,而且没有必要。本系统中,先通过搜索算法获得各个 DS18B20 的 ROM 号,以全局静态数组的形式存储在 ROM 中,这样对某个 DS18B20 操作,只需发送该 DS18B20 的 ROM 号进行匹配即可。

2.2.3 温度采集

温度采集的子程序流程如图 4 所示。

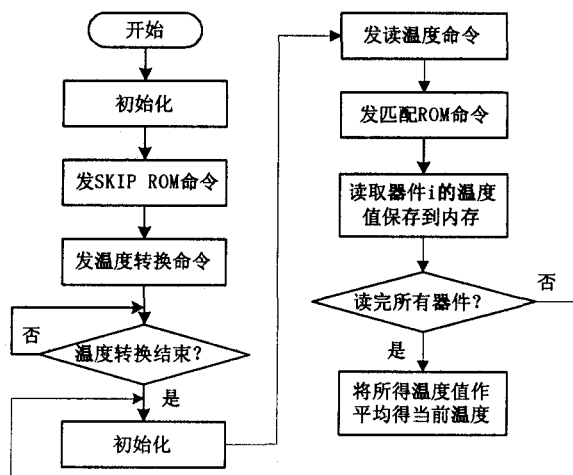


图 4 温度采集子程序

2.3 PID 算法与 PWM 控制

2.3.1 PID 算法与 PWM 控制的原理

本系统设计了一套完全由软件实现的 PID 算法^[5,6]。PID 调节的控制过程:单片机读出数字形式的实际温度 T_n ,然后和设定温度 T_g 相比较,得出差值 $e_n = T_g - T_n$,调用 PID 公式(1),计算得到输出的占空比,根据该值改变 PCA 计数器的基数 CCP0L 的值(本系统选 P1.3/CEX0 脚,作 PWM 的输出)来更新 PWM

脉宽^[7,8],低电平关断加热器,高电平导通加热器,调节温度的升降。

$$U_n = K_p[(e_n - e_{n-1}) + (T/T_i)e_n + (T_d/T)(e_n - 2e_{n-1} + e_{n-2})] \quad (1)$$

其中 e_n, e_{n-1}, e_{n-2} 分别为第 n 次、 $n-1$ 次和 $n-2$ 次的偏差值, K_p, T_i, T_d 分别为比例系数、积分系数、微分系数, T 为采样周期。

2.3.2 PID 参数的调整

先对加热器的模型进行辨识,设控制度为 1.05,通过扩充响应曲线法确定数字 PID 的参数^[7,9]。因为加热器的功率是有限的,而且温度对象具有时滞的特点。为能达到快速恒温,且恒温波动小的控制效果,可以设定一个误差值 e_{\max} ,当误差大于 e_{\max} 时,一直加热,即使 CCP0L = 255, PWM 输出恒为高电平;当误差小于 e_{\max} 时,才采用数字 PID 控制。

3 结束语

文中就恒温控制在医疗器械中应用展开研究,并在合肥恒星科技开发有限公司生产的“HX-21A 细菌分析仪”第二代改进产品中加以应用,可使该系统在恒温控制方面能够相对同类产品较快地达到恒温态。在 25°C 的环境下,从开机到系统默认恒温指标的 35°C ,仅需两分钟左右,且恒温段温度波动在 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 的范围内,控制效果良好。

参考文献:

- [1] 农 静,郑宗亚,刘志杰.单总线数字温度传感器 DS18B20 原理及应用[J].贵州师范大学学报:自然科学版,2007,25(3):119-122.
- [2] 刘俊伏,宗 云. DS18B20 与单片机的接口及编程技术[J].河北工业科技,2007,24(4):227-229.
- [3] Dallas Semiconductor. DS18B20 Programmable Resolution [M]. [s.l.]:[s.n.],2001.
- [4] Philips Semiconductor. P89V51RD2 Product data [M]. [s.l.]:[s.n.],2004.
- [5] Ziegler J G, Nichols N B. Optimum settings for automatic controller[J]. Trans. SME,1942,65:433-444.
- [6] 何克忠,李 伟.计算机控制系统[M].北京:清华大学出版社,1998.
- [7] 高春甫,艾学忠.微机测控技术[M].北京:科学出版社,2005.
- [8] 米根锁.在 8031 单片机应用系统中实现 PWM 的方法[J].电气传动自动化,2006,28(5):52-53.
- [9] 罗冰洋. PID 控制器参数自整定方法比较[J].微机发展(现名:计算机技术与发展),2005,15(9):99-101.