

# 基于 89C52 的油气分析箱体温度控制系统的设计

谢玲, 程明霄, 蒋书波

(南京工业大学 系统工程系, 江苏 南京 210009)

**摘要:** 介绍了以AT89C52单片机为核心的温度控制系统, 用来控制油气分析箱体的温度。该系统的环境温度范围在 $-40^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$ , 控制温度为 $20^{\circ}\text{C}$ 左右。通过硬件和软件的设计利用固态继电器实现加热和制冷控制, 使温度达到设定值。控制精度达到 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

**关键词:** AT89C52; 温度控制; 固态继电器; 模糊PID

**中图分类号:** TP368.1

**文献标识码:** A

## Design of the temperature control system based on 89C52 used in the analyzing box of oil and gas

XIE Ling, CHENG Ming Xiao, JIANG Shu Bo

(The Department of System Engineering, Nanjing University of Technology, Nanjing 210009, China)

**Abstract:** The study of the subject was the temperature control system based on single chip processor AT89C52, controlling the temperature of the analyzing box of oil and gas. The range of the temperature in the subject was from  $-30^{\circ}\text{C}$  to  $+70^{\circ}\text{C}$  while the controlling was about  $20^{\circ}\text{C}$ . Solid State relay was used in the system to realize the temperature control both in heating and cooling, according to the design of hardware and software. The accuracy of the controlling system was  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ .

**Key words:** AT89C52; temperature control; solid state relay refrigeration; fuzzy PID

电力在人们生活和工业生产中是一种重要的资源, 大型变压器的正常稳定工作是电力供应的重要保障。本课题针对大型变压器里的油气分析研究智能型在线仪器。由于油气分析采用氦离子分析检测器, 所以对油气分离和仪器工作的环境均有严格的要求。

油气分析箱需要工作在我国北方或南方的露天环境下, 气候条件恶劣, 环境温度范围达到 $-40^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$ 。为了保证分析的稳定性与准确性, 需要对油气分析箱体的温度进行监测和控制。

本设计硬件部分以 AT89C52 单片机为核心, 温度传感器采用 LM35, MAX1268 作为 A/D 转换器件, 通过固态继电器控制加热或制冷单元来实现对温度的控制。软件部分主要通过模糊 PID 算法控制固态继电器的输出。

### 1 温控系统硬件设计

在一个控制系统中, 硬件选择的优良与否直接影

响着控制的精度, 对硬件的深入了解也是编制程序的必要前提<sup>[1]</sup>。系统总体结构如图 1 所示。

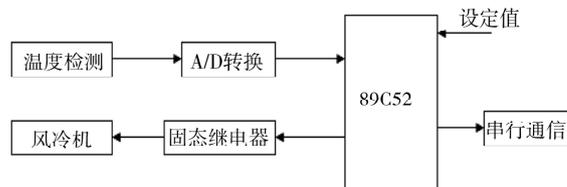


图 1 系统总体结构图

电路根据功能可划分为 4 个部分: 温度检测模块, A/D 模块、单片机及通信模块, 输出控制模块。

#### 1.1 温度检测模块

系统采用 LM35 作为温度传感器, LM35 系列的温度传感器是集成的精度传感器。测量范围为  $-55^{\circ}\text{C} \sim +150^{\circ}\text{C}$ , 在  $+25^{\circ}\text{C}$  时测量精度为  $0.5^{\circ}\text{C}$ 。其输出电压值与摄氏温度值成线性关系, 比例因数是  $+10.0 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ , 使用

起来比较方便。由于本设计的环境温度涉及到零度以下，所以 LM35 的输出端需要连接一个  $-5\text{ V}$  电压，本设计中的电源模块只提供  $+5\text{ V}$  电源，所以需要有一个电压倒相器来生成负电压，本设计中采用的是开关电容式电压倒相器 NCP1729。温度检测电路原理图如图 2 所示。

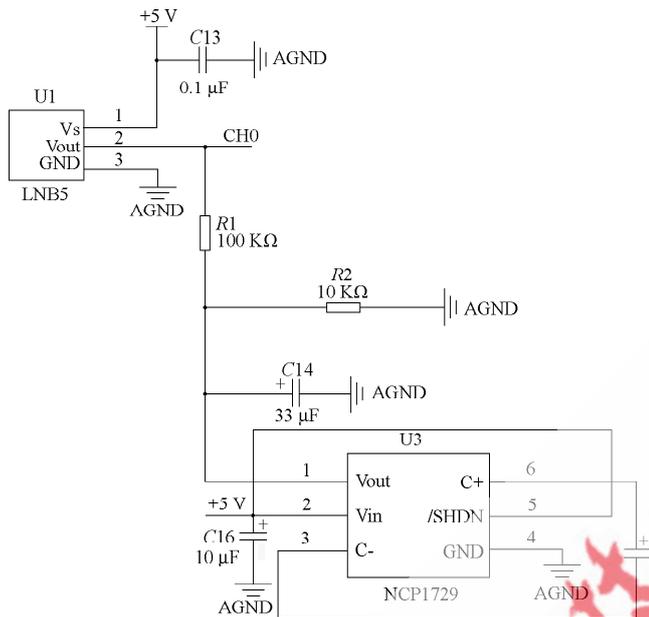


图 2 温度检测电路原理图

## 1.2 A/D 转换电路模块

由于本设计的环境温度在  $-30\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，使用 LM35 测出的电压范围就为  $-0.3\text{ V} \sim +0.7\text{ V}$ ，这就对 A/D 转换芯片的量程提出了要求。本设计选择 MAX1268 作为模数转换芯片，其量程为  $0 \sim 2.5\text{ V}$ ，符合设计要求。工作温度在  $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，工作电压  $+5\text{ V}$ ，双通道，带有并行 12 位接口，最大误差不超过 1 LSB。可选单极性和双极性两种模式，本设计中由于需要测零下的温度，所以选择双极性模式。当 MAX1268 被选中且处于内部查询模式时，WR 的一个上升沿到来促使转换开始。转换结束时 INT 引脚输出低电平。单片机只需定时查询 INT 引脚即可准备是否读数据。需要注意的是 REF 和 REFADJ 两个引脚的接法，由于选择的是 MAX1268 内部的  $2.5\text{ V}$  基准电压，两个引脚均接地。

## 1.3 单片机及通信模块

整个测控系统是以 8 位的单片机 AT89C52 为核心的，AT89C52 是美国 ATMEL 公司推出的一种电可擦写单片机，该产品与 INTEL80C51 和 80C52 单片机完全兼容，它内部有 8 KB 可重复编程的闪烁存储器，8 KB 的 ROM 可以完全容纳下一个控温的程序。选择它就不需要再外扩 RAM 和 ROM，也就不需要外加锁存器，这可以充分减小制板的面积，减小制版的面积从另一方面来说也就是减少干扰，提高精度。

AT89C52 还有 256 B 的 8 位 RAM，32 位可编程 I/O 口，3 个 16 位定时器/计数器，8 个中断源，1 个全双工串行 I/O 口，片内晶振和时钟电路<sup>[2]</sup>。

其中，P1.2 和 P1.3 用来控制固态继电器的导通与否，P1.4 输出自检成功信号，P1.5 输出温控完成信号。

P3.0 和 P3.1 用作串行通信口，与 MAX232 连接，实现接口电平转换，然后将温度值送到 PC 机，方便查看温控过程，并利于软件中 PID 参数的调节。

## 1.4 输出控制电路

对温度的直接控制主要是由风冷式制冷单元来完成的，其原理是 P/N 结，输入为 2 个端子，工作电压为  $24\text{ V}$ ，工作电流为  $10\text{ A}$ ，由于负载端电流较大，所以选择固态继电器。固态继电器具有能以微小的控制信号达到直接驱动大电流负载的优点，单片机只要输出能控制固态继电器通断时间的脉冲信号就可以了。本设计选择直流控制直流型继电器，源端控制电压选择  $3 \sim 32\text{ V}$ ，需要注意的是，由于负载端接制冷单元，电流比较大，所以为了安全起见，固态继电器的负载端电压选择  $25\text{ V}$ ，为电流留出足够的裕量。本系统中的脉冲控制是通过程序输出的。

风冷式制冷单元结构图如图 3 所示。

与固态继电器相接的 2 个端子正接  $24\text{ V}$  时制冷单元加热，反接  $24\text{ V}$  时则制冷，所以在这里要使用 4 个固态继电器通过与电源和 2 个端子的连接来控制加热或者制冷。单片机的 P1.2 端口控制 2 个固态继电器来加热，P1.3 端口控制另两个固态继电器来制冷。

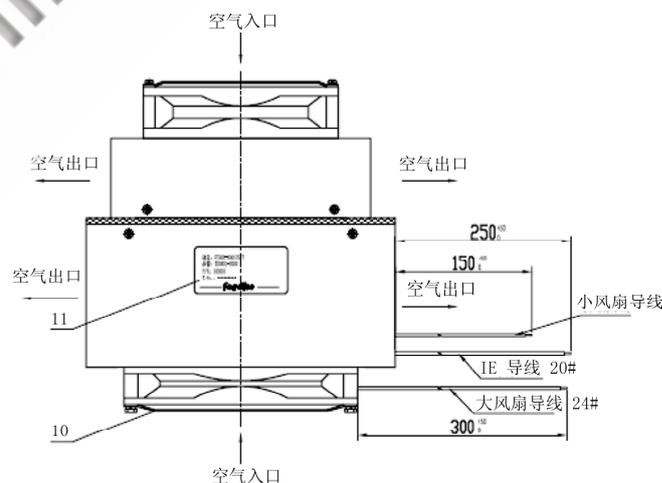


图 3 风冷式制冷单元结构图

## 2 温控系统软件设计<sup>[9]</sup>

### 2.1 总体设计

系统程序由主程序、查询服务子程序、计算程序、串口通信子程序等组成。程序的总体流程图如图 4 所示。软件系统首先自检，自检无误后将 P1.4 置 0，通过

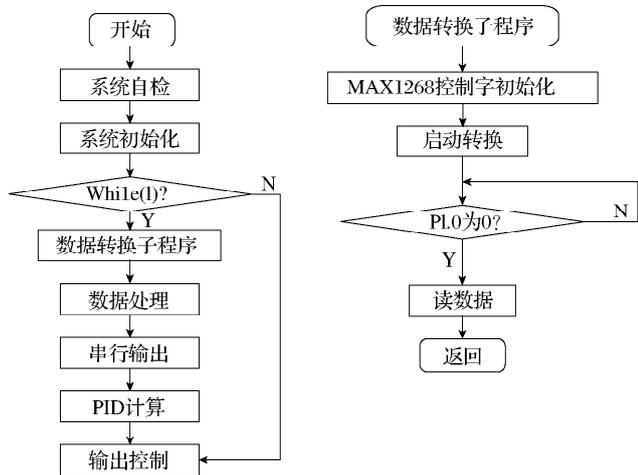


图4 系统软件总体流程图

光耦向控制端显示。然后进行初始化，主要是硬件的初始化以及设置各变量的初值。接着进入数据转换子程序，然后进行数据的处理，通过串口调试助手输出温度值，并进行PID计算，最后输出控制。温度稳定在设定值后将PI.5置0，通知控制端温度控制完成。主程序代码主要部分如下。

```
void main(void)
{
    ..... // 自检并且初始化
    while(1)
    {
        void delay();//定时
        input=sensor(); // 数据转换子程序
        void serial(); // 串行通信
    }
    out=Pid(input); //PID计算
    out=conver(out); // 输出控制
    .....
}
```

由于仪器的工作环境存在强电磁干扰，为提高温控系统的可靠性，软件上采用数字滤波法，传统的方法大多采用线性滤波，但是多数线性滤波具有低通特性，在去除噪声的同时也使信号的突变点变得模糊。本系统采用小波变换的去噪方法。本控制系统在一次采样周期内读入多个数据，先对采样信号进行首次滤波，去掉最大、最小值后再取平均值，把得到的值进行5阶DB4小波分解，对每一阶细节小波系数给定阈值进行滤波，最后将得到的值进行小波重构就得到了滤波后的信号。

### 2.2 带参数自整定的模糊PID控制器的设计

在变压器运行监测过程中，由于受外界扰动较大，传统的PID控制方法很难取得较理想的控制效果。而模糊PID控制器可以根据操作人员长期实践积累的经验知

识运用控制规则模糊化，然后运用PID参数的自整定，以取得最佳控制效果。其控制原理如图5所示。

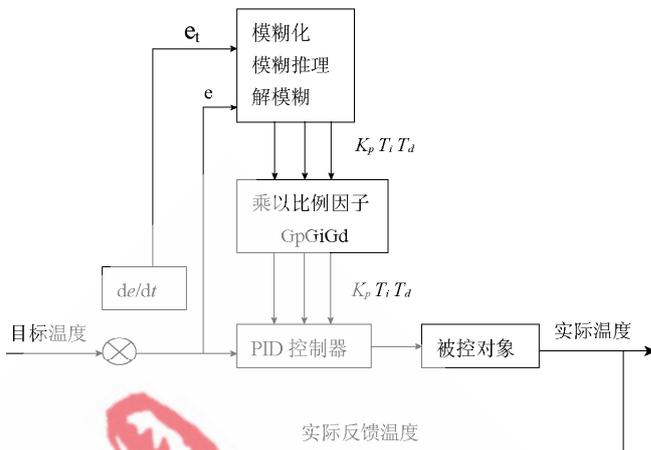


图5 模糊PID控制原理

由于油气分析箱需要工作在气候极为恶劣的环境下，所以控制器还引入了Bang-Bang控制，当系统处于异常的大偏差下时，控制器应输出最大值以实现设定值的快速跟踪，而无需利用模糊算法再进行一系列复杂计算，可以加快动态响应。

常规数字式PID控制器的算式为

$$u_n = K_p \left[ e_n + \frac{T}{T_i} \sum_{i=0}^n e^i + \frac{T_d}{T} (e_n - e_{n-1}) \right]$$

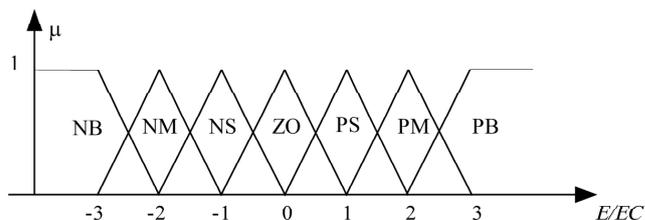
其中， $u_n$  和  $e_n$  分别为  $n$  个采样时刻控制器的输出量(控制量)和输入量(偏差量)； $T$  为采样周期； $T_i$  和  $T_d$  分别为积分和微分时间常数； $K_p$  为比例增益。

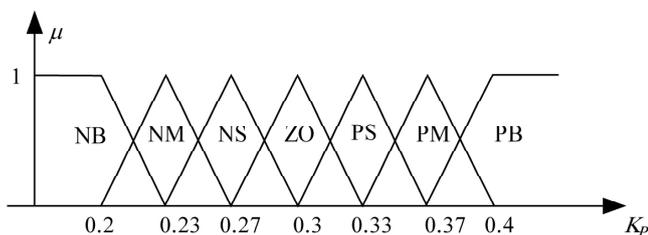
模糊PID控制器把速度偏差变化  $e$  和偏差变化率  $ec$  加到模糊控制器的输入端，模糊化过程将其转换为模糊输入语言变量，经过模糊推理得到隶属函数，推导出模糊输出量，然后再经过解模糊过程(本文采用最大隶属度法)，输出参数  $K_p$ 、 $T_i$ 、 $T_d$  的模糊调整决策矩阵。

根据系统响应曲线设定系统响应的误差  $E$  和误差变化率  $EC$  的 Fuzzy 子集为：

$$E, EC = \{NB \quad NM \quad NS \quad ZO \quad PS \quad PM \quad PB\}$$

其中， $E$ 、 $EC$  隶属度函数如图6所示， $K_p$  隶属度函数曲线如图7所示。

图6  $E$ 、 $EC$  隶属度函数曲线

图7  $K_p$  隶属度函数曲线

根据  $K_p$  的调整规则模型进行算法合成, 求得响应的控制表如表 1 所示。其他参数依此类推。

表 1 参数的 Fuzzy 调整控制

EC \ E	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.37	0.33	0.3
-2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.38	0.3	0.3
-1	0.37	0.37	0.37	0.37	0.33	0.3	0.27
0	0.37	0.33	0.33	0.3	0.27	0.27	0.27
1	0.33	0.3	0.27	0.23	0.23	0.23	0.23
2	0.3	0.3	0.23	0.2	0.2	0.2	0.2
3	0.3	0.27	0.23	0.2	0.2	0.2	0.2

模糊控制器和传统控制器相比, 具有更快的响应和更小的超调, 而且具有很强的鲁棒性, 能够克服非线性因素的影响。

本系统采用 AT89C52 单片机为核心来进行温度的测控, 在环境温度下, 使用同一个单元进行加热或制冷, 减小了箱体的体积。配上所选的各种硬件, 最大限度地

减少了元器件的数量, 资源也得到了充分的利用, 一方面大大减少了开发成本, 并使得控温精度达到  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ , 另一方面本设计中由于引入温控的制冷作用, 使得整个温控过程响应速度快, 在较少的时间内能够完成控制目标, 达到工业监控的要求。模糊 PID 算法的引入, 消除了到工作现场来回设定参数的麻烦, 能在较短的时间内实现温度的自动调节, 是一种较好的设计方案, 在箱体温控设备上有很好的应用前景。

#### 参考文献

- [1] 赵东辉. 单片机 89C52 在加热炉测控温度中的应用[J]. 电气开关, 2002(5):10.
- [2] 杨定安. 89C52 单片机在可控硅调功温控系统中的应用[J]. 机电工程技术, 2002, 31(3):23.
- [3] 戴佳, 戴卫恒. 51 单片机 C 语言应用程序设计实例精讲[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.
- [4] 李军, 王孙安. 模糊控制器在温度控制系统中的应用[J]. 机床与液压, 2003(4).
- [5] 王丽娟. 单片机在锅炉温度控制系统中的应用[J]. 微计算机信息, 2007(2).

(收稿日期: 2009-01-06)

(上接第 48 页)



图 5 客户端 A 实验结果

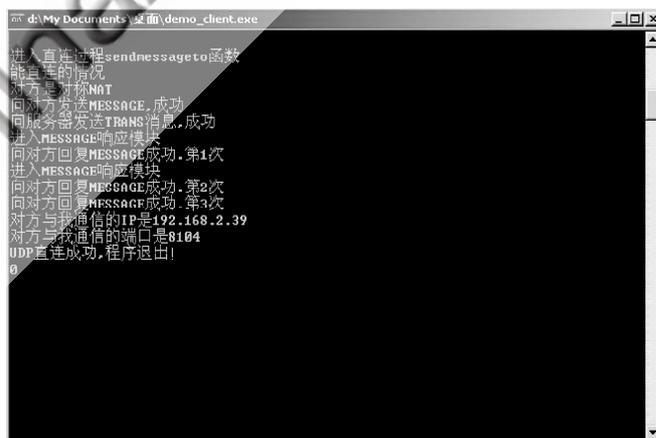


图 6 客户端 B 实验结果

对算法进行改进。

本文对 STUN 协议提出的 NAT 识别方法进行了有效地改进, 并对 NAT 路由器的穿越问题进行了详细地研究, 并设计出比较合理的算法。提高了效率, 节省了成本。并指出了该算法的优点和不足。

#### 参考文献

- [1] ROSENBERG J, WEINBERGER J. STUN-Simple Traversal of user Datagram Protocol (UDP) Trough Network Address Transla-

tors (NATs). RFC3489, 2003.

- [2] EGEVANG K. The IP Network Address Translator (NAT). RFC1631, 2001.
- [3] HITEMA C. Short Term NAT Requirements for UDP Based Peer-to-Peer Applications. IETF Draft, 2001.
- [4] P SRISURESH, M HOLDREGE . IP Network Address Translator (NAT) Terminology and Considerations. RFC2663, 1999.

(收稿日期: 2008-12-29)