

基于 AT89C51 单片机的压力控制系统设计

【摘要】本文设计了以 PC 机为上位机、AT89C51 单片机为下位机，并辅之以传感器、变频器以及相关接口部件的二级集散压力控制系统。着重介绍了基于 TLC2543 单片机的数据采集与处理系统。总结了基于单片机的过程控制系统的优势。

关键词：过程控制，单片机，数据采集

中图分类号：TP339 文献标识码：B

Research of Pressure Control System Based on AT89C51

Abstract: In this paper, we design a Distributed Control System, which is composed by epigyny computer, hypogyny singlechip 89C51, and other assistant equipments, such as sensor, transducer. Putting the emphasis on the introduction of data collecting and disposing system, which is based on the singlechip TLC2543. In the end, we give a summarize of the advantages of the Process Control System.

Key Word: Process control, Single chip, Data collecting

1、引言

本课题来自某管道的流量、液位控制系统，主要研究的是基于单片机的压力参数的控制和调节，即以单片机为调节器，辅助以配套的 A/D、D/A 转换单元及电路，通过执行数字 PID 程序实现自动调整。图 1 为该压力控制系统简图，这是一个单回路反馈控制系统，控制的目的是使水箱的压力等于某定值，减小或消除来自系统内部或外部扰动的影响。交流电动机带动齿轮泵通过阀 1 向上水箱供水，调节阀 2 使之同时向外排水，达到被控压力参数的动态调整。单回路控制系统由于结构简单、投资小、操作方便、且能满足一般生产过程的要求，故它在过程控制中得到广泛应用。当一个单回路系统设计安装就绪之后，控制质量的好坏与控制器参数的选择有着很大的关系。合适的控制参数，可以带来满意的控制效果。反之，控制器参数选择不合适，则会使控制质量变坏，达不到预期的效果。因此，当一个单回路系统搭建好以后，如何整定好控制器的参数是一个很重要的问题。

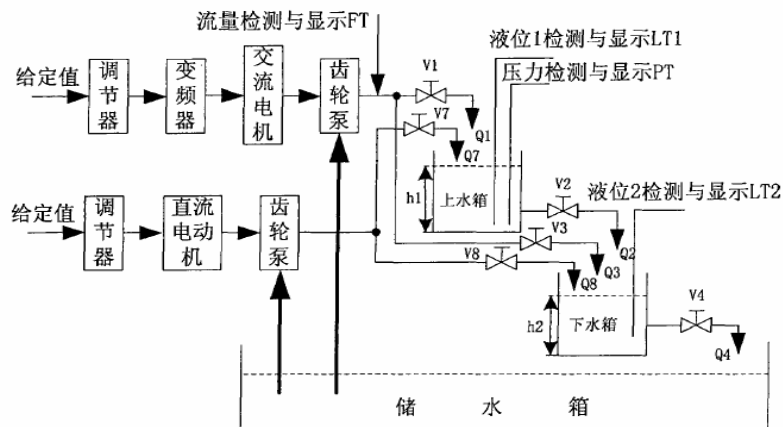


图 1 单容水箱压力控制系统简图

2、系统总体设计

2.1 单片机监控系统的作用和功能

该系统实现控制功能的主要单元是一个基于单片机的压力控制系统，其结构框图如图 2 所示。主要组成部分有：基于扩散硅传感器的压力检测单元、A/D 转换单元、以 AT89C51 单片机为核心的控制单元以及调节水箱进水量变频调速单元。具体的工作过程是：设定欲稳定的水箱的液位高度，通过压力检测元件获取当前水箱的液位压力值，经模/数转换芯片将模拟信号转换为数字信号，送单片机与设定值进行比较，得到偏差信号，该信号经过调节

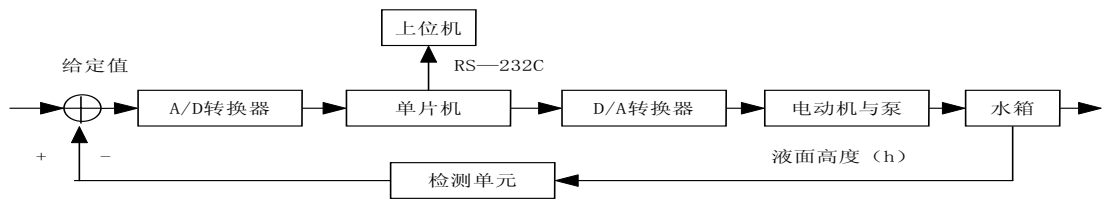


图 2 单片机控制系统结构框图

器做 PID 运算后，输给变频器一个转速控制信号，通过数/模转换器将变频器调速信号由数字信号转换成模拟信号，由于变频器的输出频率与输入电压成比例，可变的输出频率调整电动机和水泵的转速，从而调节流量，达到调节水箱压力的目的。

2.2 数据采集与处理系统

在本实验装置中，数据采集与处理系统的任务是将检测元件获取的当前水箱的实际液位高度转换成相应的电压值，以便单片机将该电压值与设定的电压值进行比较，从而按所得偏差信号进行控制运算。本实验装置针对压力缓慢变化的模拟信号，考虑到经济、实用等因素，在原有控制器的基础上，以 AT89C51 单片机为核心，利用少量的 I/O 接口，采用 TLC2543 串行 A/D 转换芯片，扩展出一个数据采集系统。

AT89C51 单片机是 ATEML 公司出产的一款经济、高性能单片机，其主要特性如下：

- 1) 工作频率为 0~24MHz
- 2) 两个标准 16 位定时/计数器
- 3) 32 条可编程 I/O 口线，5 个中断源
- 4) 4K 字节快闪 ROM, 128 字节 RAM
- 5) 40 引脚，DIP 封装

模数转换器选用 TI 公司的 12 位串行 TLC2543，其分辨率较高，使用开关电容逐次逼近技术完成 A/D 转换过程，且采用的串行输入结构。TLC2543 有 12 个输入通道，有三种输出数据长度，每种数据又可以设定为不同的数据顺序(高位在前还是低位在前)。通道的选择、数据格式的设定，都是通过控制器向 TLC2543 写控制字来实现的。控制字格式如表 1 所示。

表 1 控制寄存器中各位定义

通道选侧				输出数据长度		输出数据顺序	极性选择
D7(MSB)	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

本装置中液位的测量采用的是 MPX201 ODP 型传感器。其工作原理是在单晶硅的基础上扩散出 P 型或 N 型电阻条，接成电桥。在压力作用下，根据半导体的压—阻效应，把压力的变化转换成电阻的变化，经过测量电路所测的输出电压反映出所受压力的变化，即液位的变化。当硅膜片上受到压力 P_1 和 P_2 作用时，由于它们对膜片产生的压力正好相反，因此作用在膜片上的压力为 $\Delta P = P_1 - P_2$ 从而可以进行压差测量。

实验中具体的测量方式为空气管传感方式：将一根管子竖直立起，其一端放于液体容器中，另一端完全敞开，则在管子里面的液面与容器中的是完全相同的。若将管子的上端封住（接到 MPX201ODP 的压力面），管子内就会留有一定体积的气体。当容器内液位变化时，管内空气的压力将会成比例地变化，则 MPX201ODP 传感器的压力面会将其所感知的压力变化传送给 TLC2543 串行 A/D 转换芯片，将该压力的变化转换成电信号。

2.3 PID 控制器设计

常规 PID 控制作为一种传统的控制方法，综合了关于系统的过去 (I)、现在 (P) 和未来 (D) 三方面信息，以其计算量小、实时性好、易于实现等优点广泛应用于过程控制中。PID 有两种基本结构，即完全微分型 PID 和不完全微分型 PID。不完全微分型 PID 又有三种变法。完全微分型 PID 的传递函数为，不完全微分型 PID 的传递函数为

$$D(S) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i S} + T_d S \right)$$

$$D_1(S) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i S} + \frac{T_d S}{r} \right),$$

$$D_1(S) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i S} + \frac{T_d S + 1}{r} \right)$$

为了达到最优的控制效果，PID 调节参数 K_p （比例增益）、 T_d （微分时间）、 T_i （积分时间）以及微分增益 r 必须合理设置。

由于本实验装置的过程控制具有惯性大、滞后时间长等特点。理论证明，对于具有 $Ke^{-\tau}/(1+T_1+T_2S)$ 特点的控制对象，PID 是一种最优控制。但常规 PID 算法的积分系数是一个常数，实际上是一个兼顾几个方面的折中值。从尽快消除控制系统的静态误差的角度考虑，希望 PID 算法的积分系数尽量大；但从降低控制过程中超调量的角度考虑，又希望 PID 控制算法的积分系数尽量小。因此在本实验装置的控制系统中，我们采用变速积分 PID 算法，根据控制系统的当前状态，动态、合理地改变 PID 控制算法的积分常数，以提高控制品质。

3、系统软件部分设计

3.1 数据采集子程序

对于串行输入输出数模转换器，在编程应特别注意 TLC2543 的工作时序，其 I/O CLOCK 引脚接收串行输入信号，在 I/O CLOCK 的前 8 个上升沿，DIN 引脚的 8 位输入数据存入数据存储器；在 I/O CLOCK 的第 4 个下降沿，被选通的模拟输入电压开始向电容器充电，直到 I/O CLOCK 的最后一个下降沿为止；将前一次转换数据的其余 11 位输出到 DATA OUT 端，在 I/O CLOCK 的下降沿时，数据开始变化；I/O CLOCK 的最后一个下降沿，将转换的控制信号传送到内部状态控制位。因此，TLC2543 在每次 I/O 周期读取到的数据都是前一次的转换结果，应该丢弃，再读一次，即为当前转换值。数据采集子程序的程序流程图如图 3 所示：

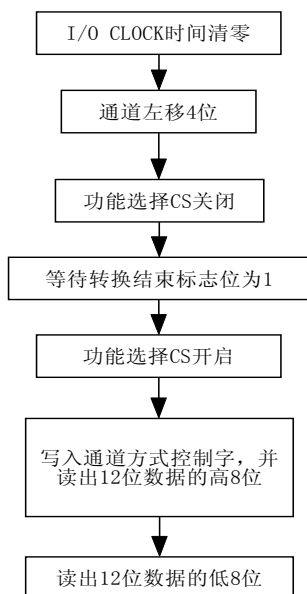


图 3 数据采集子程序流程图

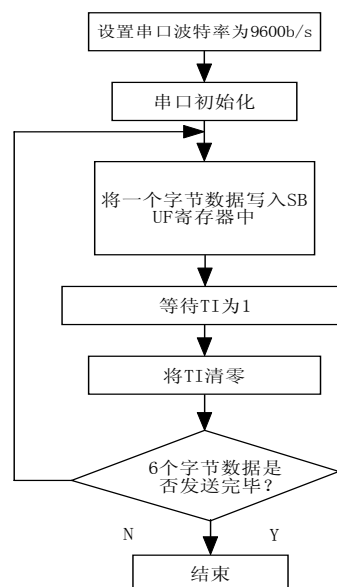


图 4 数据传送子程序流程图

3.2 数据传输子程序

单片机数据传输子程序的功能是将单片机通过 TLC2543 采集到的数据，通过单片机的串行口以一个固定的波特率发送到 PC 机。本实验中采用的是 9600b/s 的波特率。为简单起

见，发送数据以 6 个字节为一帧，其传输格式为前 16 位的同步码，中间 16 位数据（其中后 12 位有效，即为系统采集到的数据），最后 16 为 CRC 校验码。其程序流程图如图 4 所示：

3.3 PID 控制子程序

PID 控制程序的入口参数是经 A/D 转换的实际值，而它的各个系数均由初始化时确定，若要修改，则通过单片机控制屏来完成。PID 增量型的出口参数是直接输入 D/A 转换的数值。本设计是将 PID 控制作为主要控制方法，将其放在初始程序中。不需要时，只要将其入口地址改变即可。PID 控制子程序流程如图 5 所示。

该 PID 控制算法的主要目的是消除静差和提高控制精度，系统短时间内输出偏差很大会导致控制量超出执行机构允许的最大动作范围，从而使系统出现较大的超调量甚致发生系统振荡。采用变速积分法根据系统偏差的大小改变积分项的累积速度，对提高系统的品质十分有效。

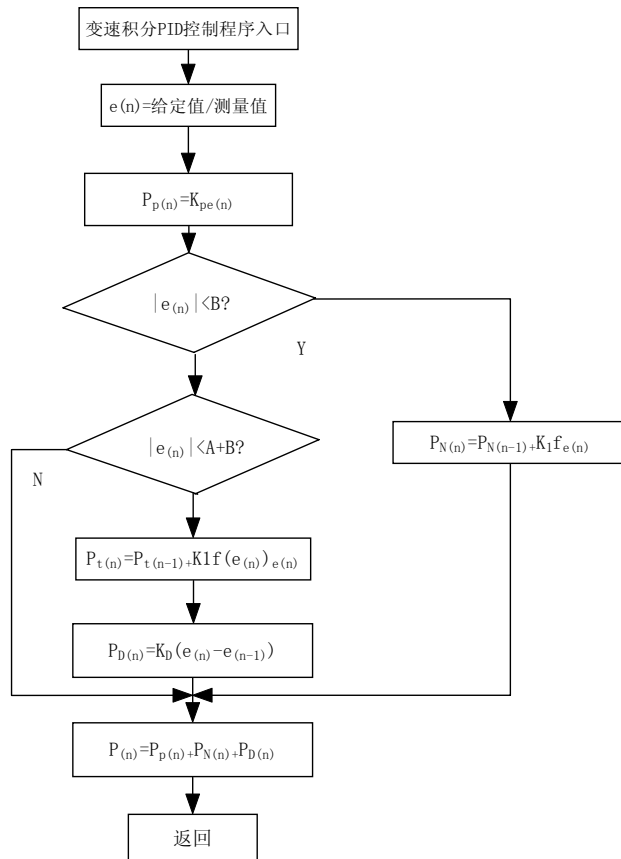


图 5 变速积分 PID 控制子程序流程图

4、系统其他部分设计

上位机和下位机之间采用基于 RS232C 通信标准的半双工数据通信方式，为提高系统抗干扰能力的设计了看门狗电路。文中的数据采集与处理程序、上位机与下位机之间的通信程序都使用执行效率较高的汇编语言来完成，上位机的人机交互界面与数据输出程序采用高级语言 VB 来开发。

5、总结

本系统以 AT89C51 单片机为核心，利用少量的 I/O 接口，采用 TLC2543 串行 A/D 转换芯片，扩展出一个数据采集系统，在某液压控制试验系统中得到了利用，并表现出良好的效果。该基于单片机的过程控制系统具有体积小、简单实用、成本低、性能价格比高等特点，且系统不易受到干扰，可靠性好，具有很大的市场价值。

参考文献：

[1]金以慧.过程控制[J].北京:清华大学出版社,1993,19--21

[2]万君福等.单片机原理系统设计与开发应用[M].中国科学技术出版社,1995:322--325

[3]曹玲芝,石军,任亚萍.无线通信在嵌入式系统中的应用[J].微计算机信息.2005,11-2:47-49

[4]谈宏华,陈康,涂坦,肖仁伟.基于AT89C51的数据采集系统设计[J].机电一体化,2005,6:55-57

说明(文章创新点):

1、本文所设计的过程控制系统体积小、简单实用、成本低、抗干扰性好,可靠性高。为过程控制自动化相关产品的设计提供了有参考价值的设计思路。

2、完成了系统的完整设计,并应用到实际的某试验装置中,却表现出良好效果。

作者介绍:

1 张俊才:(1967~),许昌职业技术学院信息工程系,软件工程师,副教授。主要研究方向:计算机网络与数据库技术。邮编:461000

2 葛洪央:(1967~),许昌职业技术学院信息工程系,软件工程师。主要研究方向:计算机网络与数据库技术。邮编:461000

Juncai Zhang:Xuchang professional technology institute information engineering department, software engineers, associate professor. Research directions: computer network and database technology.

Xuchang, 461000,China

Hongyang Ge: Xuchang Xuchang professional technology institute information engineering department, software engineers. Research directions: computer network and database technology.

Xuchang, 461000,China