

文章编号: 1672-691X(2007)05-0094-03

51 单片机液位控制系统控制算法及实现

胡亚琦¹, 夏宝华²

(1. 兰州交通大学 电信学院, 甘肃 兰州 730070;

2. 西北师范大学 附属中学, 甘肃 兰州 730070)

摘 要: 51 单片机在工业控制中已得到了广泛的应用, 控制算法对控制系统的控制性能有着关键的作用, 文章以液位为控制对象介绍了 51 单片机控制系统的一种控制算法及实现方法, 并给出了主程序流程框图。经实际应用, 效果良好。

关键词: 单片机; 工业控制; 液位控制; 算法

中图分类号: TP37 **文献标识码:** A

0 引言

51 单片机作为微型计算机发展的一个重要分支, 以其可靠性、高性能价格比、低电压、低能耗等优势, 广泛的应用于工业控制等领域, 它具有系统结构典型、灵活、通用性强、指令完整丰富, 计算机技术系统化、理论与实用紧密结合, 外部配件丰富, 接口简单等诸多独特优点, 非常适合工业控制^[1]。但在具体实际应用过程中, 51 单片机控制系统的控制算法及其实现是应用人员在系统设计中应注意的问题, 必须根据实际控制的需要进行研究设计, 设计方案一定是合理的、可行的。否则, 如果很随意地制定一个方案, 而它又存在缺陷和错误, 那么, 后续工作做得愈多, 花的时间愈长, 则损失也愈大^[2]。本文以多容对象液位为控制对象, 根据实际研究的结果, 给出一种 51 单片机控制系统的控制算法及实现方法。

1 系统组成

多容对象液位控制系统的结构如图 1 所示。

该控制系统由 51 单片机、D/A 转换、V/I 转换、伺服放大器、电动调节阀、A/D 转换、放大电路、I/V 转换、液位检测元件等部分组成。由 51 单片机给出控制量(数字量), 经 D/A 转换将数字量变为模拟量, 由 V/I 将电压转换成电流并放大控制电动调节器控制容器里水的流入量。然后检测液位, 将检测量返回送给控制系统, 控制系统根据返回的检测量与给定的差值进行调节。

2 控制对象

多容控制对象(以双容对象为例)为一水槽, 其结构示意图为图 2, 其中 R_1 为 1[#] 水槽的流水阀液阻, R_2 为 2[#] 水槽的流水阀液阻, C_1 为 1[#] 水槽的液容, C_2 为 2[#] 水槽的液容, T_1 为 1[#] 水槽的时间常数, $T_1 = R_1 C_1$, T_2 为 2[#] 水槽的时间常数, ΔH_1 为微变量, ΔH_2 为微变量, K_v 为流量阀的流量系数, K 为放大系数, τ 为进入对象时的纯滞后时间, 考虑到输入水流量经一段距离, K_p 为比例系数, T_d 为微分时间常数, T 为积分时间常数, t 为采样周期, $I = t/T$ 为积分系数; $D = T_d/t$ 为微分系数。

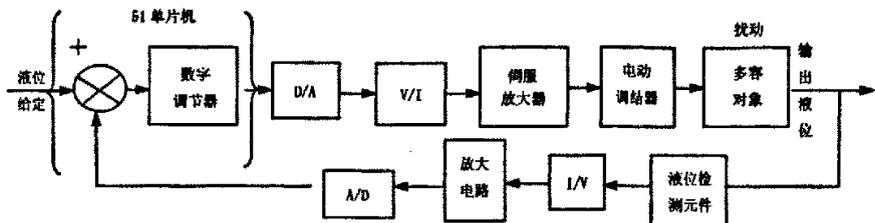


图 1 多容对象液位控制系统结构图

收稿日期: 2007-05-10.

作者简介: 胡亚琦(1964-), 男, 甘肃天水人, 兰州交通大学副教授, 主要从事电子技术应用研究。

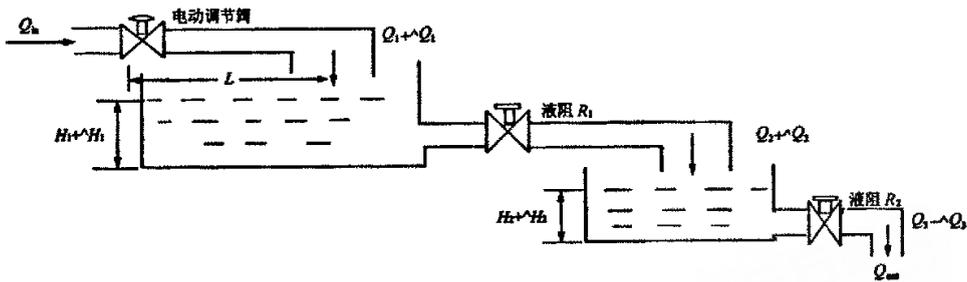


图2 双容对象结构示意图

2.1 控制指标

在多容对象液位变化范围 $h = 0 - 100\text{mm}$ 内,通过选择合适的 PID 参数,要求能稳、准、快地稳定在所要求的液位上,误差不超过 $\pm 0.3\text{mm}$,当发生扰动(正扰动或负扰动)时,能迅速的恢复到原来所要求的液位值上。

2.2 控制算法

通过对控制对象分析得

$$\Delta Q_2 - \Delta Q_3 = C_2 \frac{d\Delta H_2(t)}{dt}$$

$$\Delta Q_2 = \frac{\Delta H_2(t)}{R_2}, \Delta Q_3 = \frac{\Delta H_1(t)}{R_1}$$

$$\Delta Q_1 - \Delta Q_2 = C_1 \frac{d\Delta H_1(t)}{dt}$$

$$\Delta Q_1 = K_x \Delta X, K_x = K/R_2$$

消去中间变量后可得微分方程及传递函数

$$T_1 T_2 \frac{d^2 \Delta H_2(t)}{dt^2} + (T_1 + T_2) \frac{d\Delta H_2(t)}{dt} + \Delta H_2(t) = K \Delta x$$

$$G(S) = \frac{H_2(S)}{X(S)} = \frac{K}{T_1 T_2 S^2 + (T_1 + T_2)S + 1} e^{-\tau}$$

$$\frac{K}{T_1 T_2 S^2 + (T_1 + T_2)S + 1} e^{-\tau}$$

若 $T_1 = T_2 = T$,即多容对象为等容环节,则有

$$G(S) = \frac{K}{(TS + 1)^2} e^{-\tau}$$

通过实际试验测试,得其动态特性曲线如图3所示。

从曲线上,用切法对试验所得数据进行处理,得到其中放大系数 $k = 1.57$,时间常数 $T = 52.5\text{s}$,滞后时间 $\tau = 14.8\text{s}$ 。故对象传递函数为

$$G(s) = \frac{1.57}{(52.5s + 1)^2} e^{-14.8s}$$

2.3 控制回路的 PID 调节

冲量式数字 PID 控制算法简单,工作稳定,

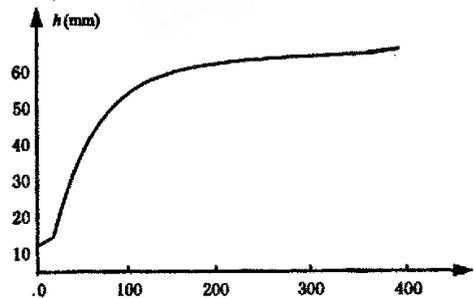


图3 双容对象动态特性曲线

在工作点附近通常能使被控制对象的测量值迅速跟踪设定值,不产生大的超调,在稳态时能消除偏差,具有较好的调节效果,并且只需保持现时以前 3 个时刻的偏差,占用资源少,运算量相对较少^[3]。因此,将其用在了控制双容对象液位回路中。

其算法表示如下

$$\begin{aligned} \Delta U_i &= U_i - U_{i-1} = \\ &K_p [e_i - e_{i-1} + (t/T_i)e_i + \\ &(T_d/t)(e_i - 2e_{i-1} + e_{i-2})], \end{aligned} \quad (1)$$

由式(1)可得

$$\begin{aligned} U_i &= U_{i-1} + \Delta U_i = U_{i-1} + K_p \\ &[e_i - e_{i-1} + Ie_i + D(e_i - 2e_{i-1} + e_{i-2})] = \\ &U_{i-1} + K_p [\Delta e_i + Ie_i + D(\Delta e_i - \Delta e_{i-1})]. \end{aligned} \quad (2)$$

其中 $D = T_d/t$ 为微分系数, $\Delta e_i = e_i - e_{i-1}$; $\Delta e_{i-1} = e_{i-1} - e_{i-2}$ 为偏差值之差。

在本控制中,对 PID 参数的选择是通过试验^[4],选出若干值,经调试过程中的反复优化,最后找出最佳值为:比例系数 $K_p = 0.35$,积分系数 $I = 1.62$,微分系数 $D = 0.33$,采样周期 $T = 3\text{s}$ 。

3 程序流程图

在系统初始化程序中,对相关变量进行定义,设置循环控制次数,采样周期及 PID 参数值。

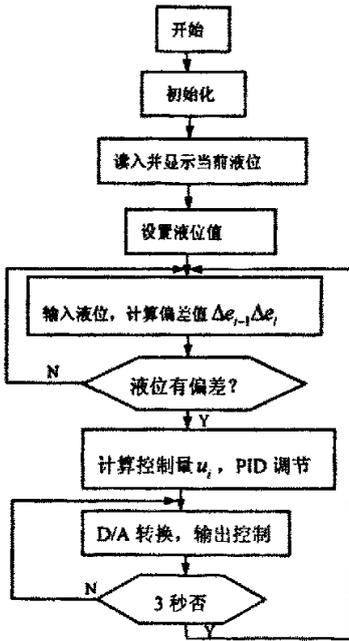


图 4 主程序流程图

4 结束语

系统具有结构简单,控制精度高,易于实现等特点^[5]。经实际应用,效果良好,该算法不但适用于本系统,而且稍微进行修改,可用于对温度、压力、浓度流量等多个热工参数的控制,应用范围广泛^[6]。

参考文献:

- [1] 李华. MCS-51 系列单片机实用接口技术[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1993.
- [2] 马中梅,籍顺心. 单片机 C 语言应用程序设计[M]. 第 3 版. 北京:北京航空航天大学出版社,2003.
- [3] 何克中,李伟. 计算机控制系统[M]. 北京:清华大学出版社,2000.
- [4] 雷思孝,冯育长. 单片机系统设计及工程应用[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2005.
- [5] 李佰成. 基于 MCS-51 单片机的嵌入式系统设计[M]. 北京:电子工业出版社,2007.
- [6] 张晔. 单片机应用技术[M]. 北京:高等教育出版社,2004.

Algorithm and Implementation of MCS-51 Water Level Control System

HU Ya-qi¹, XIA Bao-hua²

(1. School of Electronic and Information Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China;

2. No. 2 Middle School Attached to Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: MCS-51 has been widely applied in industrial system control. This paper introduces an algorithm and implementation of how to control the water level in MCS-51 and illustrates the flow chart of main program. The effect is very good in practical application.

Key words: MCS-51; industry; control unit; arithmetic

51单片机液位控制系统控制算法及实现

作者: [胡亚琦](#), [夏宝华](#), [HU Ya-qi](#), [XIA Bao-hua](#)
作者单位: [胡亚琦, HU Ya-qi \(兰州交通大学, 电信学院, 甘肃, 兰州, 730070\)](#), [夏宝华, XIA Bao-hua \(西北师范大学, 附属中学, 甘肃, 兰州, 730070\)](#)
刊名: [甘肃联合大学学报 \(自然科学版\)](#)
英文刊名: [JOURNAL OF GANSU LIANHE UNIVERSITY \(NATURAL SCIENCE EDITION\)](#)
年, 卷(期): 2007, 21(5)
引用次数: 0次

参考文献(6条)

1. [李华](#) [MCS-51系列单片机实用接口技术](#) 1993
2. [马中梅](#), [籍顺心](#) [单片机C语言应用程序设计](#) 2003
3. [何克中](#), [李伟](#) [计算机控制系统](#) 2000
4. [雷思孝](#), [冯育长](#) [单片机系统设计及工程应用](#) 2005
5. [李佰成](#) [基于MCS-51单片机的嵌入式系统设计](#) 2007
6. [张晔](#) [单片机应用技术应用技术](#) 2004

相似文献(10条)

1. 会议论文 [梁晓庚](#), [贾晓洪](#) [新一代DSP单片机在工业控制领域中的应用](#) 1999
该文简要介绍了TI公司最新推出的面向控制领域的DSP微处理器芯片TMS320F240, 介绍了其在工业控制现场的一则应用实例, 提出了单片机相应系统的抗干扰设计技术。
2. 会议论文 [金朝炜](#) [工业控制PC机和单片机间的串行通信](#) 2005
以变电站视觉监视系统中摄像头转台的控制为例, 提出了一种基于32位操作系统Windows95的工业控制PC机和单片机同的串行通信的应用模式, 给出了用VC++5.0和PL/M-96语言编写的串行通信程序。
3. 期刊论文 [于向东](#), [孙宜](#) [单片机工业控制板在煤矿生产中的应用](#) -[山东煤炭科技](#)2006(4)
在各种自动化系统和设备中, 应用可编程控制器PLC的好处是控制方便、可靠性高、编程容易, 但带来的问题是综合成本的提高。如果采用价格低廉的单片机代替可编程控制器PLC, 不仅企业综合生产成本会降低, 而且可以缩短自动控制系统或设备的开发周期。
4. 会议论文 [张开生](#), [郭国法](#), [张攀峰](#) [基于单片工业控制微机的无线式键盘接口设计](#) 2006
本文介绍了一种利用红外遥控器作为单片机输入键盘的接口原理和方法。该接口方式既可以节省单片机的硬件资源, 同时也方便了使用者对单片机的操作, 尤其是适合某些需要远距离操作的情况。
5. 期刊论文 [刁树杰](#), [葛岷](#), [姜天辉](#) [一种基于Cygnal单片机的新型RTU](#) -[沈阳工业大学学报](#)2003, 25(3)
介绍了一种新型的由Cygnal单片机为核心处理器件的远程终端设备(RTU)。详细阐述了Cygnal单片机的特点, 以及由它构成的RTU的总体方案, 并对方案各部分原理作了详细论述。该RTU成本低, 功能强, 可以广泛用于现代工业控制中。
6. 期刊论文 [汪锋锁](#), [曾璐](#) [工业控制领域基于VC++6.0的PC机和单片机通讯设计](#) -[仪器仪表与分析监测](#)2007(2)
在工业控制领域, 经常涉及到串行通讯问题。文章以一个基本的数据通讯为例, 从上位机中获取数据传送给下位机并显示出来, 从而探讨利用PC机串口和MCS-51单片机来实现这一通讯设计, 并给出了接口电路和软件设计。
7. 期刊论文 [何宁](#), [王相蓁](#) [Linux PC和51系列单片机串行通信的设计](#) -[现代电子技术](#)2004, 27(6)
介绍了一种采用Linux操作系统的PC机通过串口和MCS-51系列单片机进行通信的设计方法, 给出了基本的硬件原理和通信程序设计的2种方法。实验证明, 这种方案简单可靠、价格低廉, 为Linux在工业控制等领域中的应用提供了一种解决方法。
8. 会议论文 [罗强](#) [单片机在工业控制中的可靠性设计探讨](#) 1994
9. 期刊论文 [刘艳玲](#), [高云](#), [LIU Yan-ling](#), [GAO Yun](#) [单片机在工业控制上的应用](#) -[佳木斯大学学报 \(自然科学版\)](#) 2006, 24(2)
介绍一种基于用单片机来实现电机的控制方法, 用来取代传统的电机控制部分, 达到了以弱电来控制强电的目的, 并给出了单片机AT89C2051系统的硬件控制电路及软件编制方法。
10. 期刊论文 [彭宏伟](#), [边志远](#), [李翠霞](#) [基于RS-485总线的PC机与单片机串行通信系统的设计与实现](#) -[大地测量与地球动力学](#)2009, 29(z1)
介绍PC机与单片机间进行RS-485串行通信的一般原理及常用芯片的选择, 同时给出PC机与单片机实现多点通讯的方法。