



北京航空航天大学  
BEIHANG UNIVERSITY

# 计算机测控 实验指导书

(2019 版)

袁少强 编

自动化与电气教学实验中心

2019 年 4 月



## 目录

课程介绍.....	3
基本要求与注意事项 .....	4
一、安全操作守则.....	4
二、预习要求.....	4
三、出勤要求.....	4
第一部分 实验系统操作指导 .....	5
1 直流小功率随动系统介绍.....	5
2 仪器设备使用方法.....	7
3 实验系统软件介绍.....	7
第二部分 计算机测控实验指导 .....	8
实验一 模拟式小功率随动系统的实验调试 .....	8
一、实验目的 .....	8
二、实验内容 .....	8
三、实验设备 .....	8
四、预习要求 .....	9
五、实验原理 .....	9
六、实验步骤 .....	11
七、注意事项 .....	12
八、实验报告要求 .....	12
九、课后思考题 .....	12
十、参考资料 .....	12
实验二 A/D 接口的使用和数据采集.....	13
一、实验目的 .....	13

二、实验内容 .....	13
三、实验设备 .....	13
四、预习要求 .....	15
五、实验原理 .....	16
六、实验步骤 .....	20
七、注意事项 .....	20
八、实验报告要求 .....	20
九、课后思考题 .....	21
十、参考资料 .....	21
<b>实验三 采样系统的构成及中断的使用 .....</b>	<b>22</b>
一、实验目的 .....	22
二、实验内容 .....	22
三、实验设备 .....	22
四、预习要求 .....	24
五、实验原理 .....	25
六、实验步骤 .....	29
七、注意事项 .....	29
八、实验报告要求 .....	30
九、课后思考题 .....	30
十、参考资料 .....	30
<b>实验四 计算机测控系统综合实验调试 .....</b>	<b>31</b>
一、实验目的 .....	31
二、实验内容 .....	31
三、实验设备 .....	31
四、预习要求 .....	31
五、实验原理 .....	32
六、实验步骤 .....	36
七、注意事项 .....	36

---

八、实验报告要求 .....	36
九、课后思考题 .....	37
十、参考资料 .....	37

## 课程介绍

计算机测控系统是数字计算机和自动控制相结合的产物。随着工业的发展,计算机测控将会更加普遍,并有逐步取代传统控制器的趋势。作为工科大学生,特别是自动控制系的大学生,应当具有设计和组成计算机测控系统的能力。本课程讲述了计算机测控系统的工程实现问题。内容涉及 A/D、D/A 的原理及应用,中断技术,数码转换,溢出保护,比例因子配置等问题。配合大量的上机和实验,使学生独立完成计算机测控系统的全部分析,软硬件设计和编程调试。通过本课程的学习,提高学生分析问题解决问题的能力,达到能够组成和调试计算机测控系统的水平。

“计算机测控系列实验” 课是一门以培养学生实验能力为主要目的的专业课程。通过本门课程的学习,培养学生伺服控制系统主要部件的测试方法,培养学生实时控制软件的编程能力,培养学生具有计算机测控软、硬件的调试能力。通过系列实验的锻炼,将使学生达到独立组成和调试计算机测控系统的能力,为后续的课程设计及专题实验、毕业设计以及毕业后从事计算机测控系统开发打下必要的基础。

课程的设置采用讲课和实验相结合的方式,其中讲课 4 学时,实验 22 学时。

## 基本要求与注意事项

### 一、安全操作守则

1. 首次进入实验室参加实验的学生应认真听取实验指导教师对于安全内容的介绍。
2. 实验室总电源由指导教师负责，学生不得擅自接触。
3. 为确保人身安全，电机实验时应注意衣服、围巾、发辫及实验用线，防止卷入电动机旋转部件。实验过程中需妥善保管好水杯、饮料瓶等容器，不许放置在实验操作台上。
4. 学生进行实验时，独立完成的实验线路连接或改接，须经指导教师检查无误并提醒注意事项后，方可接通电源。
5. 严禁带电接线、拆线、接触带电裸露部位及电机旋转部件。
6. 各种仪表、设备在使用前应先确认其所在电路的额定工作状态，选择合理的量程。若认为仪表、设备存在问题或发生故障，应报告指导教师，不得自行排除故障。
7. 实验中发生故障时，必须立即切断电源并保护现场，同时报告指导教师。待查明原因并排除故障后，才可继续进行实验。
8. 实验室内禁止打闹、大声喧哗、乱扔废物以及其它不文明行为。
9. 实验开始后，学生不得远离实验装置或做与实验无关的事。
10. 实验完毕后应首先切断电源，再经指导教师检查实验数据后方可拆除实验线路，并将实验仪表、用线摆放整齐。
11. 实验室内严禁吸烟，不得将食品带入实验室，未经允许禁止使用加热设备。
12. 禁止玩游戏，不得将病毒 U 盘插入计算机。

### 二、预习要求

每次实验前预习实验指导书，学懂实验原理，预习实验软件的使用；需要编程的实验，预先编制试验程序，检查消除程序语法错误。

### 三、出勤要求

计算机测控专业实验条件较高，不得缺勤，不具备补做条件。

## 第一部分 实验系统操作指导

### 1 直流小功率随动系统介绍

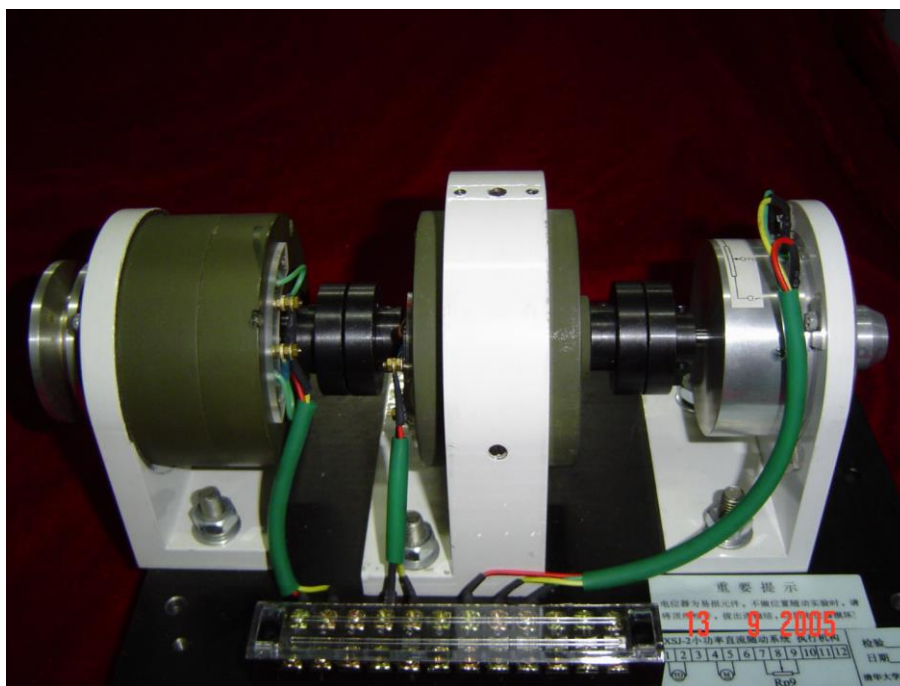


图 1.1 小功率随动系统的电动机、电位计、测速计组合体

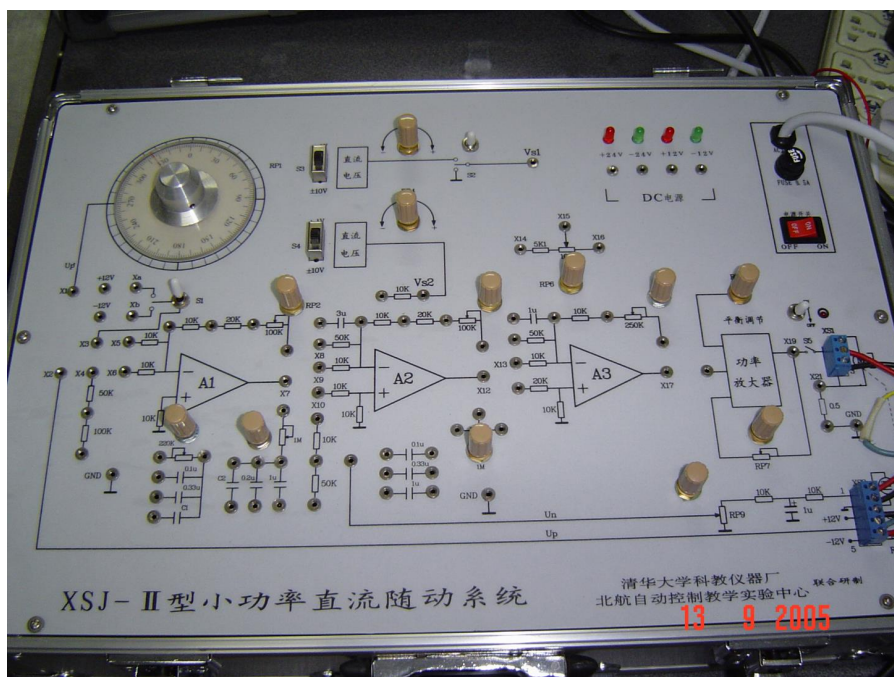


图 1.2 小功率随动系统的控制盒

小功率随动系统的元部件共包括执行电机、测速发电机、角位置测量电位计、直流放大器、系统控制盒、计算机系统等六个主要部分，其中执行电机和系统控制台构成被控对象，测速发电机和角位置测量电位计分别构成速度反馈（内环）和位置反馈（外环），加上计算机系统和 A/D、D/A 转换器便可构成数字式的计算机测控系统。

主要元部件的性能指标：

（一）执行电机

本实验系统选取直流低速力矩电机 SYL-5，产品出厂时给定的技术数据为：

峰值力矩  $T_p$ ： 5(-5%)公斤·厘米

峰值电流  $I_p$ ： 1.8 安培

峰值电压  $V_p$ ： 20 伏

空载转速  $n_0$ ： 500 转/分

（二）测速发电机

选用永磁直流测速发电机 70CYD-1，它的主要技术数据为：

信号输出斜率： 1 伏/弧度/秒

极限转速： 400 转/分

输出特性线性度： 1%

最小负载： 23 千欧

静摩擦转矩： 300 克·厘米

（三）角位置测量电位计

选用高精度合成膜电位计：WHJ-2，主要技术数据如下

阻值： 1.5 千欧

功率： 2W

线性度： 0.5%

电气角度： 330 度；

机械转角： 360° 无止档。

以上三个部件已组装成一个整体，三者用联轴节均同轴连接。在组合体上面有一接线板，分别为电位计正负电压及输出信号接线柱；力矩电机的控制电压接线柱；测速发电机接线柱。在组合体左端装有转角测量用的刻度盘；右端可往电机轴上加装惯性轮，



以改变负载的转动惯量。

## 2 仪器设备使用方法

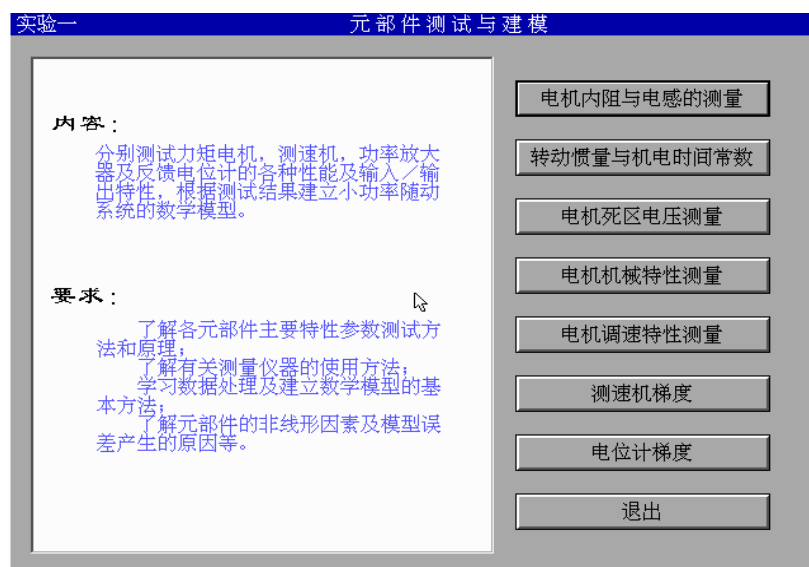
2.1 反馈电位计零位调整。将电位计两端接上 $\pm 12\text{V}$ 电压后，用数字电压表测其电刷输出，旋转电位计轴使其电刷输出为0，观察刻度盘是否处于零点于0点，如果刻度盘不为零，用螺丝刀调整刻度盘。

2.2 功率放大器的调整与检测。功率放大器输入端 X13 接地 0V，调整平衡调节旋钮 RP8，使功率放大器的输出电压为零。功率放大器输入端接入 2V，调整功率放大器增益调节旋钮 RP7，使功率放大器的输出电压为 8V，功率放大器增益为 4。

2.3 在开环或调速系统实验时，为减少电位计磨损，应将电位计断开。

## 3 实验系统软件介绍

实验软件由 Borland C 编写，在 Mindows Me 系统下运行。



## 第二部分 计算机测控实验指导

### 实验一 模拟式小功率随动系统的实验调试

#### 一、实验目的

1. 熟悉反馈控制系统的结构和工作原理, 进一步了解位置随动系统的特点。
2. 掌握判别闭环系统的反馈极性的方法。
3. 了解开环放大倍数对稳定性的影响及对系统动态特性的影响, 对静态误差的影响。

#### 二、实验内容

1. 按图 2-2 连接元件构成位置随动系统;
2. 利用计算机内的采样及显示程序, 显示并分析输出的响应结果;
3. 反复调试达到设计要求。

#### 三、实验设备

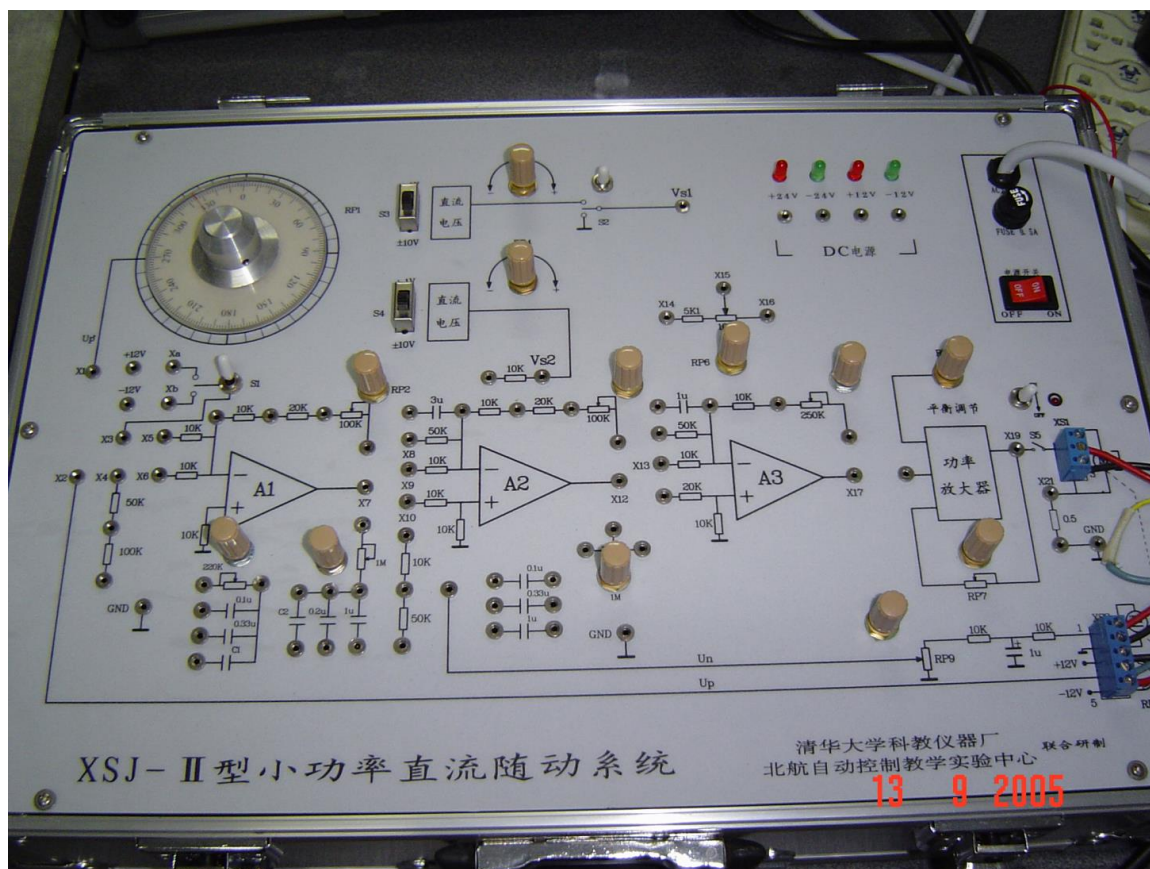


图 2.1 小功率直流随动系统学习机控制面板

1. XSJ-3 小功率直流随动系统学习机一台
2. DH1718 双路直流稳压电源一台
3. 4/2 数字多用表一台
4. IBM PC 系列微机一台(P4 以上机型)
4. HD1219 12 位 A/D D/A 接口板一块

#### 四、预习要求

1. 掌握模拟实现功率随动系统工作原理
2. 学习判别反馈极性的方法
3. 熟悉控制面板

#### 五、实验原理

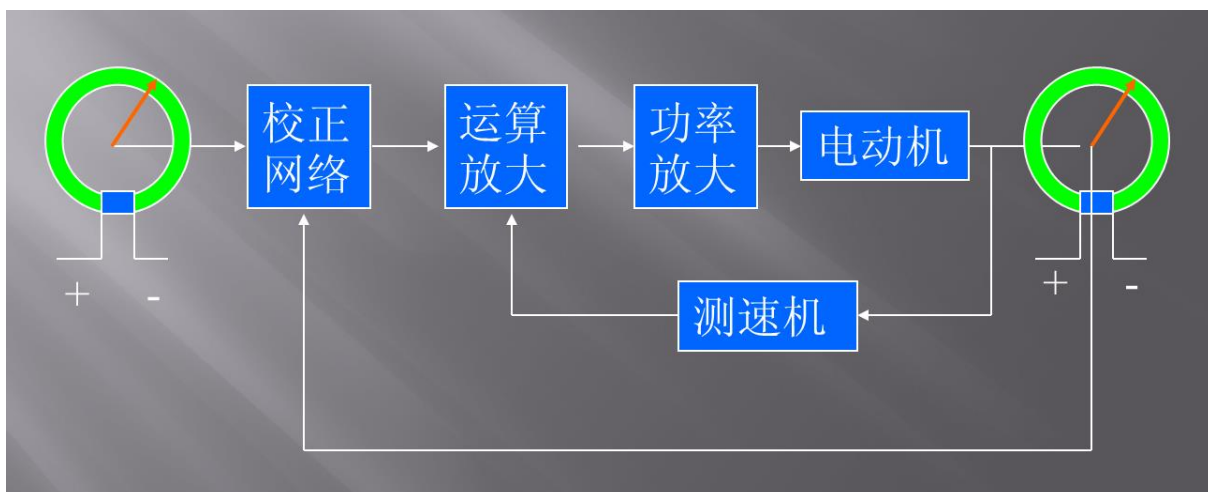


图 2.2 模拟式小功率随动系统结构图

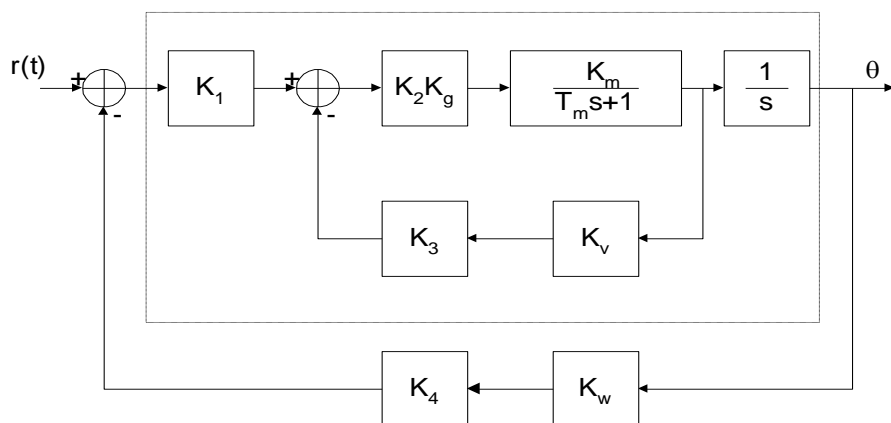


图 2.3 小功率随动系统结构框图

其中： $K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$ 、 $K_4$  为可调整的设计参数， $K_w$  是反馈电位计系数， $K_v$  是测速反

馈系数。

动态闭环实验系统调试：

检验系统跟随情况。按图 2-2 连线，逐渐加大电压，察看输出角度是否也同时增加（绝对量值），如跟随则系统跟随情况良好。

开环放大系数  $K$  与静态误差的关系：实际控制系统由于元件存在固有误差和非线性因素及安装误差，所以不可能没有误差。该系统误差主要由电机死区引起。

通过 A/D1 把输出响应采入计算机进行绘图，同时测量输入电压和反馈电位计输出电压，算出稳态误差。从曲线处理可以观测动态指标。

实验方法：改变放大器的反馈电阻可使系统放大倍数  $K$  改变。取 4 个  $K$  值，每取一个  $K$  值，给定电位计输入一定角度，系统旋转一个角度，将输入、输出角度记录下来，计算出角度误差。同时记录放大器 1 的输出。

表 2-1 模拟式小功率随动系统实验记录表

超调量 $\sigma$	0	5	50	90
R (K)				
I 号放大器放大系数	$K_1=$	$K_2=$	$K_3=$	$K_4=$
给定角度 ( $^{\circ}$ )				
输出角度 ( $^{\circ}$ )				
静差角度 ( $^{\circ}$ )				
静态误差 (mv)				
I 号放大器输出电压				
过度过程曲线				

注：静差角度=给定角度-输出角度。静态误差是指 1 号放大器输出电压（对地）。

## 六、实验步骤

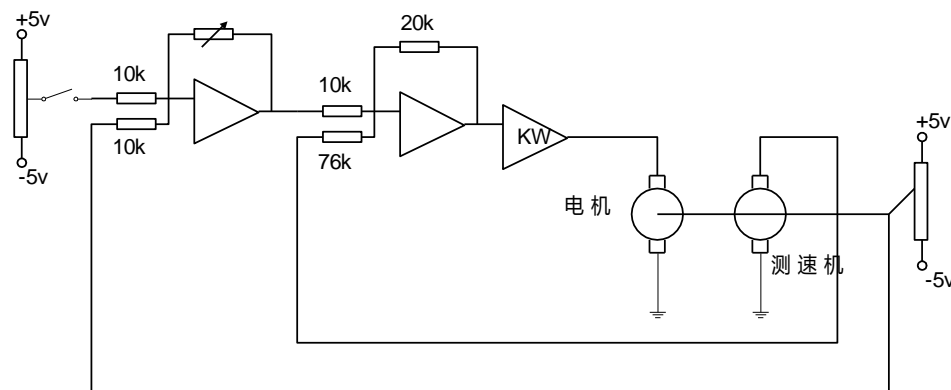


图 2.4 伺服系统实验电路

1. 反馈电位计零位调整。将电位计两端接上 $\pm 12\text{V}$ 电压后，用数字电压表测其电刷输出，旋转电位计轴使其电刷输出为 0，观察刻度盘是否处于零点于 0 点，如果刻度盘不为零，用螺丝刀调整刻度盘。
2. 按图 2-2 接线，注意速度反馈和位置反馈线占时不连线，等判断完成反馈极性再连接。
3. 电机及性判断。在一级运放输入电阻处加  $2\text{V}$  正电压，电机应当顺时针转动，如逆时针旋转将电机两条线对调。
3. 速度反馈极性判断。在一级运放输入电阻处加  $2\text{V}$  正电压，电机应当顺时针转动，测量测速机输出电压，如果是正电压，可将该信号接入运放二的负项输入电阻端（ $76\text{K}$ ）；如果测速机输出负电压，说明是正反馈，应把测速机输出线对调。
4. 角度反馈极性判断。断开输入信号，将电机轴旋入零点，顺时针旋转  $30^\circ$ ，观测反馈电位计输出，如果电压为负，说明是负反馈，将信号接入  $10\text{K}$  即可。如果电压是正，说明是正反馈，需要更改反馈极性，将反馈电位计两端电源线对调。
5. 检验系统跟随情况。按图 2-2 连线，令  $K=10\text{K}$ ，逐渐加大电压，察看输出角度是否也同时增加（绝对量值），如跟随则系统跟随情况良好。
6. 调整  $K$ ，使过度过程曲线呈无超调状态  $\sigma=0\%$ ，此时  $K_1=K$ ，记录第一组参数。
7. 增大  $K$  值，使系统超调量为  $\sigma=5\%$  时，阻尼比接近  $\zeta=0.707$ ，此时  $K_2=K$ ，记录第二

组参数。

8. 增大  $K$  值，使系统超调量为  $\sigma = 50\%$ ，此时  $K_3 = K$ ，记录第三组参数。

9. 增大  $K$  值，使系统超调量为  $\sigma = 90\%$ ，此时  $K_4 = K$ ，记录第四组参数。

## 七、注意事项

1. 禁止电机开环高速旋转，以免反馈电位计损坏。
2. 接线时关闭电源。
- 3.

## 八、实验报告要求

实验报告中应包括以下内容：

1. 实验内容描述
2. 小功率随动系统工作原理与理论分析
3. 预习实验内容和仿真验证分析
4. 实验过程描述，实验曲线制作和实验结果分析
5. 实验误差分析与结论
6. 个人体会和建议

实验报告模板可参照附件 1。

## 九、课后思考题

1. 如果速度反馈极性不对应如何处理？如果位置反馈极性不对应如何处理？
2. 系统是几阶无静差系统？产生静差的原因。
3. 说出开环放大系数与静差及稳定性的关系。

## 十、参考资料

1. 计算机测控系列实验指导书 袁少强
2. 计算机控制系统工程实现与实验技术 高金源等
3. 计算机控制系统设计与实现 郭锁凤
4. Borland C 函数库手册或 TC 函数库手册
5. XSJ-2 型小功率直流随动系统学习机使用说明书.2000.8。



## 实验二 A/D 接口的使用和数据采集

### 一、实验目的

1. 了解 A/D 接口的基本原理,硬件结构及编程方法等;
2. 掌握机器内部的数据转换和储存方式;
3. 学会定时器的原理及使用方法;
4. 测量 A/D 的输入/输出特性,分析误差产生原因。

### 二、实验内容

1. 用 C 语言编制带定时器的 A/D 程序;
2. 输入电压进行测试;
3. 分析误差产生原因。

### 三、实验设备

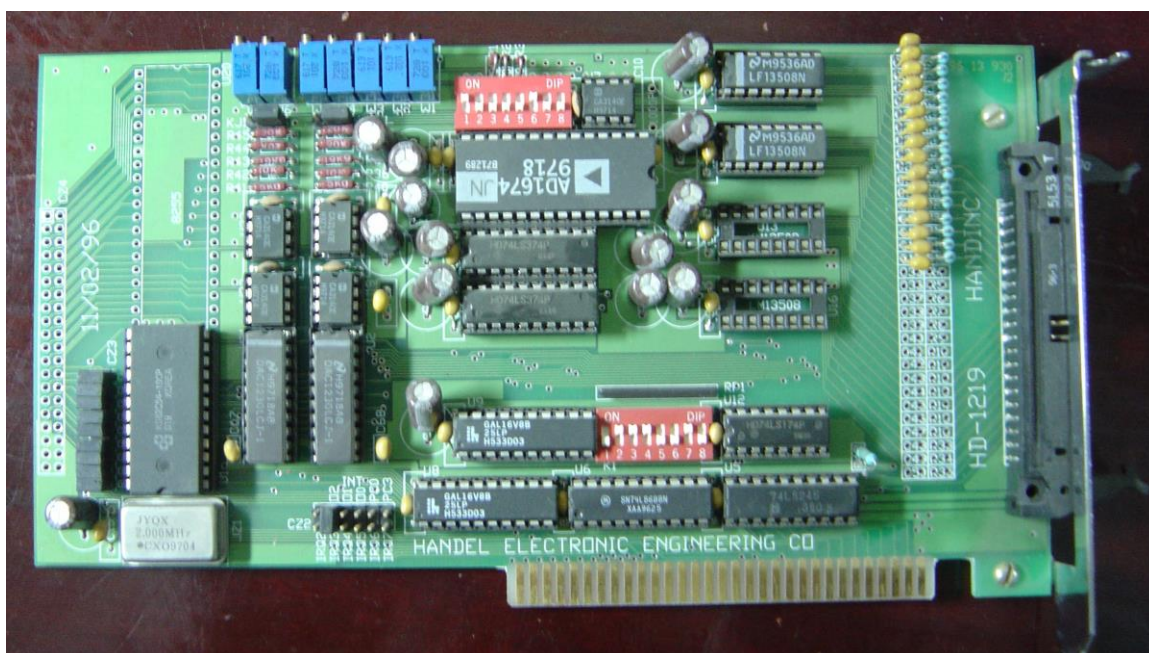


图 3.1 A/D D/A 接口板实物图

1. HD1219 12 位 A/D D/A 接口板一块;
2. IBM PC 系列微机一台;
3. DH1718 双路直流稳压电源一台;
4. 1/2 数字多用表一台。

### A/DD/A 转换板 HD1219A 介绍

实验选用汉德电子工程公司出品的 HD1219A 接口板。它是为 PC 机 ISA 总线设计的数据采集与过程控制部件，它可使 PC 总线型微型计算机方便地应用于实验室及工业现场数据采集、生产工艺过程监控等领域。

模入部分。采用 AD574，这是一个完整的 12 位逐次逼近型带三态缓冲器 A/D 转换器，可直接与 8 位、12 位或 16 位微型机总线进行接口。全部采用 8 脚双列直插式封装。

通道数：        单端输入 16 路

输入电压：        0~10V，±5V，±10V

输入阻抗：         $\geq 10\text{M}\Omega$

分辨率：        12 位

输出编码：        原码    （单极性信号输入）  
                        偏移码（双极性信号输入）

转换速度：        100KHZ

转换误差：         $\leq 0.1\%$

A/D 起动方式：    程序起动，定时起动

A/D 工作方式：    中断，程序延时

模出部分。采用 DA1232/DA1230。

通道数：        2 路

输出电压：        0~10V，±5V，±10V

输出阻抗：         $\leq 1\text{M}\Omega$

分辨率：        12 位

建立时间：        7  $\mu\text{S}$

定时器/计数器部分。采用 8253 可编程计数/定时器。

通道数：        3 路

计数器字长：16 位

时钟频率：        2MHZ

数字量输入输出部分。采用 8255。通道数为 24 路；



接口部分。地址分配：占用 16 个连续 I/O 端口地址，地址列表 3-1：  
 （ HD1219 板基地址 Base=0310H ）

表 3-1 HD1219 接口板 I/O 地址的功能

地址	芯片	R/W	功能
Base (310)	AD574	W	通道选择
Base+1 (311)	AD574	W	A/D 起动
Base+2 (312)	AD574	R	高 4 位
Base+3 (313)	AD574	R	低 8 位
Base+4 (314)	DA1232 (1)	W	高 8 位
Base+5 (315)	DA1232 (1)	W/R	低 4 位，起动 D/A
Base+6 (316)	DA1232 (2)	W	高 8 位
Base+7 (317)	DA1232 (2)	W/R	低 4 位，起动 D/A
Base+8 (318)	8253(计数器)	W	计数器 0
Base+9 (319)	8253(计数器)	W	计数器 1
Base+10 (31a)	8253(计数器)	W	计数器 2
Base+11 (31b)	8253(计数器)	W	控制字
Base+12 (31c)	8255 (并口)	W/R	A 口
Base+13 (31d)	8255 (并口)	W/R	B 口
Base+14 (31e)	8255 (并口)	W/R	C 口
Base+15 (31f)	8255 (并口)	W	控制字

（详见 HD1219 说明书及芯片资料）

#### 四、预习要求

1. 掌握 A/D 转换器，D/A 转换器的工作原理；
2. 掌握 A/D 转换器，D/A 转换器的对应关系；
3. 用 C 语言编制 A/DD/A 实验程序。

调试程序功能要求：

- 输入通道号 (0-15)
- 采集显示 高 8 位，低 8 位 (二进制)
- 显示合成的 16 位偏移码 (二进制)
- 10 进制数
- 输出电压值
- 输出 (-1— +1) 浮点数

子程序：

- 入口参数-通道号
- 返回值 (-1, +1) 浮点数或电压值

## 五、实验原理

### 1. A/D 转换器的工作原理

- ▣ 2. 逐次逼近型 A/D 转换器的组成
- ▣ D/A 转换器
- ▣ 比较器
- ▣ 逐次逼近寄存器
- ▣ 控制逻辑

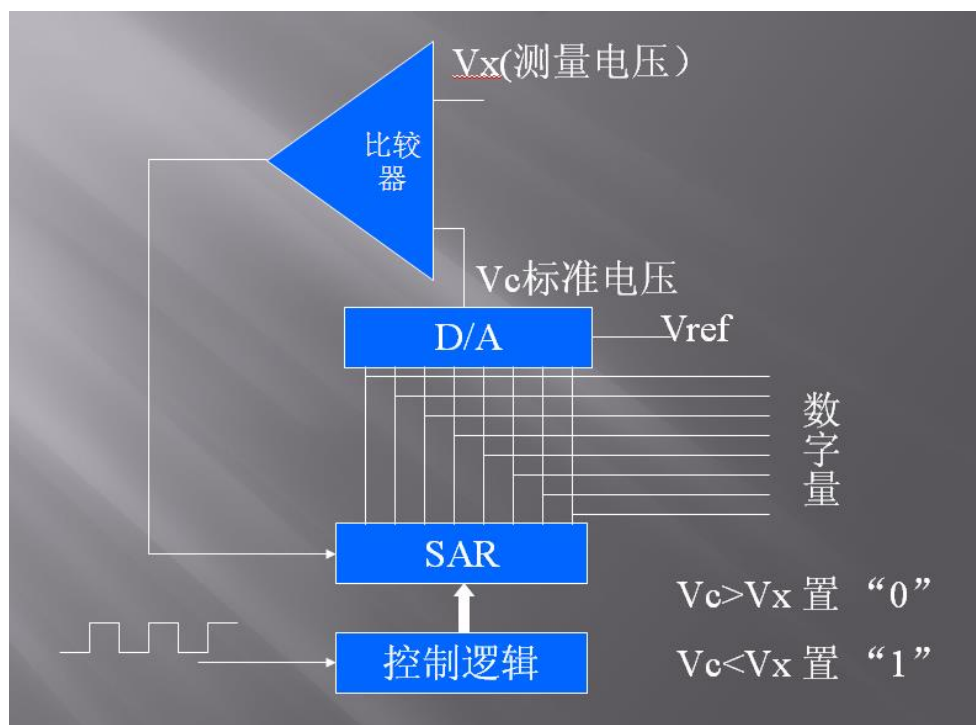


图 3.2 逐次逼近型 A/D 转换器的结构图

### 3. 逐次逼近型 A/D 转换器的工作步骤

- ▣ 逐次设定 SAR 寄存器中的数字
- ▣ 经过 D/A 变换成电压
- ▣ 标准电压  $V_c$  与输入电压  $V_x$  比较
- ▣ 若  $V_c > V_x$  则置 “0”
- ▣ 若  $V_c < V_x$  则置 “1”
- ▣ 重复上述过程
- ▣ 输出 SAR 寄存器结果

#### 4. A/D 转换器的主要技术指标

- ▣ 1 分辨率(Resolution) (8 位, 10 位, 12 位, 16 位)
- ▣ 2 精度(Accuracy)
- ▣ 绝对精度( $\pm 1 \text{ LSB} \pm 1/2 \text{ LSB LSB}$ -最低有效位)
- ▣ 相对精度(%)
- ▣ 3 转换时间(25us)
- ▣ 4 量程(0-5,0-10,0-20,-5-+5,-10-+10,0-3.3)

工作温度范围(商业级 0-70,工业级-40℃~+85℃军品-55℃ -125℃), 汽车工业级-40℃~125℃

#### 5. 典型芯片 AD574 介绍

- ▣ 12 位逐次逼近型
- ▣ 转换时间 25us
- ▣ 可设置成双极性或单极性
- ▣ 可进行 12 位转换,也可进行 8 位转换
- ▣ 转换结果可 8 位输出,也可先输出高 8 位,再输出低 8 位
- ▣ 输出有三态逻辑控制
- ▣ 片内有基准电压和时钟

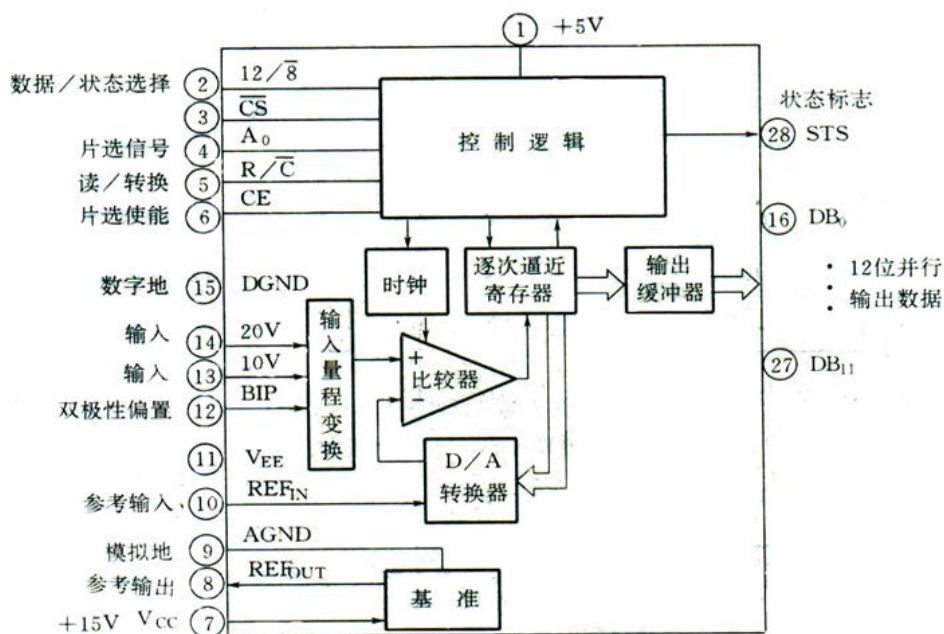


图 3.3 AD574 内部结构图

6.HD1213A/D 转换板硬件结构

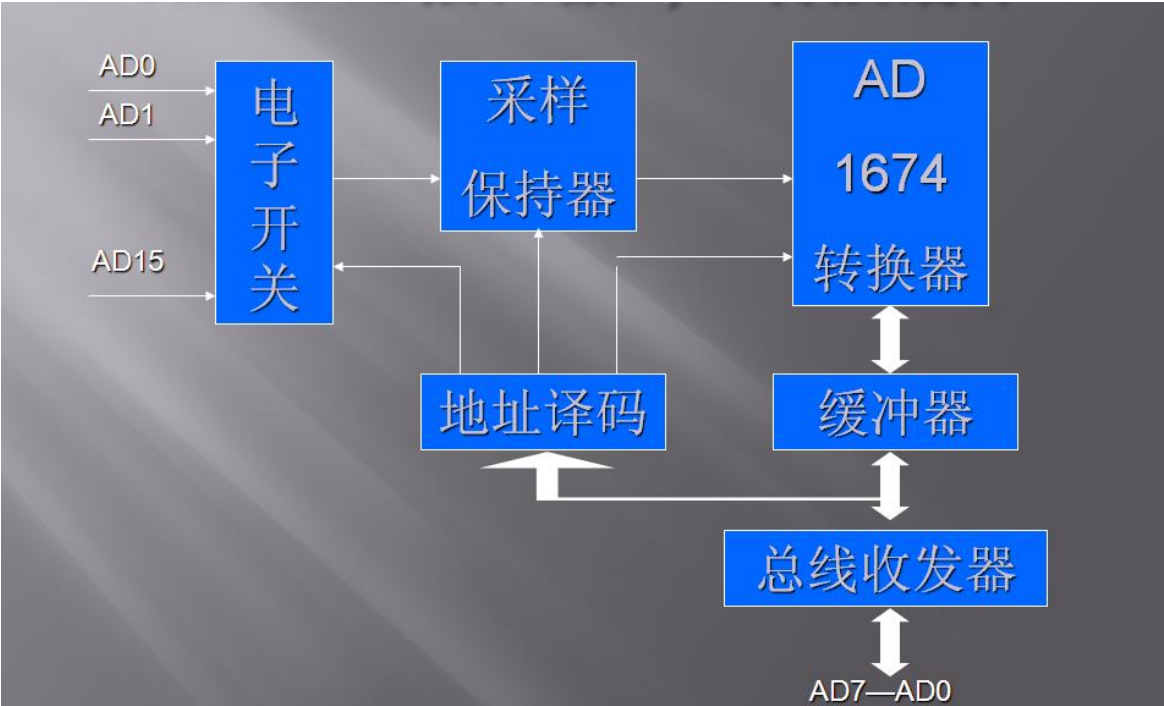


图 3.3 A/D 转换器内部结构图

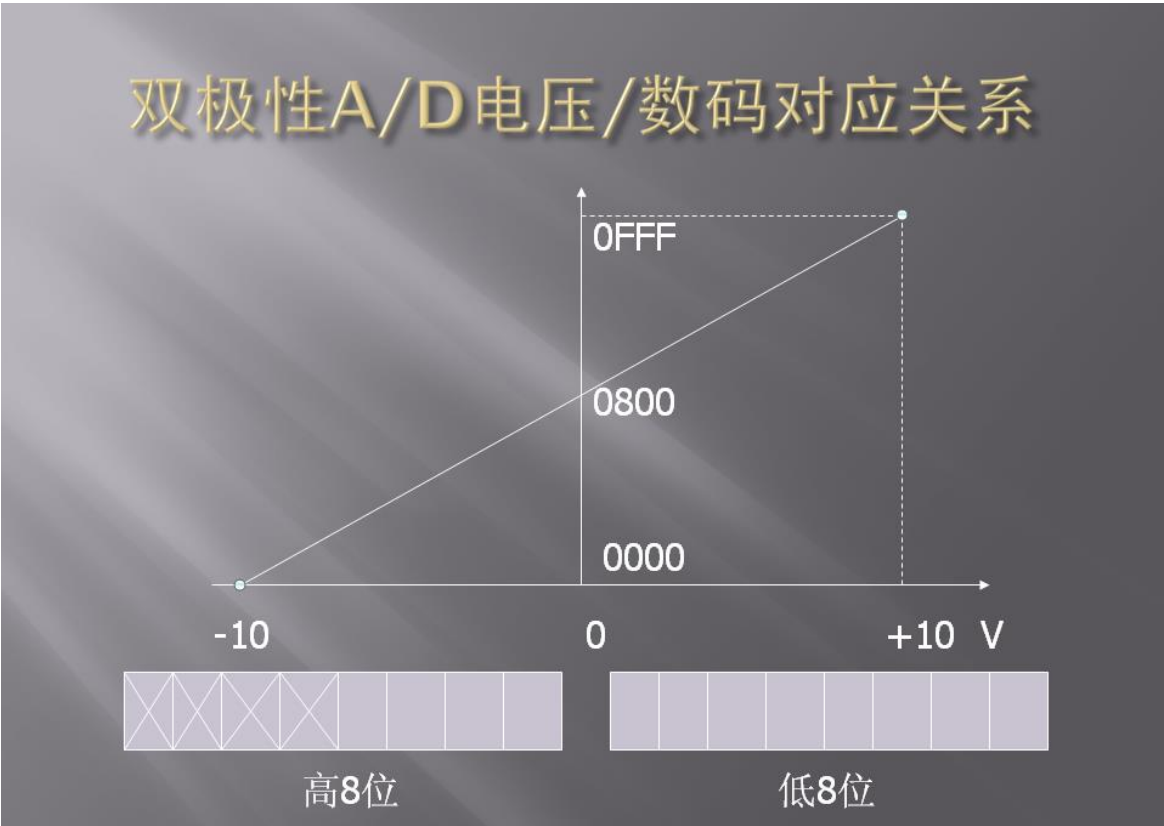


图 3.4 A/D 转换器输入电压和输出数码对应关系

### 7.A/D 驱动程序的编制

在 C 环境下编写 A/D 程序，并编译连接；（程序流程图如下）

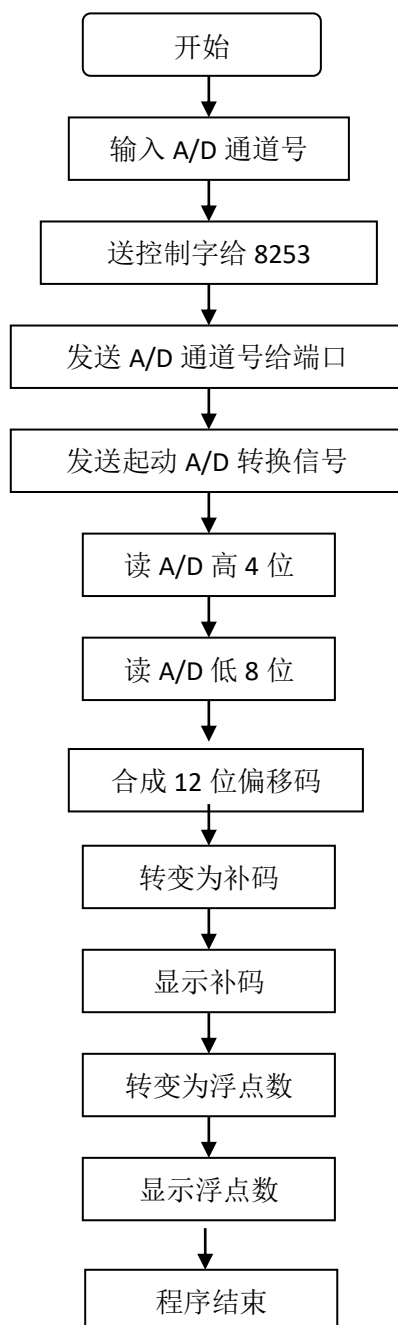


图 3-5 A/D 检测程序流程图

**A/D 驱动程序：**

- ▣ outportb(0x31b,0x18);    8253 工作与方式 4
- ▣ outportb(0x310,0xa);    发送通道号 (0-15)
- ▣ for(i=0;i<5000;i++)    延时 25us
- ▣ outportb(0x311,0x0);    启动 A/D 转换
- ▣ for(i=0;i<5000;i++)    延时 25us
- ▣ p=inportb(0x312)%16;    读高 4 位(屏蔽高 4 位)
- ▣ q=inportb(0x313);    读低 8 位
- ▣ r=p\*256+q;    合成 12 位
- ▣ ad=r/0x800-1;    转换成浮点数(-1~+1)

**六、实验步骤**

1. 实验前预先编制 A/D 驱动程序，编译排除语法错误。
2. 在 A/D 输入端按表 3-2 出入被测电压，测量值填入表 3-2。
3. 绘制曲线，求出斜率。

表 3-2 A/D 输入电压与数码对应表

电压 (V)	-10	-7.5	-5	-2.5	0	2.5	5	7.5	10
标准偏移码	0000	0200	0400	0600	0800	0A00	0C00	0E00	0FFF
测量偏移码									
标准补码	8000	A000	C000	E000	0000	2000	4000	6000	7FFF
测量补码									
测量电压									
误差电压									
浮点数									

**七、注意事项**

1. 计算机和设备必须共地。
2. 使用阶跃信号发生器设置被测电压。

**八、实验报告要求**

实验报告中应包括以下内容：

1. 实验内容描述
2. A/D 工作原理与理论分析
3. 预习的实验内容编制实验程序
4. 实验过程描述，实验曲线制作和实验结果分析
5. 实验误差分析与结论
6. 个人体会和建议

实验报告模板可参照附件 1。

## 九、课后思考题

1. 试分析采集误差产生的原因有那些？
2. 为什么两端测量误差增大？

## 十、参考资料

1. 计算机测控系列实验指导书 袁少强
2. 计算机控制系统工程实现与实验技术 高金源等
3. 计算机控制系统设计与实现 郭锁凤
4. Borland C 函数库手册或 TC 函数库手册
5. XSJ-2 型小功率直流随动系统学习机使用说明书.2000.8。



## 实验三 采样系统的构成及中断的使用

### 一、实验目的

1. 了解 D/A 接口基本原理，芯片结构；
2. D/A 与 CPU 的连接，地址设置及编程方法等；
3. 学习中断的原理及编程方法；
4. 掌握采样周期的实现方法。

### 二、实验内容

1. 编制并调试带定时器的 D/A 程序；
2. A/D、D/A 串联组成采样系统；
3. 用模拟机实现一个二阶系统并观察输出特性；
4. 接入 A/D，CPU 及 D/A 程序，观察采样周期变化对系统的影响。

### 三、实验设备

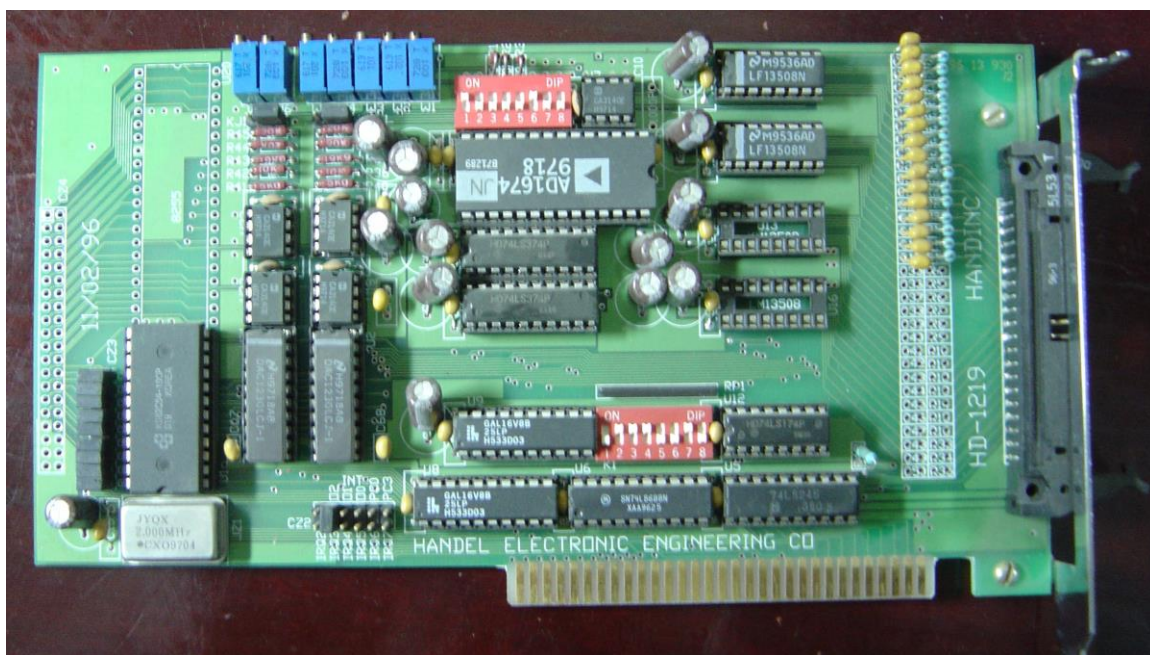


图 4.1 A/D D/A 接口板实物图

1. HD1219 12 位 A/D D/A 接口板一块；
2. IBM PC 系列微机一台；
3. DH1718 双路直流稳压电源一台；
- 4 1/2 数字多用表一台。



### A/DD/A 转换板 HD1219A 介绍

实验选用汉德电子工程公司出品的 HD1219A 接口板。它是为 PC 机 ISA 总线设计的数据采集与过程控制部件，它可使 PC 总线型微型计算机方便地应用于实验室及工业现场数据采集、生产工艺过程监控等领域。

模入部分。采用 AD574，这是一个完整的 12 位逐次逼近型带三态缓冲器 A/D 转换器，可直接与 8 位、12 位或 16 位微型机总线进行接口。全部采用 8 脚双列直插式封装。

通道数：        单端输入 16 路

输入电压：        0~10V，±5V，±10V

输入阻抗：        ≥ 10MΩ

分辨率：          12 位

输出编码：        原码    （单极性信号输入）

                    偏移码（双极性信号输入）

转换速度：        100KHZ

转换误差：        ≤0.1%

A/D 起动方式：    程序起动，定时起动

A/D 工作方式：    中断，程序延时

模出部分。采用 DA1232/DA1230。

通道数：        2 路

输出电压：        0~10V，±5V，±10V

输出阻抗：        ≤1MΩ

分辨率：          12 位

建立时间：        7 μS

定时器/计数器部分。采用 8253 可编程计数/定时器。

通道数：        3 路

计数器字长：16 位

时钟频率：        2MHZ

数字量输入输出部分。采用 825 5。通道数为 24 路；

接口部分。地址分配：占用 16 个连续 I/O 端口地址，地址列表 3-1：

( HD1219 板基地址 Base=0310H )

表 4-1 HD1219 接口板 I/O 地址的功能

地址	芯片	R/W	功能
Base (310)	AD574	W	通道选择
Base+1 (311)	AD574	W	A/D 起动
Base+2 (312)	AD574	R	高 4 位
Base+3 (313)	AD574	R	低 8 位
Base+4 (314)	DA1232 (1)	W	高 8 位
Base+5 (315)	DA1232 (1)	W/R	低 4 位, 起动 D/A
Base+6 (316)	DA1232 (2)	W	高 8 位
Base+7 (317)	DA1232 (2)	W/R	低 4 位, 起动 D/A
Base+8 (318)	8253(计数器)	W	计数器 0
Base+9 (319)	8253(计数器)	W	计数器 1
Base+10 (31a)	8253(计数器)	W	计数器 2
Base+11 (31b)	8253(计数器)	W	控制字
Base+12 (31c)	8255 (并口)	W/R	A 口
Base+13 (31d)	8255 (并口)	W/R	B 口
Base+14 (31e)	8255 (并口)	W/R	C 口
Base+15 (31f)	8255 (并口)	W	控制字

(详见 HD1219 说明书及芯片资料)

#### 四、预习要求

1. 掌握 A/D 转换器, D/A 转换器的工作原理;
2. 掌握 A/D 转换器, D/A 转换器的对应关系;
3. 用 C 语言编制 D/A 实验程序。

调试程序功能要求:

- 输入 (-1— +1) 浮点数 或电压值
- 转换为 16 位偏移码并显示 (二进制)
- 分成高 8 位, 低 8 位并显示 (二进制)
- 高 4 位和低 4 位互换并显示 (二进制)
- 写入寄存器

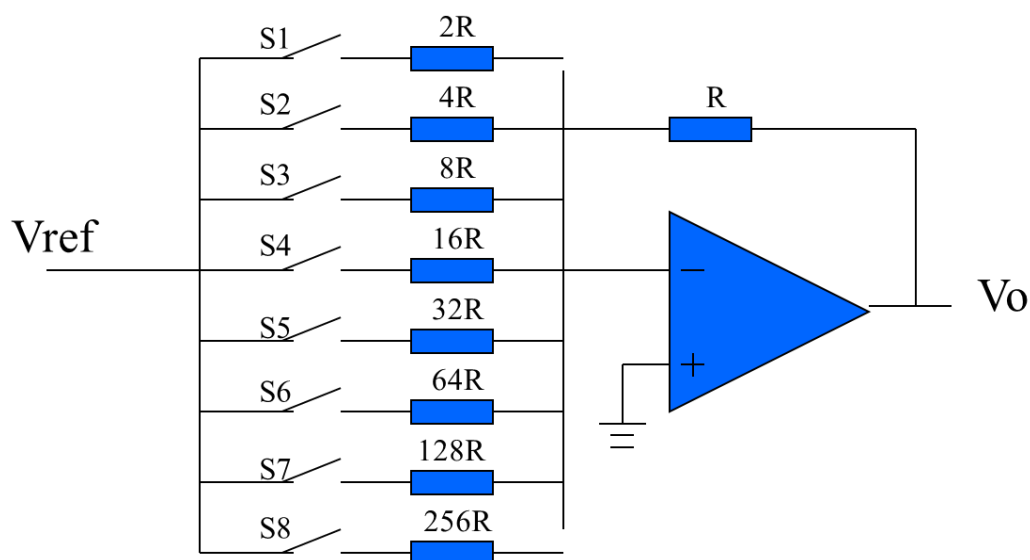
子程序:

- 入口参数 (-1— +1) 浮点数 或电压值

- 输出电压，无返回值

## 五、实验原理

### 1. 数/模转换器(D/A)的工作原理

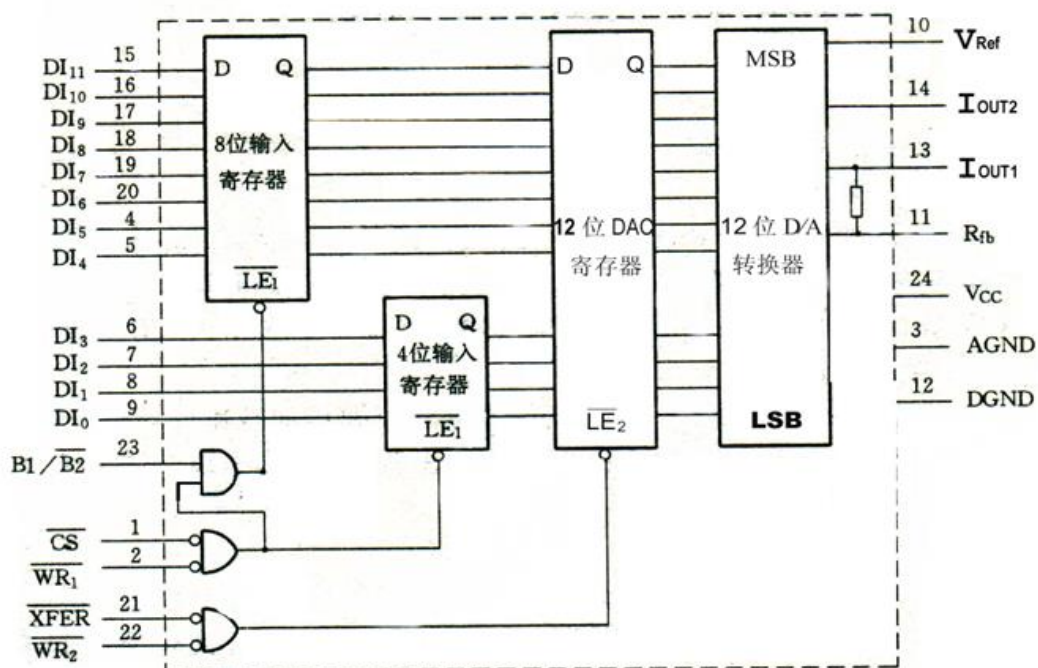


$$V_o = -\sum_{i=1}^8 1/2^i S_i V_{ref}$$

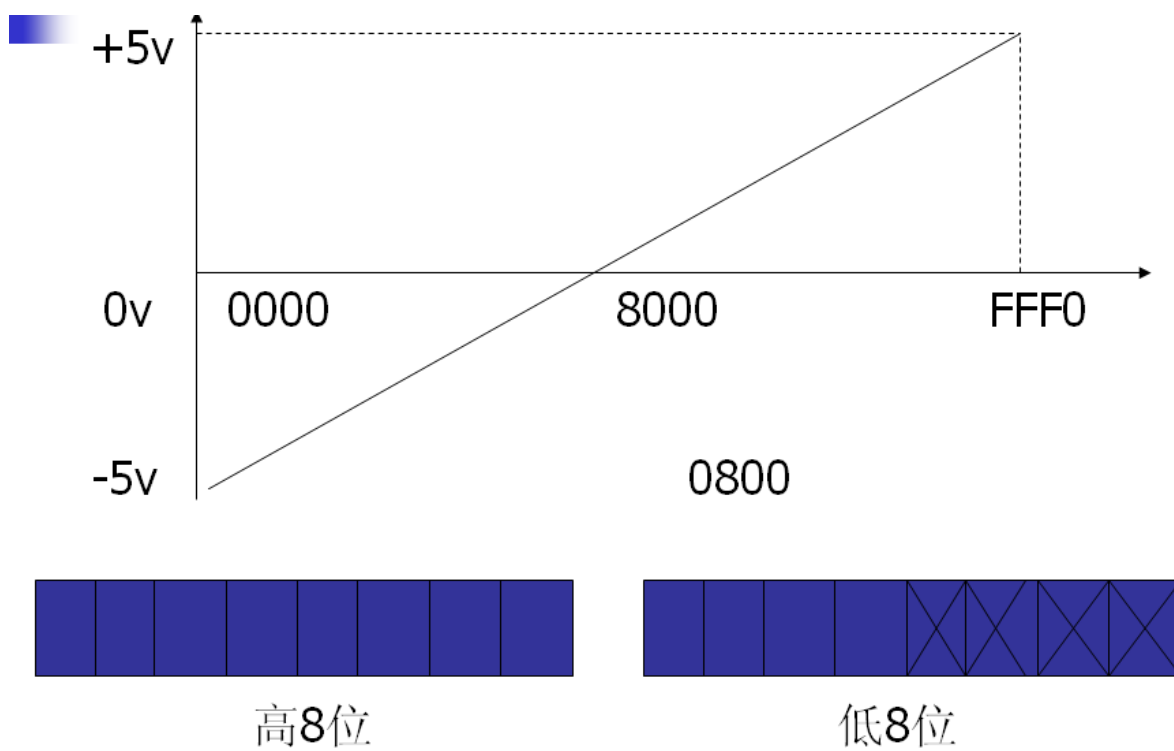
### 2. D/A 的主要技术指标

- 分辨率（8 位，10 位，12 位，16 位）
- 稳定时间（us）
- 输出（电压型 5v，10v，电流型 mA-A）
- 绝对精度（1/2LSB）
- 相对精度（非线性度）
- 温度系数（-40℃-85 ℃）

### 3. D/A 的典型芯片 DAC1210



#### 4. 双极性 D/A 数码/电压对应关系



## 5.D / A 驱动程序的编制，D/A 转换程序流程图如

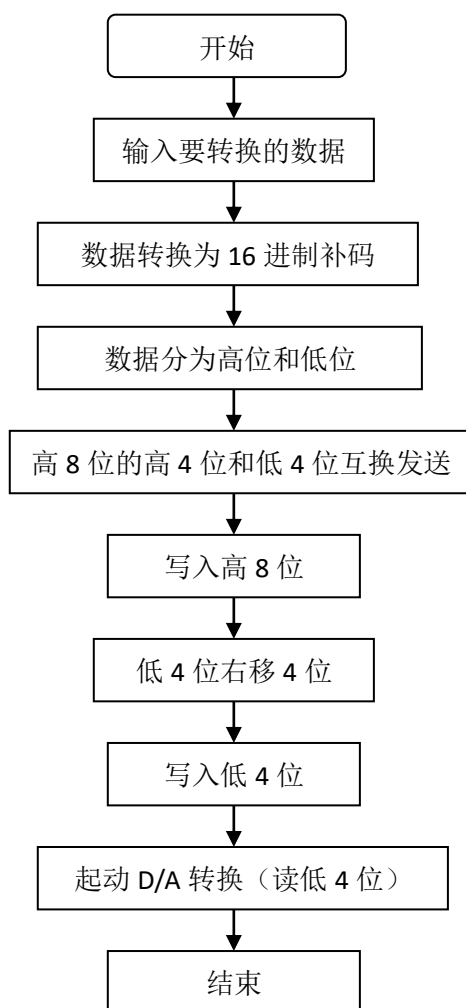


图 4-1 D/A 转换程序流程图

D/A 转换程序：

- |   |                |
|---|----------------|
| ■ $x=0.5;$  | 输入浮点数 (-1, +1) |
| ■ $x=(x+1)/2*0\text{fff0};$                                 | 转换为 16 进制偏移码   |
| ■ $\text{lo}=x\%256;\text{hi}=(x-\text{lo})/256;$           | 分为高 8 位和低 8 位  |
| ■ $\text{newhi}=\text{hi}\%16*16+(\text{int})\text{hi}/16;$ | 高 4 位和低 4 位互换  |
| ■ $\text{outportb}(0\text{x314},\text{newhi});$             | 写入高 8 位        |
| ■ $\text{newlo}=\text{lo}\%16*16+(\text{int})\text{lo}/16;$ | 高 4 位和低 4 位互换  |
| ■ $\text{outportb}(0\text{x315},\text{newlo});$             | 写入低 8 位        |
| ■ $\text{inportb}(0\text{x315});$                           | 启动 D/A 转换      |

## 6. 采样系统的构成:

- 1) 从理论上讲, 在一个闭环连续系统的综合点的误差信号处加上一个采样开关即可构成一个采样系统。
- 2) 在本实验中直接在模拟式小功率随动系统的闭环回路的前向通道的误差处加入一路 A/D 作为采样开关来采集信号, 然后直接送到 D/A 输出驱动连续系统, 同时用一路 A/D 采入输出信号, 利用软件来绘制过渡过程曲线。见图 4-4 和 4-5。

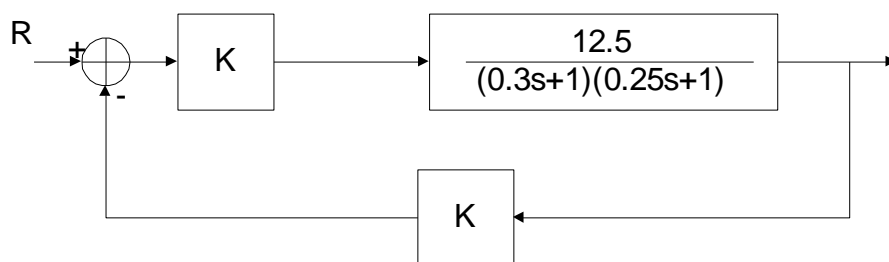


图 4-3 连续系统结构

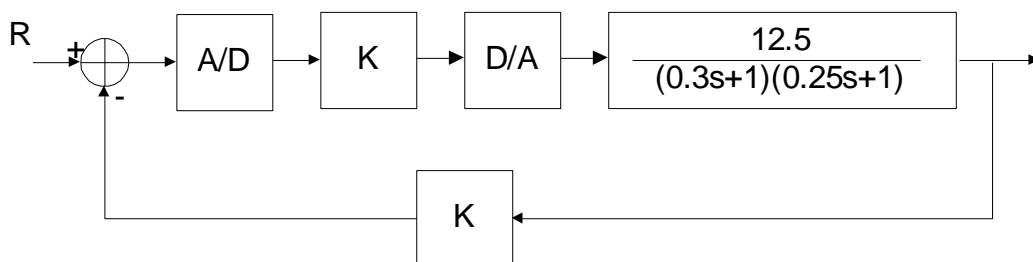


图 4-4 采样系统结构

采样系统的特殊例子是计算机测控系统, 计算机测控系统的一个重要参数是采样周期, 采样周期的大小影响着系统的性能。

5. 按图接线, 组成一个计算机测控系统, 改变其采样周期, 观察系统的特性。

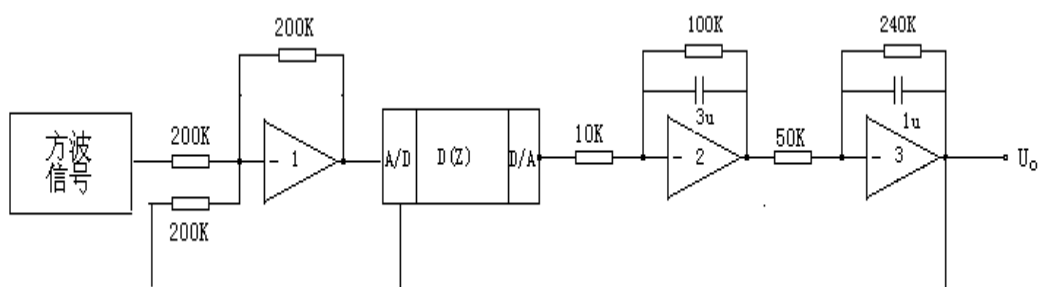


图 4-5 采样系统电路图

## 六、实验步骤

1. 实验前预先编制 D、A 驱动程序，编译排除语法错误。
2. 在 D/A 输入端按表 4-2 出入被测电压，测量值填入表 4-2。
3. 绘制曲线，求出斜率。

表 4-2 D/A 变换表

浮点数	-1	-0.75	-0.5	-0.25	0	0.25	0.5	0.75	1
偏移码	0000	2000	4000	6000	8000	A000	C000	E000	FFFF
V(理论值)	-5	-3.75	-2.5	-1.25	0	1.25	2.5	3.75	5
V(实测值)									
误差									

4. 编制实时控制程序，按表 4-3 测试静态结果。。

表 4-3 控制程序测试记录表

D(Z) <sub>Z=0</sub> =K	K	K	K	K	K
R (V)	0	1	-1	0	0
$\theta$ (V)	0	0	0	1	-1
理论 $U_{d/a}$	0	K	-K	-K	K
实测 $U_{d/a}$					

5. 按照表 4-4 改变采样周期记录实验结果。

计数值  $N=2M \cdot T=40000$ ，分为低位、高位分别写入 82253。

表 4-4 实验结果记录表

采样周期 (T)	超调量 ( $\sigma$ )	上升时间( $T_r$ )	过渡过程时间( $T_s$ )	实验曲线
10ms				
20ms				
25ms				
30ms				
32.5ms				

## 七、注意事项

1. 分别使用 D/A1 变换器、D/A2 变换器完成上述试验；
2. 计数值  $N=2M \cdot T=40000$ ，分为低位、高位分别写入 82253。

## 八、实验报告要求

实验报告中应包括以下内容：

1. 实验内容描述
2. D/A 工作原理与理论分析
3. 实验程序设计与分析
4. 实验过程描述，实验曲线制作和实验结果分析
5. 实验误差分析与结论
6. 个人体会和建议

实验报告模板可参照附件 1。

## 九、课后思考题

1. 分析 D/A 产生误差的原因？
2. 为什么  $T$  越小系统特性越好， $T$  可以无限小吗？

## 十、参考资料

1. 计算机测控系列实验指导书 袁少强
2. 计算机控制系统工程实现与实验技术 高金源等
3. 计算机控制系统设计与实现 郭锁凤
4. Borland C 函数库手册或 TC 函数库手册
5. XSJ-2 型小功率直流随动系统学习机使用说明书.2000.8。



## 实验四 计算机测控系统综合实验调试

### 一、实验目的

1. 掌握数控伺服系统静态参数选取的一般方法；
2. 掌握利用极点配置方法进行离散系统全状态反馈控制规律及降维观测器的设计；
3. 掌握控制算法编排实现及比例因子配置方法；
4. 学会数控伺服系统调试的方法与过程。

### 二、实验内容

1. 选择合适的采样周期，对小功率随动系统的模型进行离散化；
2. 利用极点配置方法进行离散系统全状态反馈控制规律及降维观测器的设计；
3. 编辑实时控制程序，在计算机内实现控制律；
4. 进行闭环动态系统调试；
5. 讨论静态误差及其消除方法。

### 三、实验设备

1. IBM PC 系列微机一台
2. HD1219 12 位 A/D D/A 接口板一块
3. XSJ-3 小功率直流随动系统学习机一台
4. DH1718 双路直流稳压电源一台
5. 数字多用表一台

### 四、预习要求

已知：(1) 直流力矩电机为 SYL-5，连同负载可用下述传递函数描述：

$$G_m(s) = \frac{K_m}{(T_m s + 1)s} = \frac{\theta}{U}$$

式中  $K_m = 2 \text{ rad/S/V}$ ,  $T_m = 0.052 \text{ S}$

(2) 测速机为 70CYD-1，其输入输出传递函数为

$$K_\omega = \frac{U_\omega}{\omega} = 1 \text{ V/rad/S}$$

- (3) 角位置测量电位计为 WHJ-2 其两端电压为  $\pm 10V$ ，最大转角为  $330^\circ$ ，  
 $K_\theta = 0.060606 \text{ V/度} = 3.4725 \text{ V/rad}$

### 设计要求：

- (1) 速度回路设计：选择  $K_1$   $K_2$  满足以下要求(见图 6-1)：
 

当 D/A 输出  $\leq 120 \text{ mV}$  时，电机开始转动。实际测试，电机起动电压  $1.7 \text{ V}$

当 D/A 输出  $\pm 10 \text{ V}$  时，电机转速为  $26 \text{ rad/S}$
  - (2) 位置回路设计：在求得上述速度回路传递函数的前提下，利用极点配置方法求全状态反馈增益  $KF_1$   $KF_2$ 。假定系统的期望极点满足：
 

$\xi \geq 0.9$   $\omega_n \geq 20 \text{ rad/S}$

且要求输入信号小于  $40 \text{ mV}$  时电机应能起动。

给定采样周期  $T = 0.025 \text{ S}$
  - (3) 观测器设计：假定伺服系统的转角  $\theta$  是可测的，设计降维观测器，并假定降维观测器的观测误差衰减速率是闭环系数衰减速率的 4 倍。
  - (4) 根据全状态反馈增益  $KF_1$   $KF_2$  及降维观测器方程，求控制器方程  $D(Z)$ 。
  - (5) 按零点——极点型编排方法，编排控制器方程  $D(Z)$  的实现算法，并选择合适的比例因子。
  - (6) 按图所示结构求得控制器参数  $K_1$ —— $K_7$ 。
1. 按照设计要求设计全状态反馈增益  $KF_1$   $KF_2$ ，仿真验证设计结果；
  2. 设计降维状态观测器，求出  $D(Z)$ ；
  3. 编制实时控制程序，排除语法错误。

## 五、实验原理

数控伺服系统的结构图如图 6-1 所示。该系统是一直流伺服系统，它由直流力矩电机、直流测速发电机、角位置测量电位计及直流放大器、80X86 处理器计算机及 A/D、D/A 变换器组成。加入系统的指令输入信号通过 A/D、D/A 变换器进入计算机，经过计算机测控算法的处理产生控制指令，由 D/A 变换器输出，加到运算放大器输入端，与测速机测得的角速度信号综合比较，经过功率放大后驱动直流力矩电机转动。负载的转角由电位计测得，并通过 A/D 加入到计算机，通过控制指令的计算，形成一个完整的闭环控制系统。

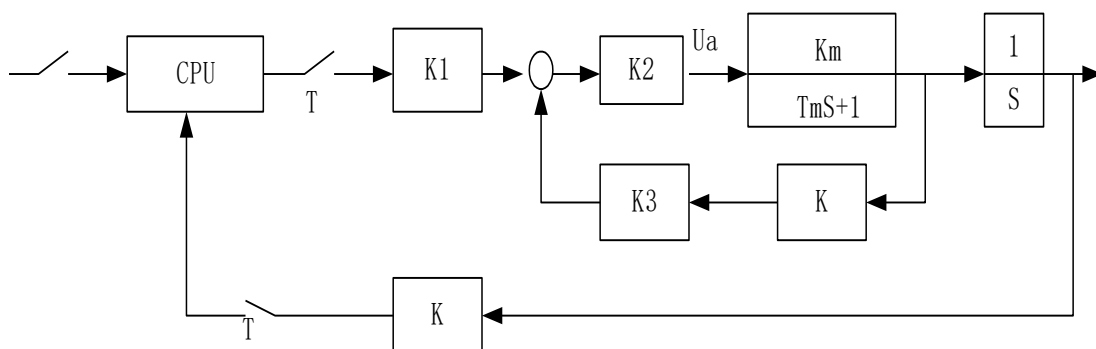


图 6-1 直流数控伺服系统原理图

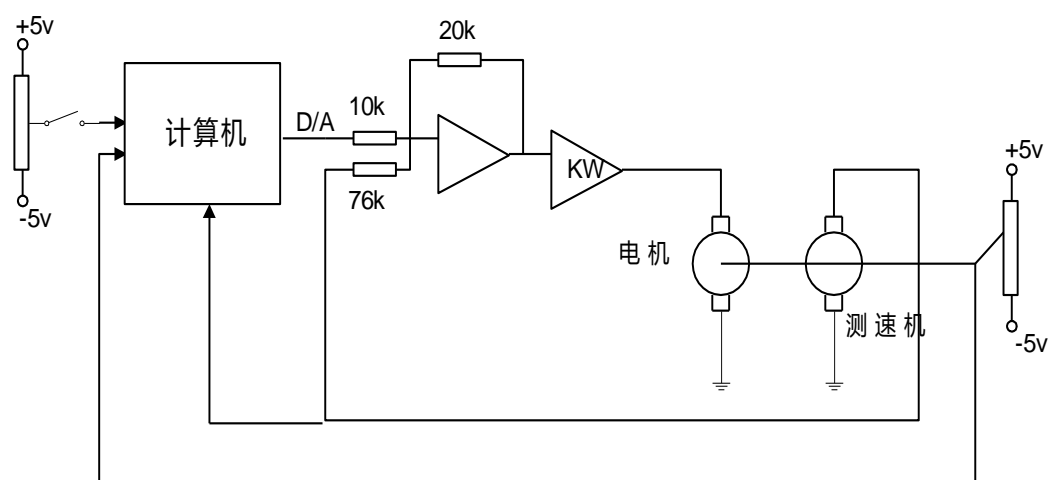


图 6-2 数控伺服系统电路图

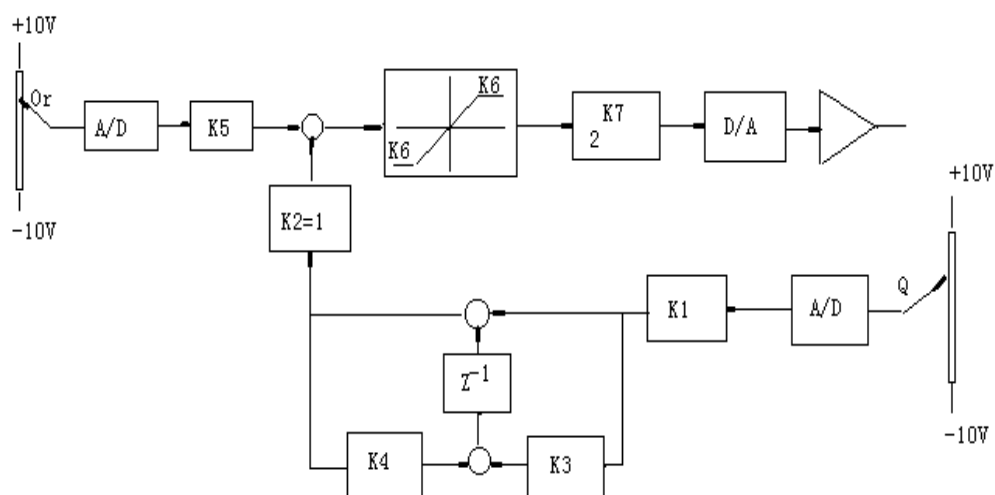


图 6-3 数控伺服系统结构图

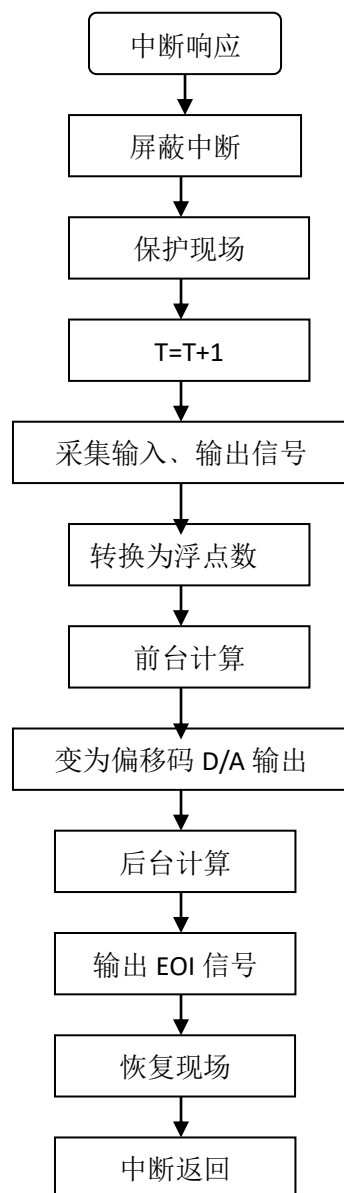


图 6-4 中断服务程序流程图

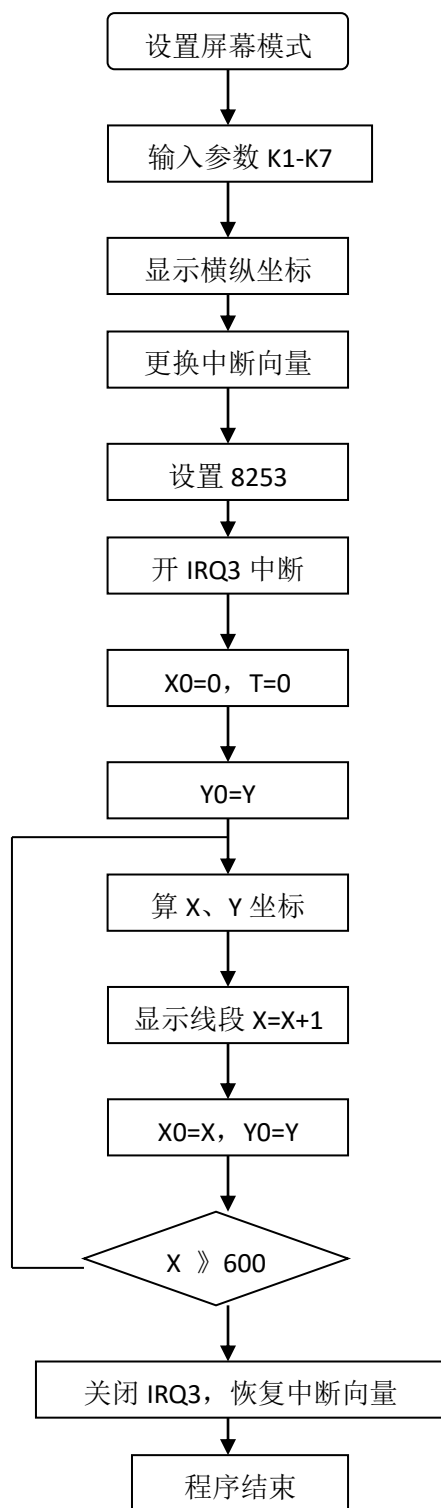


图 6-4 主程序流程图

## 六、实验步骤

1. 按上述原理图接线，设置位置反馈电阻  $R1=13K$  和速度反馈电阻  $R2 = 84K$ ,  $R_f = 100 K$  ；
2. 用 C 语言编制带曲显示的实时控制程序。实时控制程序参考流程图 6-4 6-5
3. 运行带曲显示的实时控制程序，调节系统达到控制要求，打印输出曲线。
4. 启动实验六指导界面。
5. 按图定义输入参数，按开始钮执行程序，与自编程序运行结果进行比较，如果结果相似，说明自编程序正确，若结果相差很大，说明自编程序可能有问题，需要进一步调试。



## 七、注意事项

注意判断位置、速度反馈极性必须是负反馈。

## 八、实验报告要求

实验报告中应包括以下内容：

1. 实验内容描述
2. 计算机测控系统工作原理与理论分析
3. 状态反馈系统设计与仿真验证
4. 降维状态观测器设计与控制率编程实现
4. 系统综合实验过程描述，实验曲线制作和实验结果分析
5. 实验误差分析与结论
6. 个人体会和建议

实验报告模板可参附件 1。

## 九、课后思考题

1. 系统引入速度反馈的作用是什么？
2. 参数  $K_1$  、 $K_5$  对系统静特性的影响？
3. 参数  $K_3$  、 $K_4$  对系统动特性的影响？

## 十、参考资料

- 1.计算机测控系列实验指导书 袁少强
- 2.计算机控制系统工程实现与实验技术 高金源等
- 3.计算机控制系统设计与实现 郭锁凤
- 4.Borland C 函数库手册或 TC 函数库手册
- 5.XSJ-2 型小功率直流随动系统学习机使用说明书.2000.8

## 附件 1 实验报告模板



成绩 \_\_\_\_\_

**北京航空航天大学**  
B E I H A N G U N I V E R S I T Y

\*\*\*\*\*

# 实验报告

院（系）名称	自动化科学与电气工程学院
专 业 名 称	自动化
学 生 学 号	XXXX
学 生 姓 名	XXXX
指 导 教 师	XXXX

2015 年 4 月



## 实验一      \*\*\*\*\*

(三号，黑体；居中；单倍行距；段前、段后各 0.5 行)

实验时间\_\_\_\_\_ 实验编号\_\_\_\_\_ 同组同学\_\_\_\_\_

(“实验编号”填写实验所用计算机编号；若有同组实验同学，需在“同组同学”处填写其姓名，没有则填无)

### 一、实验背景 (四号黑体；左对齐；单倍行距；段前、段后 0.5 行)

1. 描述实验所涉及的工程问题。
2. 小四号，宋体，英文及字母 Times New Roman 体；首行缩进 2 字符；两端对齐；1.5 倍行距。

### 二、实验原理

1. 分析实验的工作原理。
2. 小四号，宋体，英文及字母 Times New Roman 体；首行缩进 2 字符；两端对齐；1.5 倍行距。

### 三、预习思考题的实验验证

1. 预习思考题的实验验证分析。
2. 小四号，宋体，英文及字母 Times New Roman 体；首行缩进 2 字符；两端对齐；1.5 倍行距。

### 四、实验过程与结果

1. 写清实验步骤、所用实验方法与得到的实验结果。
2. 小四号，宋体，英文及字母 Times New Roman 体；首行缩进 2 字符；两端对齐；1.5 倍行距。

### 五、结果分析与实验结论

1. 对实验所得结果进行数据分析处理，推导、总结实验结论。
2. 小四号，宋体，英文及字母 Times New Roman 体；首行缩进 2 字符；两端对齐；1.5 倍行距。

## 六、收获、体会及建议

1. 总结实验收获与个人体会；欢迎同学提出改善实验课程的建议。
2. 小四号，宋体，英文及字母 Times New Roman 体；首行缩进 2 字符；两端对齐；1.5 倍行距。

注意：括号（）内为说明事项，最终实验报告中须删除！