



第8章： 计算机控制系统设计

教学重点：

- 设计原则
- 设计步骤
- 微型计算机温度控制系统设计实例



8.1 控制系统设计的一般原则和步骤

8.1.1 系统设计原则：

安全性和可靠性

操作维护方便

实时性强

通用性好

经济效益高



8.1.2 系统设计步骤

- ▶ 系统总体控制方案设计
- ▶ 微型计算机选择
- ▶ 控制算法设计
- ▶ 控制系统硬件设计
- ▶ 软件设计
- ▶ 系统联调



一、确定系统总体控制、方案

构思系统的整体方案，应从以下几方面入手：

- ▶ 考虑系统结构
- ▶ 执行机构采用什么方案
- ▶ 有否特殊控制要求？特殊要求应采取那些措施。
- ▶ 确定计算机在整个控制系统中所起的作用

二、确定控制算法

三、选择计算机

所选计算机应满足以下要求：

- ▶ 完善的中断系统
- ▶ 足够的存储容量
- ▶ 完备的I/O通道和实时时钟



四、系统总体设计

★ 硬件软件功能分配与协调

，影响系统可靠性；增加软件，系统速度

相应

★ _____

- 接口设计内容：
- ▶ 扩充接口
 - ▶ 安排接口电路的I/O信号及交换方式。

- 常用的扩充方法：
- ▶ 选用专门的功能接口板
 - ▶ 选用通用接口电路
 - ▶ 用集成电路自行设计接口电路

接口电路I/O信号的交换方式：

- ▶ 中断控制读取I / O方式
- ▶ 直接存储器存取方式



★ 通道设计

字量I/O通道

关量I/O通道

拟量I/O通道

中量I/O通道

确定本系统应设置什么样的通道、每个通道由几部
么器件等。

、按钮、键盘、数字显示器、状态故障指示灯等。



五、硬件设计

任务：根据系统总体框图，设计出系统的电气原理图，再按照电气原理图选购元件和进行施工设计。

- 包括：
- ▶ 接口电路和I/O通道的扩充
 - ▶ 组合逻辑或时序逻辑电路
 - ▶ 供电电源
 - ▶ 光电隔离
 - ▶ 电平转换
 - ▶ 驱动放大电路等



六、软件设计

组织应用软件的内容及步骤:

- ▶ 确定具体要求
- ▶ 软件规划
- ▶ 程序编制
- ▶ 软件调试
- ▶ 善后工作

确定具体要求 :

- ▶ 管理要求
- ▶ 输入输出要求
- ▶ 语言加工要求
- ▶ 功能处理要求



8.2 微型计算机温度控制系统设计

网带式多温区电阻炉微型计算机温度控制系统的设计

一、系统总体设计

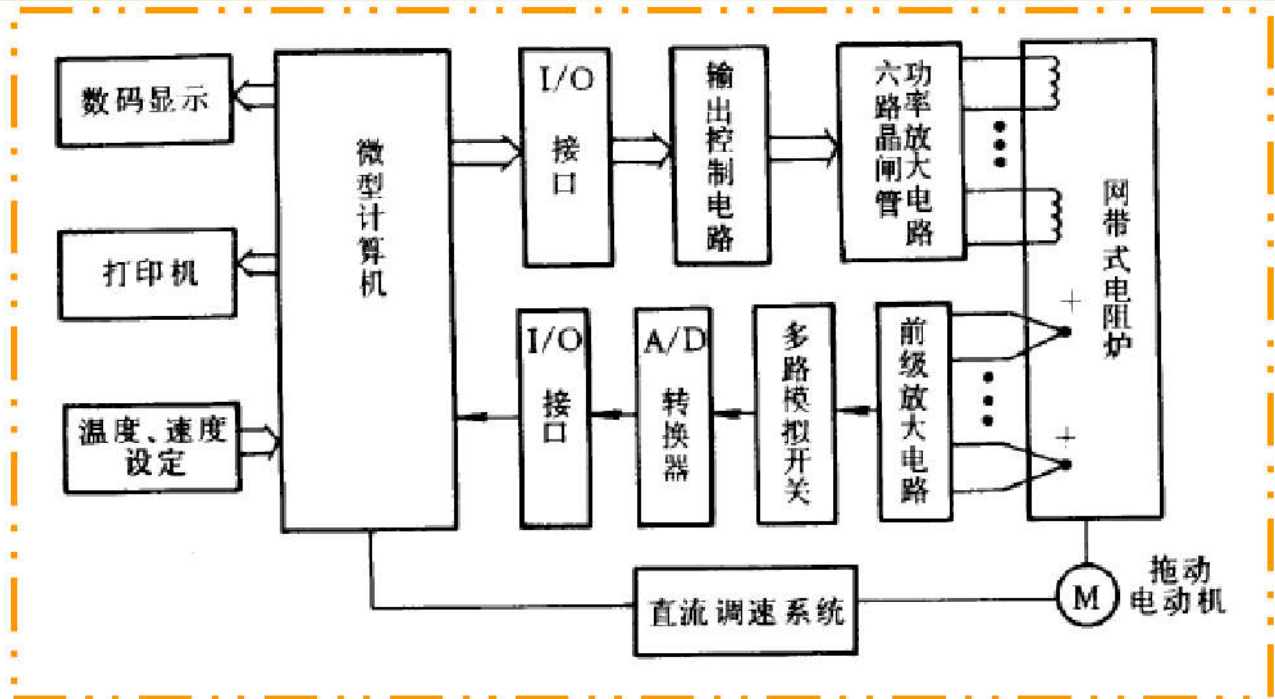
1、确定系统的控制任务

控制对象：六温区网带式连续烧结电阻炉。

设计要求：▶每个温区的温度在600~1000℃范围内连续可控；
▶各温区的温度以及网带的运行速度可自行设定；
▶要求系统能够对六个温区的温度及网带运行速度巡回检测、显示和定时打印。

计算机控制系统应完成的主要任务有：

- ▶六个温区温度的闭环直接数字控制。
- ▶网带拖动直流调速系统的速度给定和速度检测。
- ▶六个温区温度及网带运动速度的巡回检测、显示和定时打印。



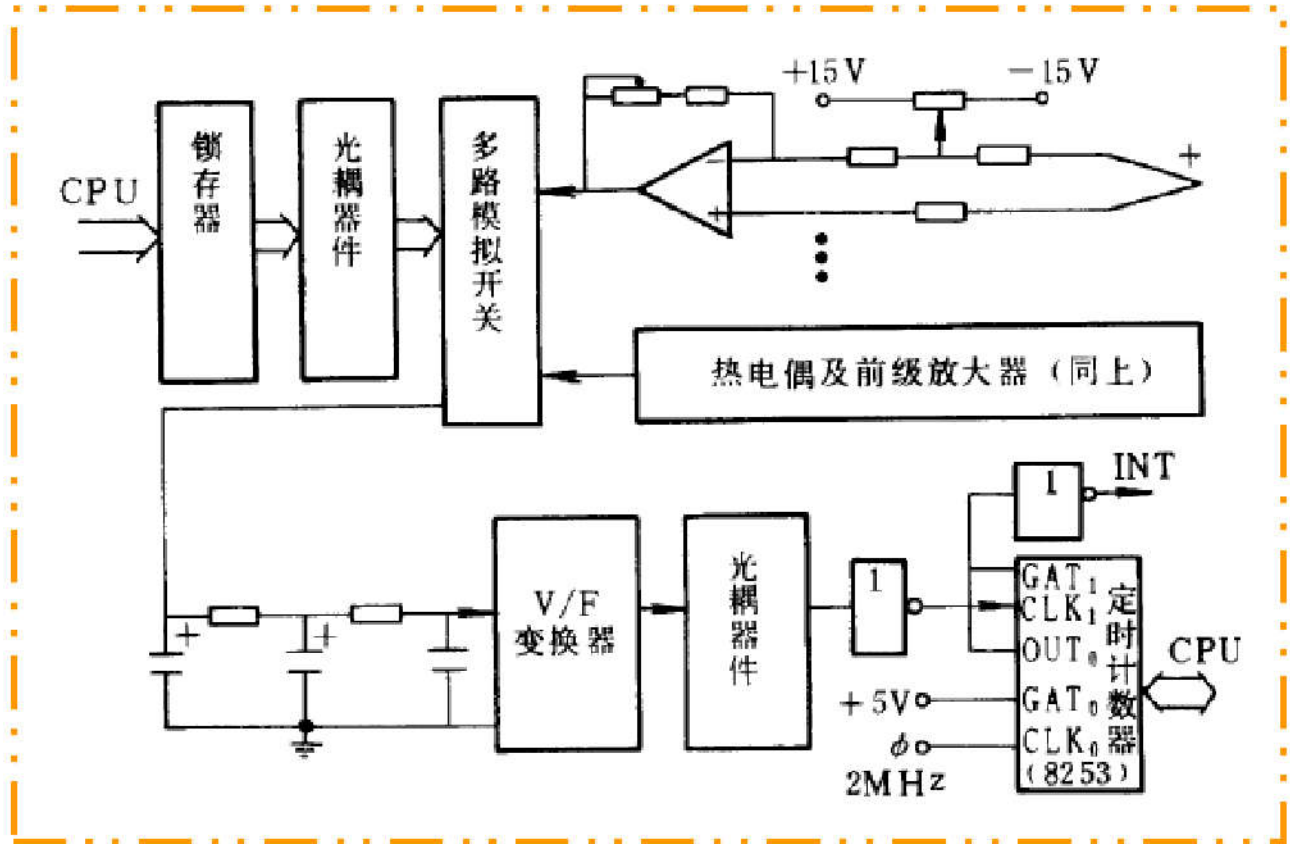
系统组成:

- 微型计算机
- 输入通道
- 输出通道



2、输入输出通道及其接口设计

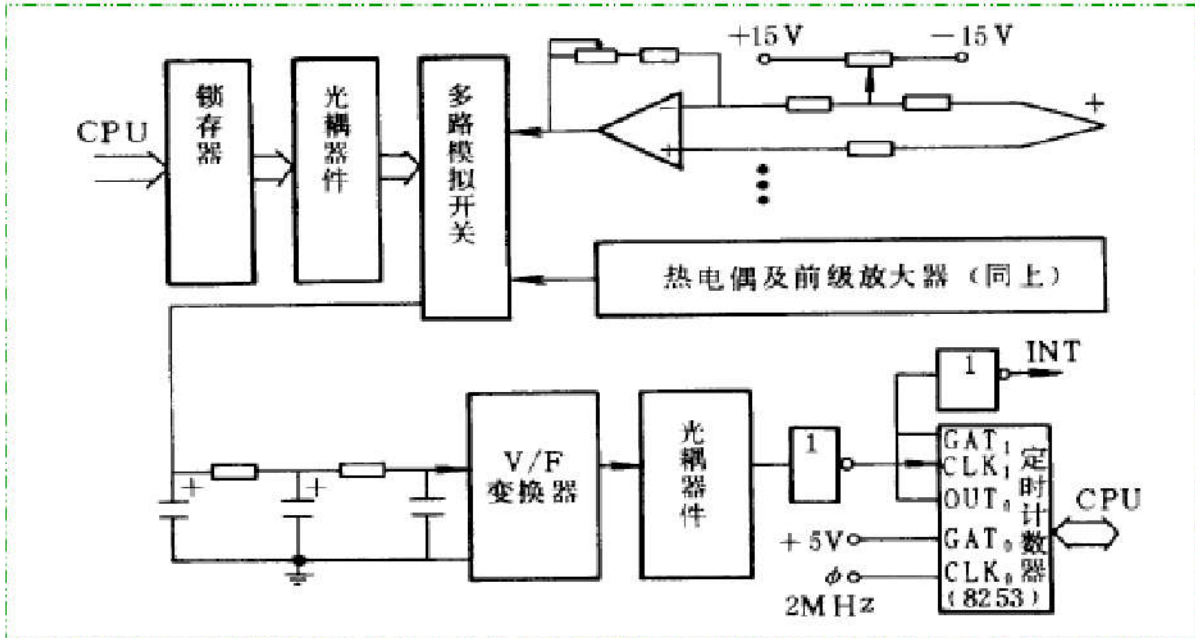
温度检测模拟输入通道设计





特点： 采用了由V / F变换器和定时计数器组成的A / D转换器。

V / F转换输入通道的结构通常为：





设V / F变换器的额定输出频率为F，计数器对输出脉冲的计数时间为 T_s ，A / D转换结果的分辨率为i，则有：

$$T_s = \frac{2^i}{F_s}$$

取 $T_s = 1s$ ，则在V / F的输出频率范围0~10kHz内，可以得到13位的A / D转换结果。



二、微型计算机选择

控制系统选取采用STD总线标准的模块式工业控制计算机。

本系统：

- ▶主机板采用8098单片机多功能CPU模板，主频6MHz。
- ▶配置了显示及操作面板接口模板，
- ▶打印机接口模板。
- ▶非通用数字触发控制模板
- ▶反馈通道的V / F变换及A / D转换模板，



三、控制算法设计

整个系统属于多变量系统，其数学描述传递矩阵为：

$$G(s) = \begin{bmatrix} g_{1,1}(s) & \cdots & g_{1,6}(s) \\ \vdots & \ddots & \\ g_{6,1}(s) & \cdots & g_{6,6}(s) \end{bmatrix}$$

$$\text{其中： } g_{i,j}(s) = \frac{y_i(s)}{U_j(s)} = \frac{K_{i,j} e^{-\tau_{i,j}s}}{1 + T_{i,j}s} \quad \begin{matrix} (i = 1, \dots, 6) \\ (j = 1, \dots, 6) \end{matrix}$$

离散后可近似为：

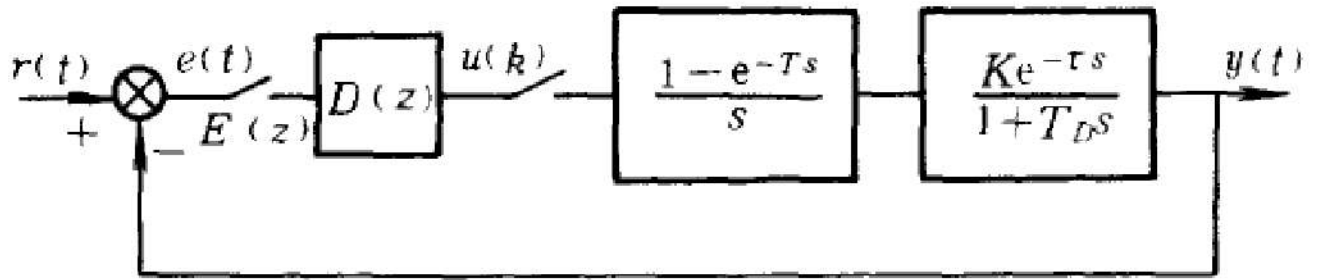
$$Y(k) = AY(k-1) + BU(k-m)$$

式中： $Y(k)$ —— 6×6 矩阵； $U(k)$ —— 6×1 矩阵；

A —— 6×6 矩阵； B —— 6×6 矩阵。



对于系统的每一个温区，其简化动态结构：



广义传递函数为：
$$G_i(s) = \frac{1 - e^{-Ts}}{s} \frac{Ke^{-\tau s}}{1 + T_D s}$$

广义脉冲传递函数为：

$$G(z) = z[G(s)] = z \left[\frac{1 - e^{-Ts}}{s} \frac{Ke^{-\tau s}}{1 + T_D s} \right] = K \frac{z^{-N-1} (1 - e^{-T/T_D})}{1 - e^{-T/T_D} z^{-1}}$$

系统的闭环脉冲传递函数为：
$$\Phi(z) = \frac{(1 - e^{-T/T_c}) z^{-N-1}}{1 - e^{-T/T_c} z^{-1}}$$



数字控制器的脉冲传递函数为：

$$D(z) = \frac{\Phi(z)}{G(z)[1-\Phi(z)]}$$

$$= \frac{(1-e^{-T/T_D}z^{-1})(1-e^{-T/T_C})}{K(1-e^{-T/T_D})[1-e^{-T/T_C}z^{-1}-(1-e^{-T/T_C})z^{-N-1}]}$$

进一步简化为：

$$D(z) = \frac{a_0 - a_1z^{-1}}{1 - b_1z^{-1} - b_2z^{-N-1}}$$

式中：

$$a_0 = \frac{1 - e^{-T/T_C}}{K(1 - e^{-T/T_D})} \quad ; \quad b_1 = e^{-T/T_C}$$

$$a_1 = \frac{e^{-T/T_D} - e^{-(T/T_D)-(T/T_C)}}{K(1 - e^{-T/T_D})} \quad ; \quad b_2 = 1 - e^{-T/T_C}$$

差分化后得到控制器差分方程：

$$U(k) = b_1U(k-1) + b_2U(k-N-1) + a_0E(k) - a_1E(k-1)$$



四、硬件设计

硬件电路设计有：

- ▶ 前级放大器及多路模拟转换开关。
- ▶ A / D转换模板。
- ▶ 数字触发控制模板。



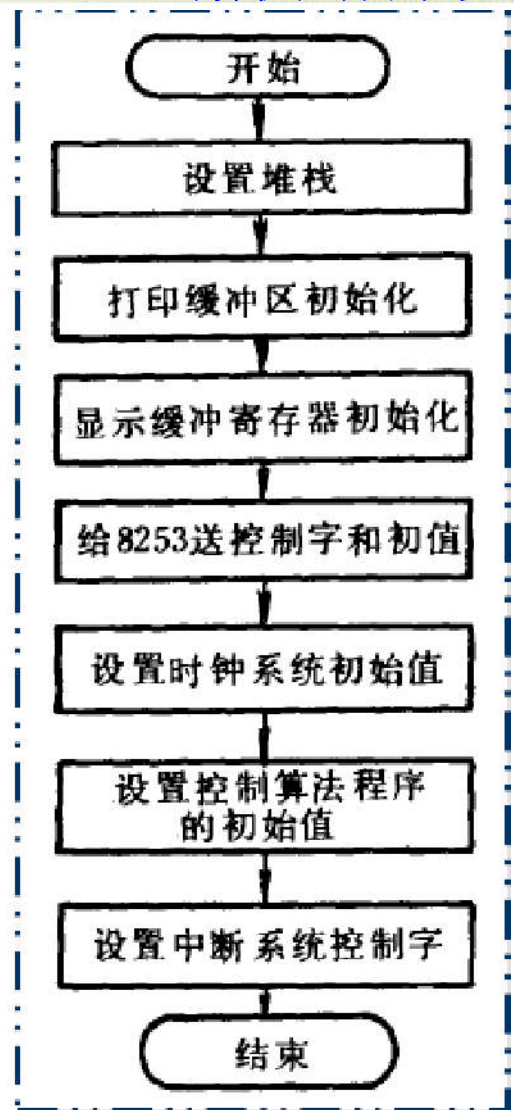
五、软件设计

★ 系统控制程序的任务

- ▶ 系统初始化。
- ▶ 多路模拟转换开关的切换控制。
- ▶ 温度反馈信号采样和数字滤波、线性化处理。
- ▶ 读给定输入值，且将BCD码转换为二进制码。
- ▶ 完成系统的控制算法和控制输出。
- ▶ 定点或巡回显示温度值和网带速度值。
- ▶ 定时打印时间、温度和网带运行速度。



按
微
型
计
算
机
控
制
技
术
系

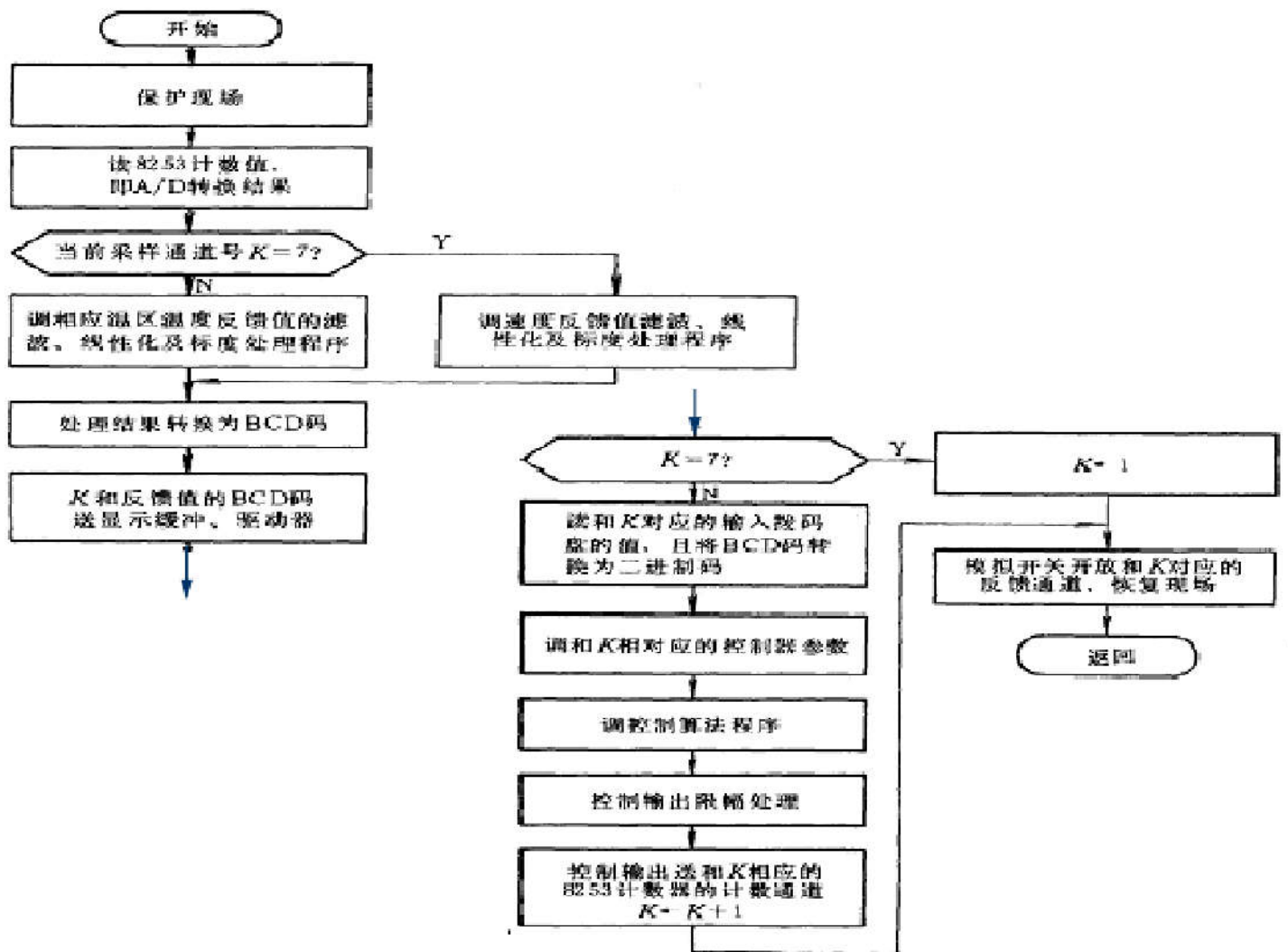


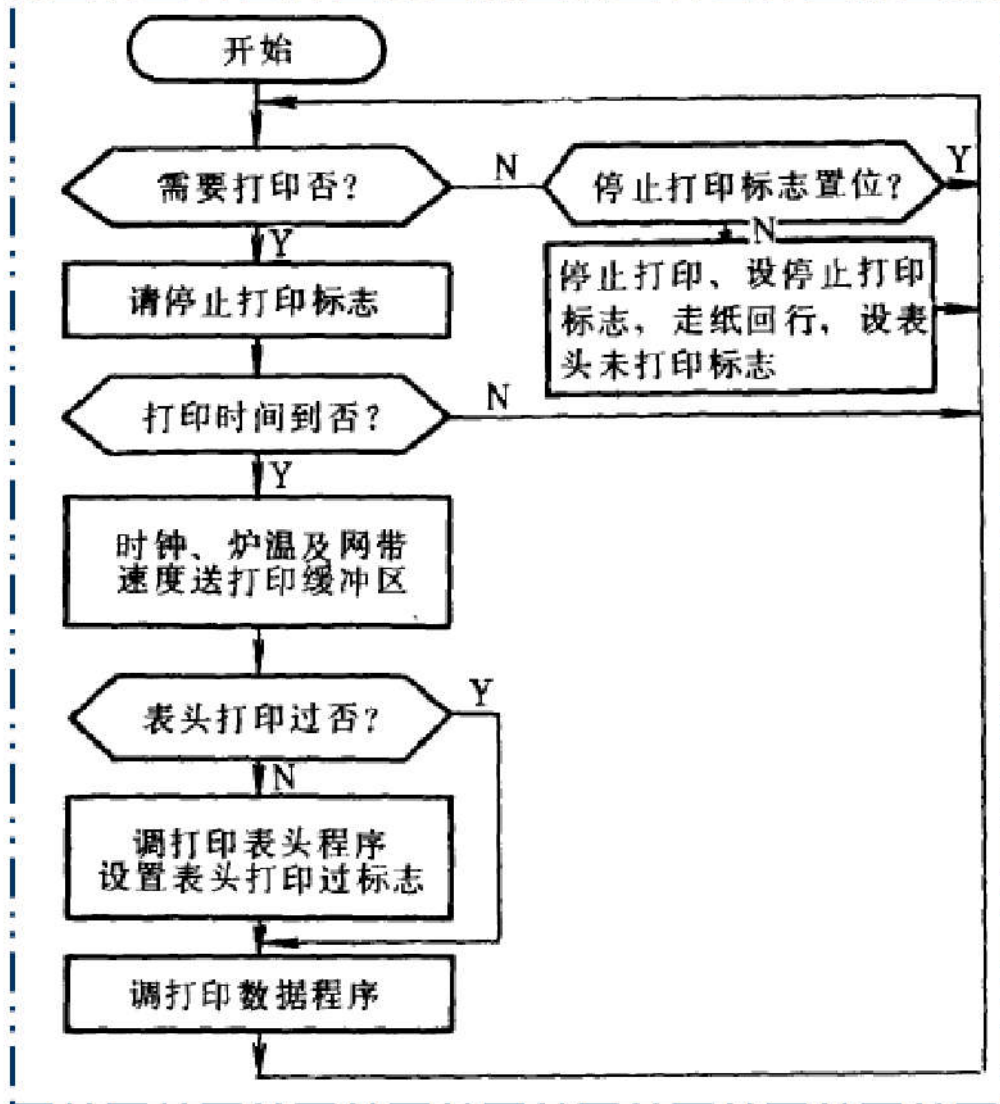


● 外部中断服务程序模块

中断服务程序的任务：

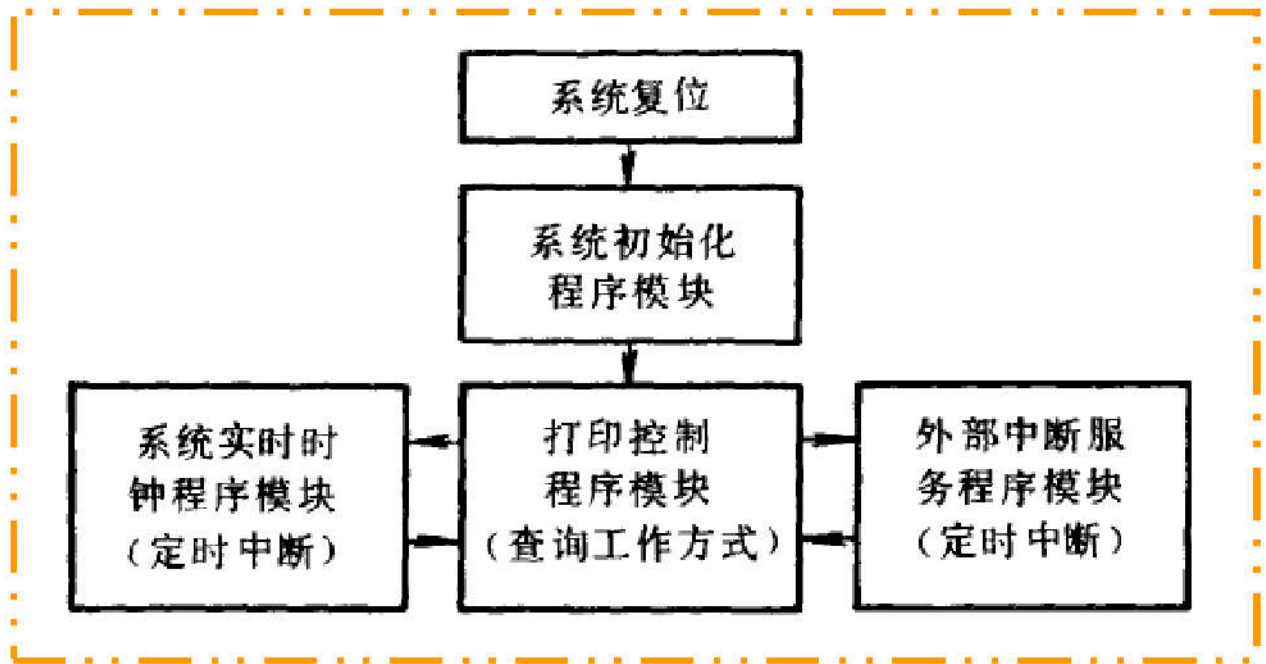
- ▶ 读取A / D转换结果，以BCD码的形式送到数码管中显示。
- ▶ 读取温度给定值并将BCD码转换为二进制码。
- ▶ 外部中断产生1s钟内，将多路模拟转换开关切换到下一个通道 。







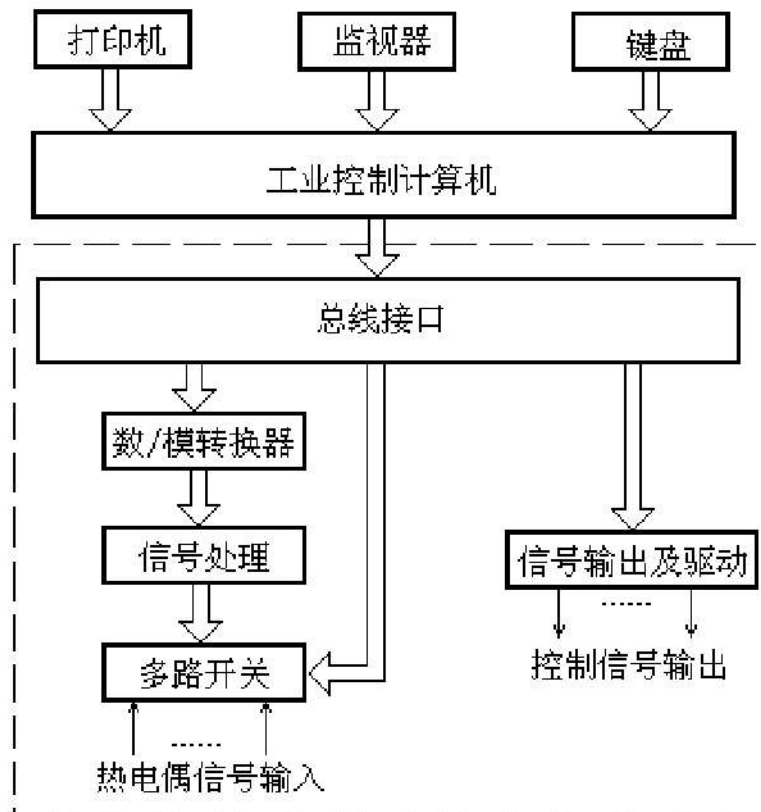
★系统控制程序的结构





8.2 微型计算机温度控制系统设计

8.2.1 温度控制系统硬件设计

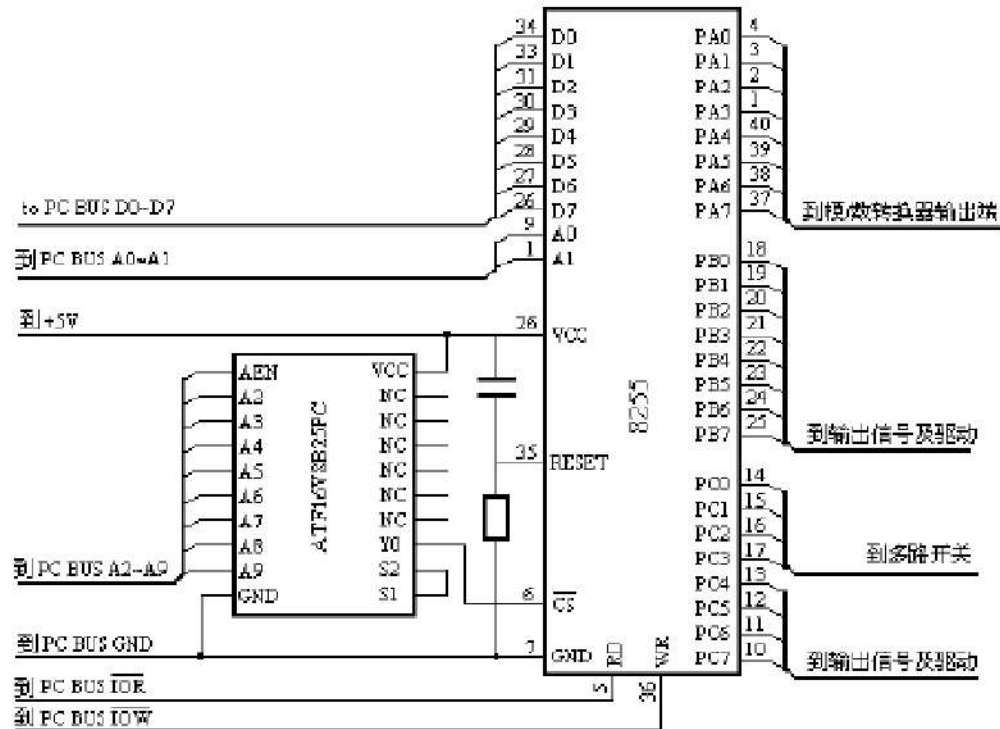




1. 总线接口电路

总线接口是计算机内部与外部交换数据的桥梁，数据采集和信号输出电路通过总线接口电路与工业控制计算机的ISA总线相联，

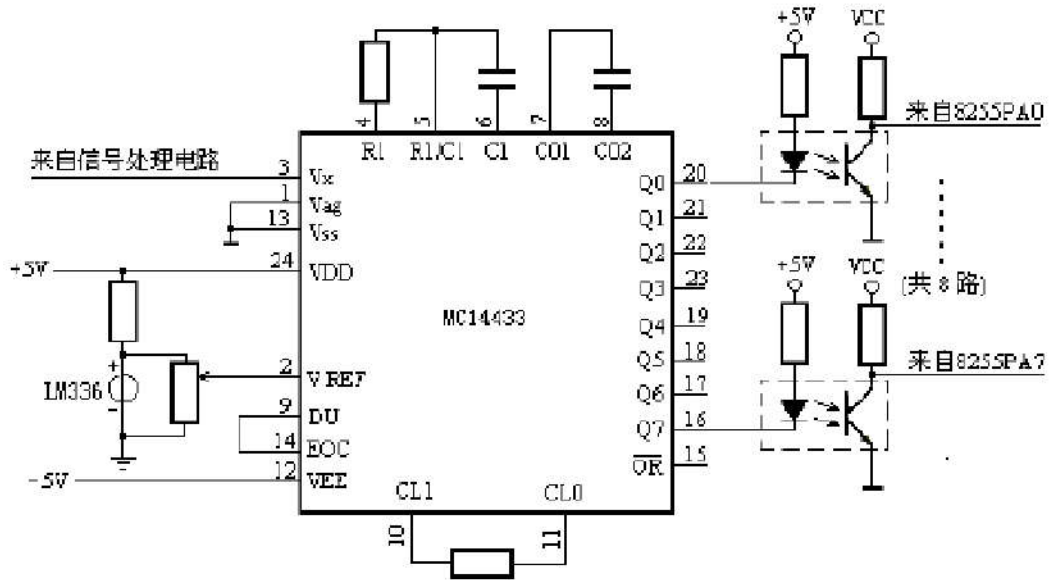
本系统主要由INTEL公司8255A可编程并行输入/输出芯片和ATMEL公司的ATF16V8 可编程逻辑器件组成。





2. 模/数转换电路

温度信号是一种变化相对缓慢的信号，因此系统的样频率不必很高，本系统中采用MOTOROLA公司的MC14433双积分A/D转换器，MC14433是一种转换结果以BCD码输出，满量程输出为1999的A/D转换器。A/D转换器的输出通过光电耦合器与总线接口电路连接。



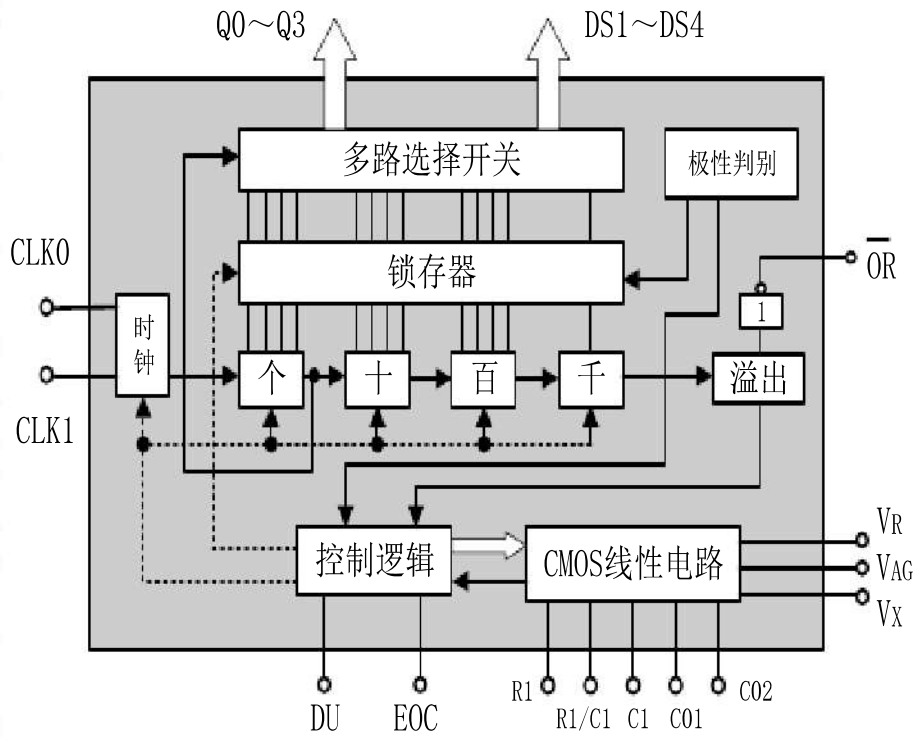


MC14433是美国Motorola公司生产的3位半双积分A/D转换器，是目前市场上广为流行的典型的A/D转换器。MC14433具有抗干扰性能好，转换精度高（相当于11位二进制数），自动校零，自动极性输出，自动量程控制信号输出，动态字位扫描BCD码输出，单基准电压，外接元件少，价格低廉等特点。但其转换速度约1~10次/秒。在不要求高速转换的场合，如温度控制系统中，被广泛采用。5G14433与MC14433完全兼容，可以互换使用。



MC14433的内部结构

微
型
计
算
机
控
制
技
术



VAG	1	24	VDD
VR	2	23	Q3
VX	3	22	Q2
R1	4	21	Q1
R1/C1	5	20	Q0
C1	6	19	DS1
C01	7	18	DS2
C02	8	17	DS3
DU	9	16	DS4
CLK1	10	15	OR
CLK0	11	14	EOC
VEE	12	13	VSS

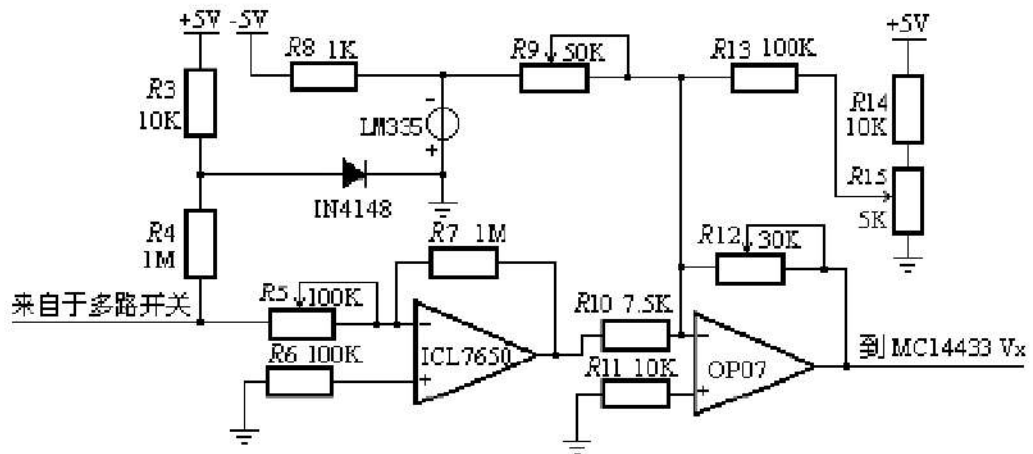


- ❖ 模拟电路部分有基准电压、模拟电压输入部分。被转换的模拟电压输入量程为199.9mV或1.999V，与之对应的基准电压相应为+200mV或+2V两种。
- ❖ 数字电路部分由逻辑控制、BCD码及输出锁存器、多路开关、时钟以及极性判别、溢出检测等电路组成。MC14433采用字位动态扫描BCD码输出方式，即千、百、十、个位BCD码轮流地在Q0~Q3端输出，同时在DS1~DS4端出现同步字位选通信号。
- ❖ 主要的外接器件是时钟振荡器外接电阻RC、外接失调补偿电容C0和外接积分阻容元件R1、C1。



3. 信号处理电路

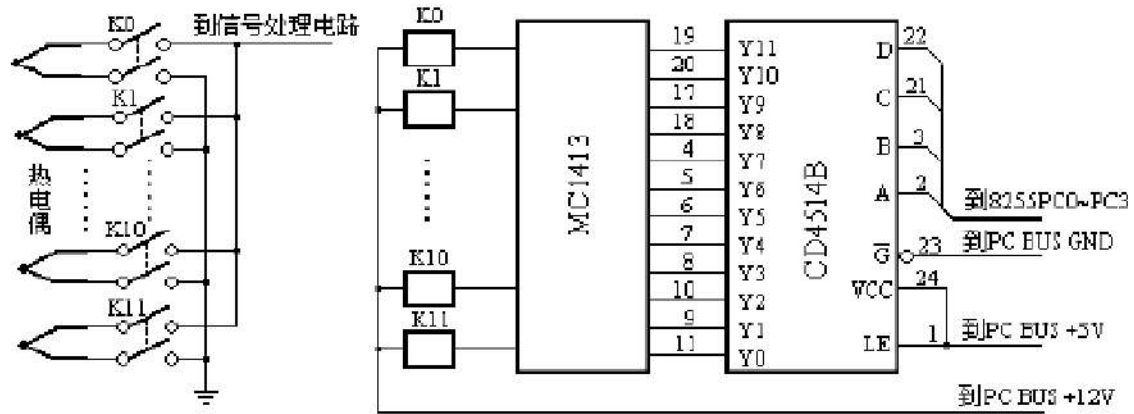
热电偶是一种温差传感器，其输出的热电势由热电偶测温点和冷端的温度差决定，热电偶的冷端温度一般与环境温度相同，因此热电偶测温点的温度应是环境温度与热电势所代表温度的和。信号处理电路的任务是把环境温度信号和热电偶温差信号综合成测温点的温度信号（即冷端补偿）。





4. 热电偶多路开关电路

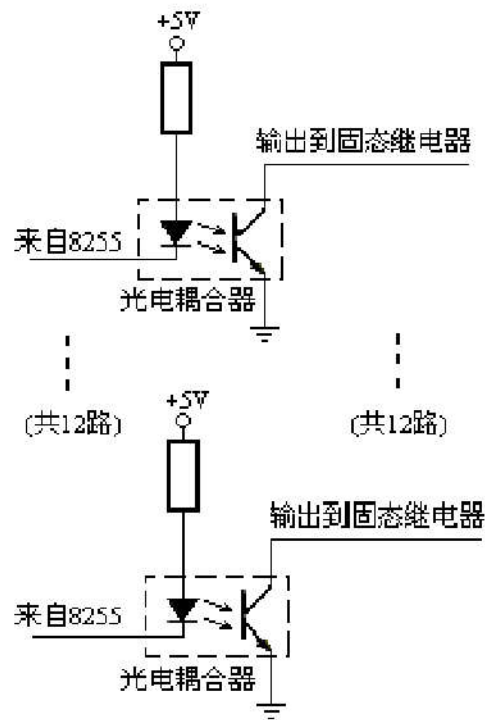
本系统是一个多回路的温度控制系统，需要测量多个控温点的温度，而信号处理电路只有一套，因此必须用多路开关分时接通各个测温热电偶，以实现对多个控温点的温度信号采集。





5. 信号输出及驱动电路

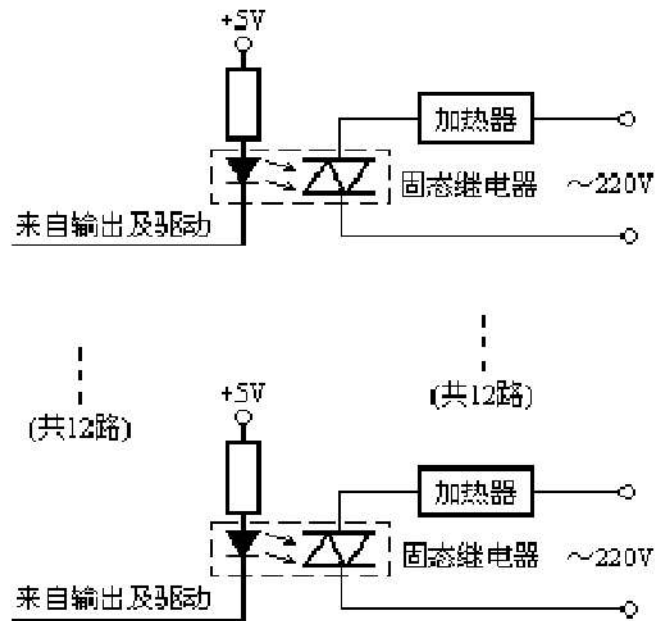
控制系统输出的控制信号类型与执行器密切相关，本系统的执行器是固态继电器，驱动固态继电器只要开关量信号。





6. 控制执行器电路

本控制系统中的控制执行器为固态继电器，当信号输出及驱动电路中的输出光耦导通时，固态继电器的控制端有电流，固态继电器导通，加热器加热，当信号输出及驱动电路中的输出光耦断开时，固态继电器的控制端没有电流，固态继电器不导通，加热器不加热。因此，控制系统通过控制输出光耦的通断来控制加热器，从而实现温度控制。





8.2.2 温度控制系统的软件设计

