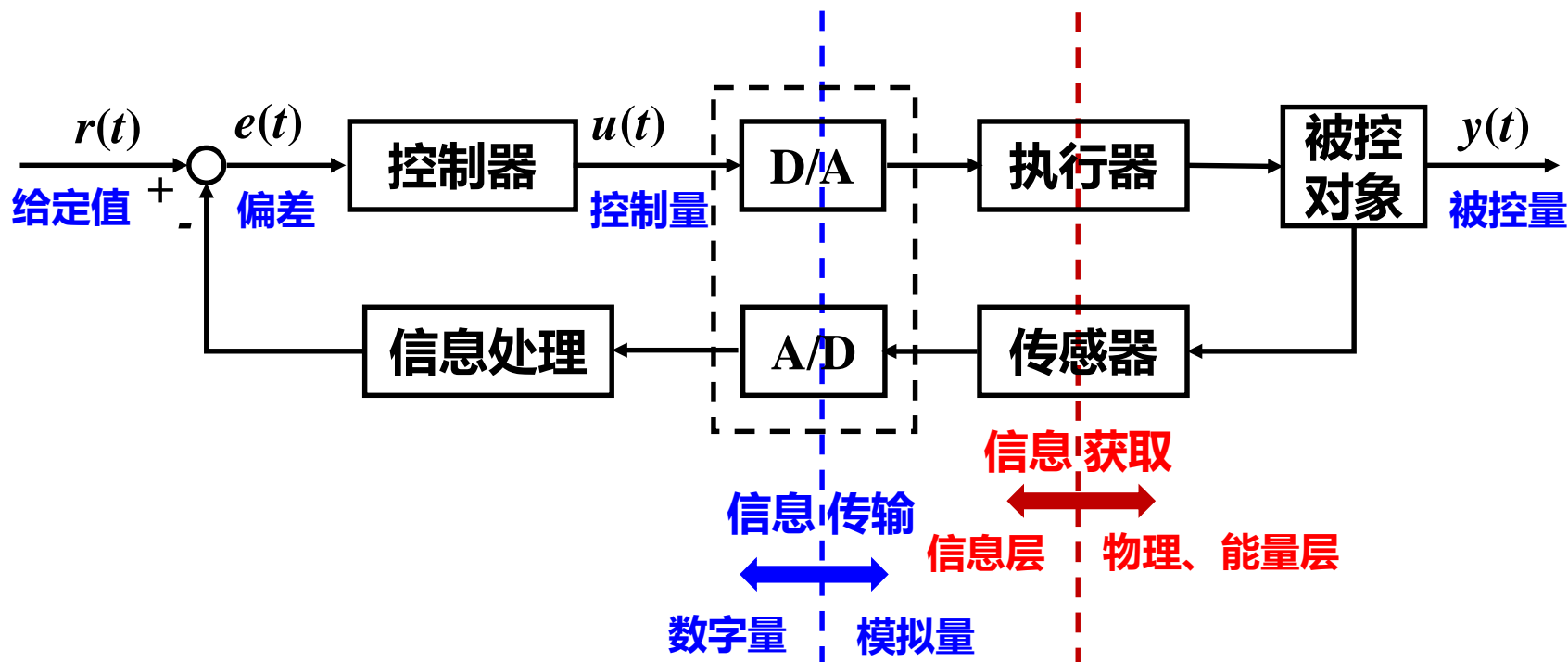


计算机控制技术与系统

-总复习

计算机控制系统知识框架



计算机控制系统典型结构图

■ 传感与检测

■ 变换与传输

■ 计算与处理

■ 控制与智能

■ 执行与驱动

■ 对象与建模

■ 机电基础

■ 计算机软硬件

■ 系统与工程

复习范围

第1章 计算机控制系统概述

第2章 过程通道 (结合作业)

第3章 抗干扰技术

第4章 计算机控制系统的基本控制策略 (结合作业)

第1章 计算机控制系统概述

1.1 过程计算机控制系统由哪几部分组成？

硬件、软件

1.2 计算机控制系统的典型形式有哪些？缩写是什么？各有何特点？

- (1)操作指导控制系统 (DAS) (2)直接数字控制系统(DDC)
- (3)监督控制系统(SCC) (4)分散型控制系统(DCS)
- (5)现场总线控制系统(FCS)

1.3大型火电机组计算机控制系统中， DAS、 CCS、 SCS、 FSSS、 BPC、 DEH各自的含义和所实现的功能是什么？

第2章 过程通道

2.1.1 过程通道的组成

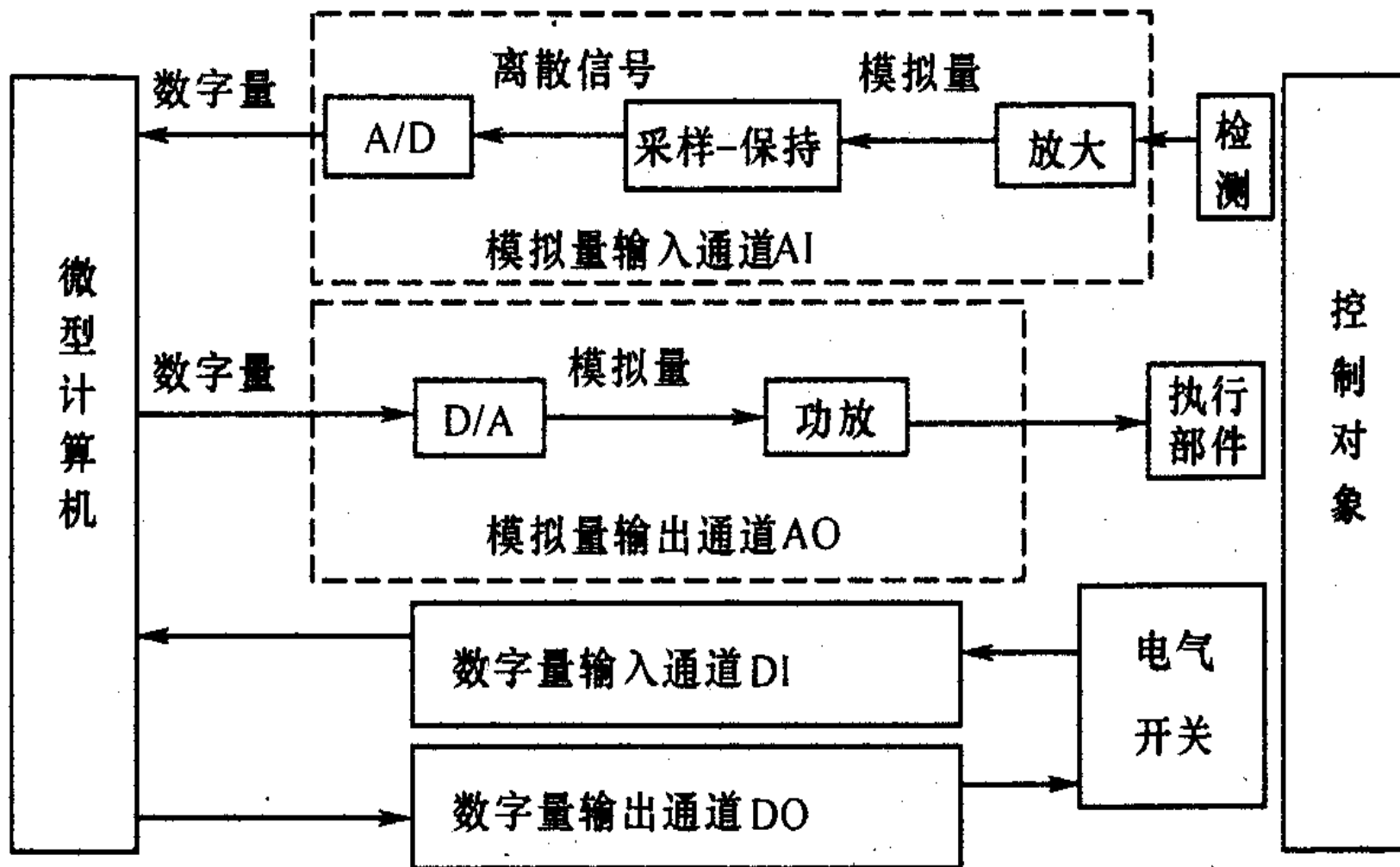
2.2 模拟量输出通道与接口

(通道结构形式, D/A转换器原理, DAC0832与8031接口电路的设计编程)

2.3 模拟量输入通道及接口

(通道结构形式、外围芯片、A/D转换器的类型、各自的工作原理, AD574, 8031多路采集系统的设计编程)

2.1过程通道的组成

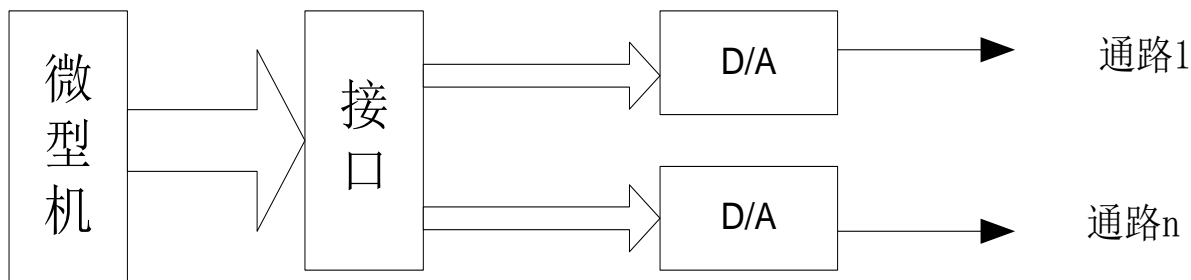


2.2 模拟量输出通道与接口

◆ 模拟量输出通道的结构形式

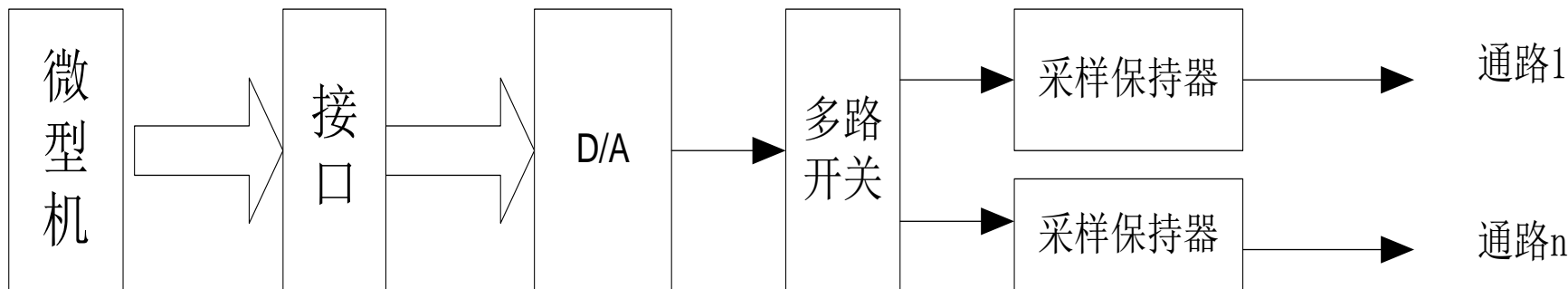
◆ 数字保持：一个通路一个D / A转换器

- 转换速度快、工作可靠
- 输出精度高
- 成本较高，适合于多路同步转换的场合



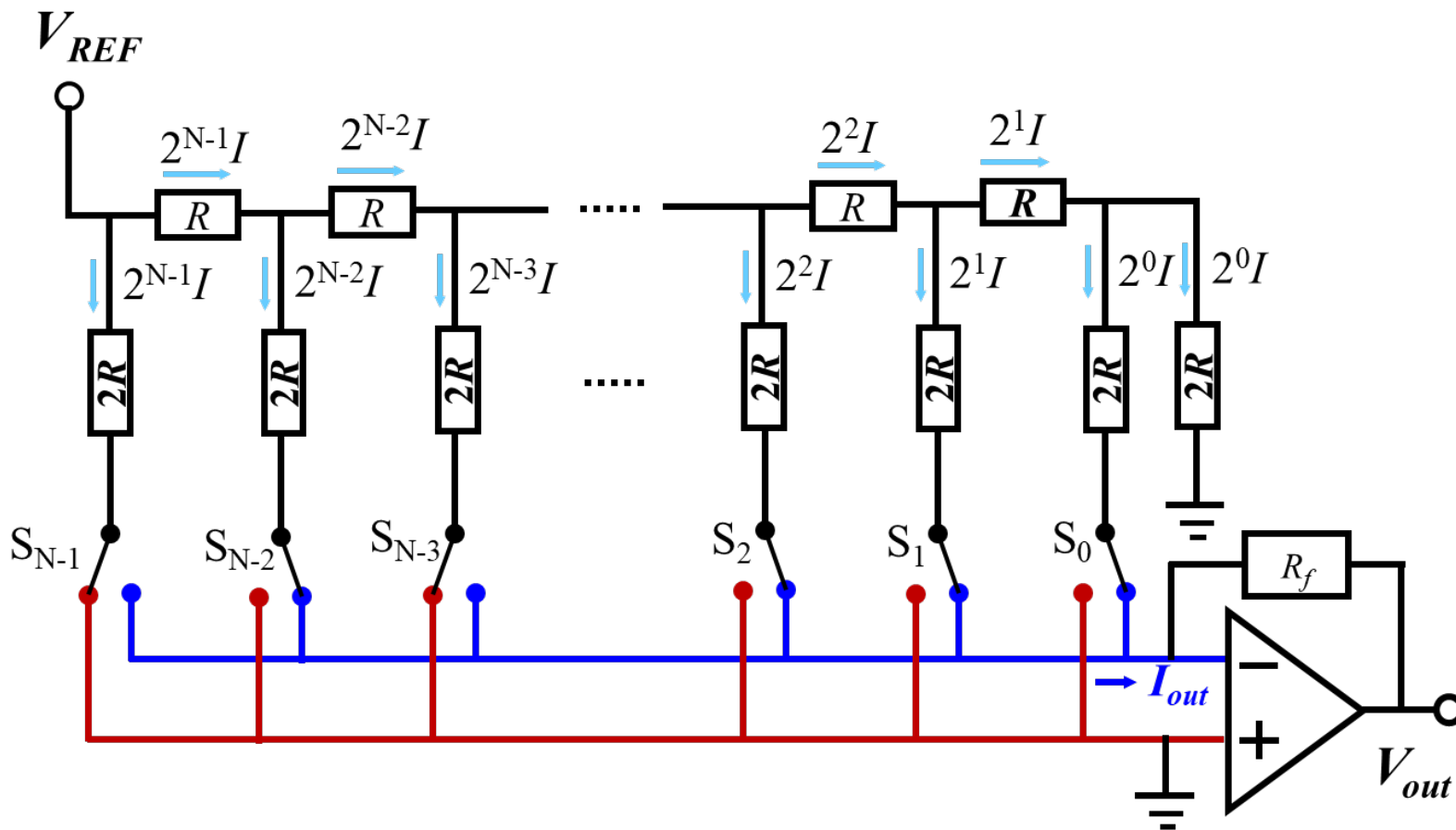
◆ 模拟保持：一个通路一个D / A转换器

- 分时工作，影响通道速度
- 成本低，多用于速度要求不高的场合



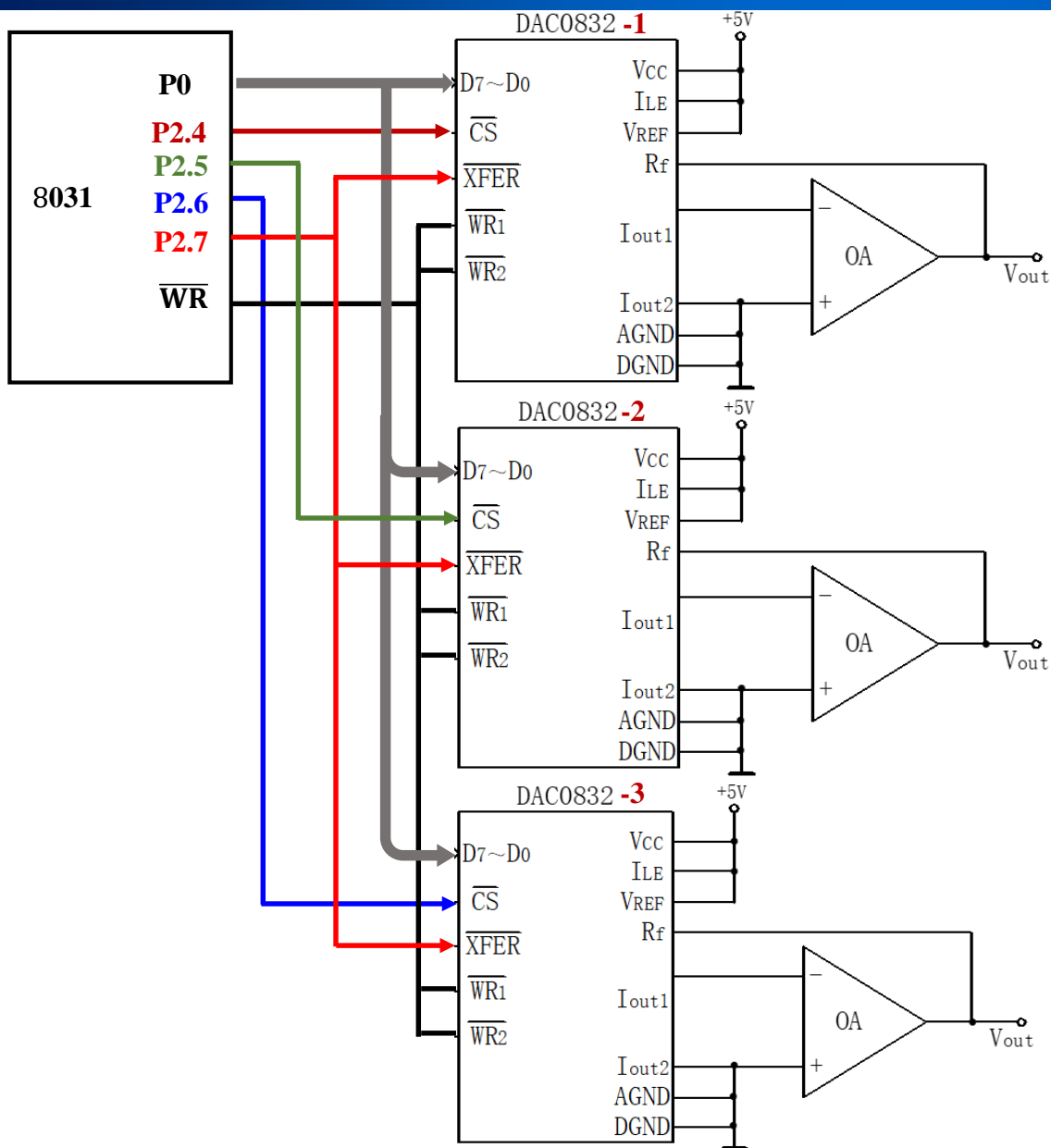
2.2 模拟量输出通道与接口

◆倒T型电阻解码网络



$$V_{out} = \frac{V_{REF}}{2^N} (D_{N-1} \cdot 2^{N-1} + D_{N-2} \cdot 2^{N-2} + \dots + D_0 \cdot 2^0) \quad (if : R = R_f)$$

2.2 模拟量输出通道与接口



• 写操作1: 数字量输入DAC-1

P2.4=1 → 0

地址: #EFFFH (1110, FFFH)

• 写操作2:

P2.5=1 → 0

地址: #DFFFH (1101, FFFH)

• 写操作3:

P2.6=1 → 0

地址: #BFFFH (1011, FFFH)

• 写操作4:

P2.7=1 → 0

地址: #7FFFH (0111, FFFH)

2.2 模拟量输出通道与接口

- 两次转换指令如下:

```
MOV    DPTR, #EFFFH    ; DAC-1输入寄存器地址
MOV    A, #data1      ; 读取数据1
MOVX   @DPTR, A        ; 数字量锁入DAC-1输入寄存器
```

```
MOV    DPTR, #DFFFH    ; DAC-2输入寄存器地址
MOV    A, #data2      ; 读取数据2
MOVX   @DPTR, A        ; 数字量锁入DAC-2输入寄存器
```

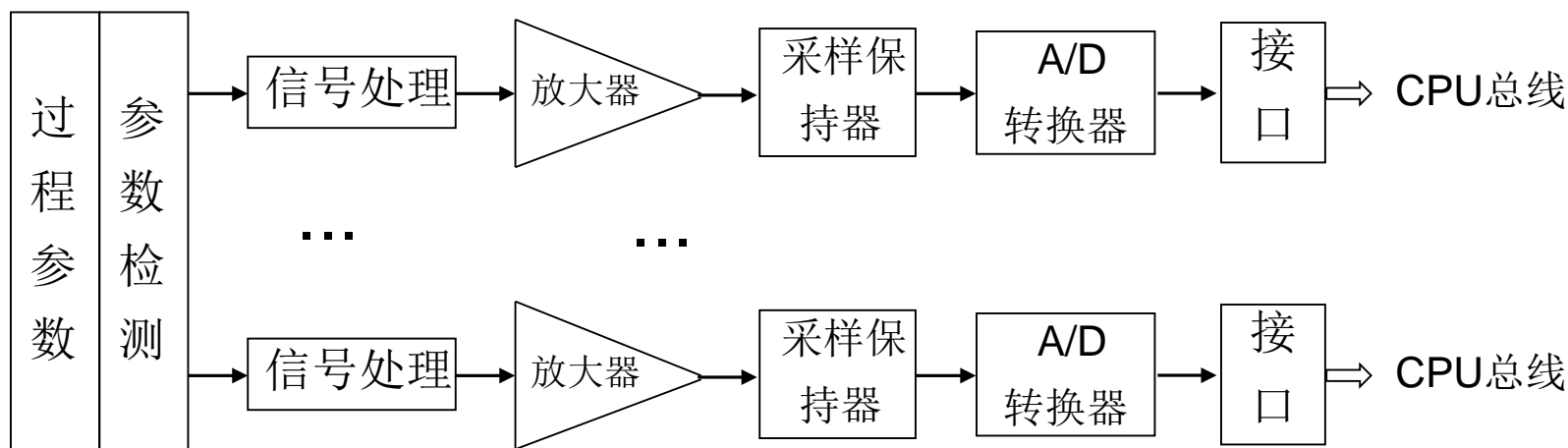
```
MOV    DPTR, #BFFFH    ; DAC-3输入寄存器地址
MOV    A, #data3      ; 读取数据3
MOVX   @DPTR, A        ; 数字量锁入DAC-3输入寄存器
```

```
MOV    DPTR, #7FFFH    ; DAC寄存器地址
MOVX   @DPTR, A        ; 执行D / A转换
SJMP   $
```

2.3 模拟量输入通道及接口

◆模拟量输入通道的结构形式

(1) 多路A/D通道并行

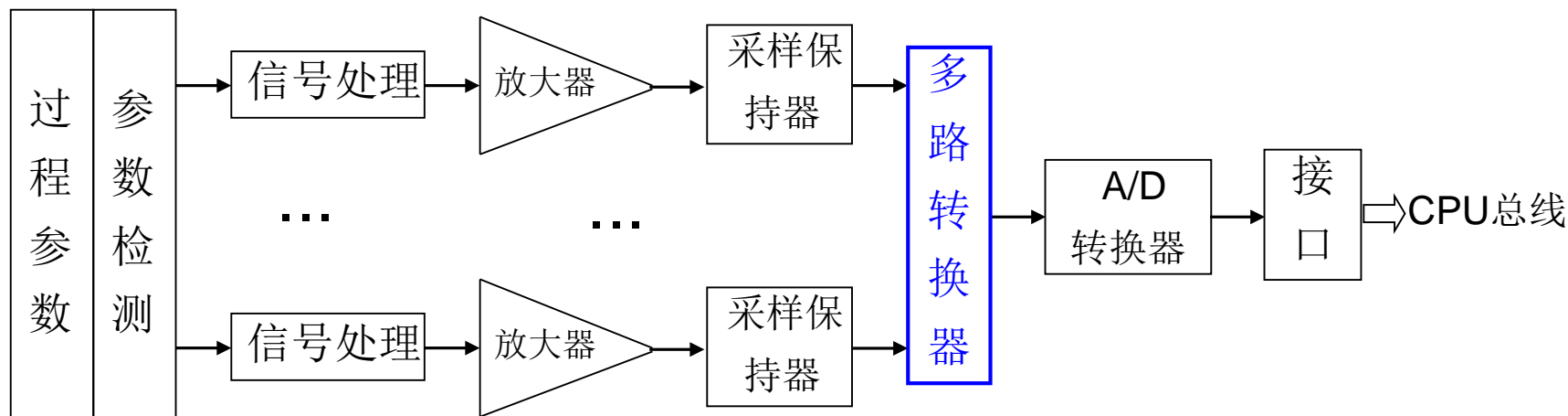


- 每个信号源有各自**独立的模入通道**
- 转换速度快，可**同时采样和同时转换**
- 适用于同步高速数据采集、同步转换的控制系统
- 使用较多的采样保持器和A/D转换器，**成本较高**

2.3 模拟量输入通道及接口

◆模拟量输入通道的结构形式

(2) 多路同时采样、分时转换模入通道

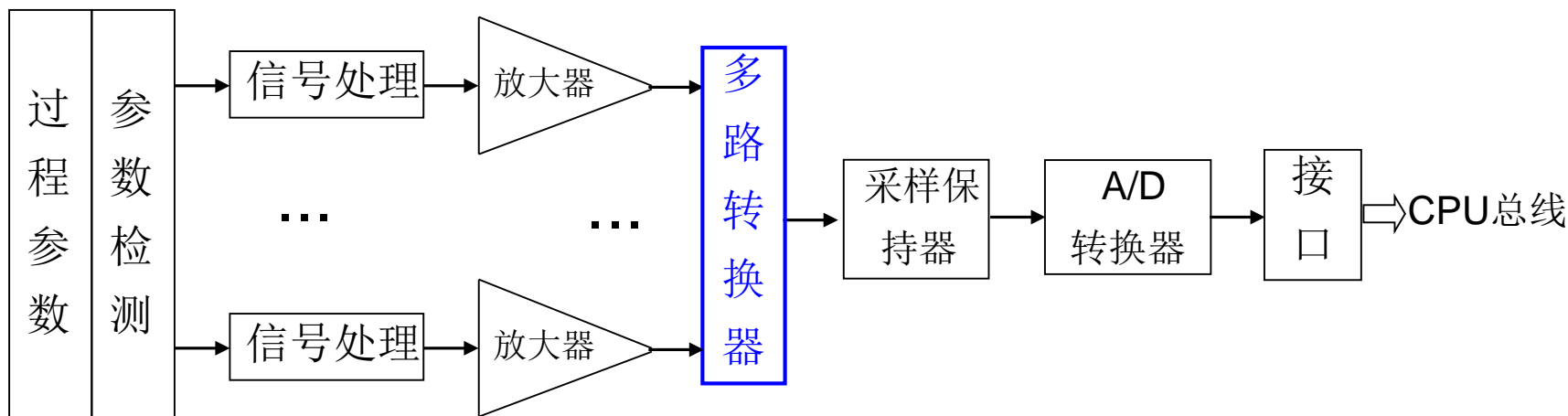


- 各模入通道**共用A/D转换**
- **同时采样、分时转换**
- 速度较慢，多路开关增加误差
- 集成芯片 有ADC0808/0809(8位)，ADS7864(12位)

2.3 模拟量输入通道及接口

◆模拟量输入通道的结构形式

(3) 多路分时采样、分时转换模入通道



- 各模入通道**共用采样保持器和A/D转换**
- **分时采样和转换**
- 节省硬件资源，成本低
- **速度慢**

2.3 模拟量输入通道及接口

◆CD4051 (双向、单端、8路)

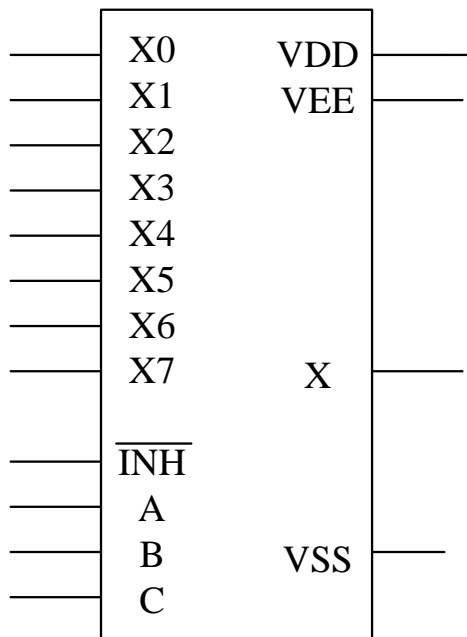
VEE: 负电源

VSS: 地端

VDD: 正电源

X: 输出/输入公共端。

C, B, A: 地址信号



INH: 为允许 / 禁止输出控制端。

为 “1”时, 前后级通道断开;

为 “0”时, 正常选通。

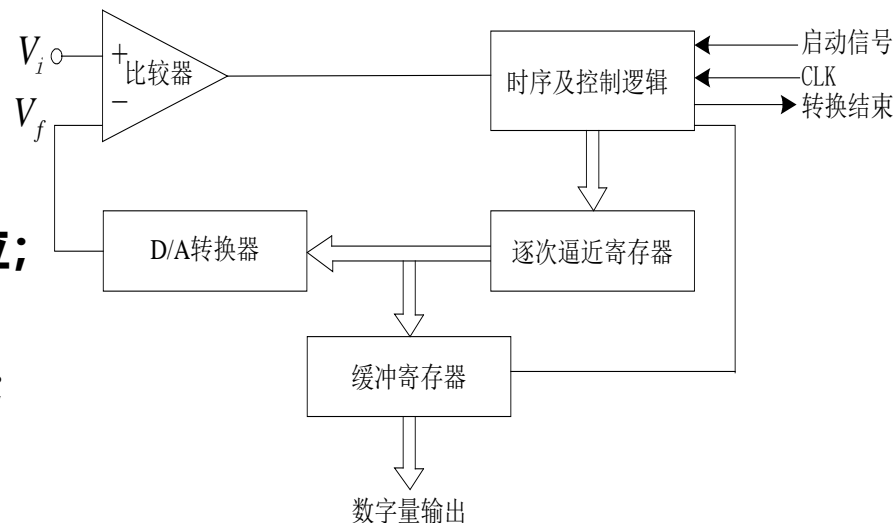
INH	C	B	A	与X相连的信号
0	0	0	0	X0
0	0	0	1	X1
0	0	1	0	X2
0	0	1	1	X3
0	1	0	0	X4
0	1	0	1	X5
0	1	1	0	X6
0	1	1	1	X7
1	x	x	x	无

2.3 模拟量输入通道及接口

■ 逐位逼近式A/D转换器工作原理

转换过程（二分搜索法）：

- (1) 微机发‘启动’信号，清除寄存器各位；
- (2) 由控制逻辑将SAR寄存器的最高位置1；
- (3) D/A转换器将 1000 0000 转成 V_f ；
- (4) 比较器比较 V_i 和 V_f ：若 $V_i \geq V_f$ ，比较器输出1，说明前步置1正确，予以保留；若 $V_i < V_f$ ，比较器输出0，说明前步置1不正确，清除之；
- (5) 置次高位为1，重复（3）、（4）步，直到SAR所有寄存器位处理完。
- (6) 控制逻辑发‘转换结束’信号，通知CPU，可以读取数据。



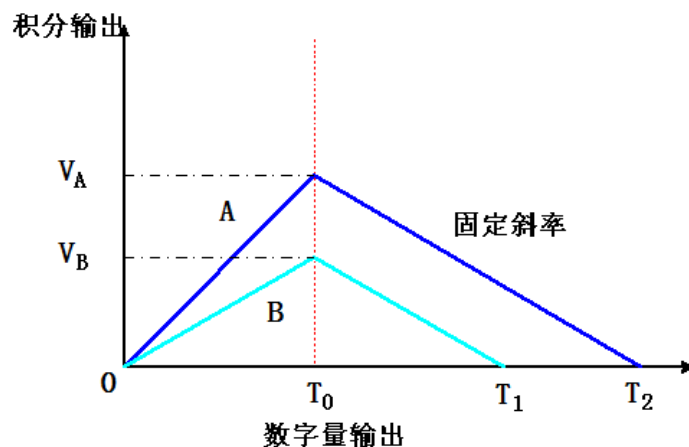
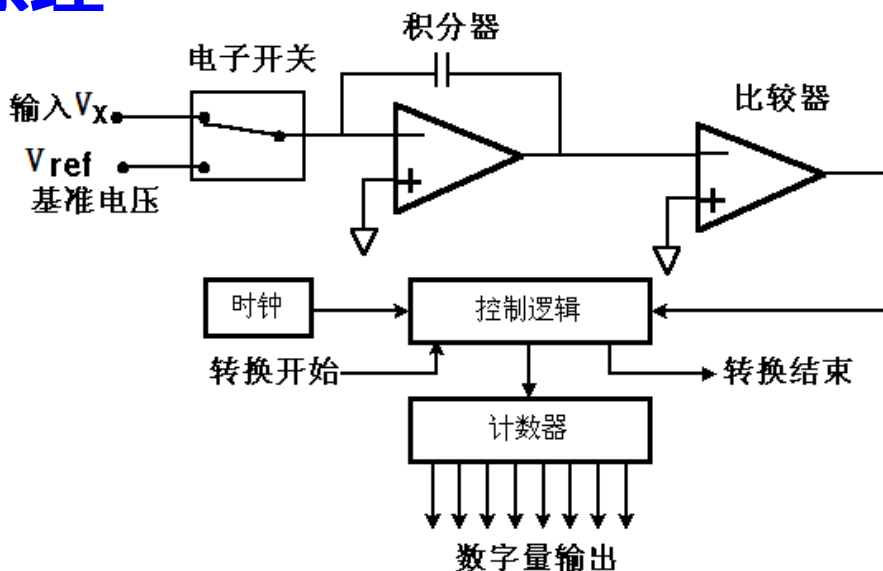
2.3 模拟量输入通道及接口

■双积分式A/D转换器工作原理

- 采用间接测量原理，将被测电压转换成时间常数 T 。
- 一次转换需要2次积分，故称**双积分**。

- A/D转换过程：

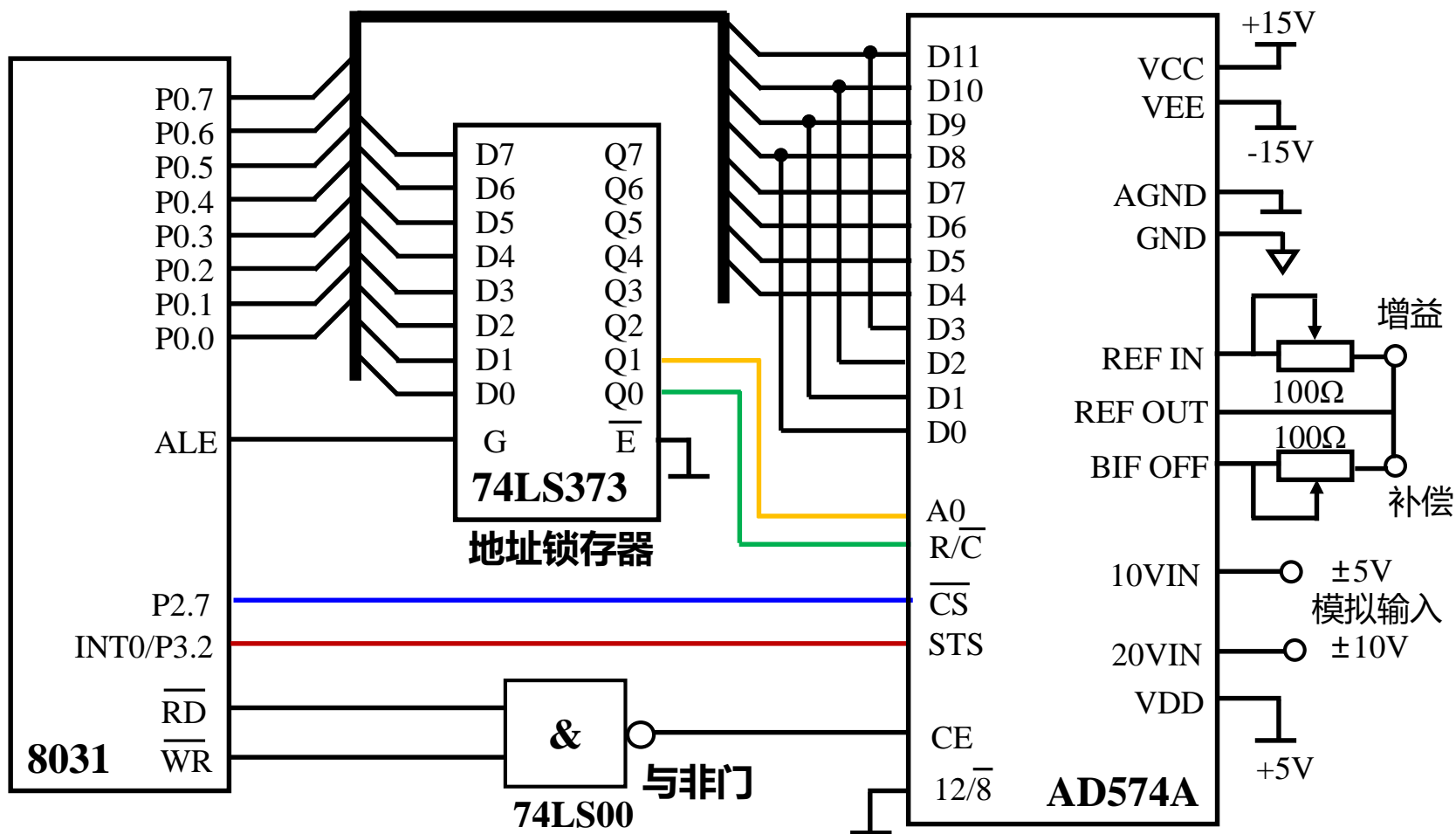
- ① 对被测输入电压 V_x 进行固定时间 T_0 的**正向积分**。
- ② 控制逻辑将电子开关接参考电压进行**反向积分**，直至反向积分输出返回到起始值。
- ③ 用高频标准时钟脉冲**测量反向积分时间 T** ，得到对应输入电压的数字量。



双积分式A/D转换器输出曲线

2.3 模拟量输入通道及接口

◆ AD574A与单片机的连接



启动地址: 0111 FF 1100

读高8位地址: 0111 FF 1101

读低4位地址: 0111 FF 1111

2.3 模拟量输入通道及接口

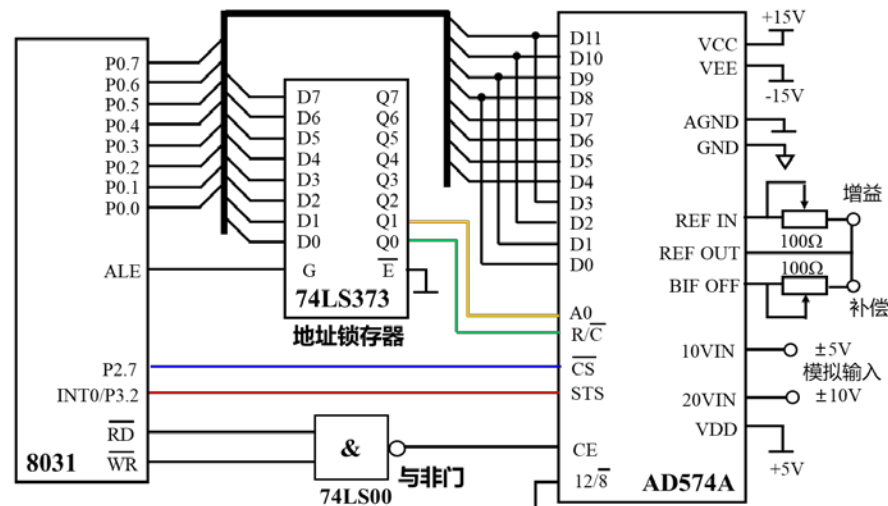
■ AD574A与单片机的连接-查询

启动地址: 0111 FF 1100 (7FFCH)

读高8位地址: 0111 FF 1101 (7FFDH)

读低4位地址: 0111 FF 1111 (7FFFH)

```
MOV DPTR, #7FFCH ; A/D启动地址
MOVX @DPTR, A      ;启动A/D转换
JB P3.2, $          ;查询A/D转换是否结束
MOV R1, #40H        ;高8位结果存放地址
MOV DPTR, #7FFDH    ;读高8位地址
MOVX A, @DPTR       ;读取高8位
MOV @R1, A          ;存高8位
MOV DPTR, #7FFFH    ;读低4位地址
INC R1              ;低4位结果存放地址41H
MOVX A, @DPTR       ;读取低4位
MOV @R1, A          ;存低4位
```



2.3 模拟量输入通道及接口

■ AD574A与单片机的连接-中断

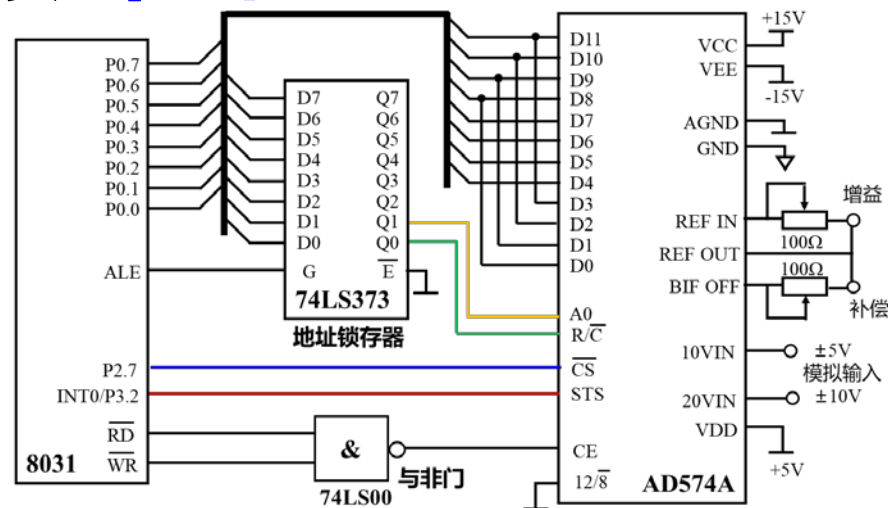
启动地址: 0111 FF 1100 (7FFCH)

读高8位地址: 0111 FF 1101 (7FFDH)

读低4位地址: 0111 FF 1111 (7FFFH)

```
ORG    0000H
AJMP   MAIN
ORG    0003H
LJMP   PINT0    ;转至中断服务程序
ORG    0300H
```

```
MAIN:  SETB   IT0           ;置INT0边沿触发
        SETB   EX0         ;开放外部中断0
        SETB   EA         ;CPU开中断
        MOV    DPTR, #7FFCH ;A/D启动地址
        MOVX   @DPTR, A    ;启动A/D转换
        SJMP   $
```



2.3 模拟量输入通道及接口

■ AD574A与单片机的连接-中断

启动地址: 0111 FF 1100 (7FFCH)

读高8位地址: 0111 FF 1101 (7FFDH)

读低4位地址: 0111 FF 1111 (7FFFH)

• 中断服务子程序:

PINT0: PUSH PSW ; 保护现场

PUSH ACC

PUSH DPL

PUSH DPH

MOV R1, #40H

;高8位结果存放地址

MOV DPTR, #7FFDH

;读高8位地址

MOVB A, @DPTR

;读取高8位

MOV @R1, A

;存高8位

MOV DPTR, #7FFFH

;读低4位地址

INC R1

;低4位结果存放地址

MOVB A, @DPTR

;读取低4位

MOV @R1, A

;存低4位

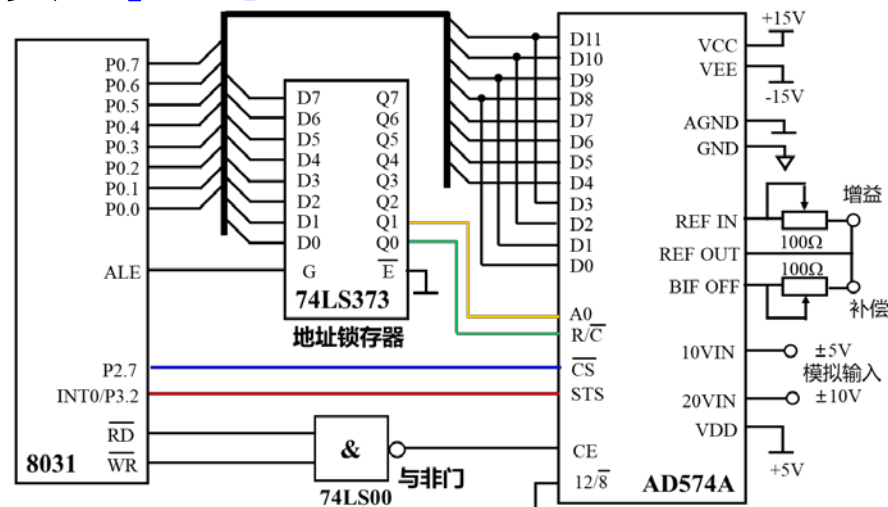
POP DPH

POP DPL

POP ACC

POP PSW

RETI ;返回主程序



第3章 抗干扰技术

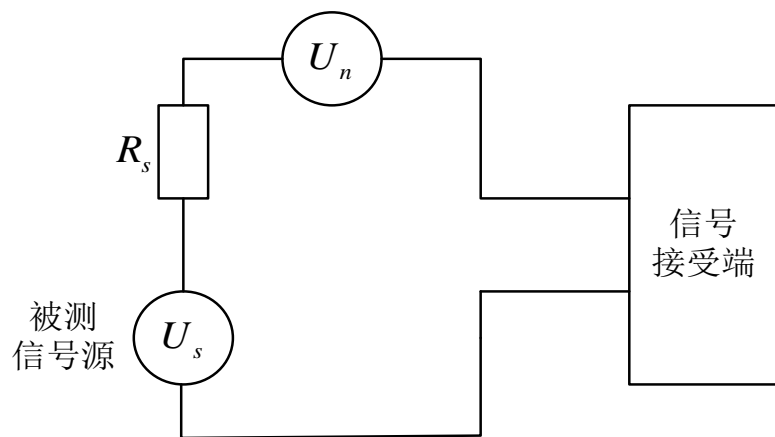
3.1 干扰分类

串模干扰、共模干扰

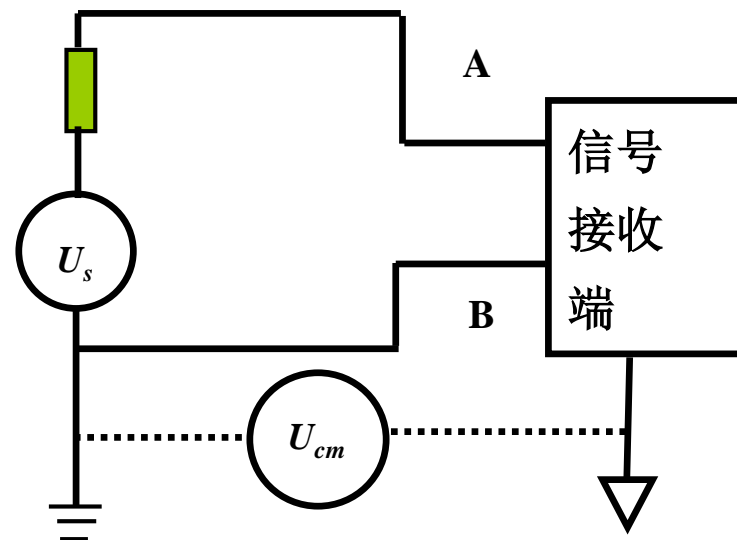
3.2 干扰抑制

串模干扰的抑制方法、共模干扰的抑制

3.1 干扰分类



串模干扰示意图



共模干扰示意图

3.2 干扰抑制

■抗干扰的主要措施

(1) 消除或抑制干扰源

- 不论干扰源是内部干扰还是外部干扰，消除和抑制干扰源是行之有效的抗干扰措施之一。
- 选择热噪声小的元器件、把产生干扰的大功率设备移开、避免信号电缆与电源电缆平行敷设、在各种强电触点开关上采取消弧措施等等。
- 干扰源总是不能消除干净的，还必须采取其它措施。

(2) 切断引入干扰的途径

- 提高绝缘性能，消除或抑制漏电阻
- 正确的接地技术；
- 隔离技术，切断信号传输中电的联系
- 屏蔽、浮置技术，防止电磁干扰；
- 滤波技术，阻止干扰信号进入系统。

(3) 提高设备本身抗干扰的性能

- 使用高质量元器件
- 优化设计线路板

3.2 干扰抑制

■串模干扰的抑制

- (1) 滤波技术
- (2) 使用屏蔽双绞线
- (3) 使用双积分式A/D转换器
- (4) 选用高抗干扰性的元器件
- (5) 供电技术与阻抗匹配技术

■共模干扰的抑制

- (1) 差动输入, 有效地提高抑制共模干扰的能力
- (2) 隔离技术: 变压器隔离、光电隔离
- (3) 浮地屏蔽

第4章 计算机控制系统的基本控制策略

4.2 离散系统的模拟化设计

前向差分法、后向差分法、双线性变化法

4.3 数字PID控制算法

4.3.1 数字PID控制基本算法

4.3.2 数字PID控制改进算法

4.4 直接数字设计方法

最少拍系统的设计

4.5 复杂计算机控制系统设计方法

4.5.1 smith预估控制

4.5.2 串级控制

4.5.3 前馈控制

4.2 离散系统的模拟化设计方法

后向 差分法	$D(z) = D(s) \left _{s=\frac{1-z^{-1}}{T}}\right.$	左到小圆	$D(s)$ 稳定, $D(z)$ 一定稳定, 等效精度差, K 不变
前向 差分法	$D(z) = D(s) \left _{s=\frac{z-1}{T}}\right.$	圆到圆	$D(s)$ 稳定, $D(z)$ 可能不稳 定,等效精度差, K 不变
双线性 变换法	$D(z) = D(s) \left _{s=\frac{2}{T} \cdot \frac{1-Z^{-1}}{1+Z^{-1}}}\right.$	左到单位圆	$D(s)$ 稳定, $D(z)$ 也稳定, 低频特性保持好,高频失 真,无混频现象, K 不变
脉冲响应 变换法	$D(z) = K \cdot Z[D(s)]$	左到单位圆 (有重复)	脉冲响应采样值相同, 易生频混, K 改变
阶跃响应 不变法	$D(z) = Z\left[\frac{1-e^{-Ts}}{s} D(s)\right]$	左到单位圆 (有重复)	阶跃响应采样值相同, 稳态增益 K 改变
零极点 匹配法	$D(z) = K \cdot D(s) \left _{(S+a) \rightarrow (z-e^{-aT})}\right.$	左到单位圆	z 与 s 域零极点位置一一 对应, 补充 $z=-1$ 零点可 避免频混, K 改变

4.3 数字PID控制算法

◆离散化

- **PID控制器:** $u(t) = K_p \cdot e(t) + \frac{K_p}{T_i} \cdot \int_0^t e(t) dt + K_p \cdot T_d \cdot \frac{de(t)}{dt}$
- **拉式变换:** $U(s) = K_p \cdot E(s) + \frac{K_p}{T_i} \cdot \frac{E(s)}{s} + K_p \cdot T_d \cdot s \cdot E(s)$
- **传递函数:** $D(s) = \frac{u(s)}{E(s)} = K_p + \frac{K_p}{T_i} \cdot \frac{1}{s} + K_p \cdot T_d \cdot s$
- **通用数字式PID控制算式**

$$\begin{aligned} u(k) = & u(k-1) \\ & + K_p \{e(k) - e(k-1)\} \\ & + K_I e(k) \\ & + K_D \{e(k) - 2e(k-1) + e(k-2)\} \end{aligned}$$

$K_I = K_p T / T_i$: 积分系数
 $K_D = K_p T_d / T$: 微分系数
 T : 采样周期

4.3 数字PID控制算法

◆离散化

- 位置式PID控制算式

$$u(k) = K_p e(k) + K_I \sum_{j=0}^k e(j) + K_D [e(k) - e(k-1)]$$

- 增量式PID控制算式

$$\Delta u(k) = u(k) - u(k-1)$$

$$= K_p [e(k) - e(k-1)] + K_I e(k) + K_D [e(k) - 2e(k-1) + e(k-2)]$$

4.3 数字PID控制算法

◆PID算法改进（为什么要改进）

◆微分算法的改进

- 1、实际微分PID算法
- 2、带一阶滤波器的PID控制
- 3、微分先行PID控制算法
- 4、四点中心差分算法改进微分作用

◆积分算法的改进

- 1、积分分离
- 2、变速积分
- 3、超限削弱积分法
- 4、防止积分整量化误差

◆带死区的PID控制

◆可变增益PID控制

◆时间最优PID控制

4.3 数字PID控制算法

◆PID算法改进

◆微分算法的改进

- 1、实际微分PID算法
- 2、带一阶滤波器的PID控制
- 3、微分先行PID控制算法
- 4、四点中心差分算法改进微分作用

◆积分算法的改进

- 1、积分分离
- 2、变速积分
- 3、超限削弱积分法
- 4、防止积分整量化误差

◆带死区的PID控制

◆可变增益PID控制

◆时间最优PID控制

4.4 直接数字设计方法

典型输入最少拍系统闭环特性的选择

闭环特性	零稳态误差	物理可实现	稳定性	无波纹
$\phi(z)$		z^{-l}	$\prod_i (1 - z_i z^{-1}), z_i \geq 1$	$\prod_i (1 - z_i z^{-1}), z_i < 1$
$\phi_e(z)$	$(1 - z^{-1})^N$		$\prod_j (1 - p_j z^{-1}), p_j \geq 1$	

最少拍无差控制器

- 简单
- 本身缺陷多
- $E(z)$

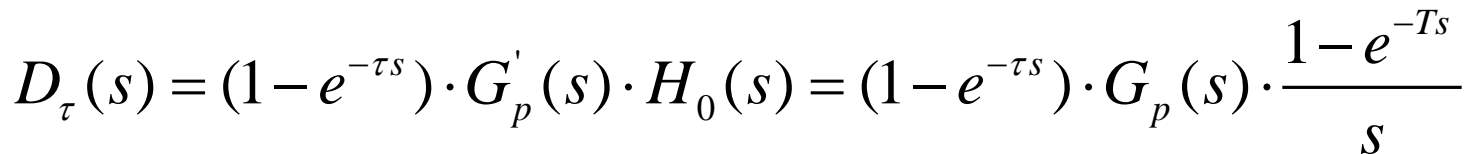
最少拍有纹波控制器

- 控制器可实现
- 系统稳定
- 控制器输出不稳定
- $E(z)$ 、 $D(z)$

最少拍无纹波控制器

- 控制器可实现
- 系统稳定
- 控制器输出稳定
- $E(z)$ 、 $D(z)$ 、 $U(z)$

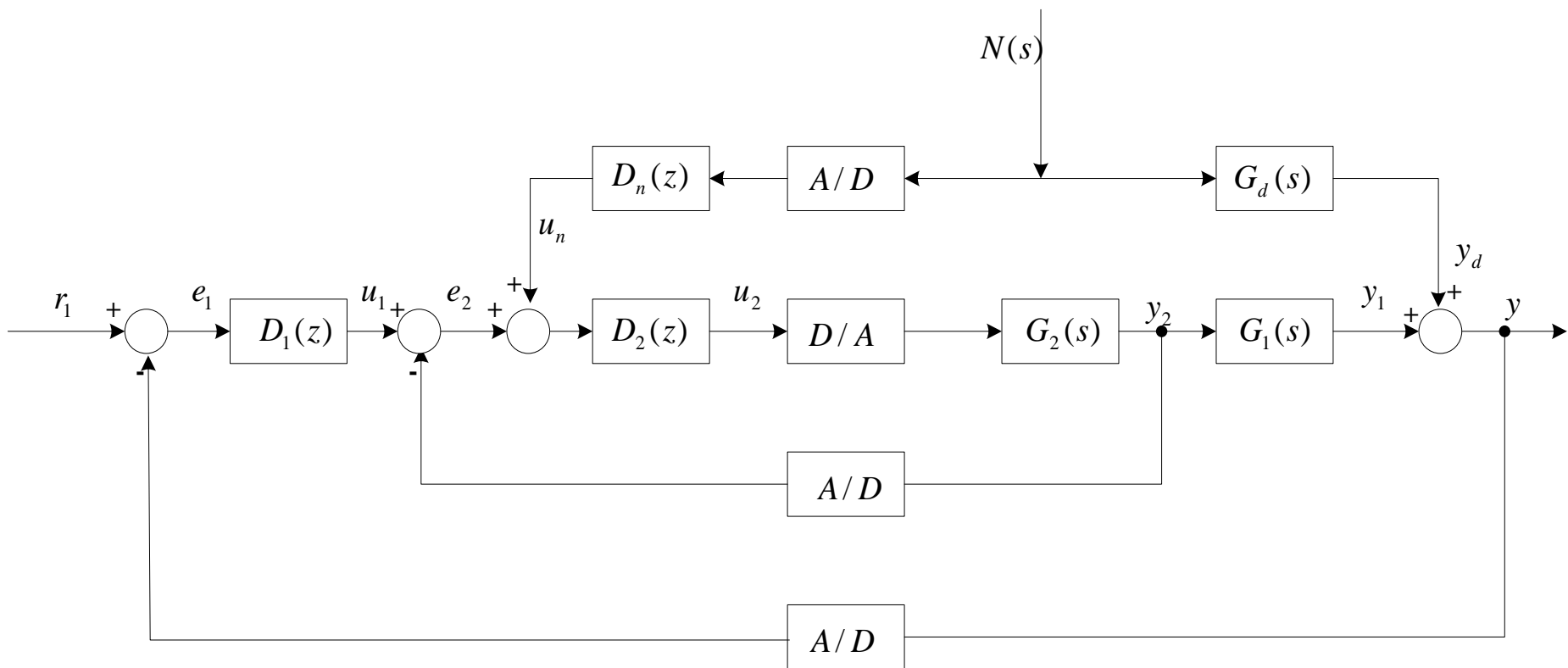
◆Smith预估器:



$$D_\tau(z) = \textcolor{blue}{Z}[D_\tau(s)] = \frac{Q(z)}{C_m(z)} \cdot \frac{C_m(z)}{u(z)}$$

4.5 复杂计算机控制系统设计方法

◆前馈-串级控制系统



考试题型

1. 问答题

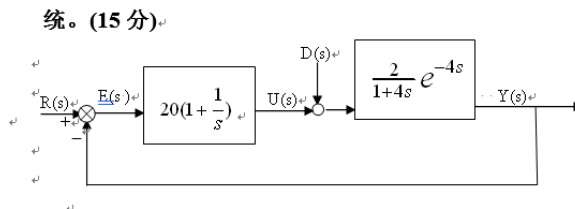
火电机组控制系统中的SCS、DEH、FSSS是什么系统？各自实现的功能是什么？

2. 简述题

为什么大滞后过程很难控制？画出过程计算机应用的Smith预估控制方框图，简述Smith预估控制的基本思想。

3. 大题

五、→ 在下图所示控制方案的基础上，设计一个 Smith 预估控制系统。(15 分)



1. 画出过程计算机应用的 Smith 预估控制方框图，并分析其滞后补偿原理

(考虑扰动信号 $D(s)$ 的影响)。(5 分)

2. 推导出 Smith 预估器 $\hat{D}(z)$ 。采样周期 $T=1$ 秒 (4 分)

3. 写出计算 $U(k)$ 的差分方程。(3 分)

4. 给出 Smith 预估控制算法实现的步骤。(3 分)

附：z 变换表

$$\begin{aligned} Z\left(\frac{1}{s}\right) &= \frac{z}{z-1}, Z\left(\frac{1}{s^2}\right) = \frac{Tz}{(z-1)^2}, Z\left(\frac{1}{s+a}\right) = \frac{z}{z-e^{-aT}} \\ Z\left(\frac{a}{s(s+a)}\right) &= \frac{(1-e^{-aT})z}{(z-1)(z-e^{-aT})}, Z\left(\frac{a}{s^2(s+a)}\right) = \frac{Tz}{(z-1)^2} - \frac{(1-e^{-aT})z}{a(z-1)(z-e^{-aT})} \end{aligned}$$