



第8章 常用接口技术b





8.1 DMA技术





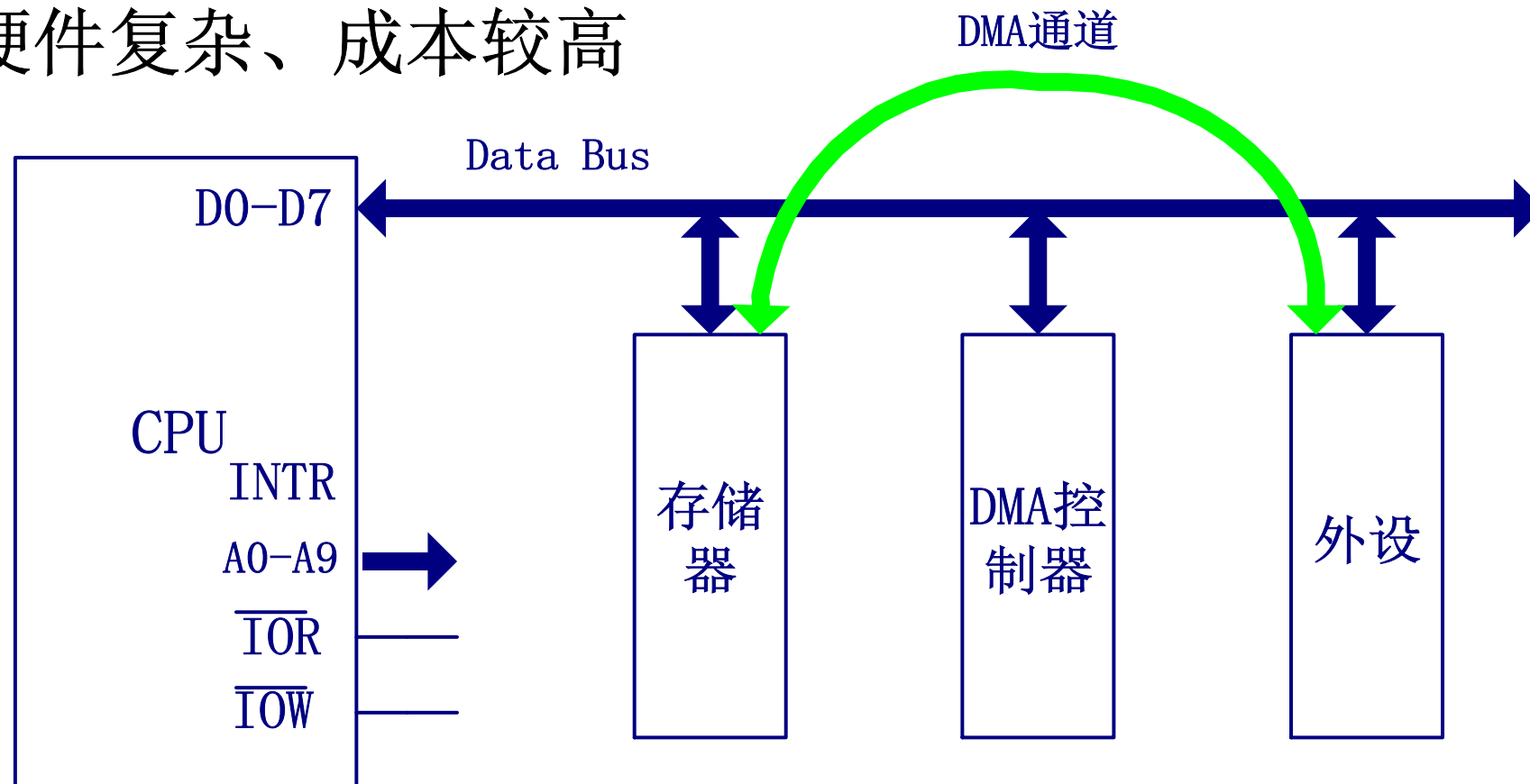
8.1.1 DMA传输过程





DMA传送特点

- 在存储器和外设或外设和外设之间建立直接传输通路，**无需CPU的累加器中转**。
- 适合高速大批量数据传送的地方
- 硬件复杂、成本较高





DMA传送过程（1）

DMA传送过程分为四个阶段

1. 申请阶段

DMA控制器收到**DMA**传送请求后，向**CPU**发出总线请求信号，申请占用总线

2. 响应阶段

CPU在每一个**总线周期**结束后检测是否有总线请求信号，如果有且总线锁定信号**LOCK**无效时，将三总线“高阻”，并回送总线应答信号，表示已让出总线





DMA传送过程（2）

3. 数据传送阶段

DMA控制器收到总线应答信号后，回发**DMA**请求应答信号。**DMA**控制器**占用总线**，分别向存储器和外设发出读/写控制信号，完成**数据传送**操作

4. 传送结束阶段

在规定字节传送完后，**DMA**控制器通知外设，外设收到此信号后，使**DMA**请求信号变为无效，进而导致总线请求信号变为无效，**DMA**控制器**释放总线**，**CPU**重新占用总线。**DMA**传送结束





DMA数据传送方式

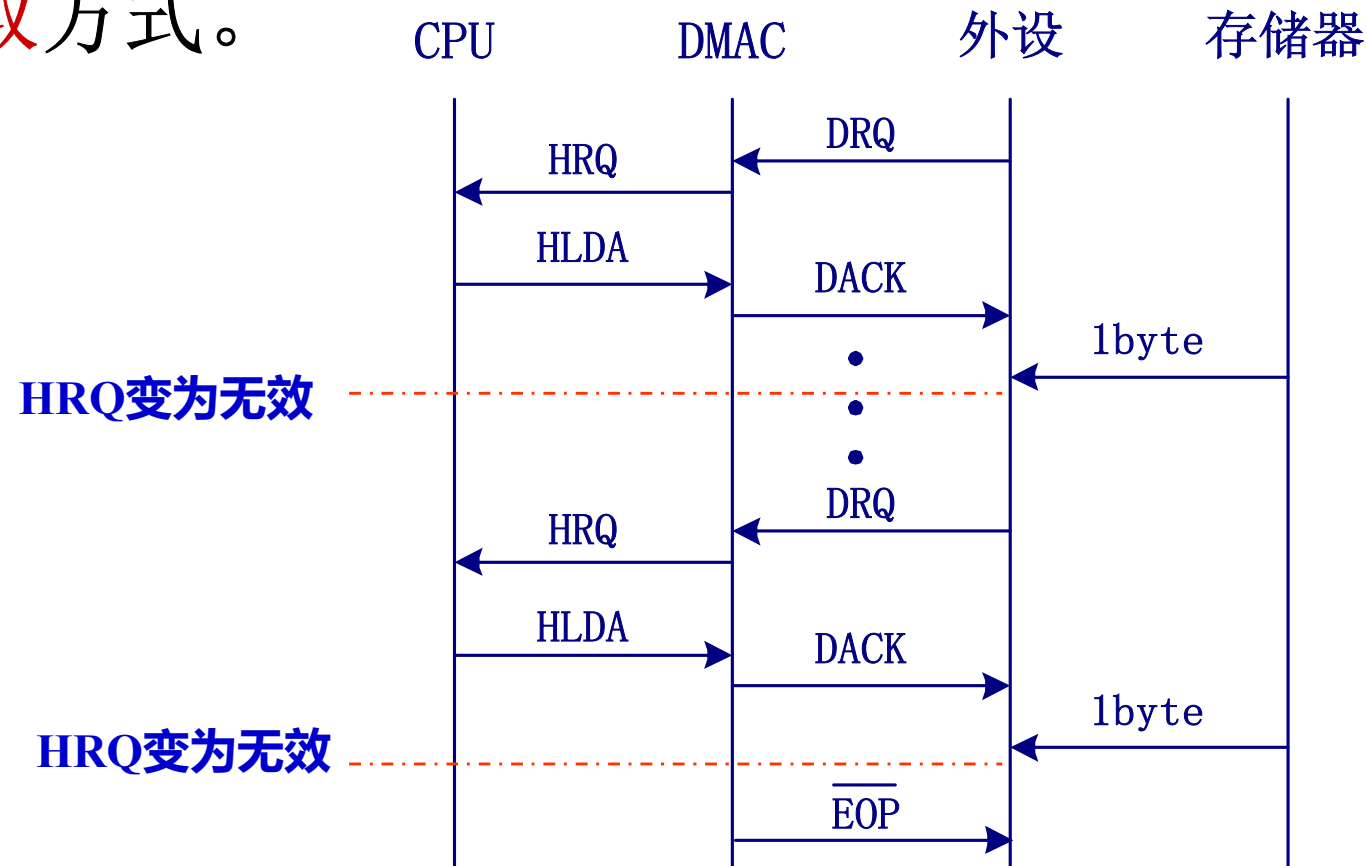
- 单字节方式
- 连续方式（块传送方式）
- 请求方式





单字节方式

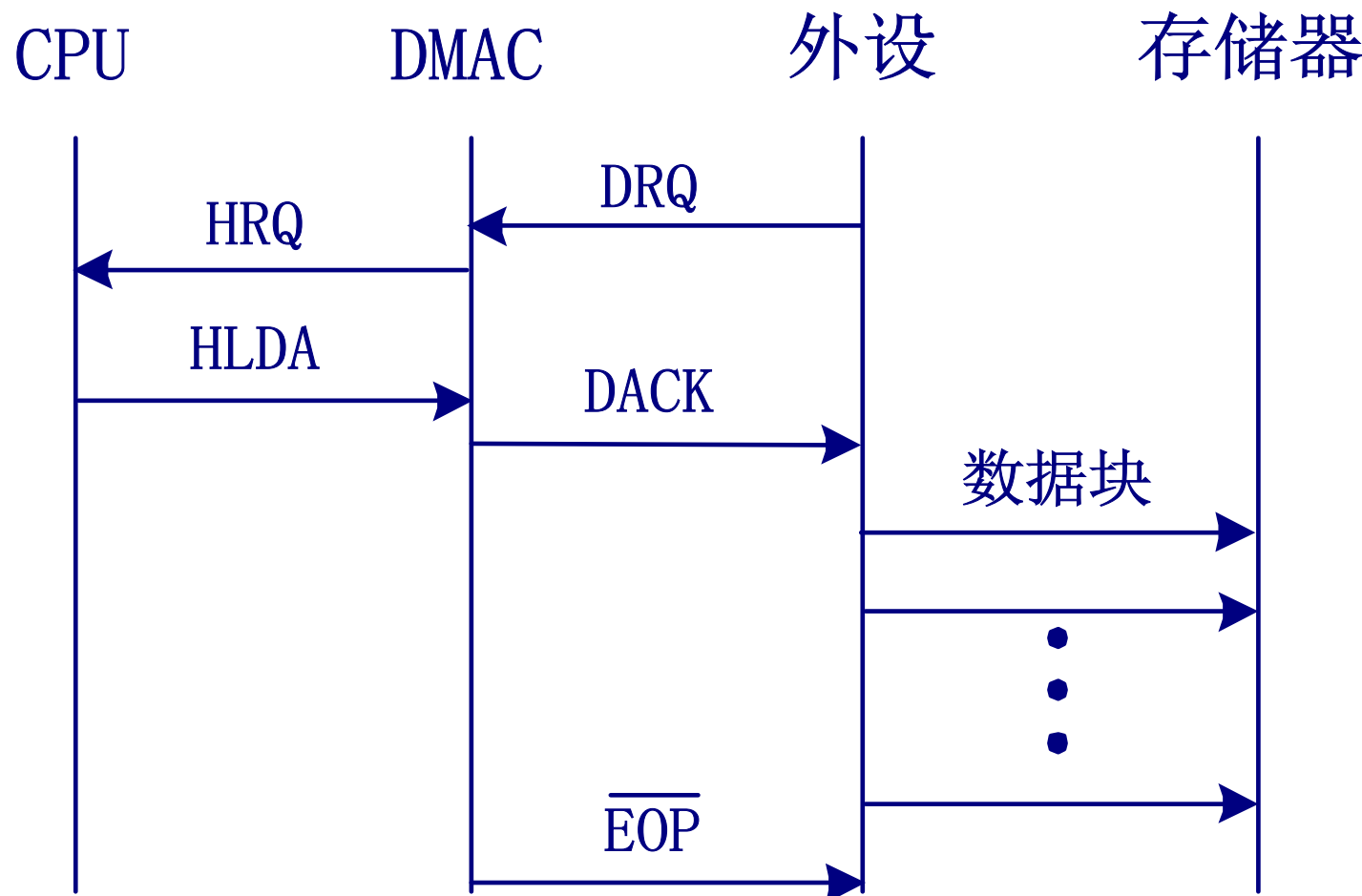
- 每传完一个字节，**DMAC**的总线请求信号**HRQ**变为无效，交出总线控制权，等待下一次**DMA**传送请求。由于每次只占用一个总线周期，也称为**总线周期窃取**方式。





连续传送方式

- 一旦**DMA**传送开始，一直要把整个数据块传送完毕才释放总线。传送过程中，屏蔽别的**DMA**操作。





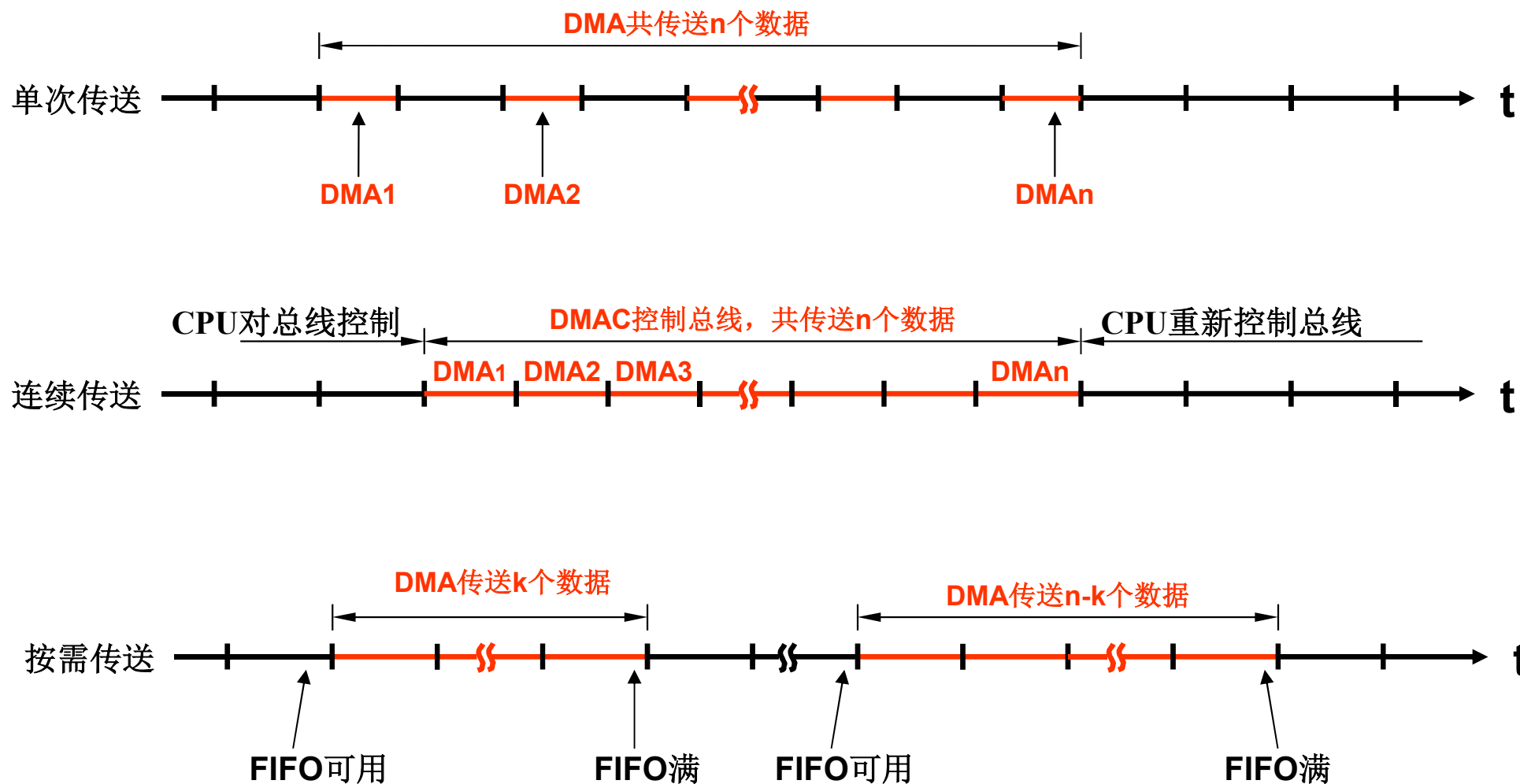
请求传送方式

- 收到**DMA**请求后，**DMA**控制器发出**DREQ**信号，申请总线传送一个字节，然后检测**DREQ**信号是否有效；若有效，继续传送；若无效，停止传送，释放总线（此时可让更高优先级的**DMA**通道进行传输）；当字节计数为**0**或 **\overline{EOP}** 信号变为有效时，**DMA**传送过程结束。该方式与连续传送方式类似。





DMA传输方式示意图



图例: 一个总线周期





8.2 数/模、模/数转换





8.2.1 数字输入输出系统





模拟量与数字量

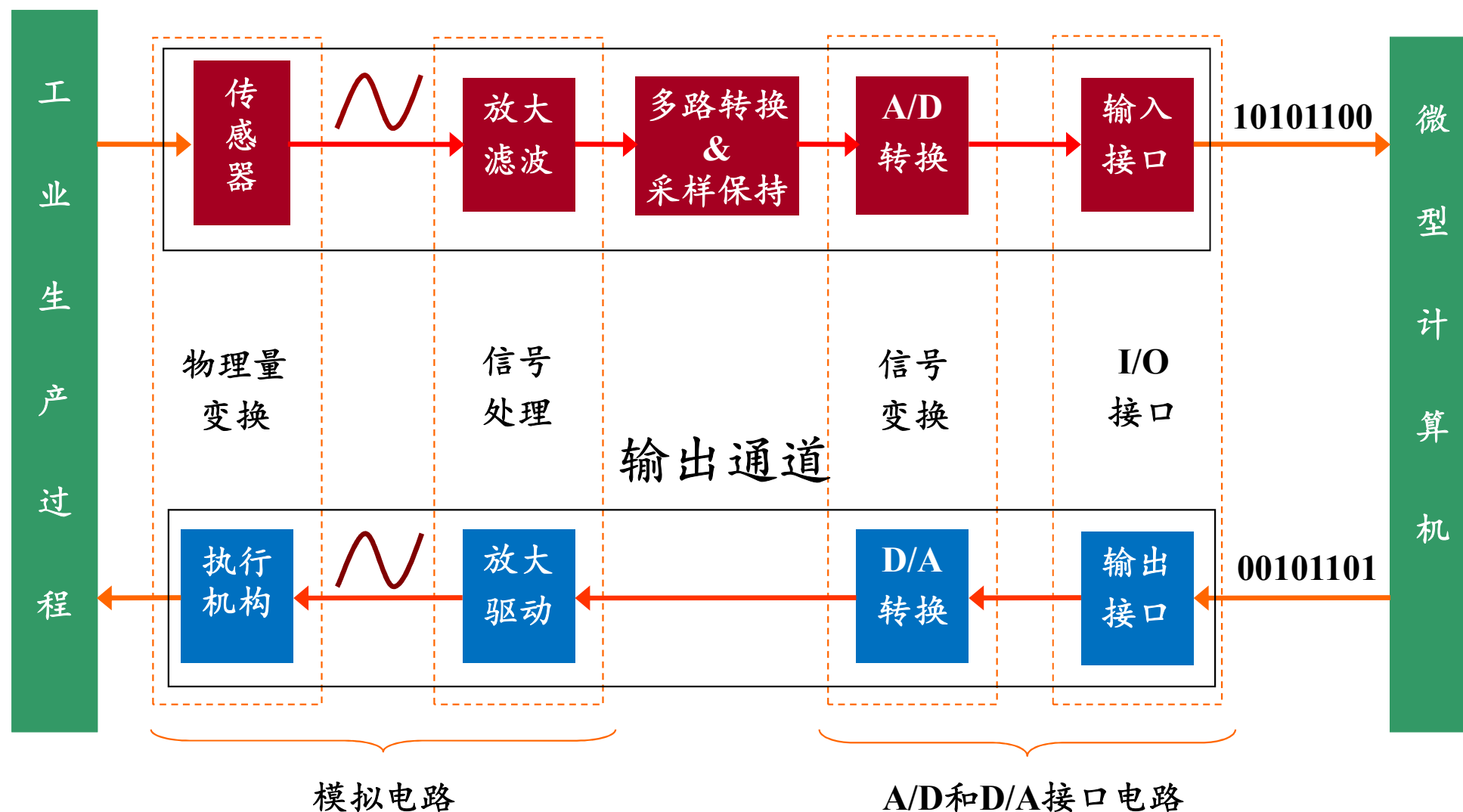
- 数字量—时间和数值上都离散的量
- 模拟量—连续变化的物理量
- 模拟量的输入通道：
 - ◆ 将工业现场的模拟信号或非电的物理信号转换为计算机的标准输入信号。称之为**数据采集**
- 模拟量的输出通道
 - ◆ 将计算机输出的数字信号转换为模拟量以驱动生产现场的执行机构。称之为**过程控制**





数据采集与过程控制

输入通道





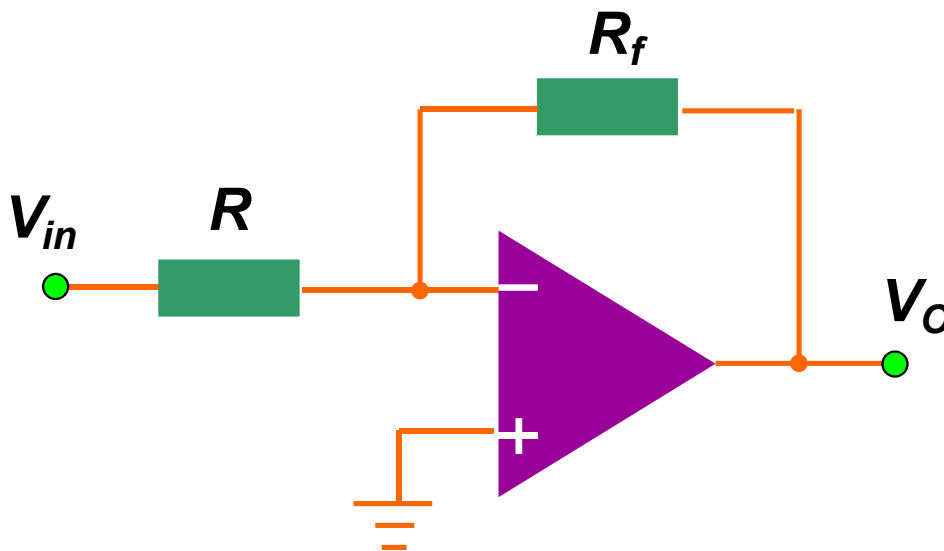
8.2.2 数/模转换器接口





重温：运算放大器

- 理想运放：放大倍数 ∞ ，内阻 ∞ ，
输出电压 V_O 与输入电压 V_{in} 的关系为：



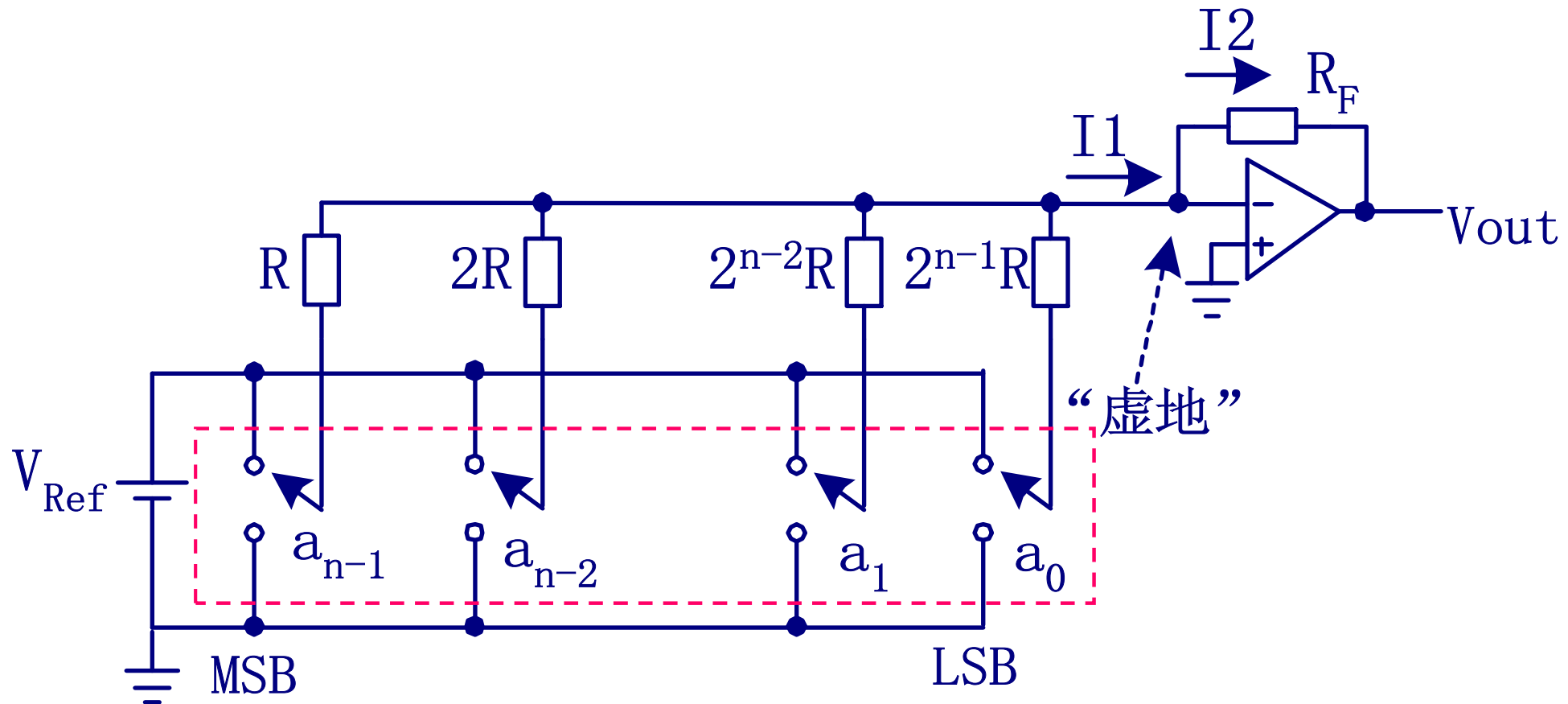
$$V_O = -\frac{R_f}{R} V_{in}$$





D/A转换原理 (1)

1. 二进制加权电阻网络



n 位D/A转换器





D/A转换原理 (2)

对于一个n位的二进制数 $a_{n-1} a_{n-2} \dots a_1 a_0$ ，其值为：

$$N = a_{n-1} 2^{n-1} + a_{n-2} 2^{n-2} + \dots + a_1 2^1 + a_0 2^0$$

$$I_1 = a_{n-1} V_{\text{ref}} / R + a_{n-2} V_{\text{ref}} / 2R + \dots + a_1 V_{\text{ref}} / 2^{n-2} R + a_0 V_{\text{ref}} / 2^{n-1} R$$

$$= V_{\text{ref}} (a_{n-1} 2^{n-1} + a_{n-2} 2^{n-2} + \dots + a_1 2^1 + a_0 2^0) / 2^{n-1} R$$

$$= V_{\text{ref}} N / 2^{n-1} R$$

可以看出，输出电流与数字输入值成正比





D/A转换原理 (3)

因为, $I_1 \approx I_2 = -V_{out}/R_F$

所以, $V_{out} = -R_F V_{ref} N / 2^{n-1} R$

缺点: 电阻阻值范围太宽, 不利于集成。

例: 12位D/A转换器:

MSB: $R=10K$

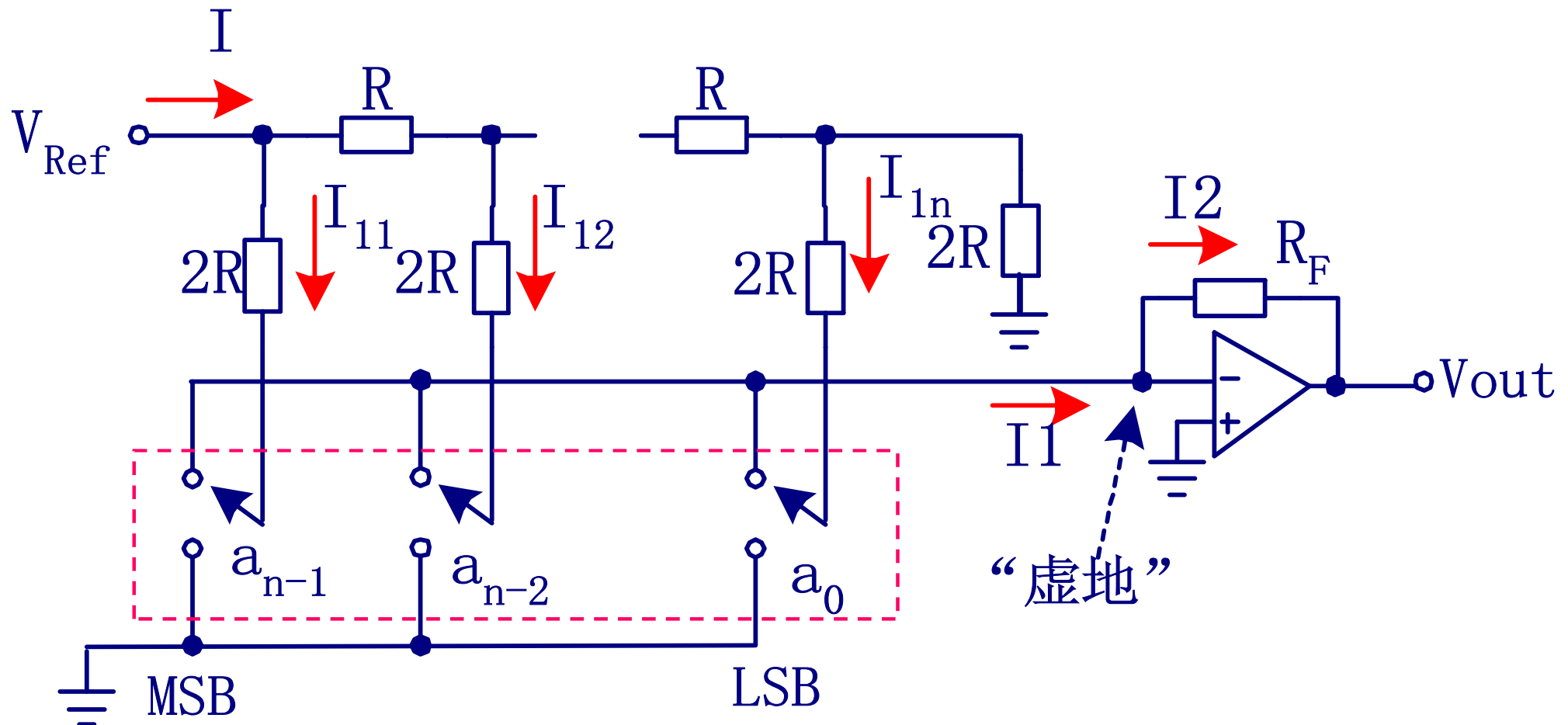
LSB: $R=2^{11}R=2048*10k$





D/A转换原理 (4)

2. R-2R电阻网络 (T型电阻网络)



n 位D/A转换器





D/A转换原理 (5)

$$I = V_{\text{Ref}} / R$$

$$I_{11} = I / 2 = V_{\text{Ref}} / 2R$$

$$I_{12} = I / 2^2 = V_{\text{Ref}} / 2^2 R$$

...

$$I_{1n} = I / 2^n = V_{\text{Ref}} / 2^n R$$

$$\begin{aligned} I_1 &= a_{n-1} I_{11} + a_{n-2} I_{12} + \dots + a_0 I_{1n} \\ &= (a_{n-1} / 2 + a_{n-2} / 2^2 + \dots + a_0 / 2^n) V_{\text{Ref}} / R \\ &= (a_{n-1} 2^{n-1} + a_{n-2} 2^{n-2} + \dots + a_1 2^1 + a_0 2^0) V_{\text{Ref}} / 2^n R \\ &= N V_{\text{Ref}} / 2^n R \end{aligned}$$





D/A转换原理 (6)

因为, $I_1 \approx I_2 = -V_{out}/R_F$

所以, $V_{out} = -R_F N V_{Ref} / 2^n R$

目前国内外生产的D/A集成芯片的核心部分大都是由该电阻网络加上MOS或TTL型电流开关构成。





D/A转换器的主要参数 (1)

■ 分辨率

描述对模拟量的分辨能力。常用二进制数字量的位数来表示。位数越多分辨率越高。

■ 最小位当量 (LSB)

在一定的量程上，一个二进制数的最低有效位所表示的模拟量大小。例：一个8位的DAC，满量程为5V

最小位当量为 $5000\text{mV} / 2^8 - 1 \approx 19.6 \text{ mV}$

■ 精度

指DAC实际输出电压与理想输出之间的误差。可以用转换器最大输出电压或满刻度的百分比表示。一般情况下，精度不大于最小数字量的 $\pm 1/2\text{LSB}$





D/A转换器的主要参数 (2)

■ 线性误差

D/A转换器输出与理想输出直线之间的偏差。

■ 建立时间

数字量输入到输出模拟量达到稳定所需的时间。

超高速: **$< 100\text{ns}$**

高 速: **$100\text{ ns} \sim 10\mu\text{s}$**

中 速: **$10\mu\text{s} \sim 100\mu\text{s}$**

低 速: **$> 100\mu\text{s}$**





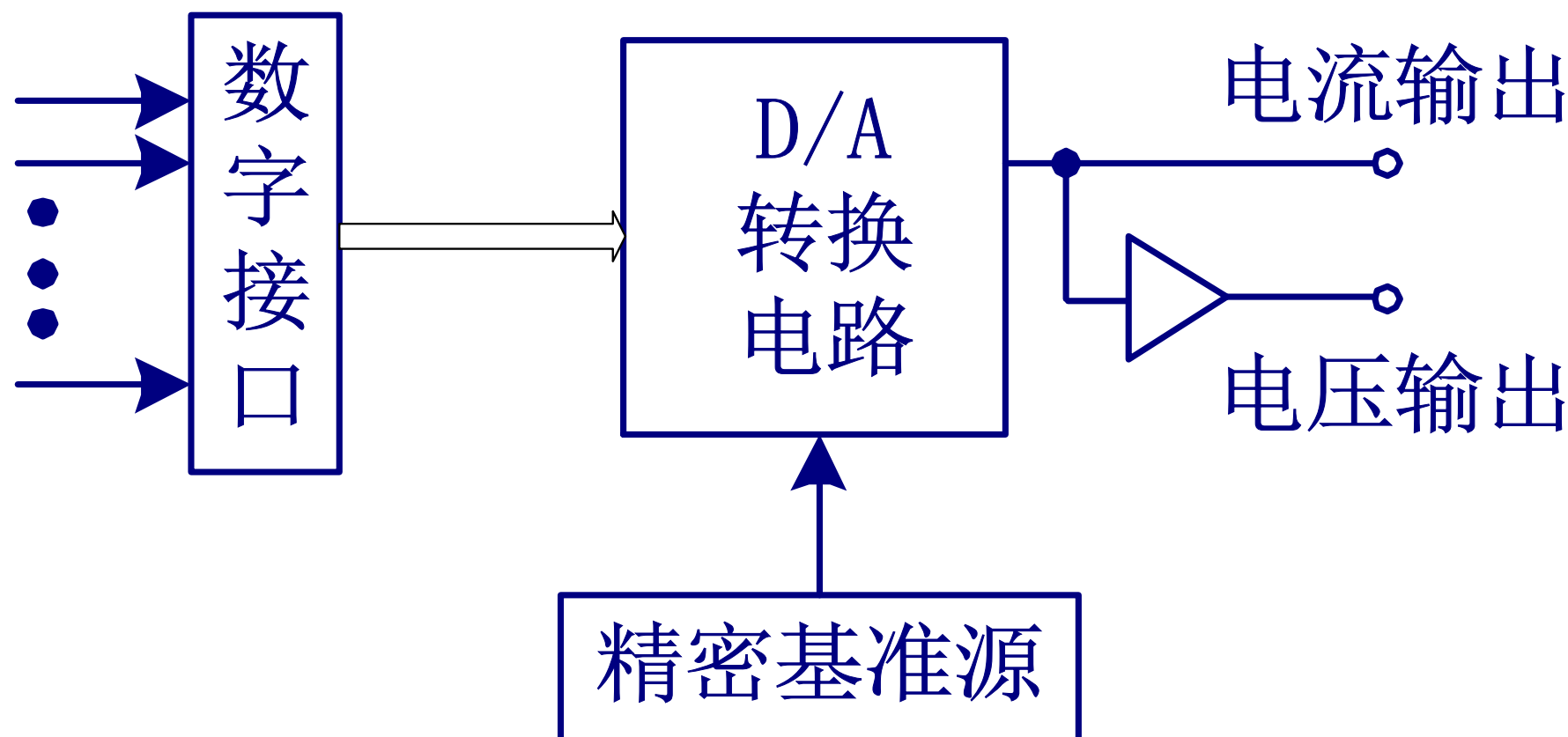
D/A转换器的连接特性

- 输入缓冲能力
 - 三态输入缓冲、输入锁存器
- 输入数据宽度
 - 8位、10位、12位、14位、16位等
- 输入码制
 - 二进制码、**BCD**码
- 输出模拟量类型
 - 电压、电流
- 输出模拟量极性
 - 单极性输出（即输出电压范围为： $[-v, 0]$ 或 $[0, +v]$ ）
 - 双极性输出（即输出电压范围为： $[-v, +v]$ ）





D/A芯片的构成





1.有输入锁存器的D/A芯片

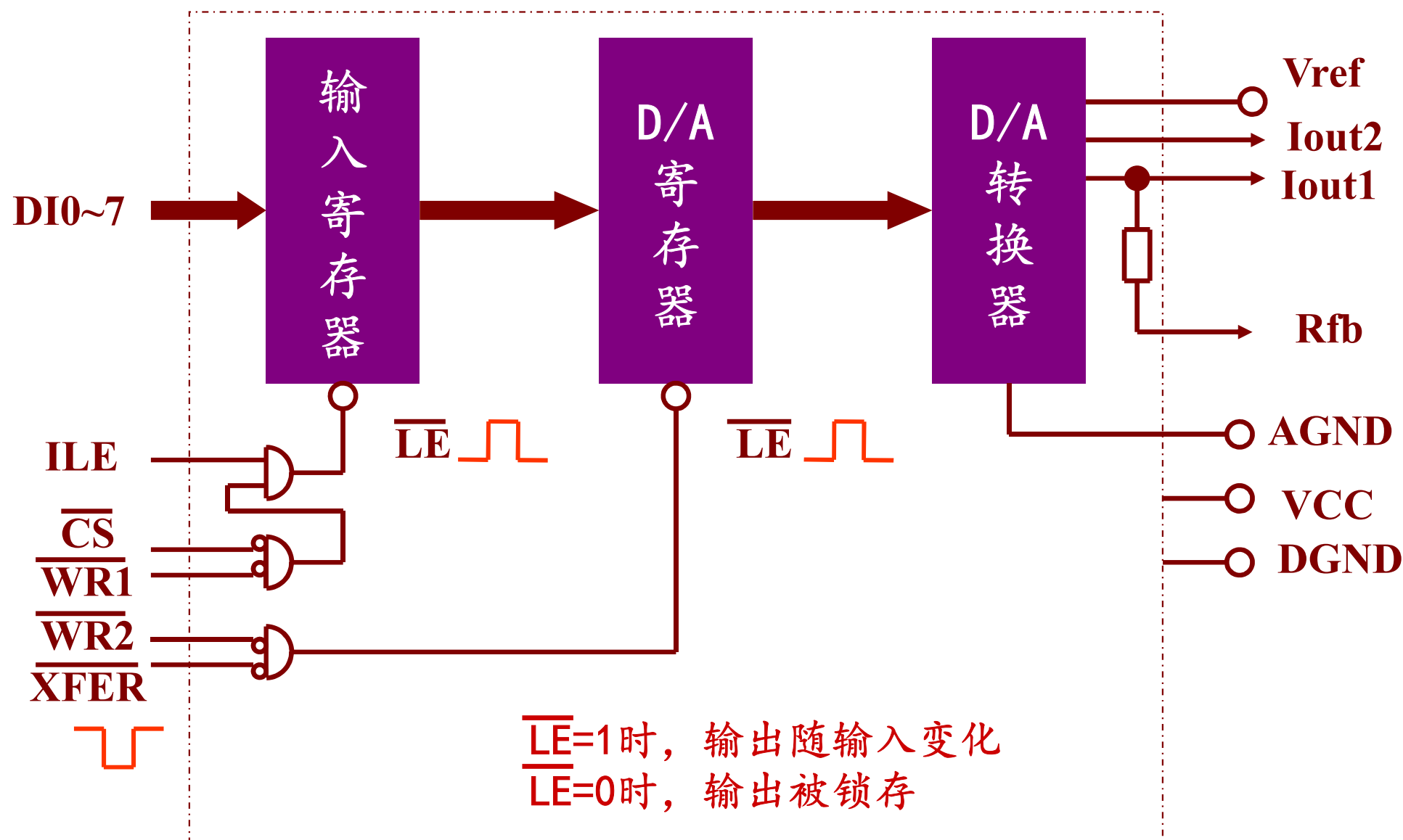
■ DAC0832特点

- ◆ R-2R电阻网络
- ◆ 分辨率为8位
- ◆ 转换时间为1us
- ◆ 单电源5V~15V
- ◆ 参考电压+10V ~ -10V





DAC0832内部结构





外部引脚定义

■ 外部引脚

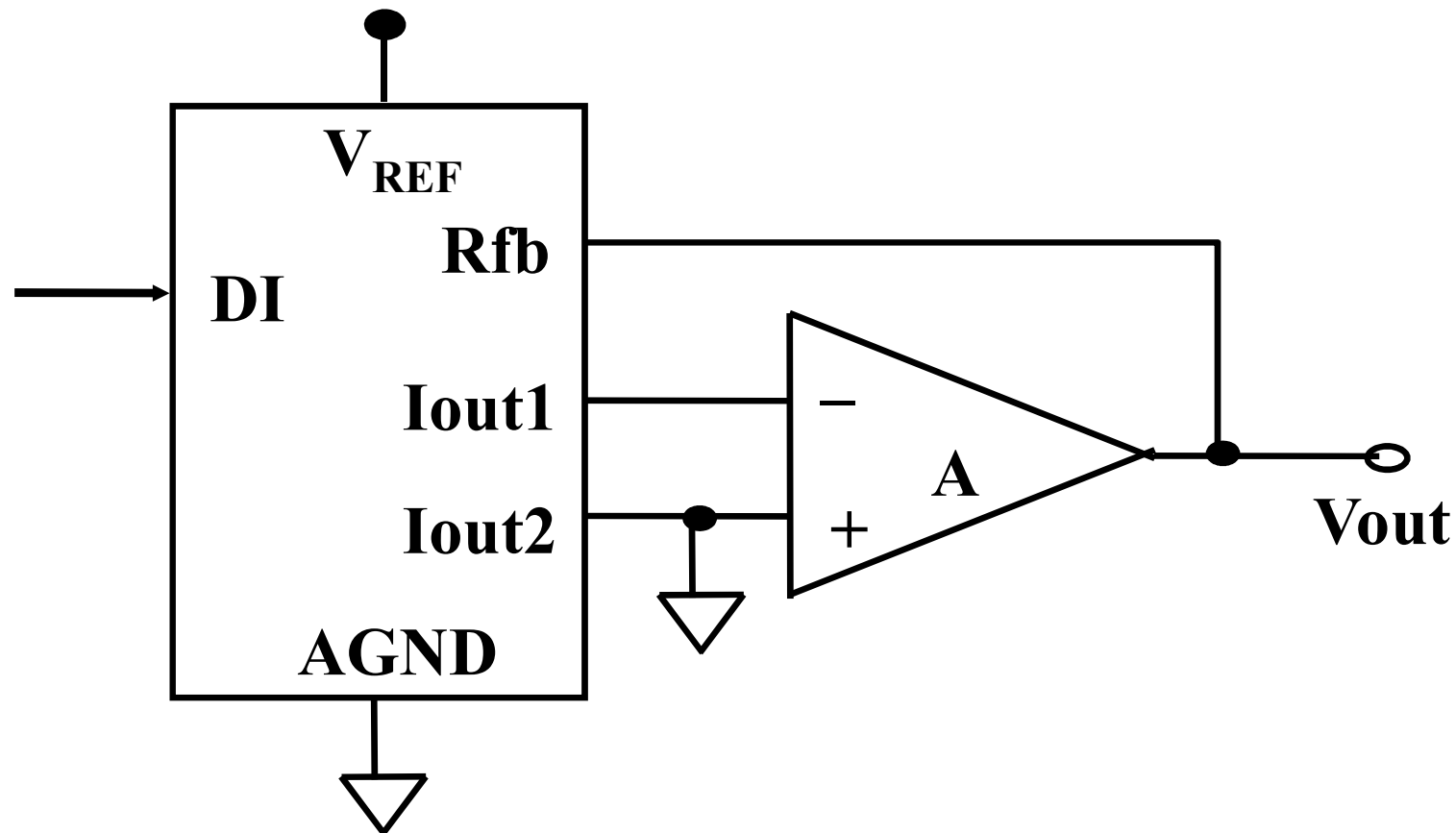
- ◆ **DI0 ~ DI7**: 数字量输入
- ◆ **Iout0, Iout1**: 模拟电流输出端。它们的和为一常量
- ◆ **$\overline{\text{CS}}$** : 片选
- ◆ **ILE**: 允许输入锁存
- ◆ **$\overline{\text{WR1}}$, $\overline{\text{WR2}}$** : 写信号1, 2
- ◆ **$\overline{\text{XFER}}$** : 传送控制信号。使能 $\overline{\text{WR2}}$
- ◆ **Rfb**: 反馈电阻输出端
- ◆ **VRef**: 参考电压
- ◆ **AGND**: 模拟地
- ◆ **DGND**: 数字地





单极性电压输出连接方式

$$\begin{aligned} V_{out} &= -I_{out1} \times R_{fb} \\ &= - (D/2^8) \times V_{REF} \end{aligned}$$





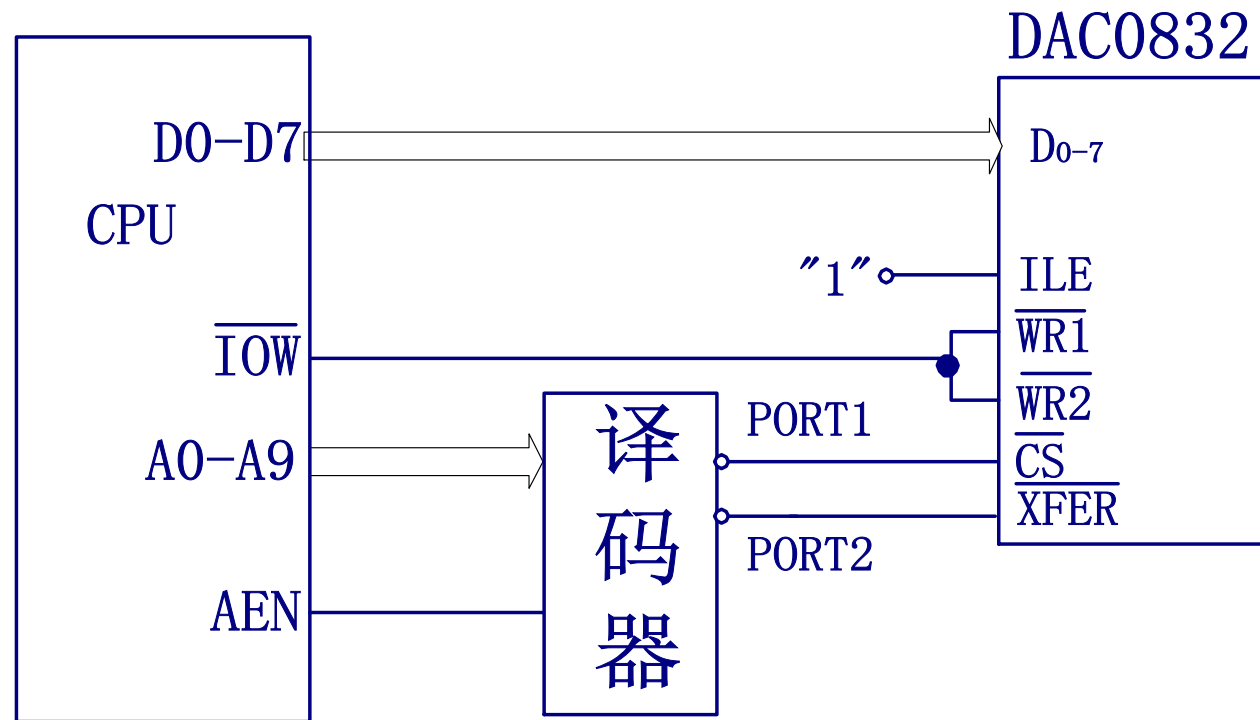
工作方式

- 双缓冲方式
- 单缓冲方式
- 直通方式





双缓冲方式 (1)



■ **mov al, 18h**

out port1, al ;锁存到输入寄存器

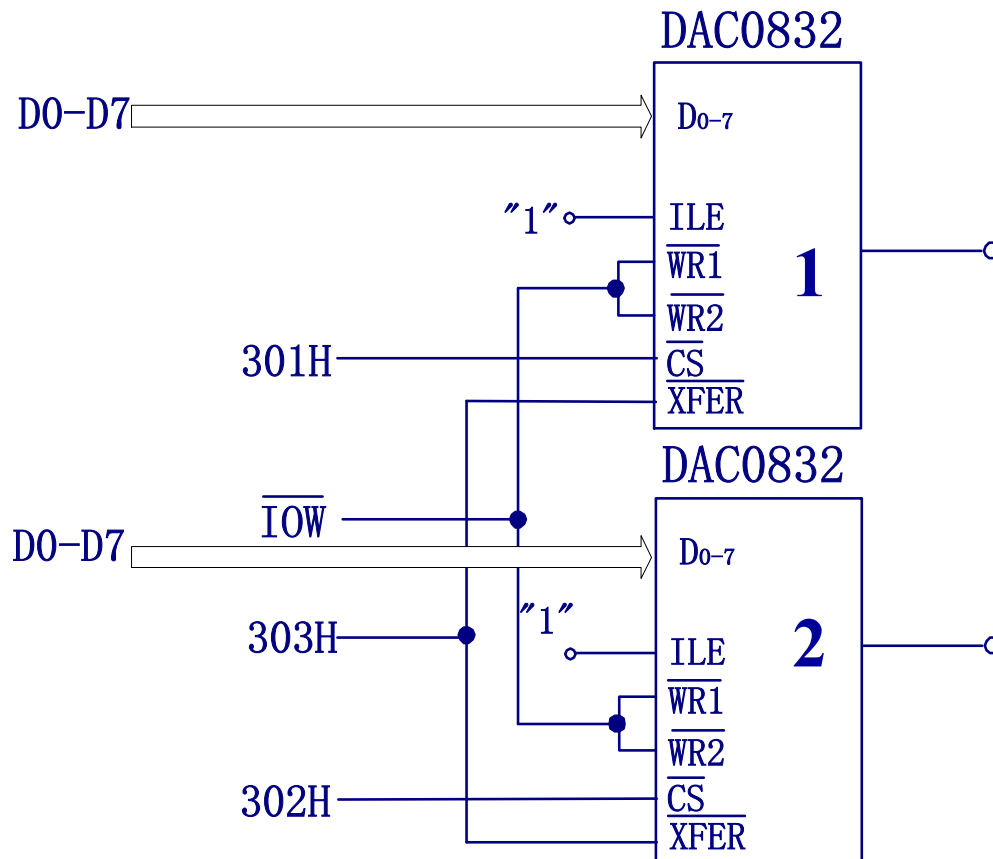
out port2, al ;锁存到DAC寄存器，并开始转换





双缓冲方式 (2)

■ 可对多个D/A通道进行同时转换



```
mov al, 18h
```

```
mov dx, 301h
```

```
out dx, al;锁存到片1输入R
```

```
mov al, 56h
```

```
inc dx
```

```
out dx, al;锁存到片2输入R
```

```
inc dx
```

```
out dx, al
```

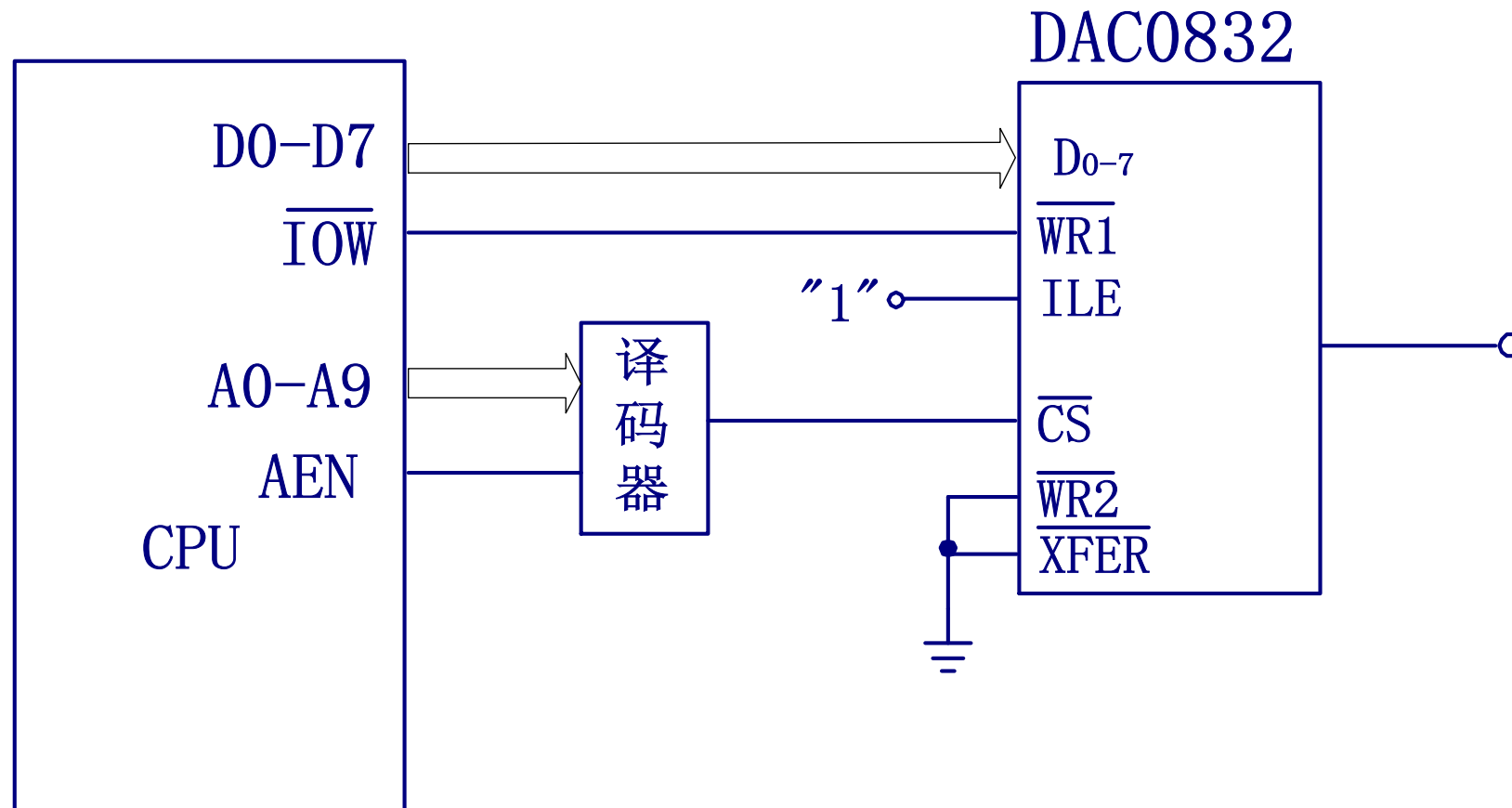
```
;同时打入到DAC寄存器, 并  
;开始转换。XFER=1
```





单缓冲方式 (1)

- 让DAC寄存器处于直通状态





单缓冲方式 (2)

例：周期输出三角波。

```
    mov dx, 300h
```

```
lp0: mov al, 0
```

```
lp1: out dx, al
```

```
    inc al
```

```
    jnz lp1
```

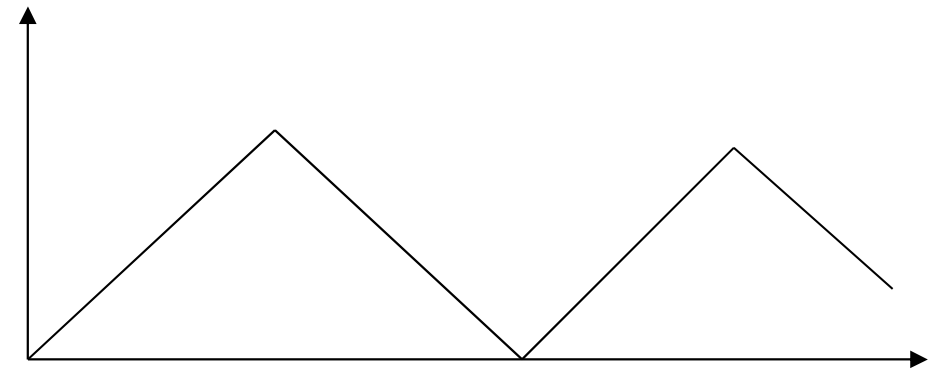
```
    mov al, 0feh
```

```
lp2: out dx, al
```

```
    dec al
```

```
    jnz lp2
```

```
    jmp lp0
```



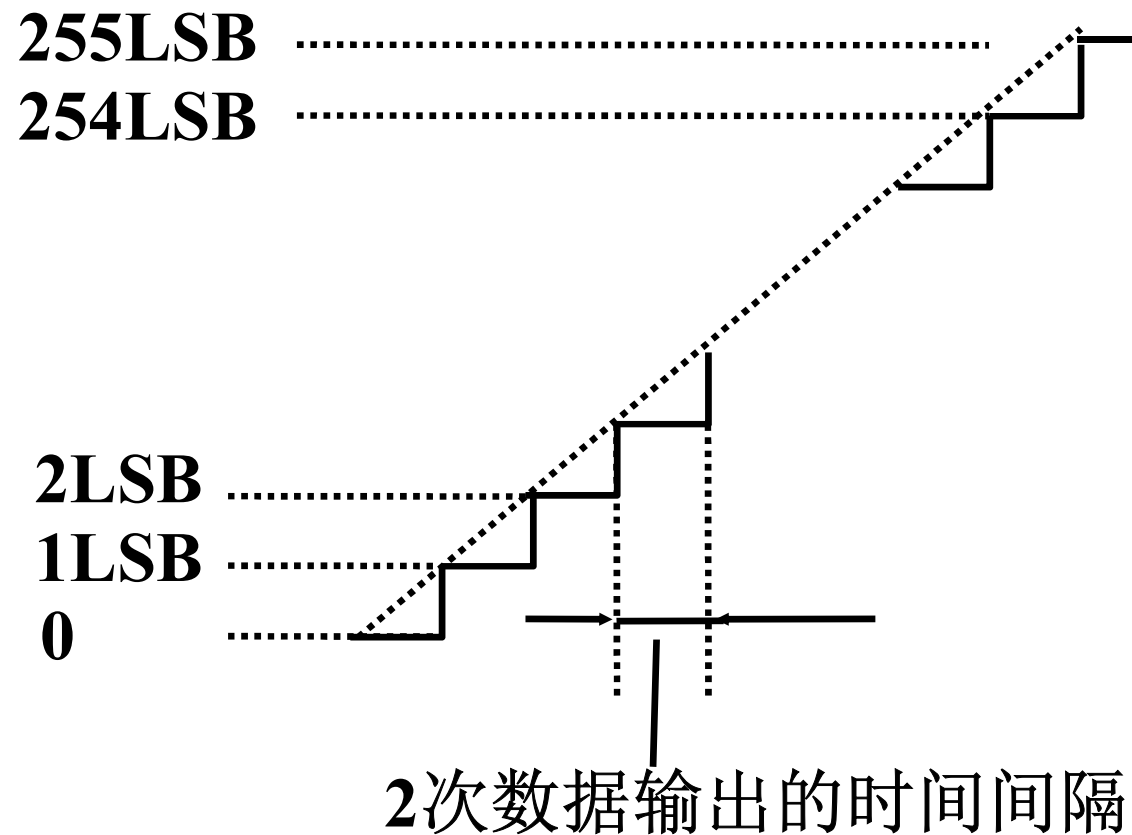
加入一定的
时延

如何控制斜率？





斜线的实际形态



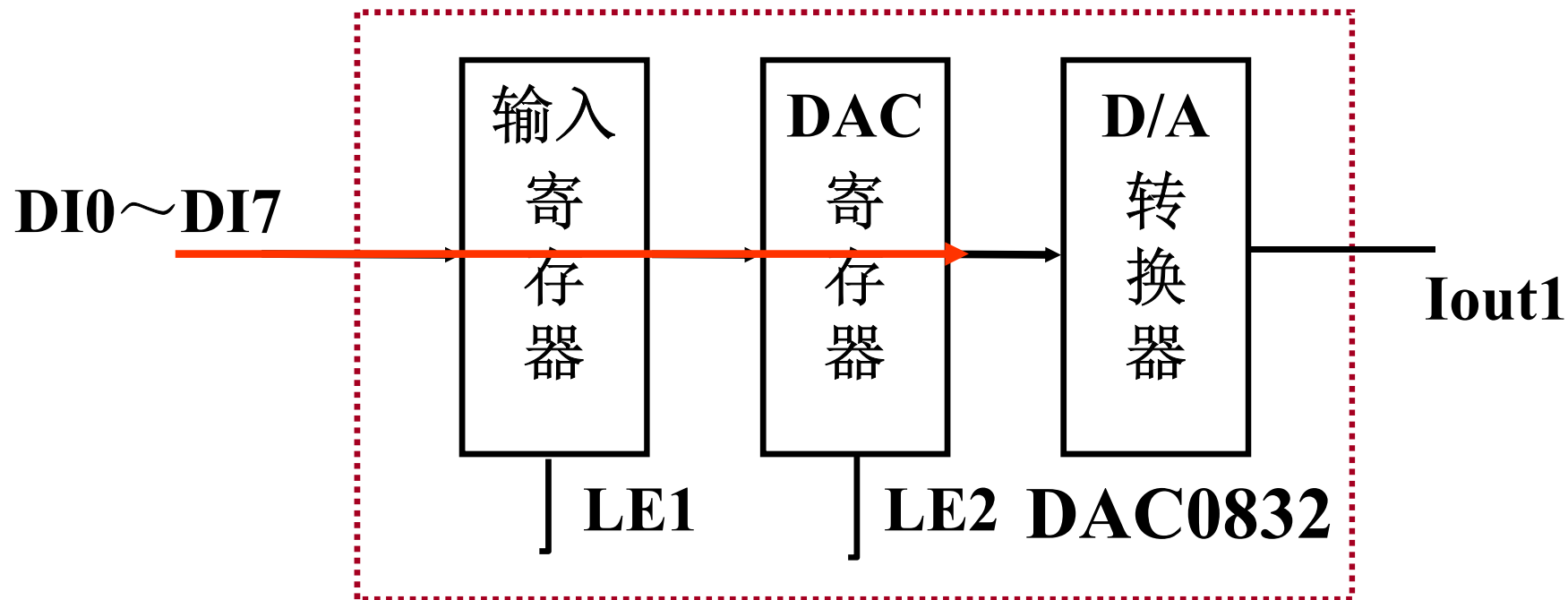


直通方式

- ILE置为“1”

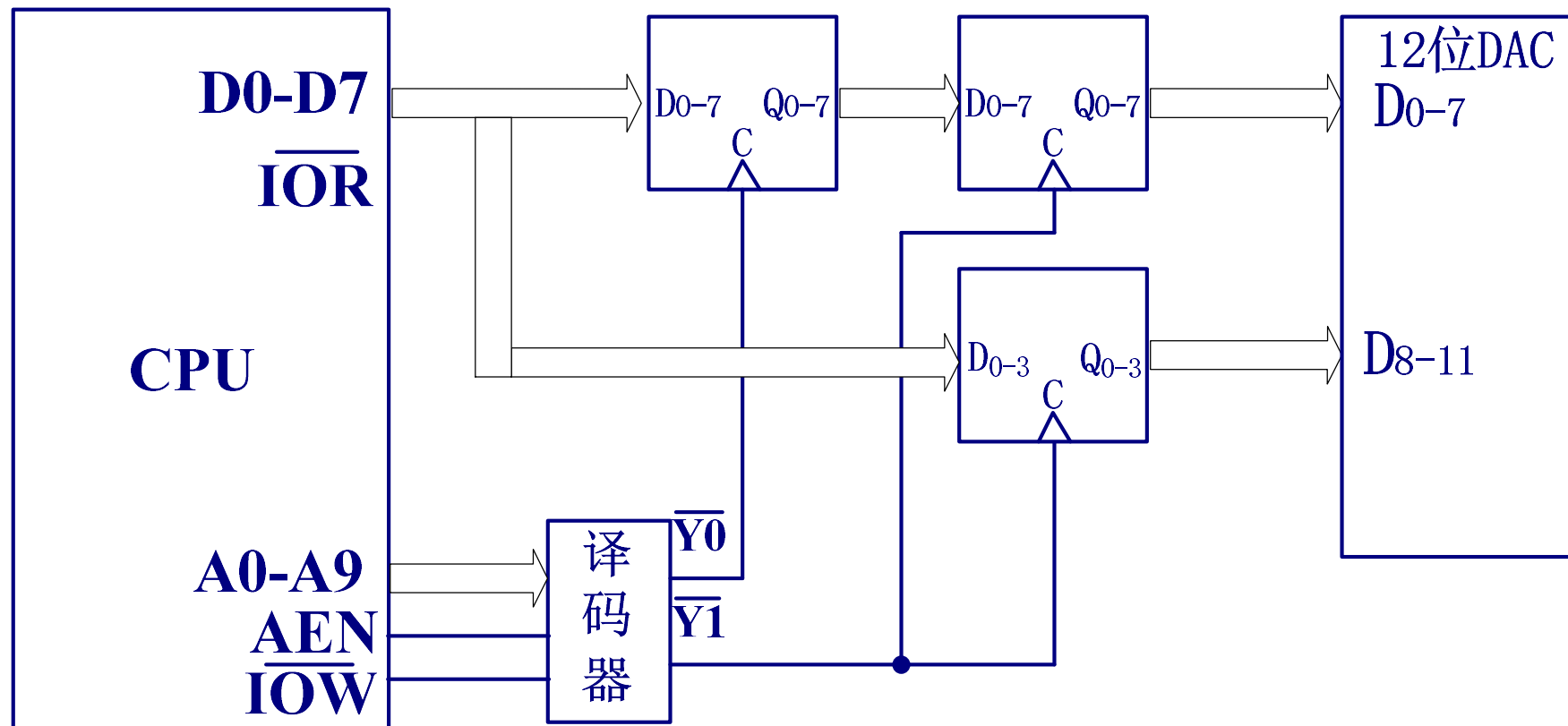
$\overline{\text{CS}}$ 、 $\overline{\text{WR1}}$ 、 $\overline{\text{WR2}}$ 、 $\overline{\text{XFER}}$ 均置为“0”

- 因无锁存功能，不能与数据总线直联（其原因是一送数就立即进行D/A转换），使用时需外接锁存器。





2.片内无锁存的12位D/A芯片 (1)



由于主机数据线位数小于DAC芯片的位数，完整数据的输出需要多次输出才能完成





片内无锁存的12位D/A芯片 (2)

- 如果 $\overline{Y0}=310H$, $\overline{Y1}=311H$, 待转换值为456H

mov al, 56h ; D0-7

mov dx, 310h

out dx, al

mov al, 04h ; 低4位为D8-11

inc dx ; DX=311H

out dx, al ; 开始转换





8.2.3 模/数转换器接口





常用的转换技术

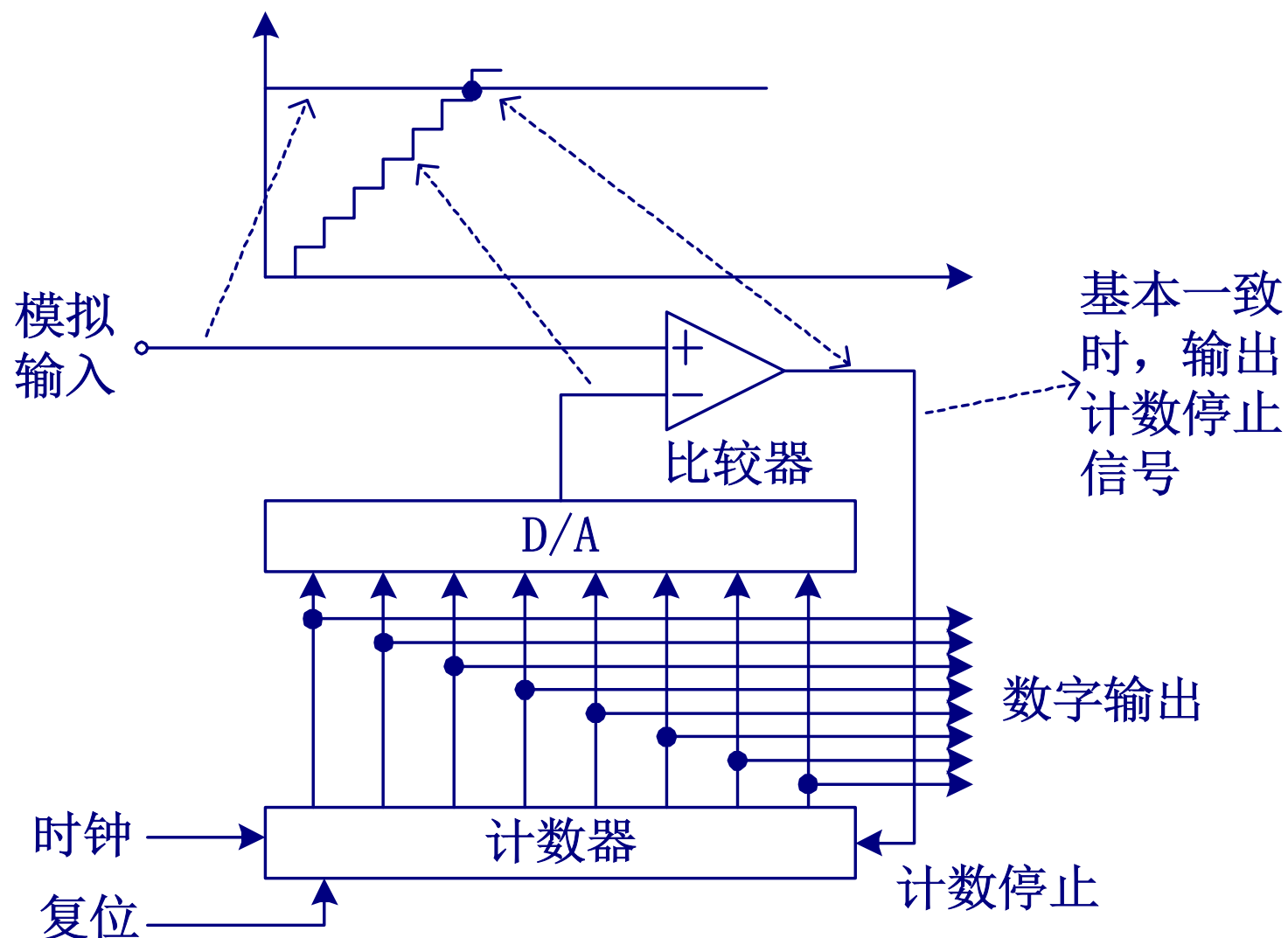
- 计数器式
- 逐次逼近式
- 并行式





A/D转换原理 (1)

1、计数器式A/D转换





A/D转换原理 (2)

■ 特点

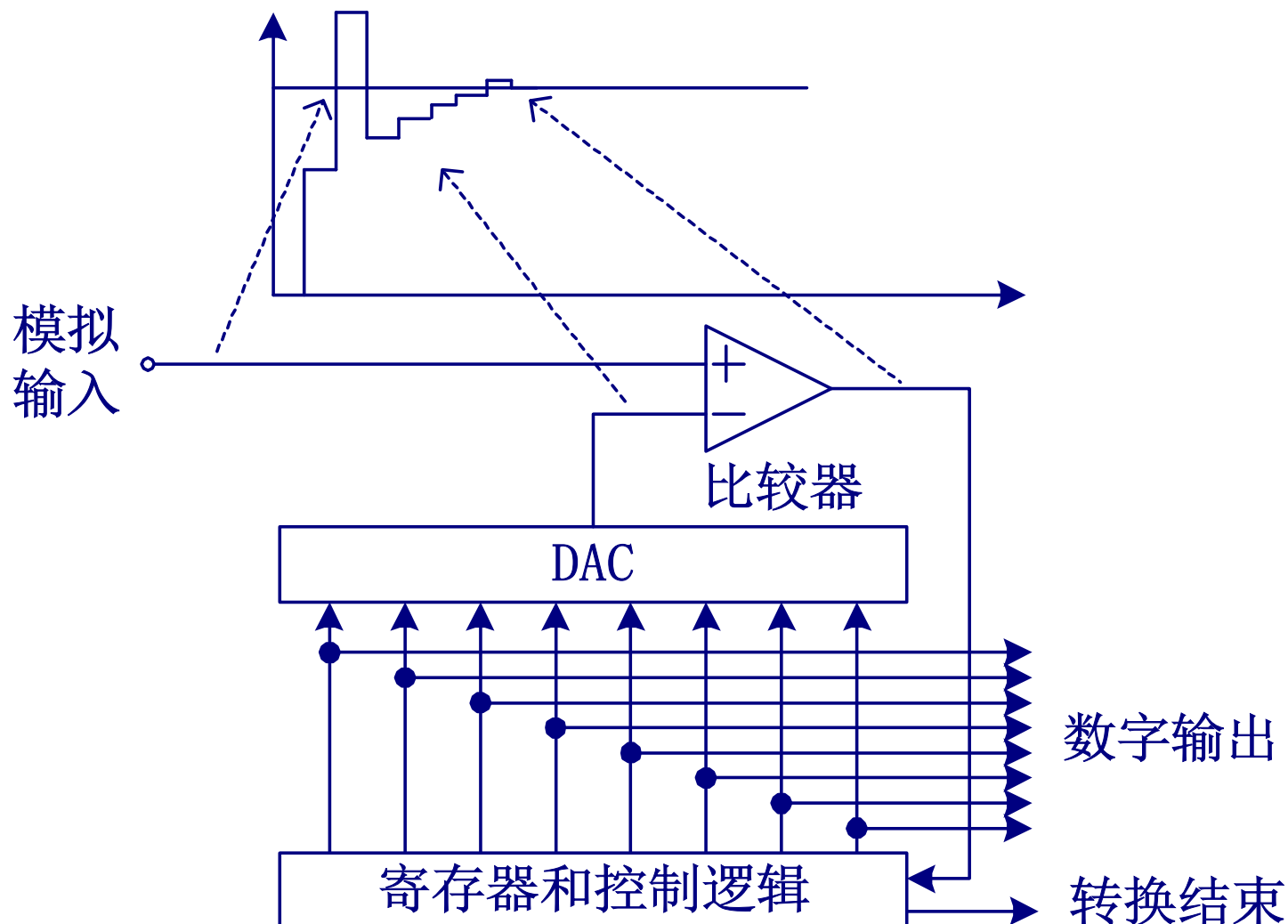
- ◆ 转换时间长
- ◆ 转换时间长短不一致





A/D转换原理 (4)

2、逐次逼近式A/D转换





A/D转换原理 (5)

■ 采用从最高位开始逐位试探的方法

从最高位开始:

将该位置“1”，若比较结果“低于”，则该位保留

若比较结果“高于”，则该位清0

直到最低位。

两种转换方式比较

- ◆ 对于n位的A/D转换器，只需用n次比较
- ◆ 而对于计数器式A/D转换器，最多要用 2^n 次比较

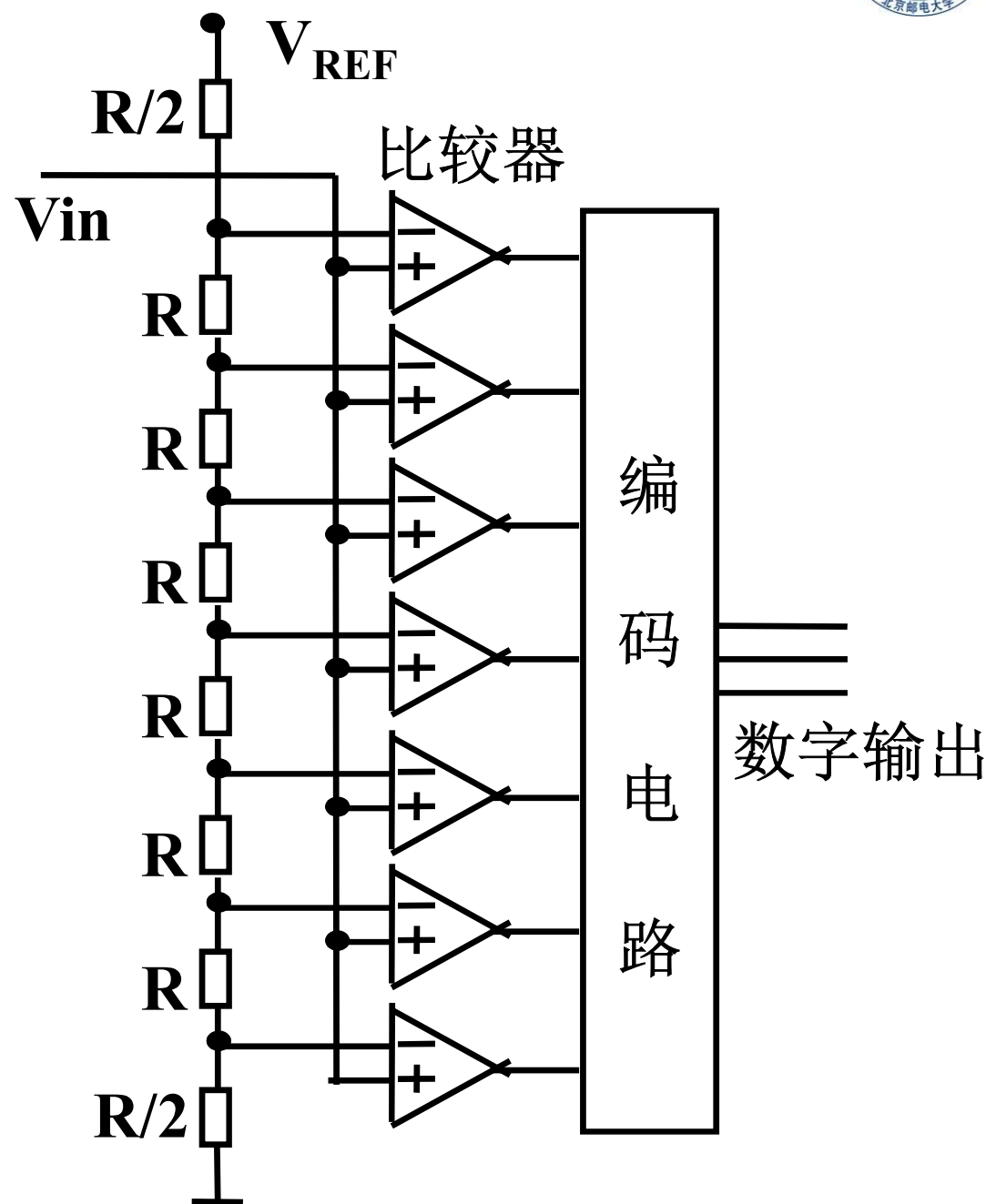




A/D转换原理 (6)

3、并行式A/D转换

- ◆ 用 2^n-1 个比较器同时进行转换
- ◆ 转换速度快
- ◆ 成本高





A/D转换器的主要参数

■ 分辨率

能够转换成二进制的位数。常用二进制数字量的位数来表示。

■ 转换时间

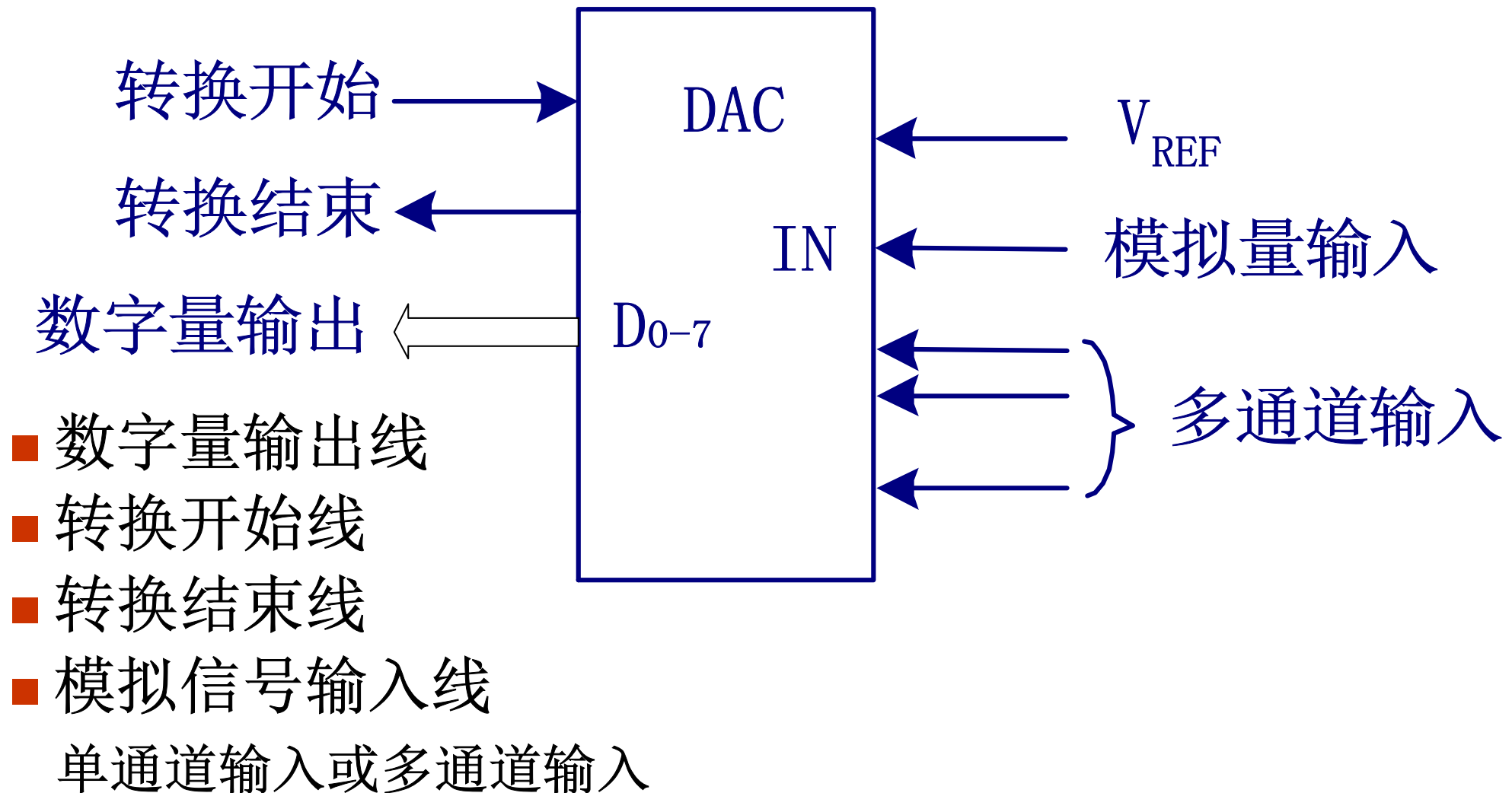
从输入启动转换信号开始到转换结束，得到稳定的数字输出量为止的时间。

■ 转换精度





A/D转换器的外部特性





1. 12位带三态输出的A/D芯片

■ AD574A转换器

完成12位或8位的A/D转换，转换时间为25us

■ 外部引脚

- ◆ D0-D11: 数字量输出
- ◆ CE: 片允许信号
- ◆ $\overline{\text{CS}}$: 片选信号
- ◆ $\overline{\text{R/C}}$: 读数据或启动转换信号
- ◆ $12/\overline{8}$: 数字量输出位数控制
- ◆ A0: 分辨率和字节选择
- ◆ STS: 表示转换器状态

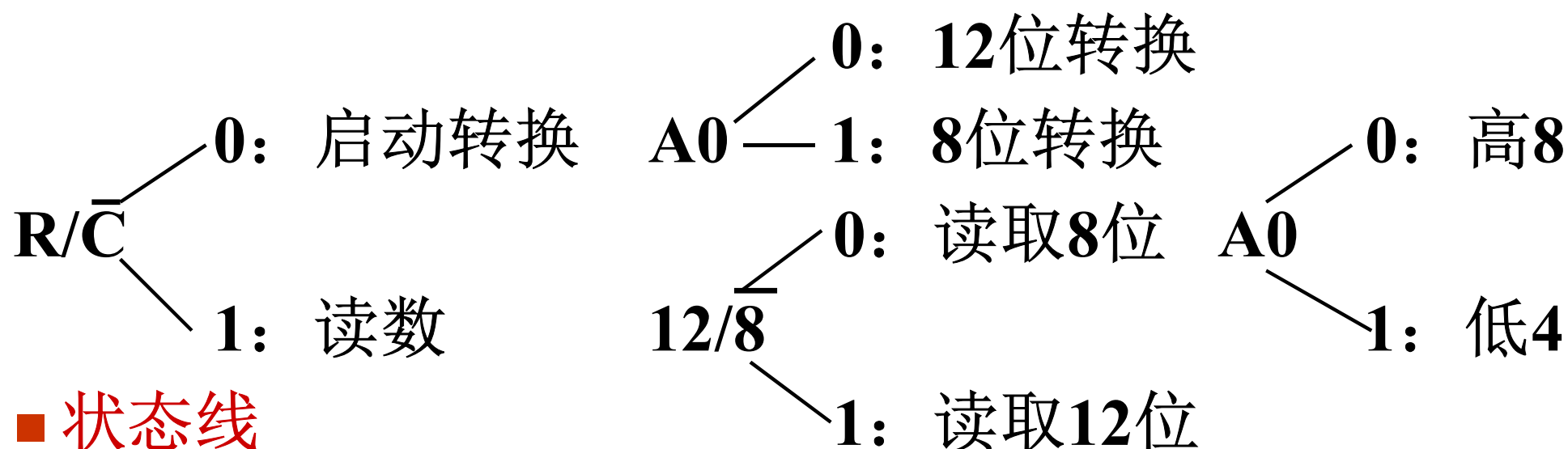




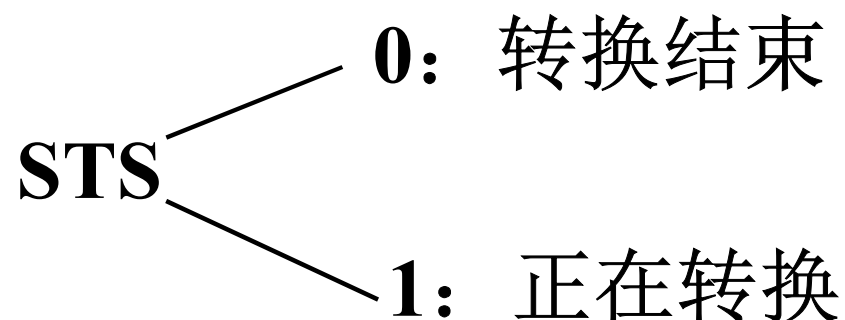
控制及状态线说明

■ 控制线

$CE=1$ 、 $\overline{CS}=0$ 且



■ 状态线

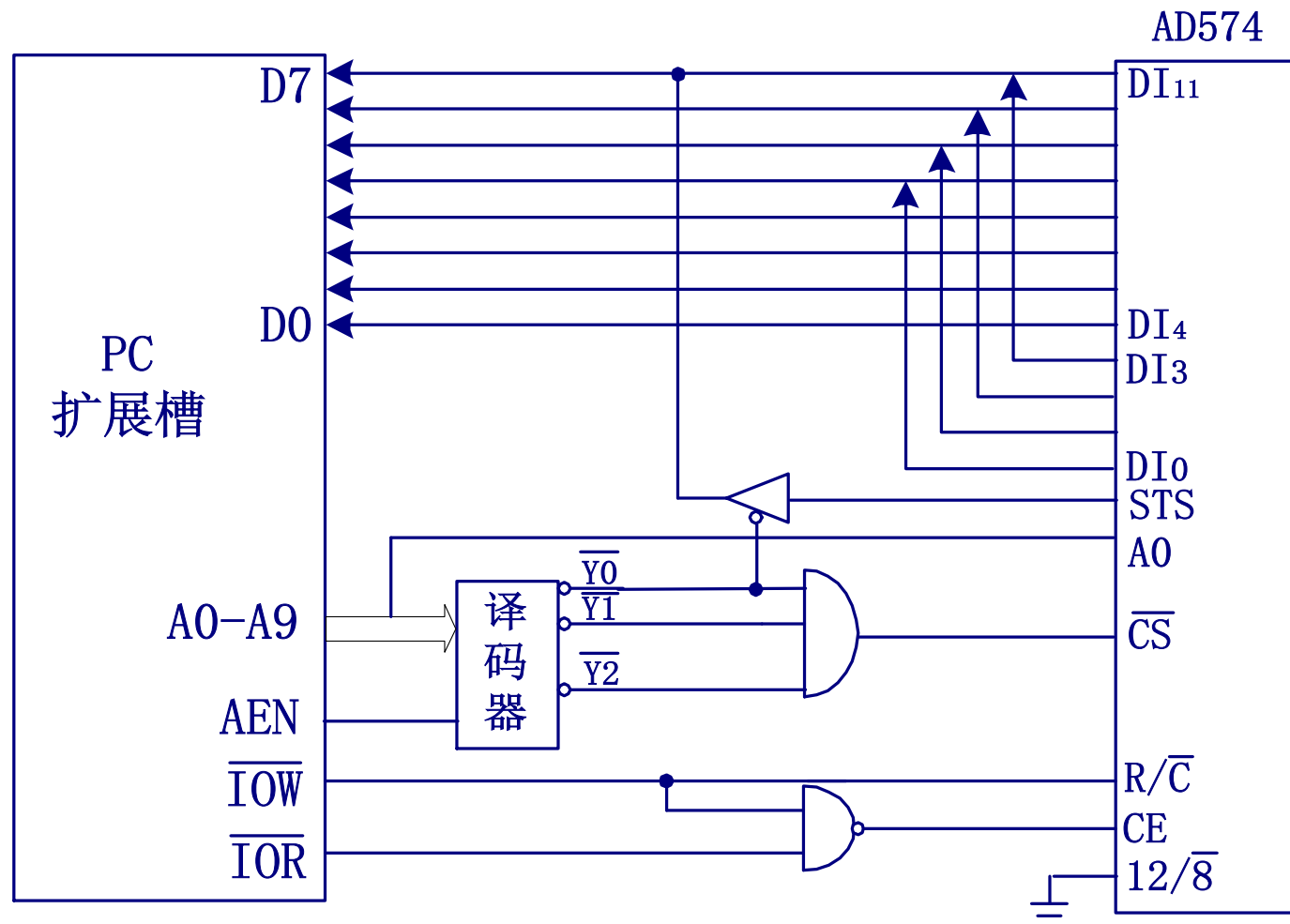




与CPU的连接

状态口： $\overline{Y0}=310H$ 控制口输出： $\overline{Y2}=312H$ （启动转换）

数据口输入： $\overline{Y1}=311H$ （低4位）， $\overline{Y2}=312H$ （高8位）





汇编源程序

```

mov cx, 40h;采集次数
mov si, 400h
start:mov dx, 312h;A0=0
mov al, 00h
out dx, al;启动转换
mov dx, 310h
lp:in al, dx;读状态
and al, 80h;STS=0?
jnz lp
mov dx, 311h;读低4位
in al, dx

```

```

and al, 0f0h
mov [si], al
inc si
mov dx, 312h;读高8位
in al, dx
mov [si], al
dec cx
jnz start
mov ax, 4c00h
int 21h

```





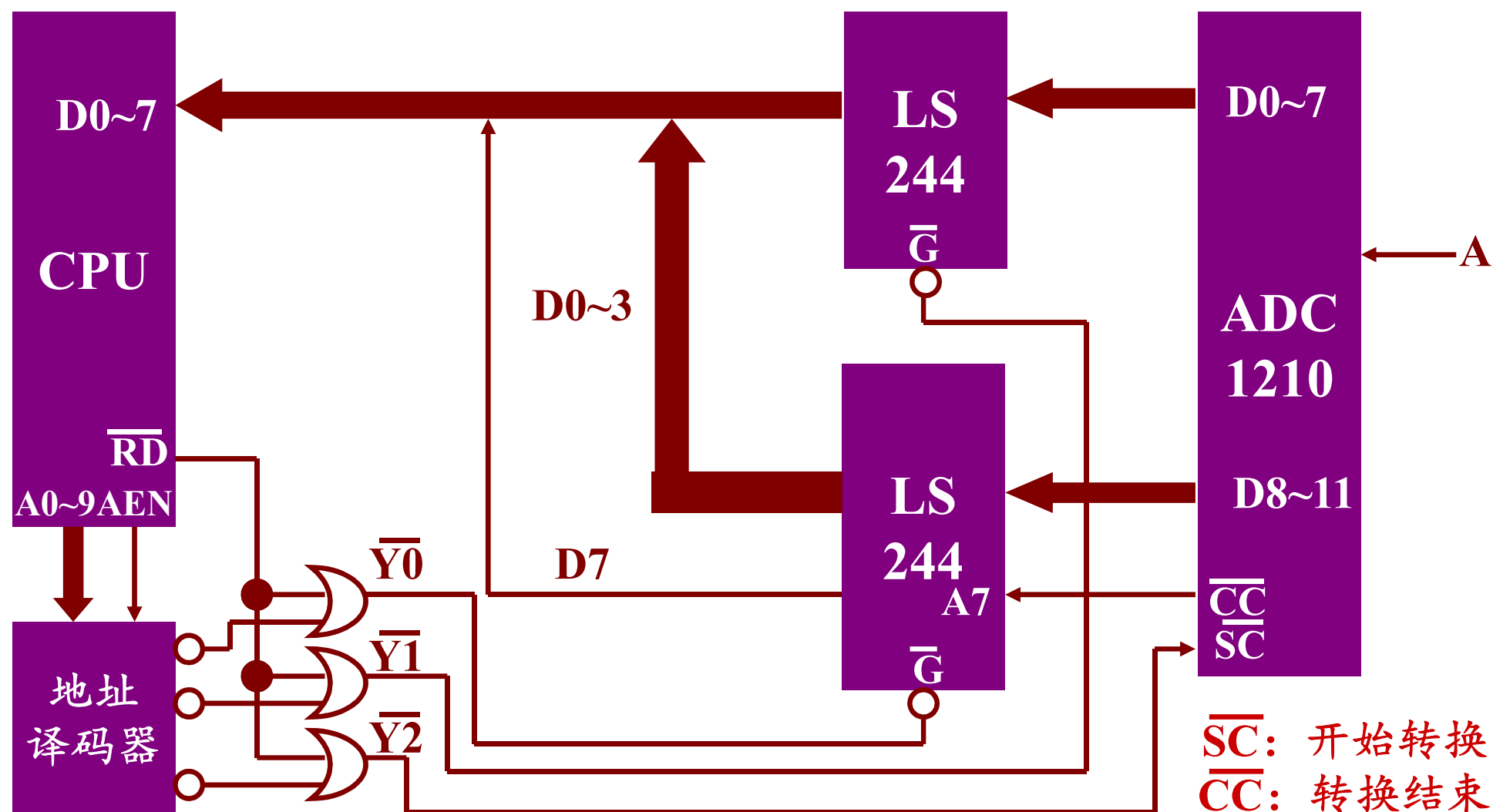
2. 12位不带三态输出的A/D芯片

- **ADC1210**
- 需外接具有三态功能的总线驱动器





外接总线驱动器的接口





汇编源程序

	mov dx, 332h	;A0=0
	in al, dx	;SC=0, 启动转换
	mov dx, 330h	
lp:	in al, dx	;读状态
	and al, 80h	;CC=0?
	jnz lp	
	in al, dx	;读低4位
	and al, 0fh	
	mov bh,al	;保存高字节
	mov dx, 331h	
	in al,dx	;读低字节
	mov bl,al	;保存低字节

$\overline{Y0} = 330H$
 $\overline{Y1} = 331H$
 $\overline{Y2} = 332H$





3. 8通道A/D转换器ADC0808/0809

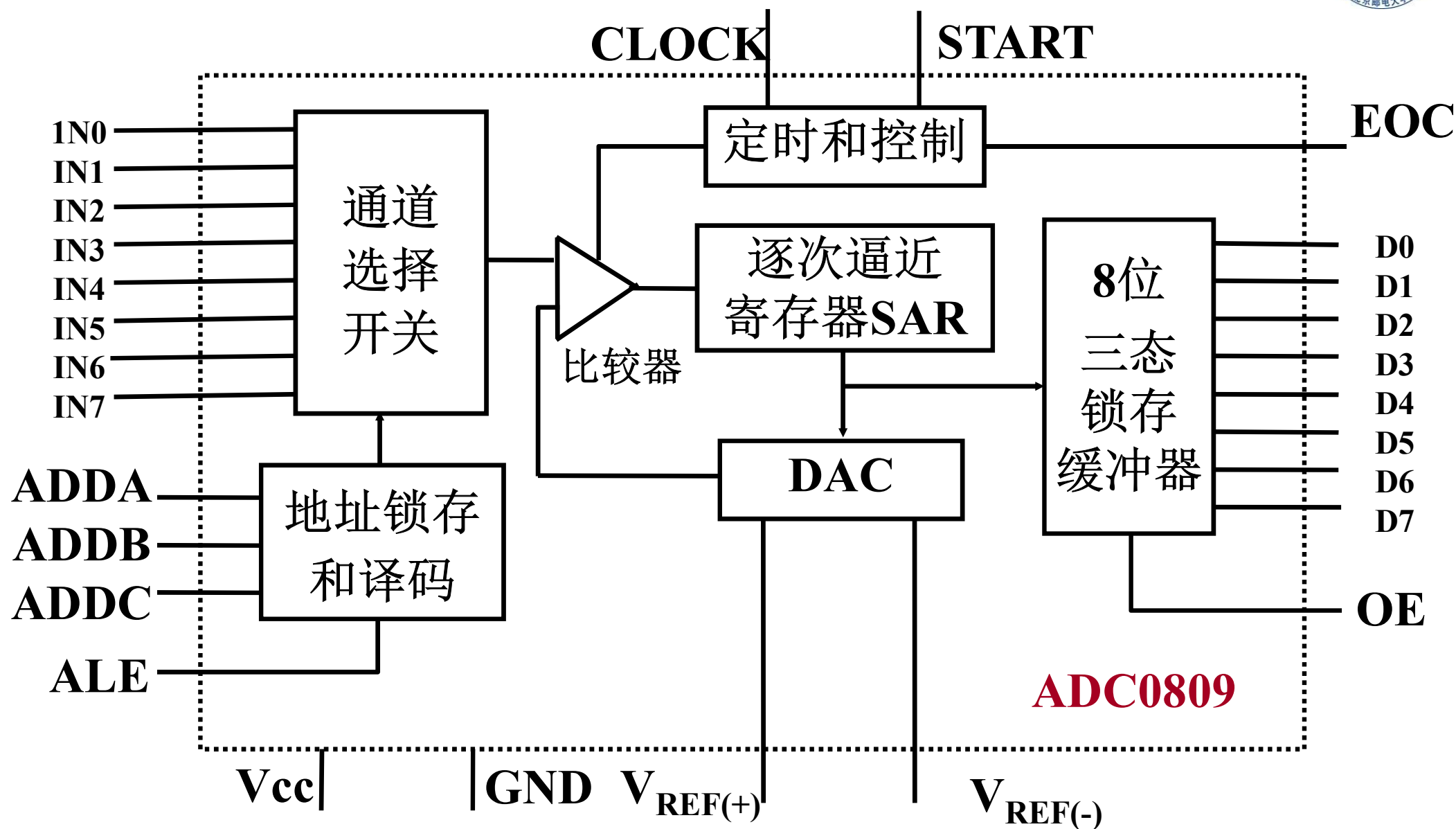
■ 基本特点

- ◆ CMOS工艺
- ◆ 8位逐次逼近式ADC
- ◆ 转换时间为100 μ s
- ◆ 多路开关
- ◆ 三态锁存缓冲器





内部逻辑框图





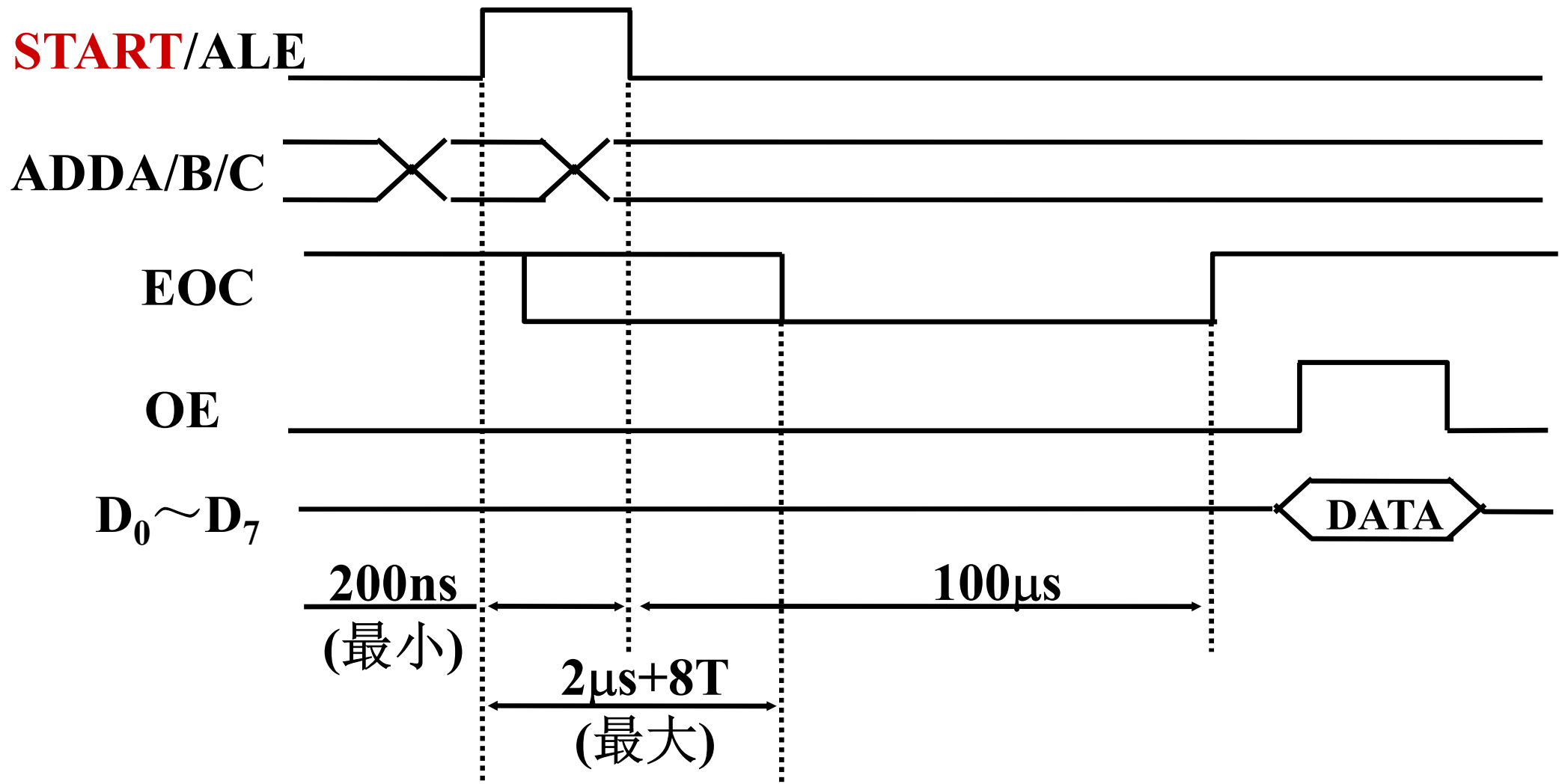
8通道选择开关

- 选择**IN0~IN7**（8个模拟电压输入端）的控制信号包括：
 - ◆ **ADDA、ADDB、ADDC**：3个地址输入线
 - ◆ **ALE**：地址锁存允许信号
- **ALE**的上升沿用于锁存**3**个地址输入信号，然后由译码器译出控制信号从**8**个模拟输入中选择一路进行**A/D**转换





时序图





转换公式

$$N = \frac{V_{in} - V_{REF(-)}}{V_{REF(+)} - V_{REF(-)}} \times 2^8$$

基准电压 $V_{REF(+)} = 5V$, $V_{REF(-)} = 0V$

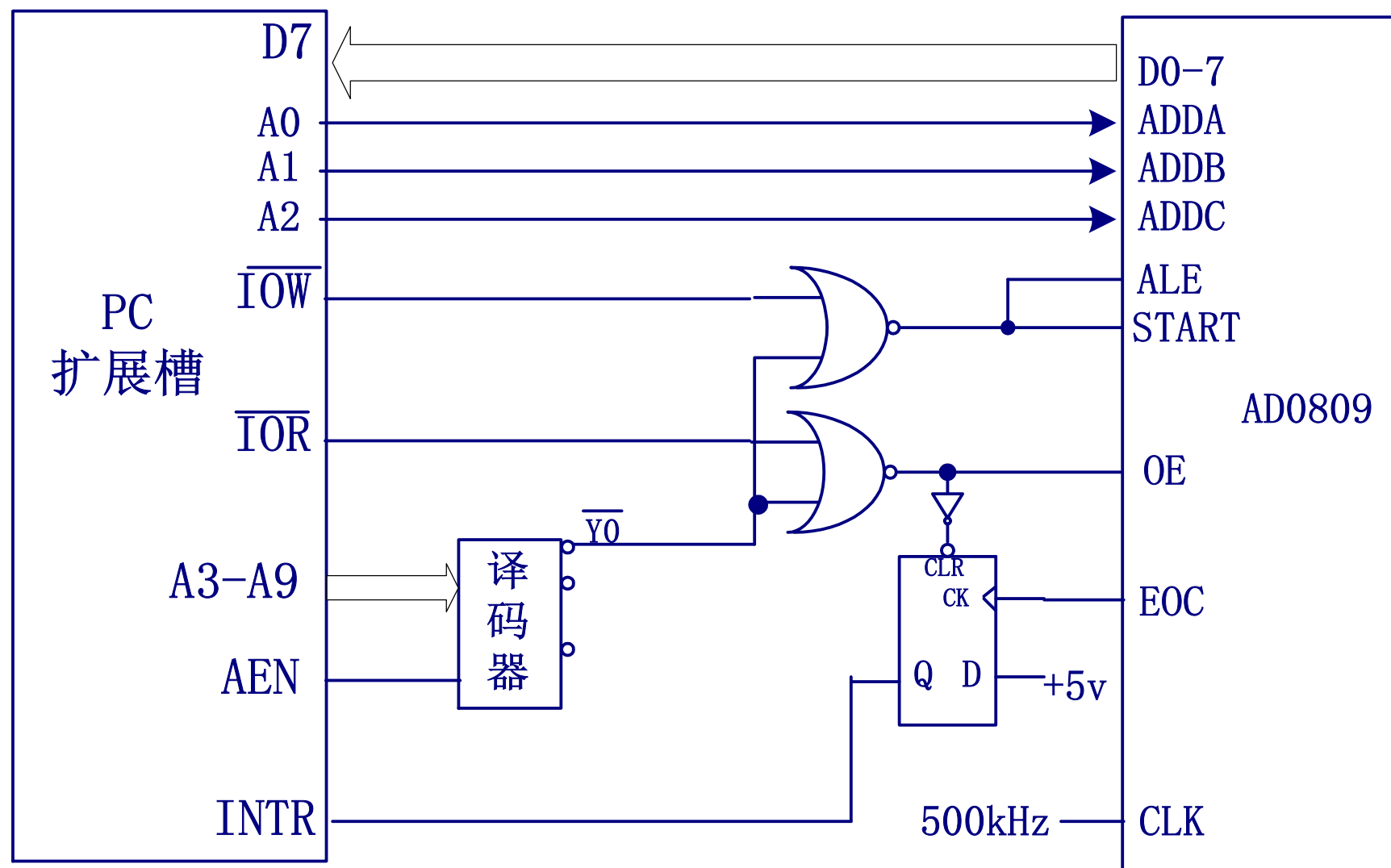
输入模拟电压 $V_{in} = 2V$

$$\begin{aligned} N &= (2 - 0) \div (5 - 0) \times 256 \\ &= 102.4 \approx 102 = 66H \end{aligned}$$





与CPU采用中断方式的连接图





应用举例 (1)

```

adbuf    db      500dup (?)      ; A/D转换结果缓冲区
count    dw      500 - 1        ; 采集次数 - 1
index    dw      adbuf          ; 缓冲区当前指针, 初值为adbuf首地址
...
sti
mov      dx, 280h
out      dx, al                ; 启动A/D转换
...
                                ; 其他工作

adint     proc
sti
                                ; 开中断
push     ax                    ; 保存现场
push     bx
push     dx
mov      ax, @data
mov      ds, ax                ; 设置数据段段基址
mov      dx, 280h
in       al, dx                ; 读取A/D转换的结果
mov      bx, index

```





应用举例 (2)

	mov	[bx], al	; 存入缓冲区
	inc	bx	; 修改指针
	mov	index, bx	; 保存指针
	dec	count	; 采集次数减1
	jz	next	; 已达到采集次数
	out	dx, al	; 启动下一次A/D转换
next:	mov	al, 20h	
	out	20h, al	; 向中断控制器发EOI命令
	pop	dx	; 恢复现场
	pop	bx	
	pop	ax	
	iret		
adint	endp		





8.2.4 微机系统的数据采集





基本概念

- 数据采集在这里特指利用**A/D**转换通道完成对外部模拟量的连续监视。
 - ◆ 由传感器将各种物理量转换成电压或电流信号
 - ◆ 由采样保持器将连续的模拟信号离散化
 - ◆ 由**A/D**转换器最后转换成数字信号



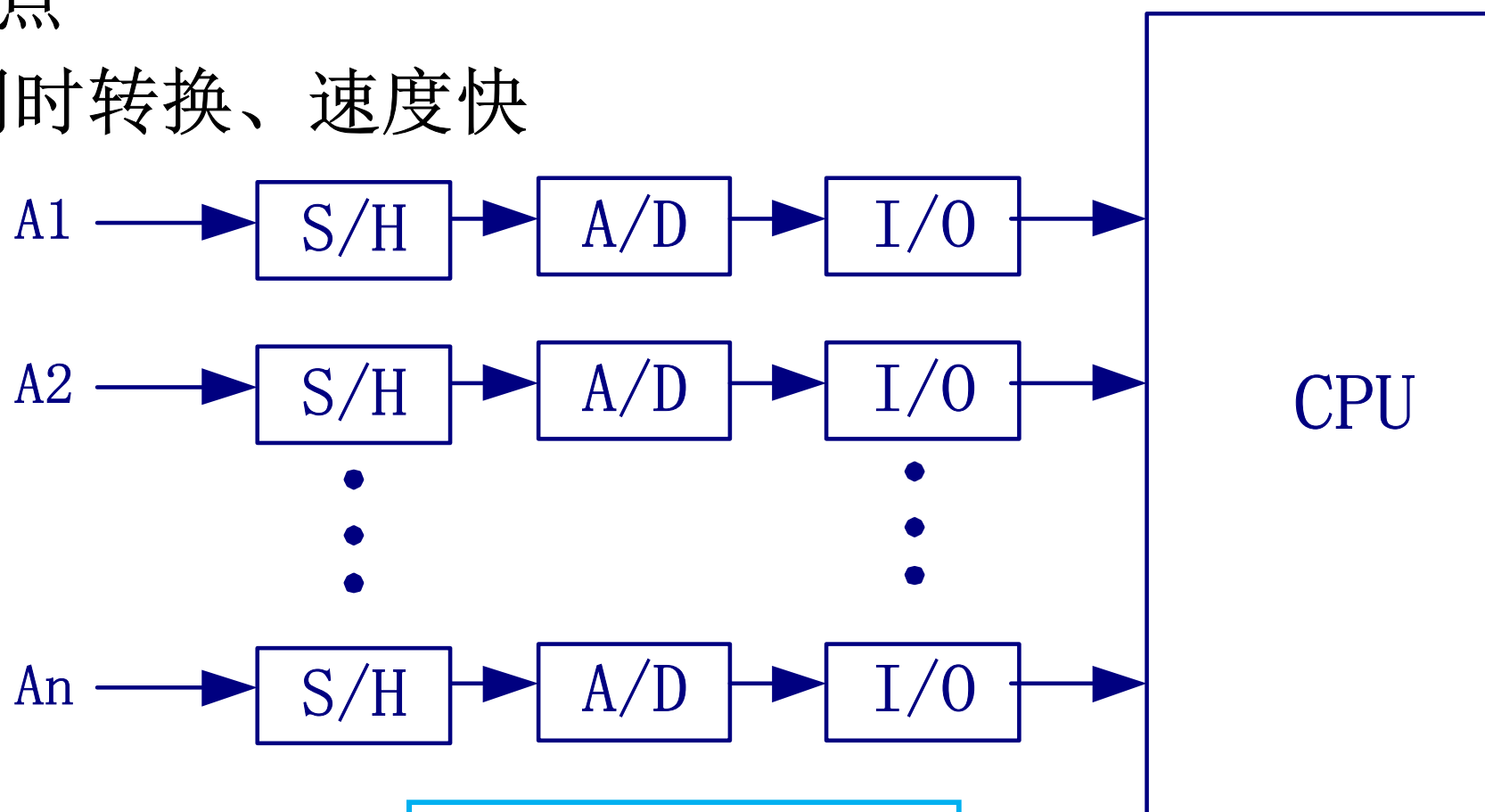


数据采集系统的构成 (1)

■ 并行多通道A/D

■ 特点

同时转换、速度快



S/H为采样/保持器

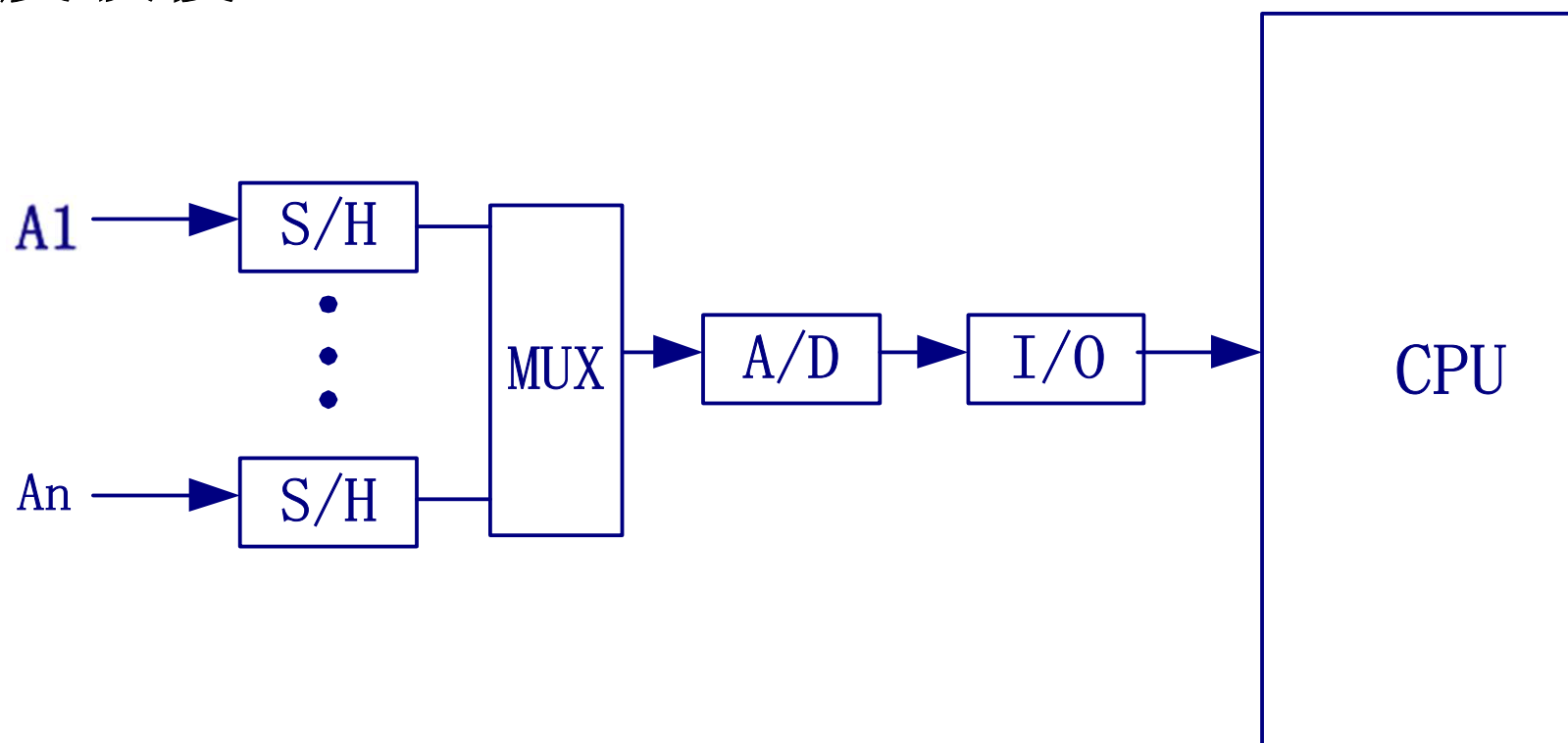




数据采集系统的构成（2）

- 共享多通道A/D
- 特点

A/D转换器为多通道共享，转换为分时串行进行、速度较慢。





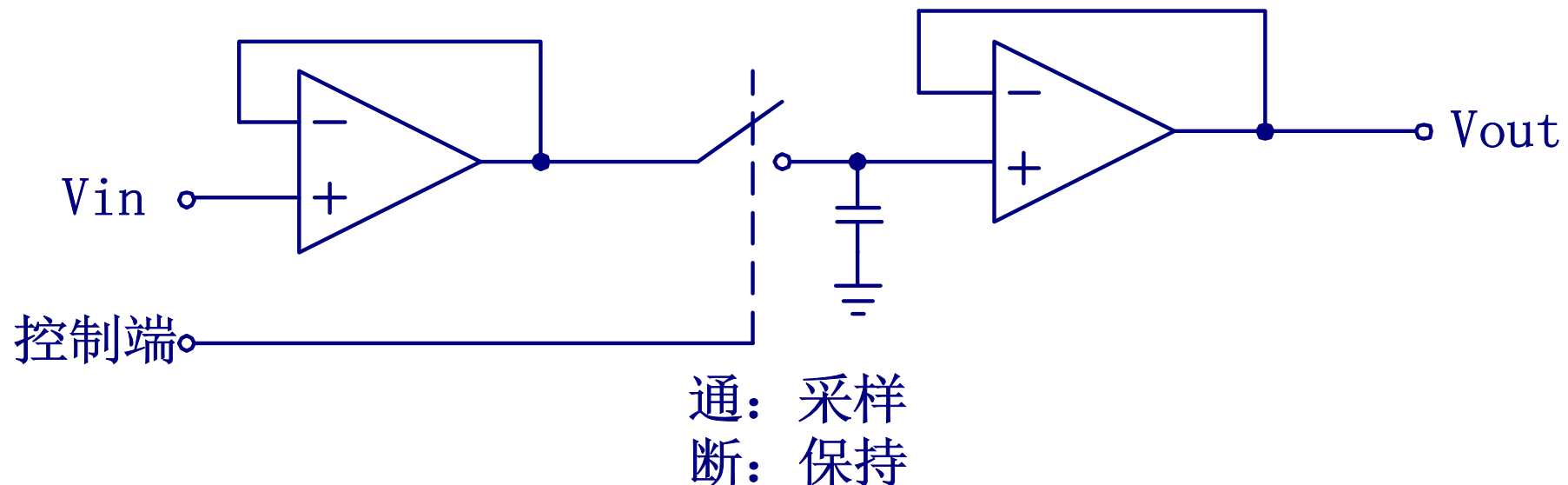
采样/保持器原理 (1)

■ 采样时间

从发出采样命令到S/H的输出达到输入信号当前值所需时间

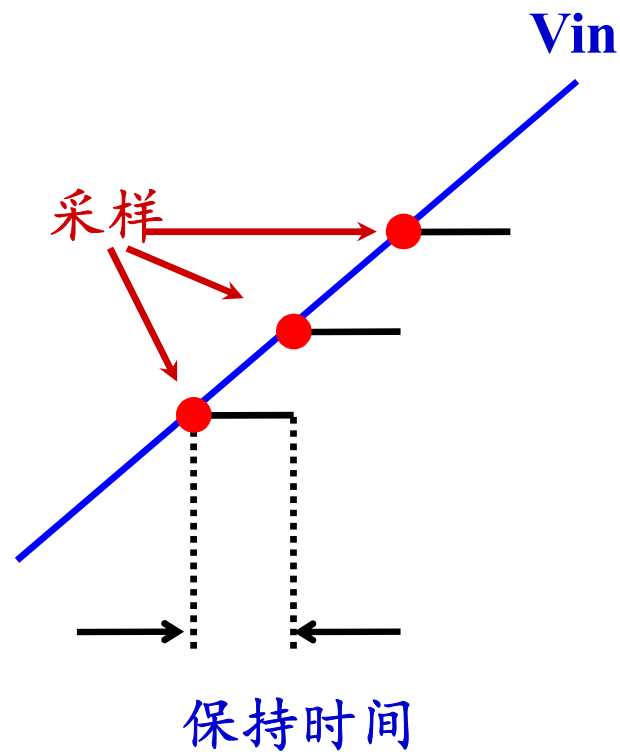
■ 孔径时间

从发出保持命令到S/H的开关断开而进入保持状态所需要的时间





采样/保持器原理 (2)





本章小结

- **DMA基本原理**
 - ◆ DMA传输过程
- **D/A转换**
 - ◆ 基本原理
 - ◆ DAC0832芯片
- **A/D转换**
 - ◆ 基本原理
 - ◆ ADC0809芯片





谢谢!

