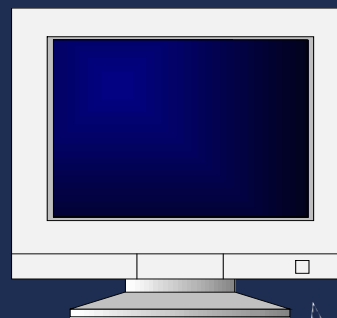


6.8 模拟量的输入输出





主要内容：

- 模拟量输入输出通道的组成
- D/A转换器的工作原理、连接及编程
- A/D转换器的工作原理、连接及编程

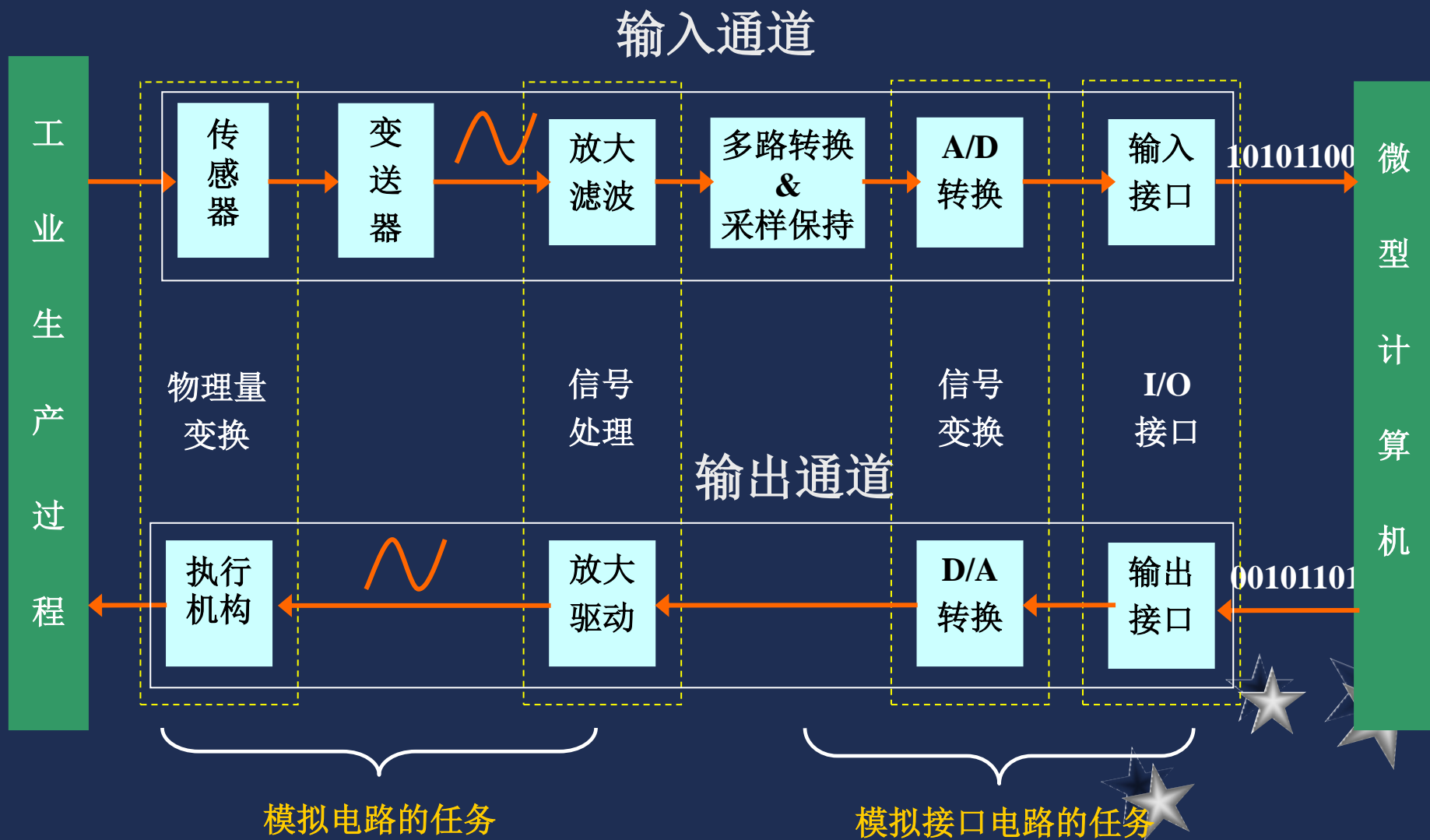


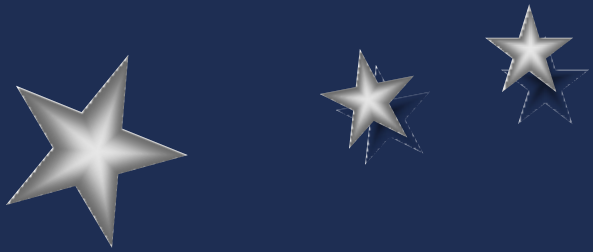


模拟量的输入输出通道



模拟量I/O通道：

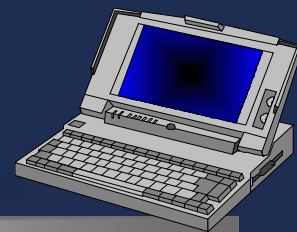




数/模 (D/A) 转换器



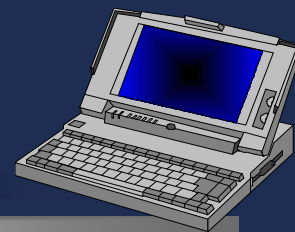
掌握：



- D/A变换器的基本工作原理
- D/A变换器的主要技术指标
- DAC0832的三种工作模式
- DAC0832的应用

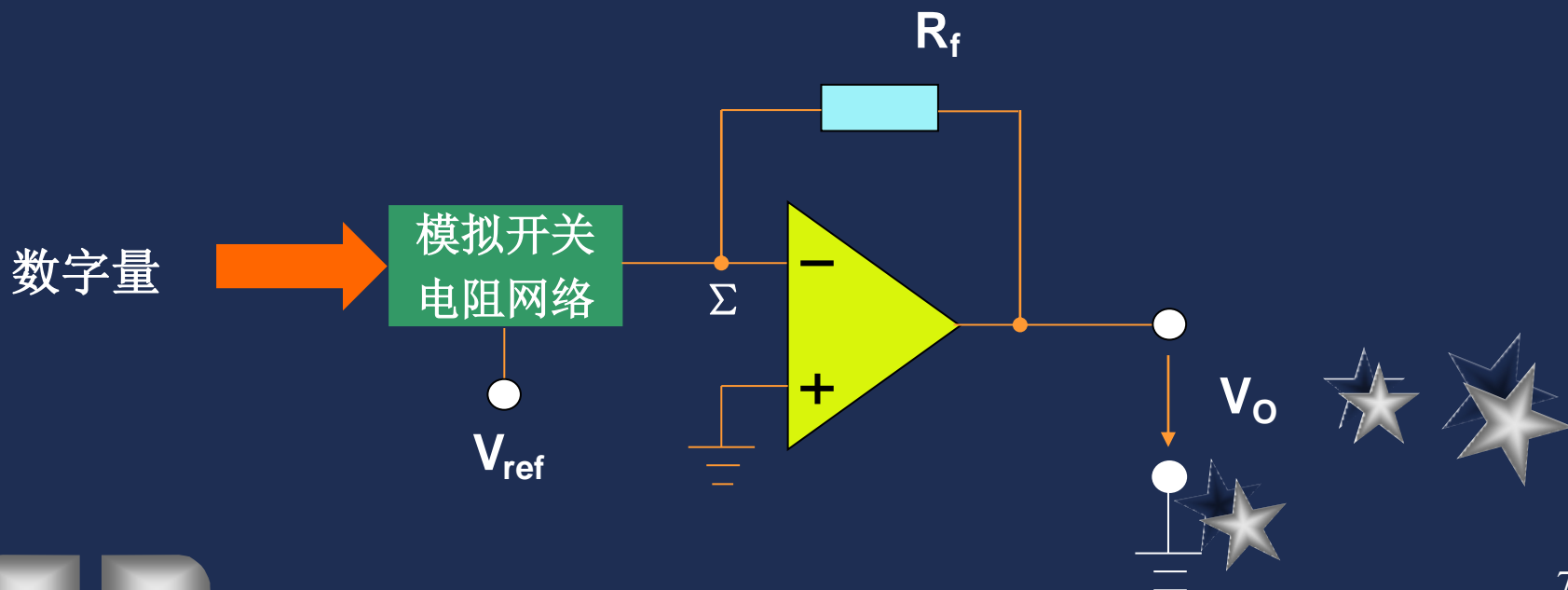


一、D/A变换器的工作原理

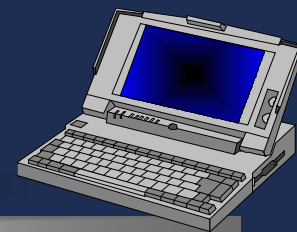


■ 组成:

- 模拟开关
- 电阻网络
- 运算放大器

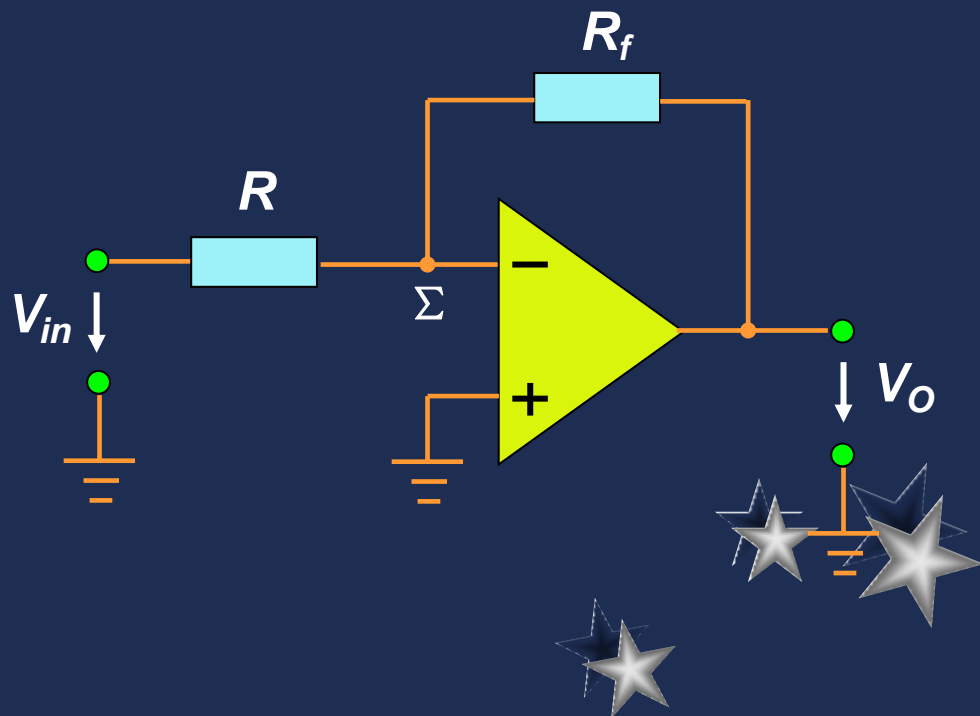


基本变换原理

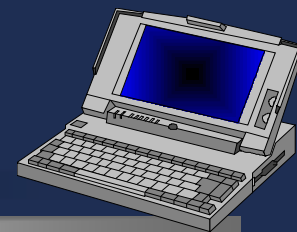


- 当运放的放大倍数足够大时，输出电压 V_o 与输入电压 V_{in} 的关系为：

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

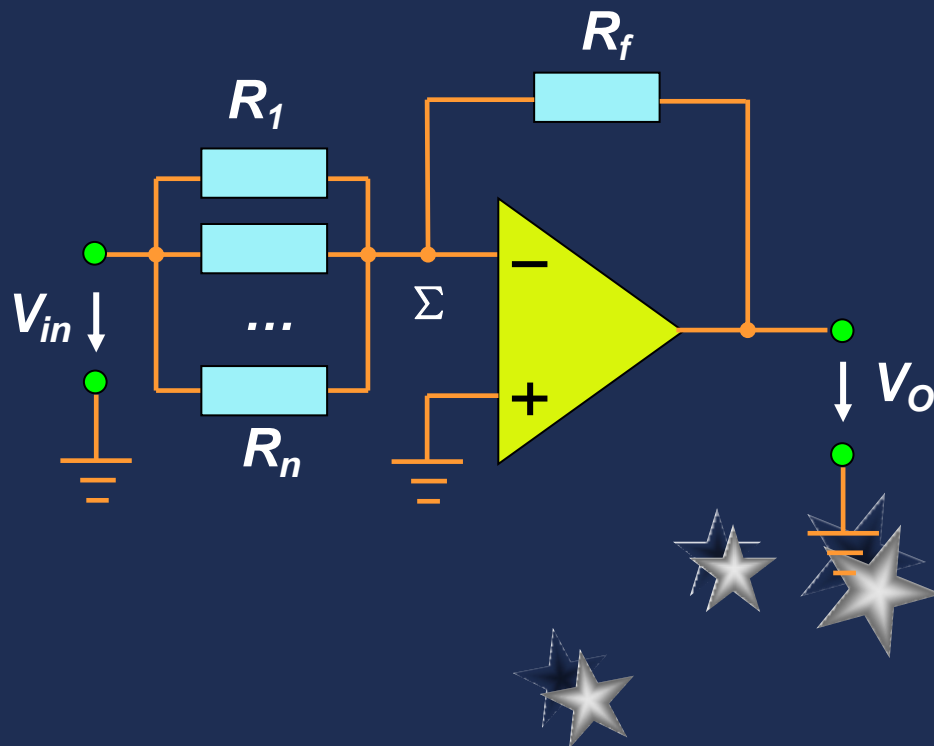


基本变换原理

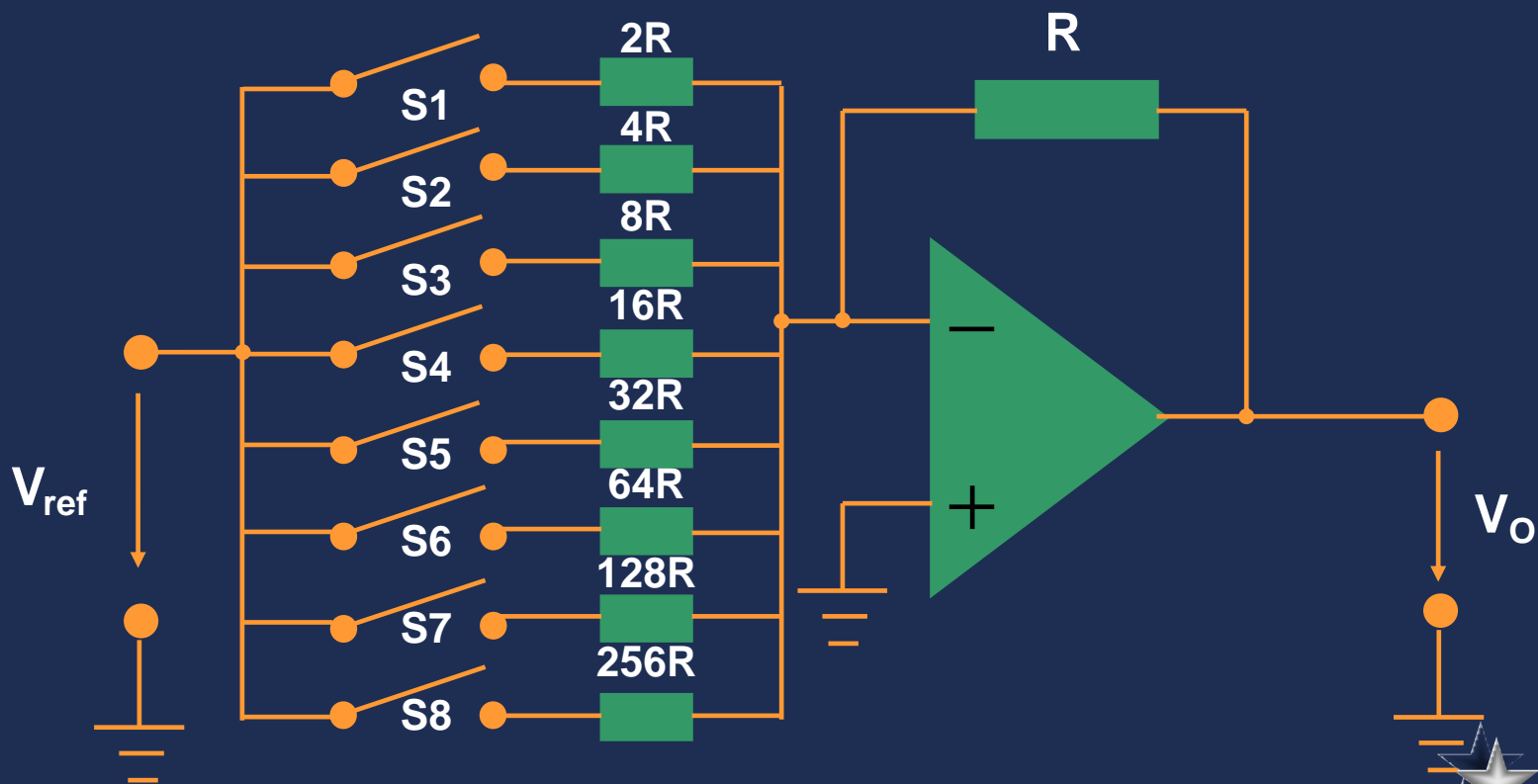


- 若输入端有 n 个支路, 则输出电压 V_o 与输入电压 V_{in} 的关系为:

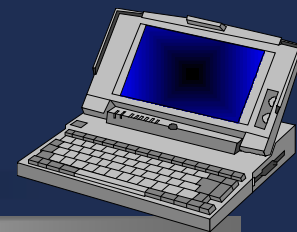
$$V_o = -R_f \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i} V_{in}$$



$n=8$ 的权电阻网络



基本变换原理



- 如果每个支路由一个开关 S_i 控制, $S_i=1$ 表示 S_i 合上, $S_i=0$ 表示 S_i 断开。且 $R_f=R$ 。
- 则输入输出关系变换为

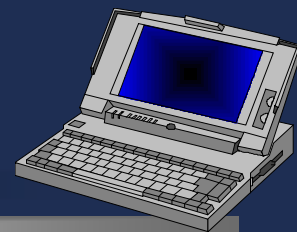
$$V_o = - \sum_{i=1}^n \frac{1}{2^i} S_i V_{ref}$$

若 $S_i=1$,该项对 V_o 有贡献;

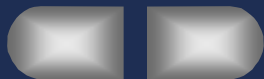
若 $S_i=0$,该项对 V_o 无贡献



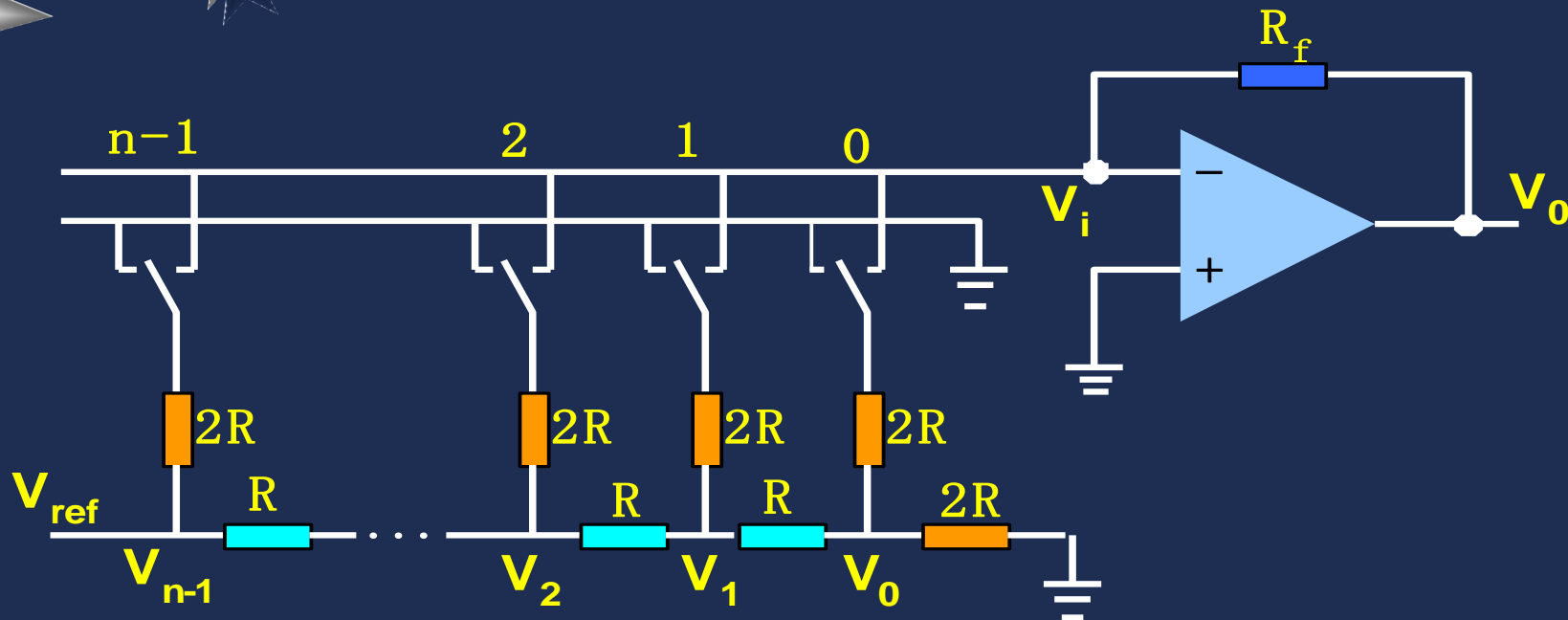
基本变换原理



- 如果用8位二进制代码来控制图中的 $S_1 \sim S_8$ ($D_i=1$ 时 S_i 闭合; $D_i=0$ 时 S_i 断开), 则不同的二进制代码就对应不同输出电压 V_O ;
- 当代码在 $0 \sim FFH$ 之间变化时, V_O 相应地在 $0 \sim (255/256)V_{ref}$ 之间变化;
- 为控制电阻网络各支路电阻值的精度, 实际的D/A转换器采用R-2R梯形电阻网络, 只用两种阻值的电阻(R和2R)。



实际的D/A转换器—R-2R梯形电阻网络



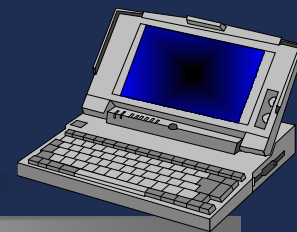
$$V_0 = -\frac{D}{2^j} \times \frac{R_f}{R} \times V_{ref}$$

其中， D 为输入的数字量， j 为数字量的位数。

设 $R_f=R$, $j=8$ 则:

$$V_0 = \frac{-D}{256} \times V_{ref}$$

二、主要技术指标



■ 分辨率 (Resolution)

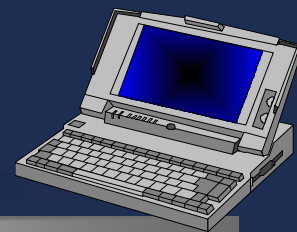
- 输入的二进制数每 ± 1 个最低有效位 (LSB)使得输出变化的程度。

■ 分辨率表示方法:

- 可用输入数字量的位数来表示, 如8位、10位等;
- 也可用一个LSB (Least Significant Bit) 使输出变化的程度来表示。



分辨率例



- 一个满量程为5V的10位D/A变换器, ± 1 LSB的变化所引起输出模拟量的变化为:

$$5/(2^{10}-1) = 5/1023$$

$$= 0.04888V$$

$$= 48.88mV$$



转换精度（误差）



实际输出值与理论值之间的最大偏差

■ 影响转换精度的因素：

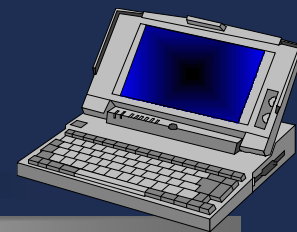
分辨率

电源波动

温度系数

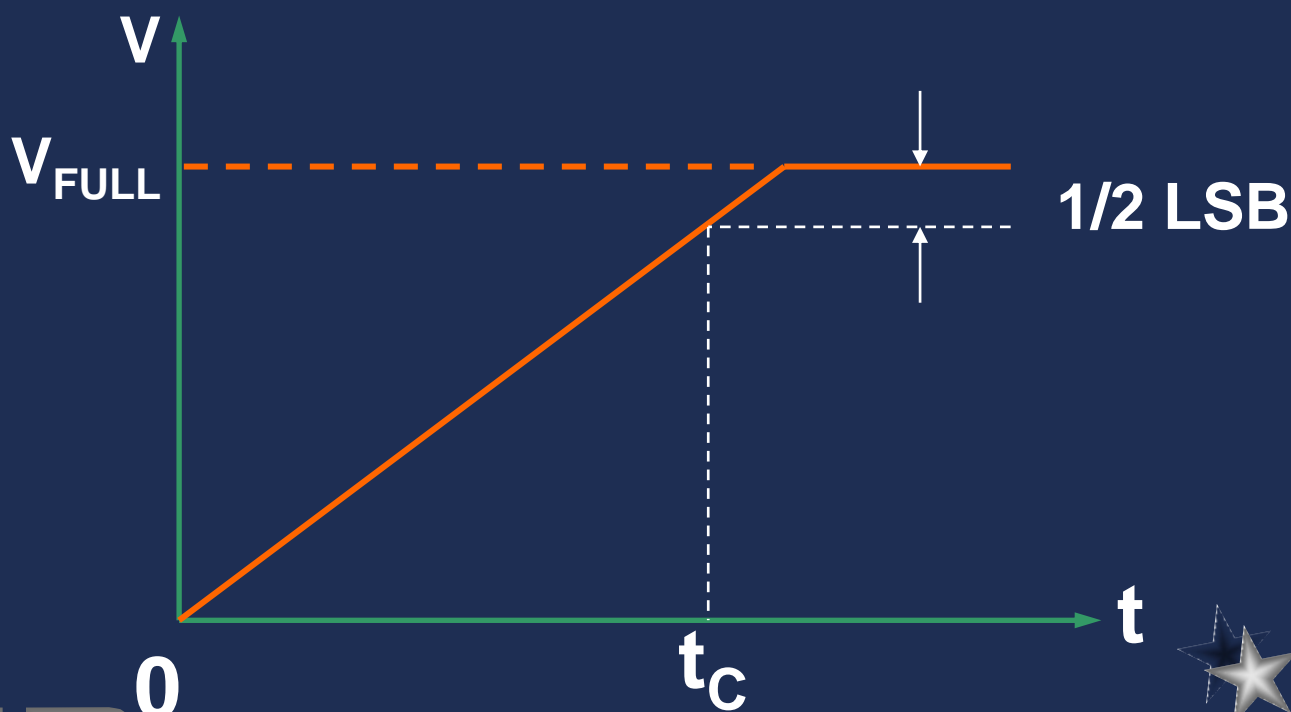
⋮



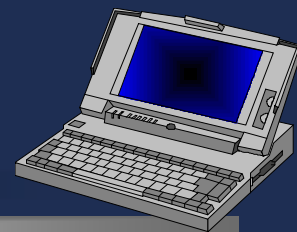


转换时间 t_c

- 从开始转换到与满量程值相差 $\pm 1/2$ LSB所对应的模拟量所需要的时间



三、典型D/A转换器DAC0832



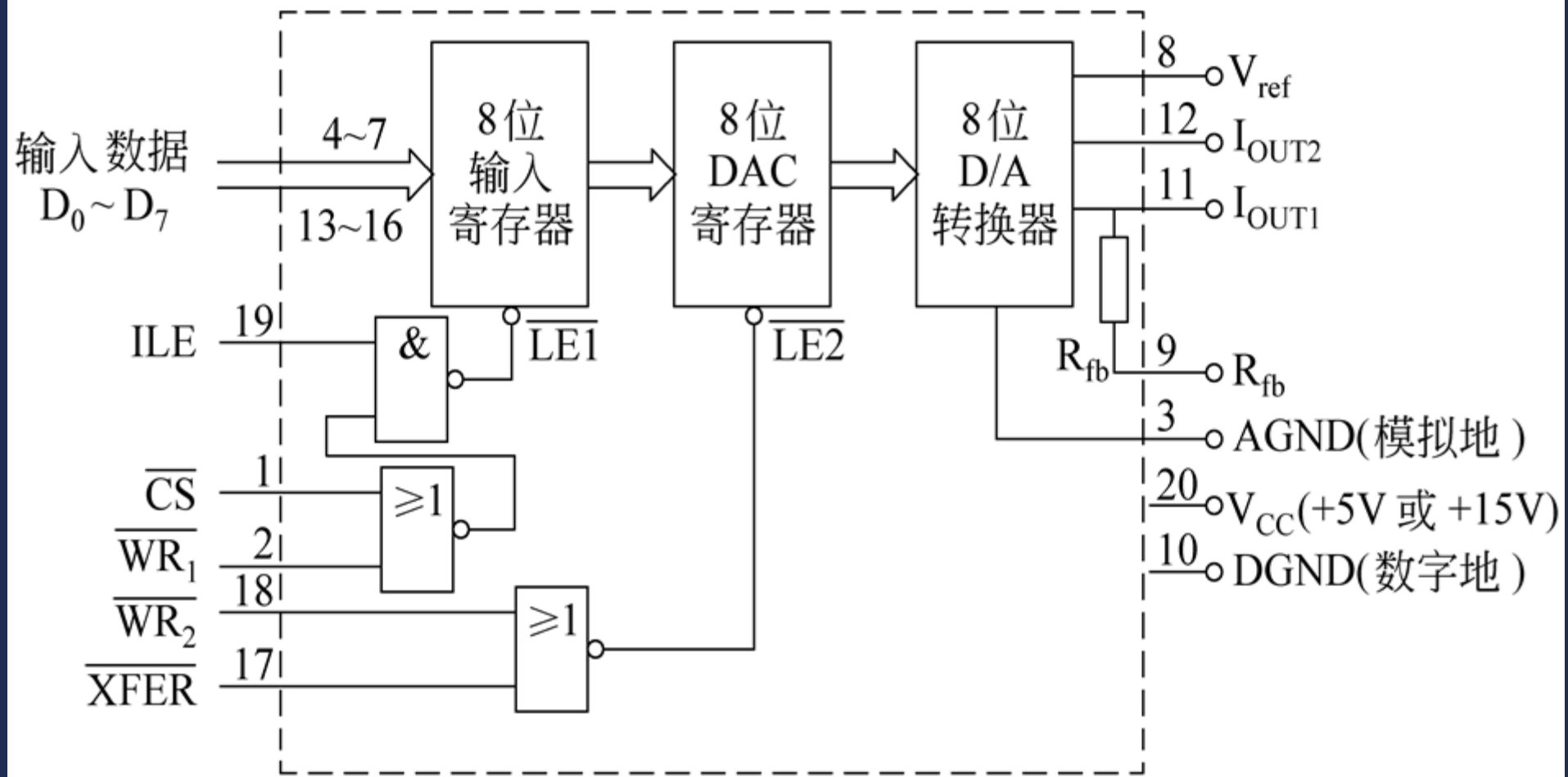
特点:

- 8位电流输出型D/A转换器
- T型电阻网络
- 差动输出

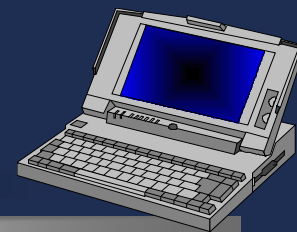




DAC0832的内部结构



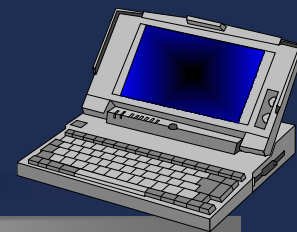
主要引脚功能



- $D_7 \sim D_0$: 输入数据线
- 输入寄存器的控制信号: ILE 、 \overline{CS} 、 \overline{WR}_1
- 这三个信号同时有效, 数据才能进入输入寄存器
- DAC寄存器的控制信号: \overline{WR}_2 、 \overline{XFER}
- 这两个信号同时有效, 数据才能进入DAC寄存器



主要引脚功能

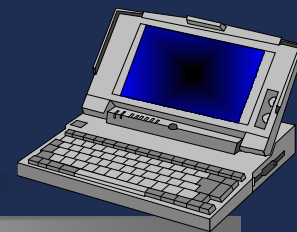


其它引线:

- V_{REF} : 参考电压。
-10V ~ +10V, 一般为+5V或+10V
- I_{OUT1} 、 I_{OUT2} : D/A转换差动电流输出。
用于连接运算放大器的输入
- R_{fb} : 内部反馈电阻引脚, 接运放输出
- AGND、DGND: 模拟地和数字地



工作模式



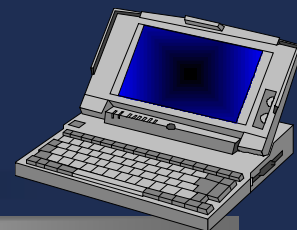
单缓冲模式

双缓冲模式

无缓冲模式



单缓冲模式



- 使输入锁存器或DAC寄存器二者之一处于直通，即芯片只占用一个端口地址。
- CPU只需一次写入即开始转换

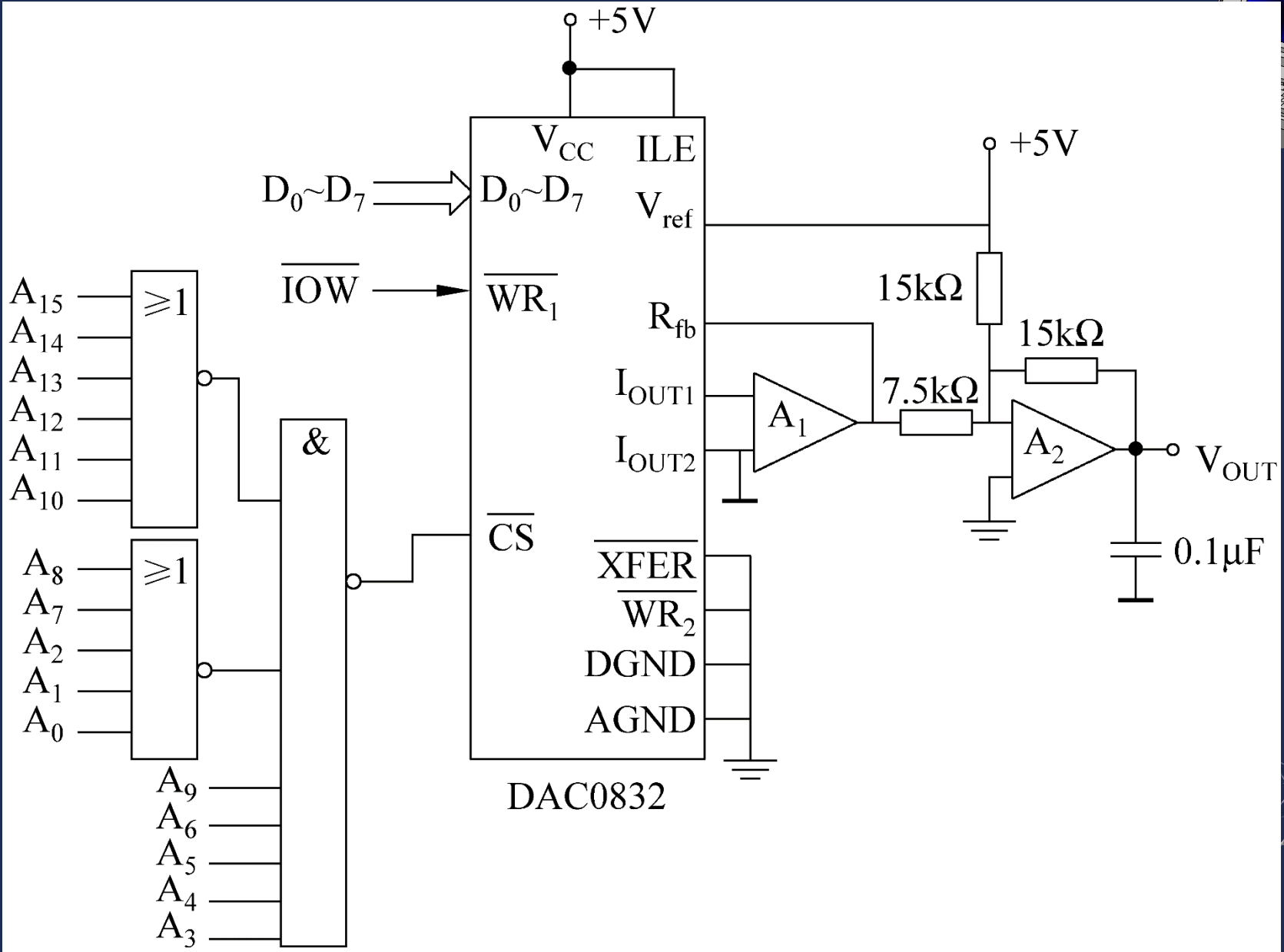
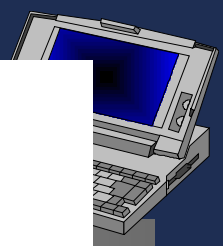
```
MOV DX, PORT
```

```
MOV AL, DATA
```

```
OUT DX, AL
```



例:利用图示D/A转换电路输出周期三角波



单缓冲模式例



- 端口地址: 0278H

- 最大输出值5V对应数字量: FFH, 最小值0V对应数字量: 00H

```
MOV DX, 0278H
```

```
MOV AL, 0
```

```
NET1: OUT DX, AL
```

```
INC AL
```

```
CMP AL, 0FFH
```

```
JNZ NET1
```

```
NET2: OUT DX, AL
```

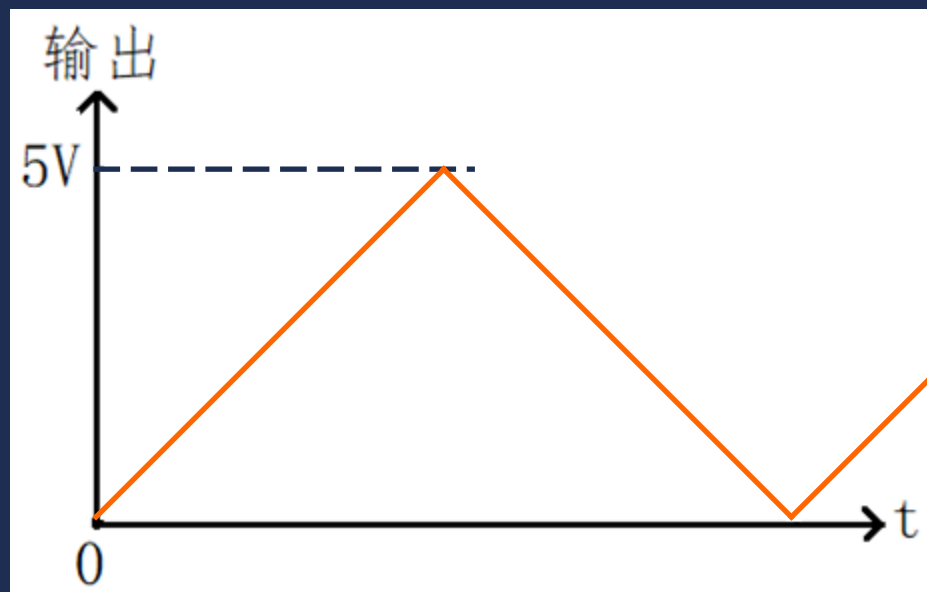
```
DEC AL
```

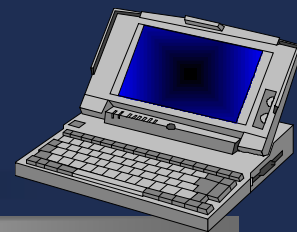
```
CMP AL, 0
```

```
JNZ NET2
```

```
JMP NET1
```

输出为一个等腰三角波形



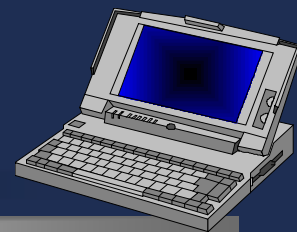


双缓冲模式（标准模式）

- 对输入寄存器和DAC寄存器均需控制。
- 当输入寄存器控制信号有效时，数据写入输入寄存器中；再在DAC寄存器控制信号有效时，数据才写入DAC寄存器，并启动变换。
- 此时芯片占用两个端口地址。
- 优点：
 - 数据接收与D/A转换可异步进行；
 - 可实现多个DAC同步转换输出。
- 分时写入、同步转换。

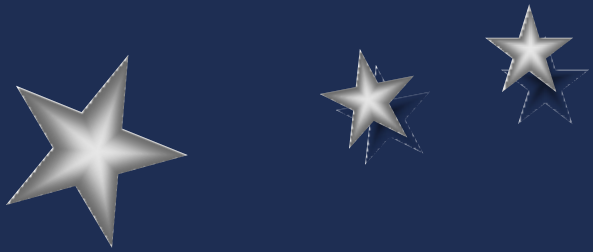


无缓冲器模式



- 使内部的两个寄存器都处于直通状态。模拟输出始终跟随输入变化。
- 不能直接与数据总线连接，需外加并行接口(如 74LS373、8255等)。





模/数 (A/D) 转换器



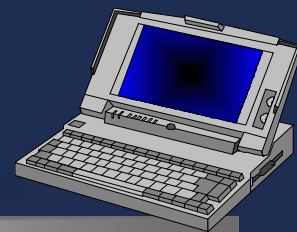
要点：



- A/D转换器的基本工作原理
- A/D转换器的主要技术指标
- A/D转换器的应用
 - 与系统的连接
 - 数据采集程序的编写



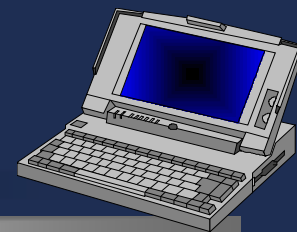
A/D转换器的功能



- 用于将连续变化的模拟信号转换为数字信号的装置，简称ADC。
- A/D转换器用来采集模拟系统的信息送入计算机中。



A/D转换器类型



■ 计数型A/D转换器

-----速度慢、价格低，适用于慢速系统

■ 双积分型A/D转换器

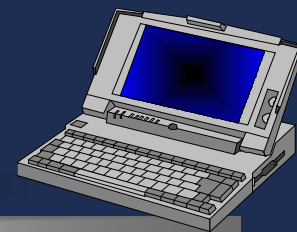
-----分辨率高、抗干扰性好、转换速度较慢，适用于中速系统

■ 逐位反馈型A/D转换器

-----转换精度高、速度快、抗干扰性差

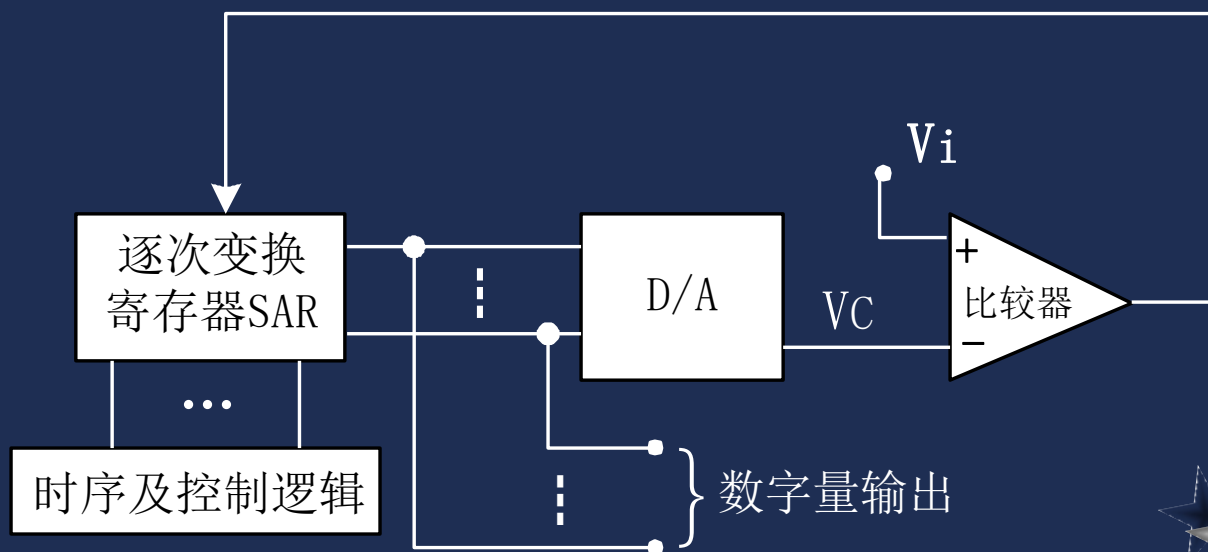


一、A/D转换器的工作原理

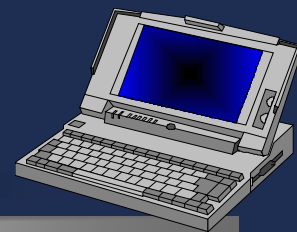


■ 逐位反馈型A/D转换器

- 利用D/A转换器输出模拟量来逼近被转换的模拟量。类似天平称重量时的尝试法，逐步用砝码的累积重量去逼近被称物体。

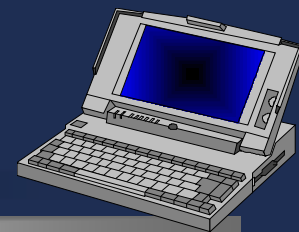


二、主要技术指标



- 转换精度
 - 量化误差
 - 非线性误差
 - 其它误差
- 总误差=各误差的均方根





量化间隔

- 一个最低有效位对应的模拟量

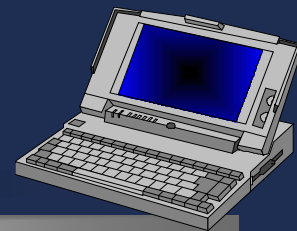
$$\Delta = V_{\max} / (2^n - 1)$$

- 例：某8位ADC的满量程电压为5V，则其分辨率为：

$$5V / 255 = 19.6mV$$



量化误差



- 绝对量化误差

- 绝对量化误差 = $1/2 \Delta$

- 相对量化误差

- 相对量化误差 = $(1/(2^n - 1))/2 \times 100\%$

- 例：

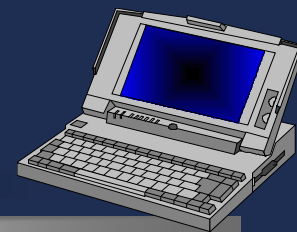
设满量程电压 = 10V，A/D变换器位数 = 10位，则：

绝对量化误差 = $10 / ((2^{10} - 1) \times 2) \approx 10 / 2^{11} \approx 4.88 \text{mV}$

相对量化误差 = $1 / ((2^{10} - 1) \times 2) \approx 1 / 2^{11} \times 100\% \approx 0.049\%$



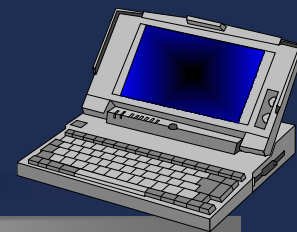
转换时间



- 实现一次转换需要的时间。精度越高（字长越长），转换时间越长。



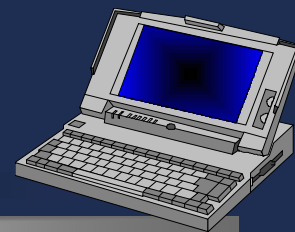
输入动态范围



- 允许转换的输入电压的范围。
如0 ~ 5V、0 ~ 10V等。



三、典型的A/D转换器芯片

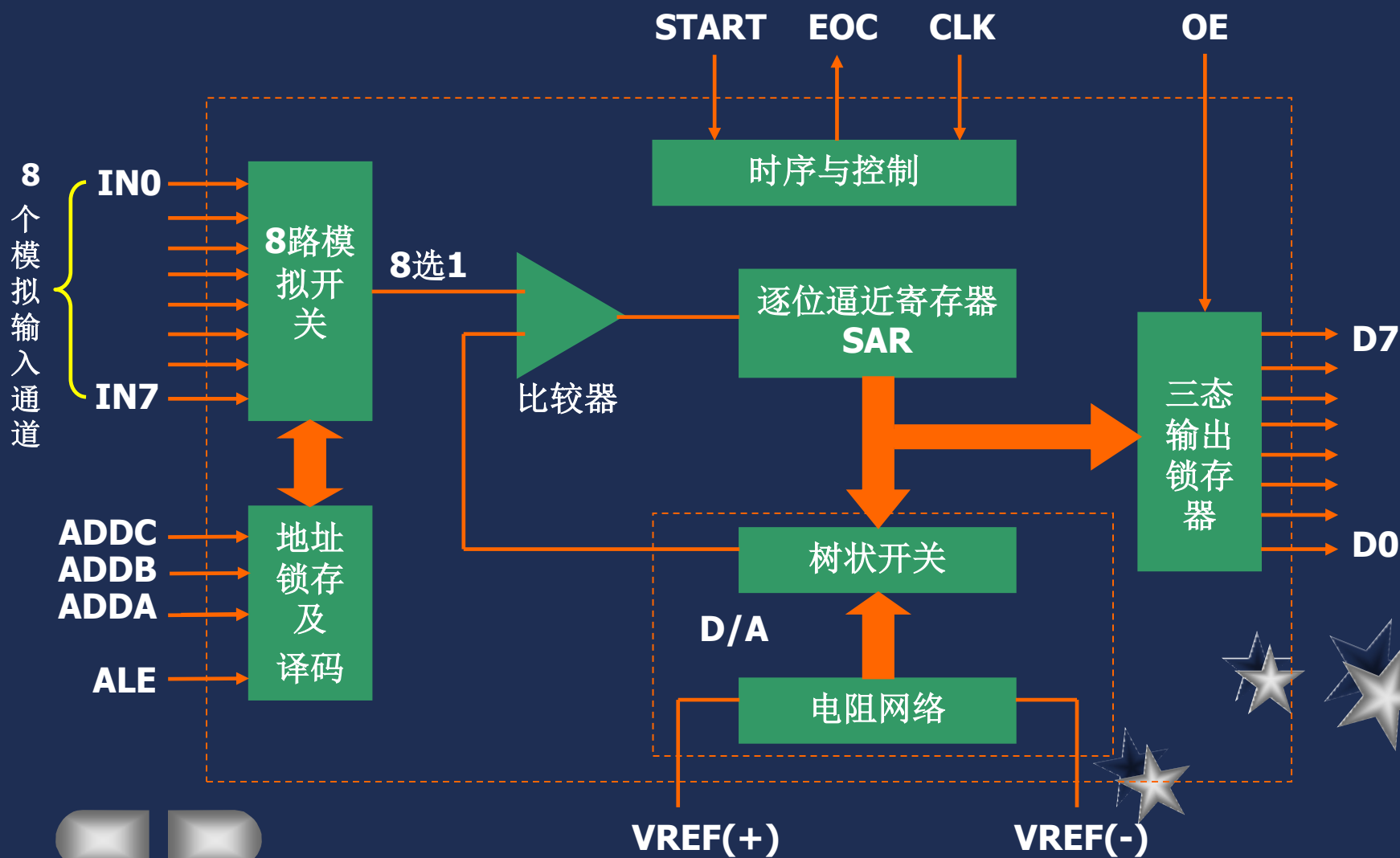
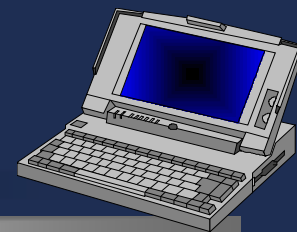


ADC0809:

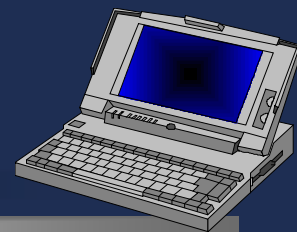
- 8通道 (8路) 输入
- 8位字长
- 逐位逼近型
- 转换时间 $100\mu\text{s}$
- 内置三态输出缓冲器



内部结构



主要引脚功能



- D7 ~ D0: 输出数据线 (三态)
- IN0 ~ IN7: 8通道 (路) 模拟输入
- ADDA、ADDB、ADDC: 通道地址
- ALE: 通道地址锁存
- START: 启动转换
- EOC: 转换结束状态输出
- OE: 输出允许 (打开输出三态门)
- CLK: 时钟输入 (10KHz ~ 1.2MHz)



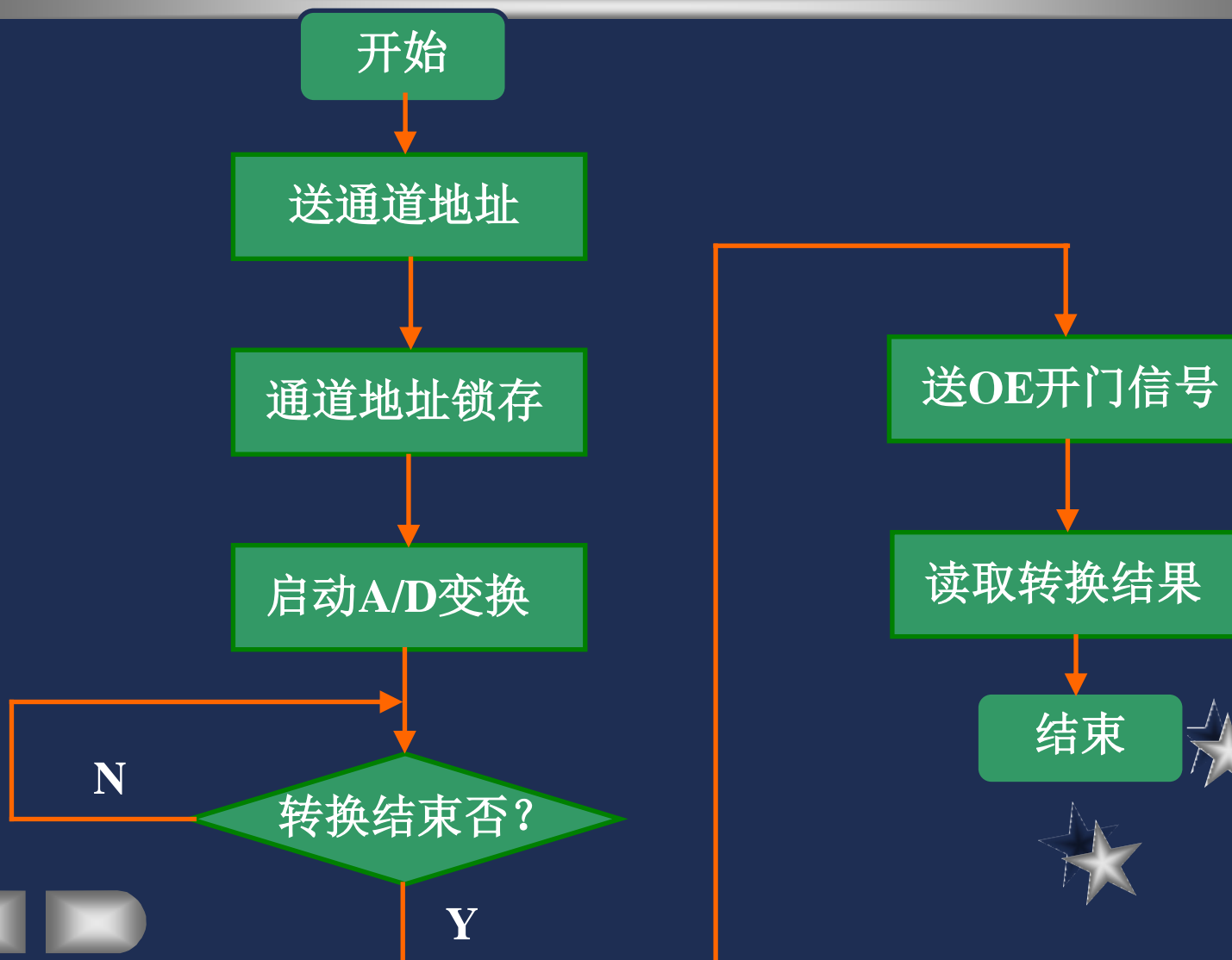
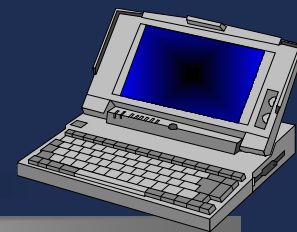
ADC0809的工作过程

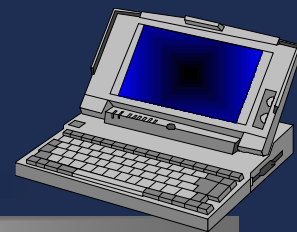


- 送通道地址，选择要转换的模拟输入通道；
- 锁存通道地址到内部地址锁存器；
- 启动A/D变换；
- 判断转换是否结束；
- 读转换结果



ADC0809的工作流程



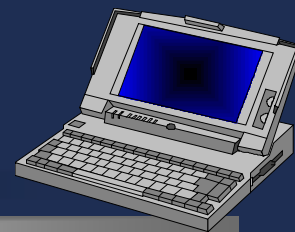


判断转换结束的方法

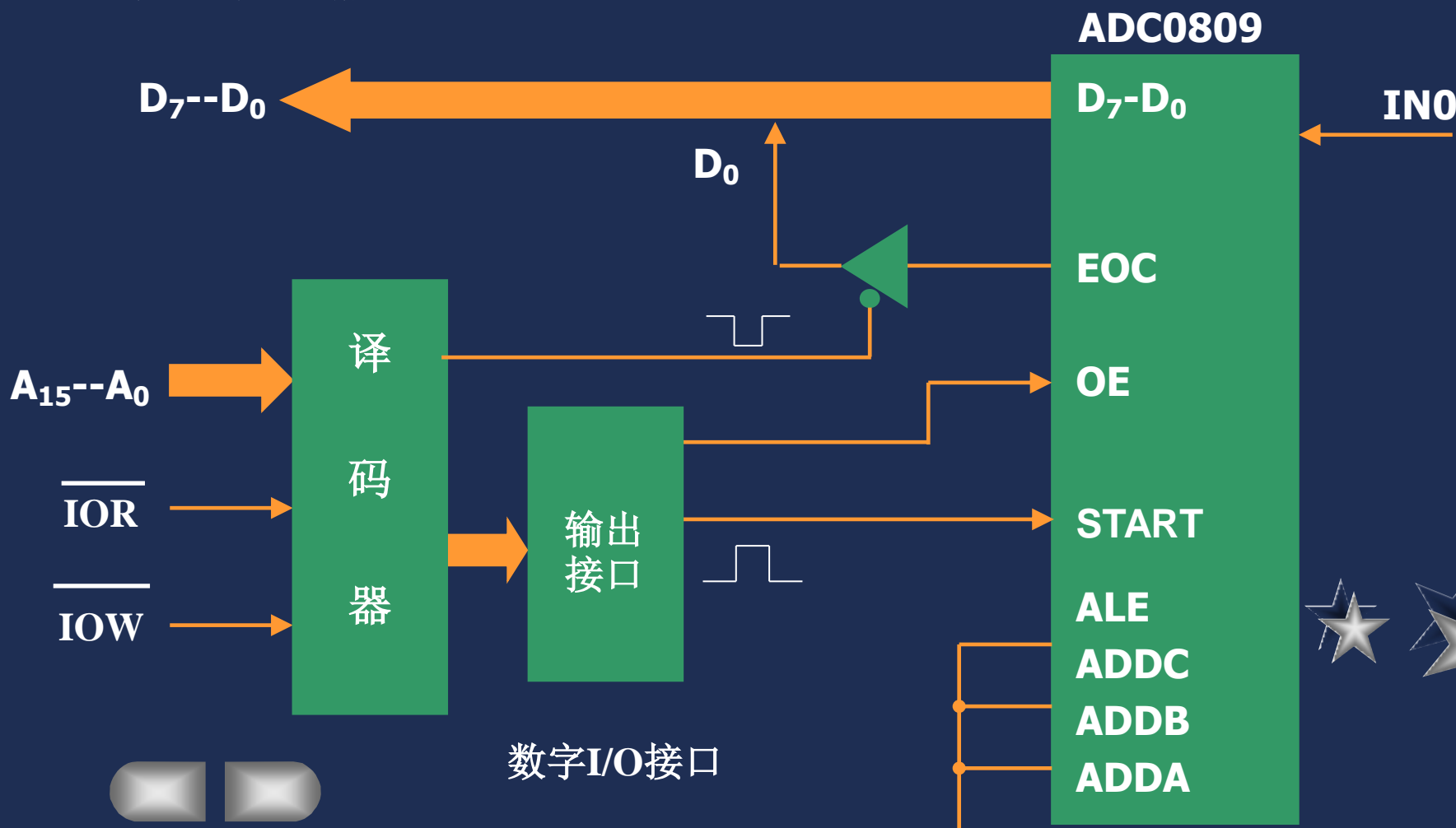
- 软件延时等待（比如延时120 μ s）
 - 此时不用EOC信号，CPU效率最低
- 软件查询EOC状态。
- 把EOC作为中断申请信号，接到中断控制器的IRi端。
 - 在中断服务程序中读入转换结果，效率较高



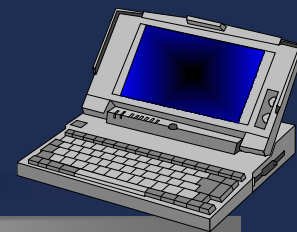
ADC0809与系统的连接例



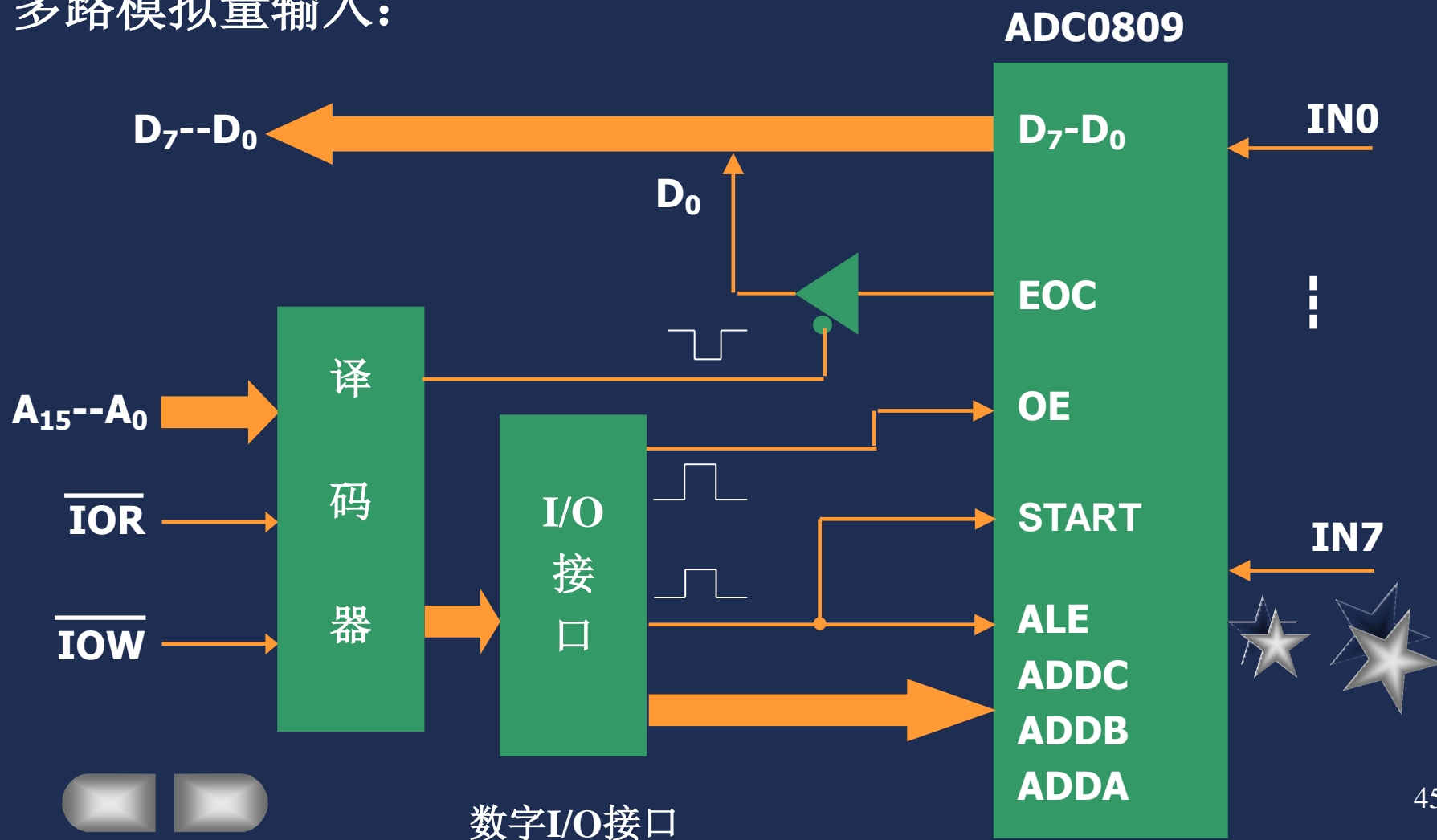
单路模拟量输入：



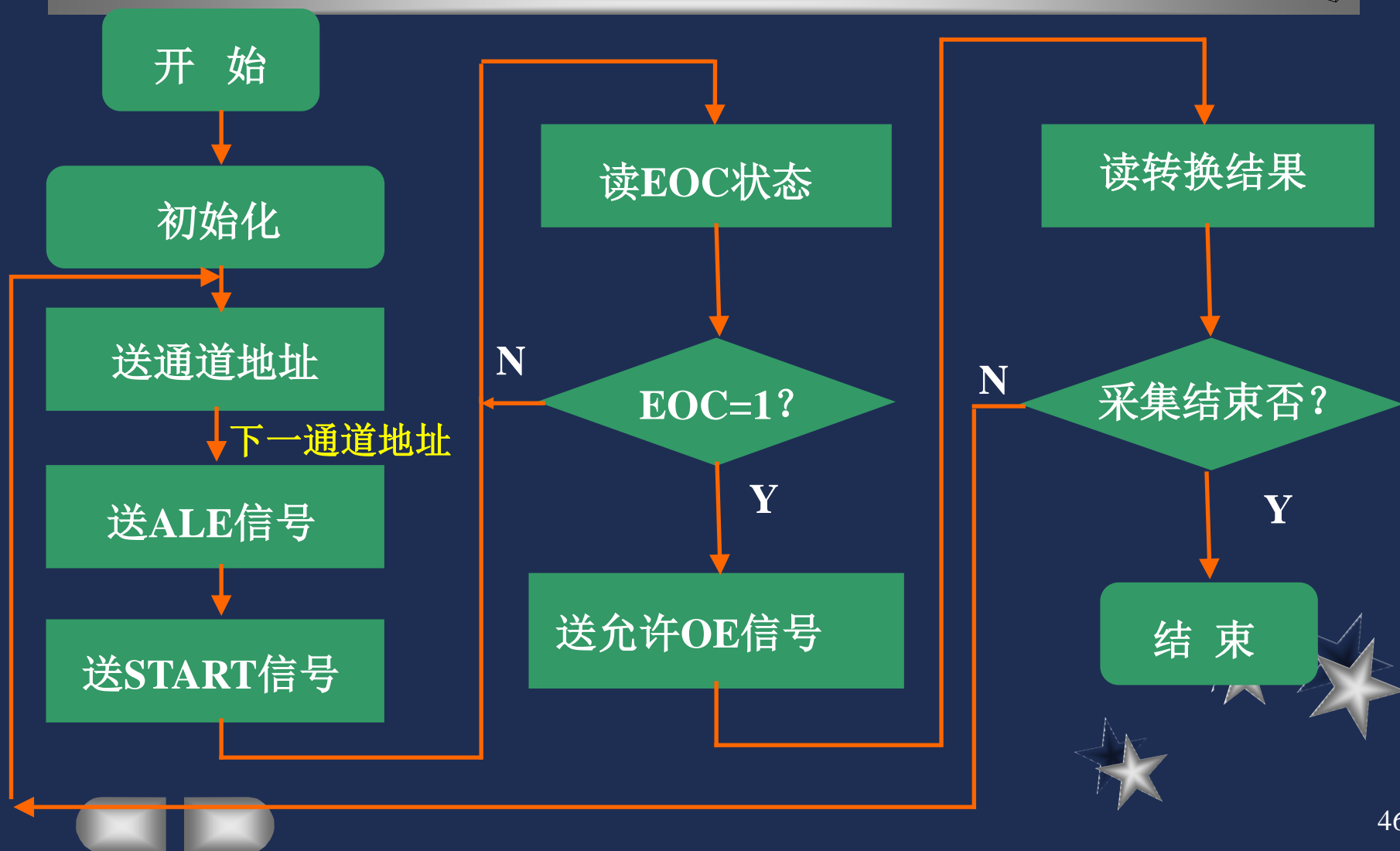
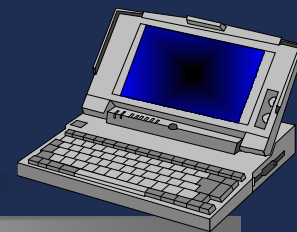
ADC0809与系统的连接例



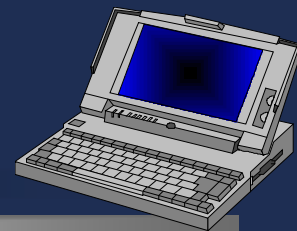
多路模拟量输入:



数据采集程序流程



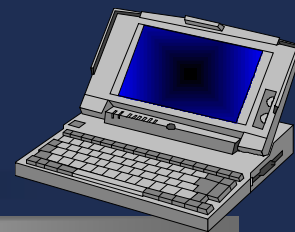
本章小结：



- 了解模拟量输入输出通道结构及其各主要模块的功能；
- 了解D/A及A/D转换的基本原理；
- 了解DAC和ADC的主要技术指标；
- 理解DAC0832的结构、原理及其工作模式；
- 了解利用ADC芯片实现数据采集的方法。



作业



第6章作业4

