

## 第7章

# 模拟量的输入输出





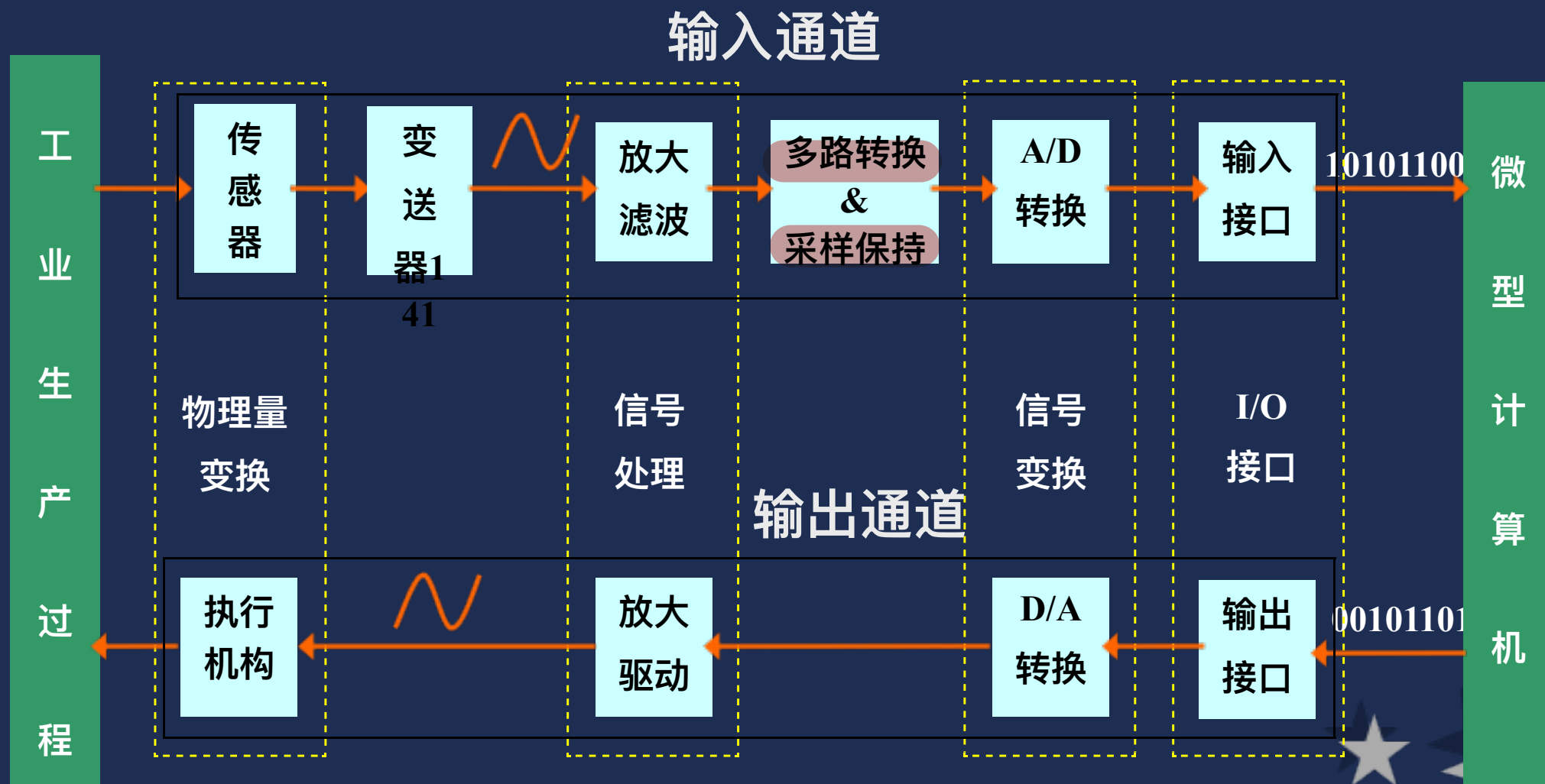
# 主要内容：

- 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

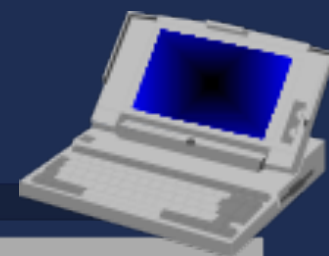
# 模拟量I/O通道:



模拟电路的任务

模拟接口电路的任务

# 模拟量的输入通道



- 传感器 (Transducer)

非电量→电压、电流

- 变送器 (Transformer)

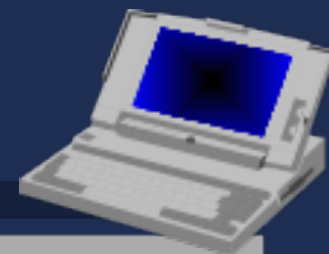
转换成标准的电信号

- 信号处理 (Signal Processing)

放大、整形、滤波



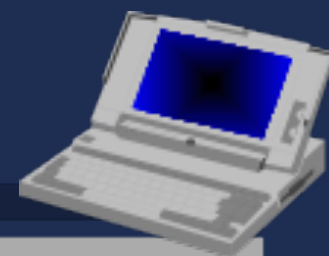
# 模拟量的输入通道



- 多路转换开关 (Multiplexer)  
    多选一
- 采样保持电路 (Sample Holder, S/H)  
    保证变换时信号恒定不变
- A/D变换器 (A/D Converter)  
    模拟量转换为数字量



# 模拟量的输出通道



- D/A变换器 (D/A Converter)

数字量转换为模拟量

- 低通滤波

平滑输出波形

- 放大驱动

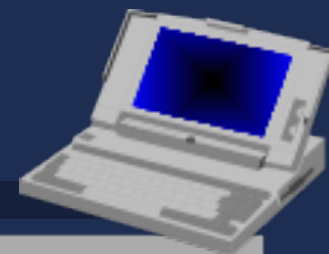
提供足够的驱动电压，电流



# 数/模 (D/A) 变换器



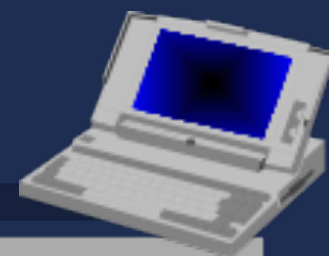
# 掌握：



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



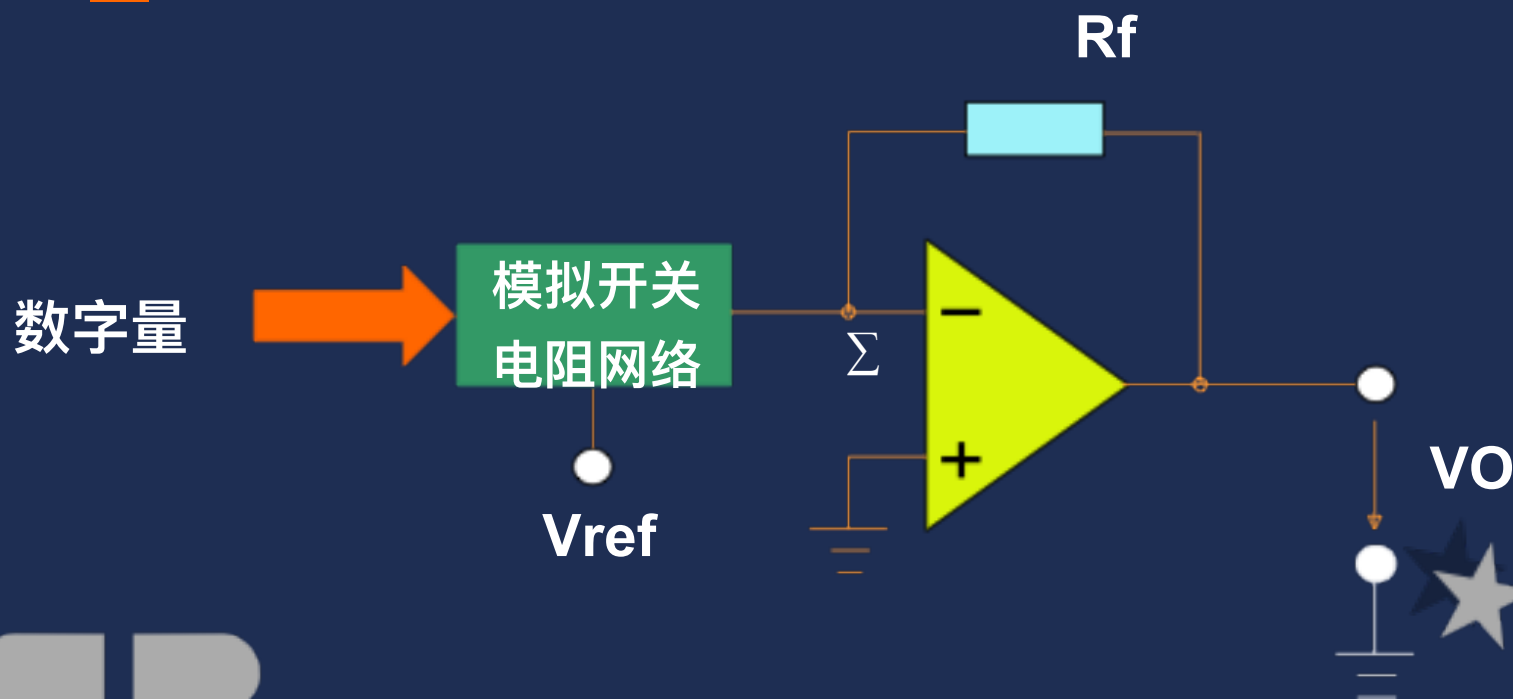
# 一、D/A变换器的工作原理



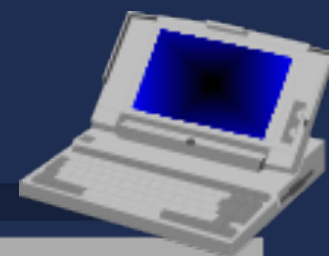
模拟开关

电阻网络

运算放大器

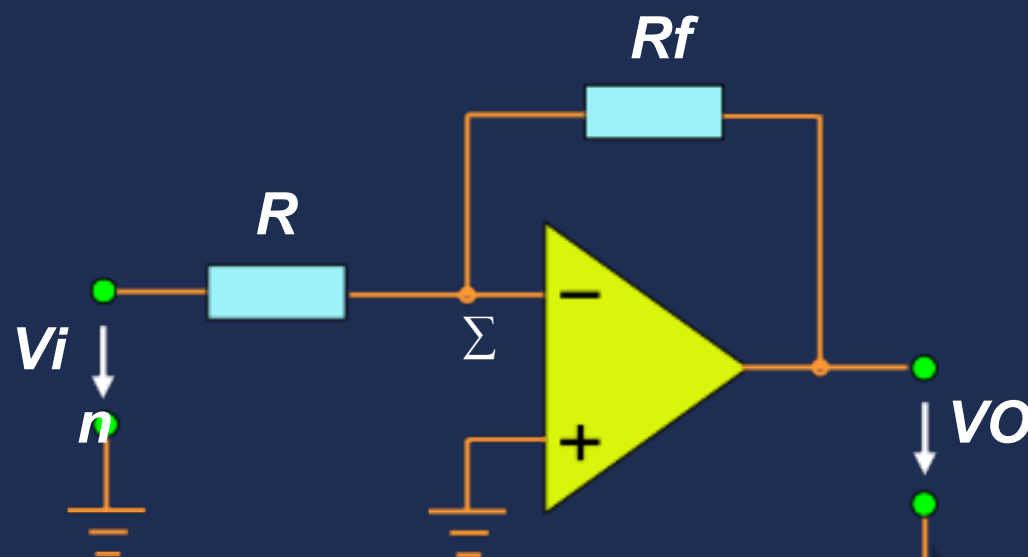


# 基本变换原理

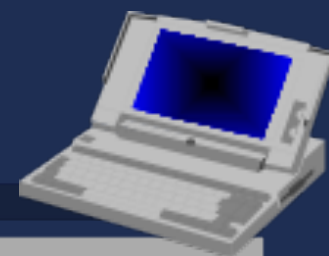


- 运放的放大倍数足够大时，输出电压 $V_O$ 与输入电压 $V_{in}$ 的关系为：

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

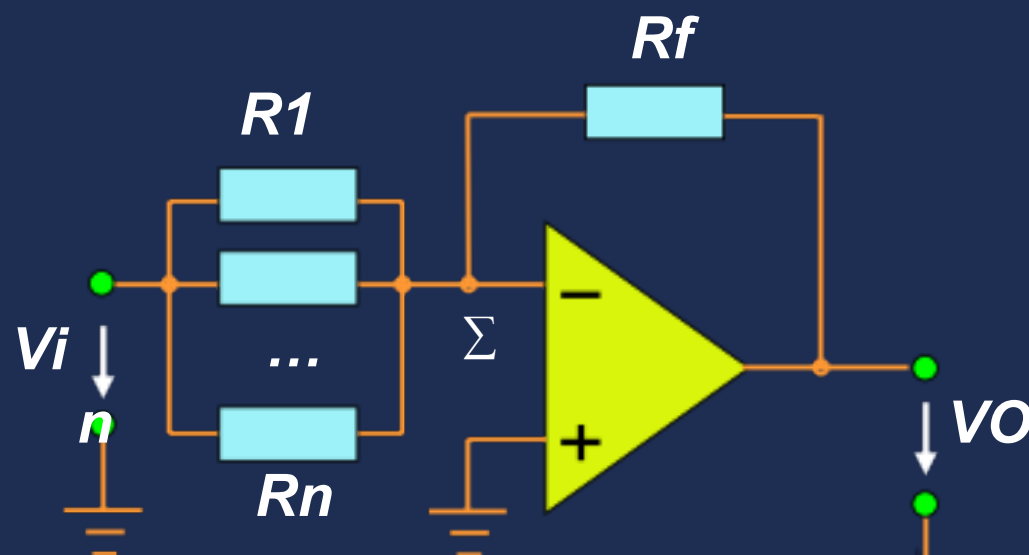


# 基本变换原理

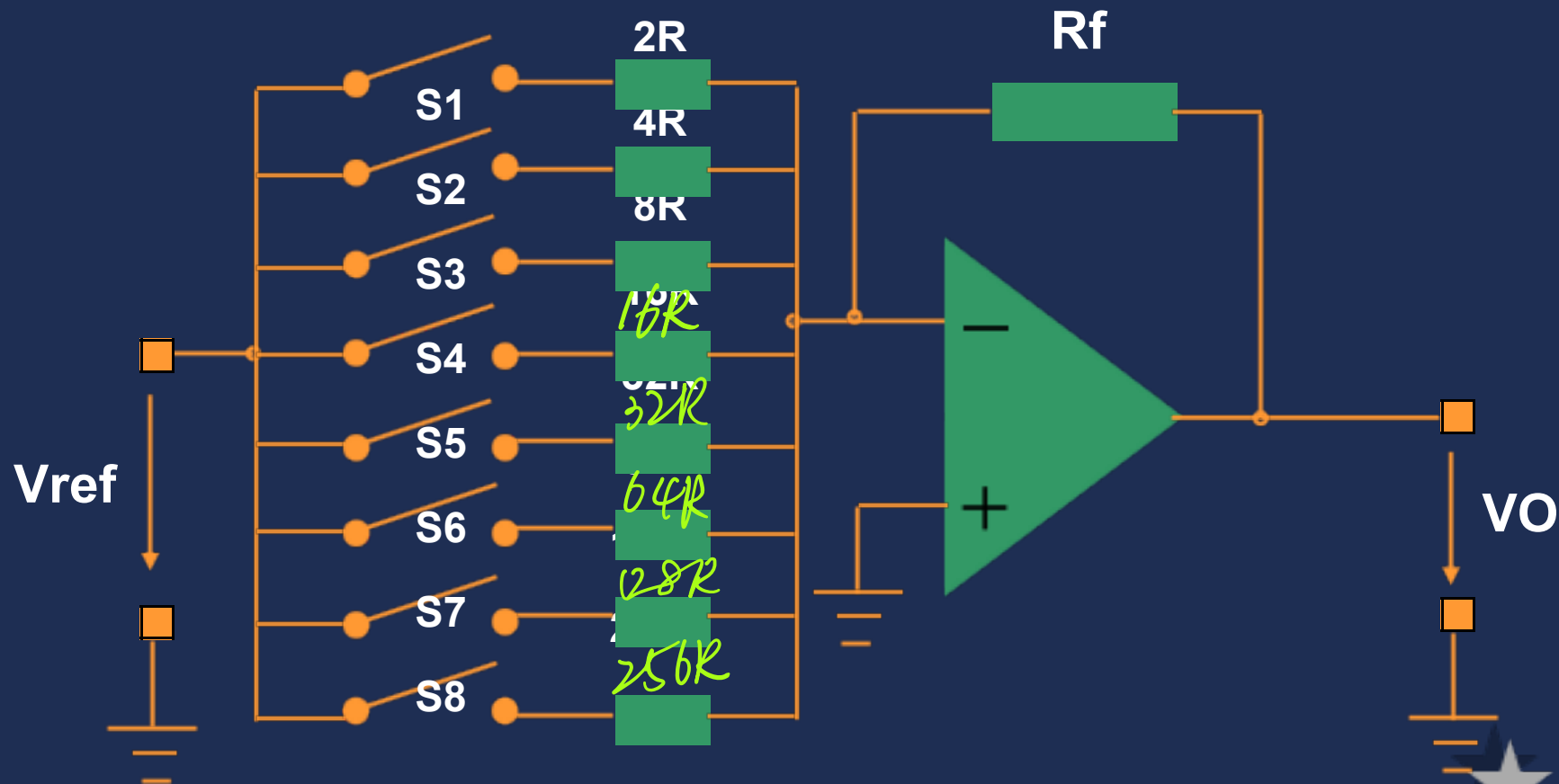


- 若输入端有n个支路, 则输出电压 $V_O$ 与输入电压 $V_i$ 的关系为:

$$V_0 = -R_f \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i} V_{in}$$

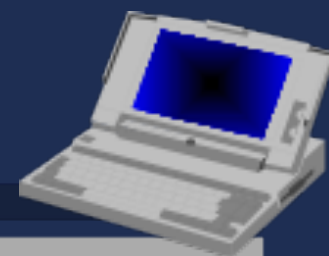


# 权电阻网络



这里，上式中的 $n=8$

# 基本变换原理

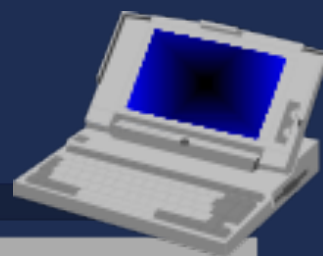


- 如果每个支路由一个开关 $S_i$ 控制， $S_i=1$ 表示 $S_i$ 合上， $S_i=0$ 表示 $S_i$ 断开，则上式变换为

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

若 $S_i=1$ ,该项对 $V_o$ 有贡献;  
若 $S_i=0$ ,该项对 $V_o$ 无贡献



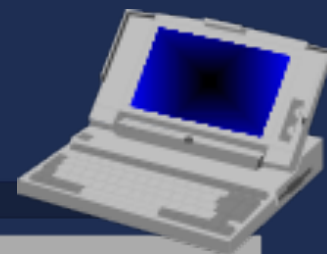


# 基本变换原理

- 如果用8位二进制代码来控制图中的S1~S8( $D_i=1$ 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~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, 它只用两种阻值的电阻(R和2R)。



## 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) 使输出变化的程度。

量化误差

表示：

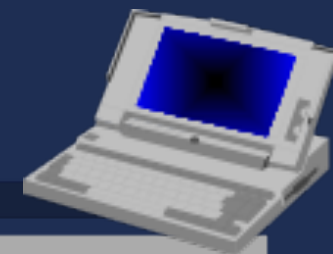
可用输入数字量的位数来表示，如8位、10位等；  
也可用一个LSB (Least Significant Bit) 使输出变化的程度来表示。

$$1 \text{ LSB} = \frac{1}{2^n - 1}$$

D/A转换位数



# 分辨率例



- 一个满量程为5V的10位D/A变换器， $\pm 1$  LSB的变化将使输出变化：

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

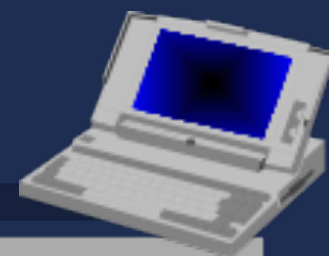
$$= 0.048888\text{V}$$

$$= 48.88\text{mV}$$

$$\frac{5}{2^{10}-1}$$



# 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

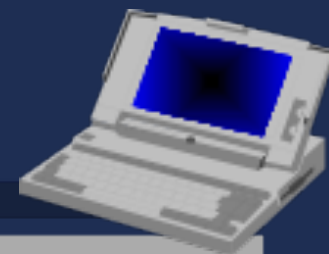
电源波动

温度变化

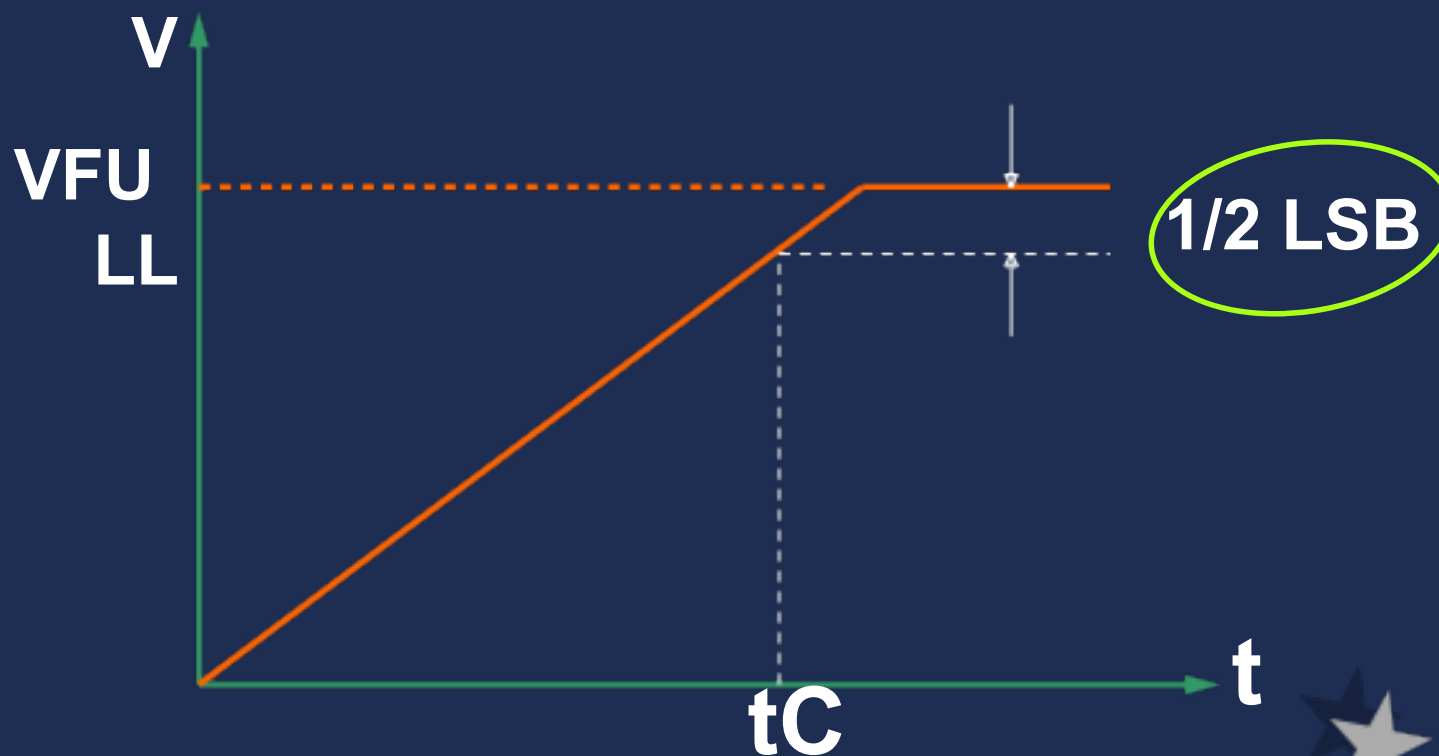
⋮



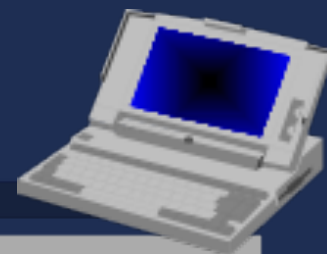
# 转换时间



- 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、典型的D/A转换器DAC0832

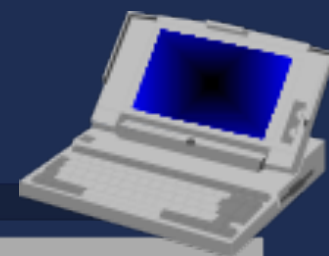


## 特点:

- 8位电流输出型D/A转换器
- T型电阻网络
- 差动输出



# 主要引脚功能



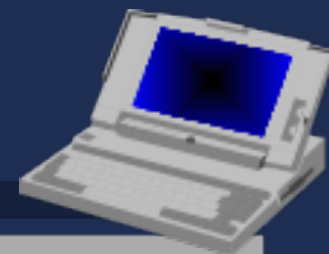
## 输入寄存器控制信号:

- D7~D0: 输入数据线
- ILE: 输入锁存允许
- CS: 片选信号
- WR1: 写输入锁存器

DAC0832



# 主要引脚功能

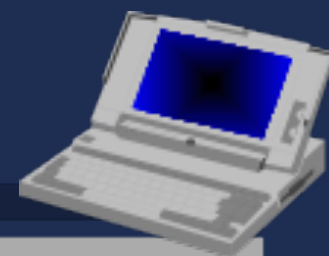


## 用于DAC寄存器的控制信号:

- $\overline{\text{WR2}}$ : 写DAC寄存器
- $\text{XFER}$ : 允许输入锁存器的数据传送到DAC寄存器  
(DAC寄存器的片选端)



# 主要引脚功能



## 其它引线:

- VREF: 参考电压。  
-10V~+10V, 一般为+5V或+10V
- IOUT1、IOUT2: D/A转换差动电流输出。  
用于连接运算放大器的输入
- Rfb: 内部反馈电阻引脚, 接运放输出
- AGND、DGND: 模拟地和数字地



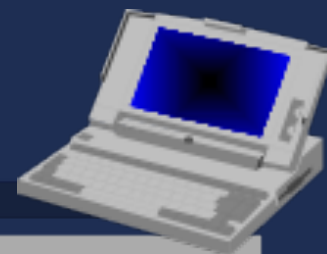


# 模/数 (A/D) 转换器





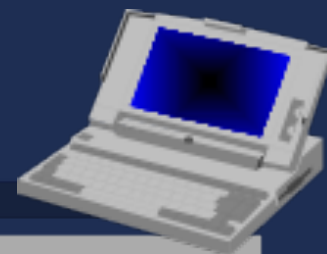
# 要点:



- A/D转换器的一般工作原理;
- 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



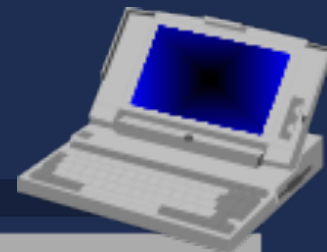
# A/D转换器



- 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，是模拟系统与计算机之间的接口部件。



# 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

便宜

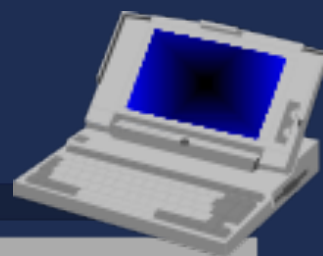
- 双积分型A/D转换器

-----分辨率高、抗干扰性好、转换速度慢，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

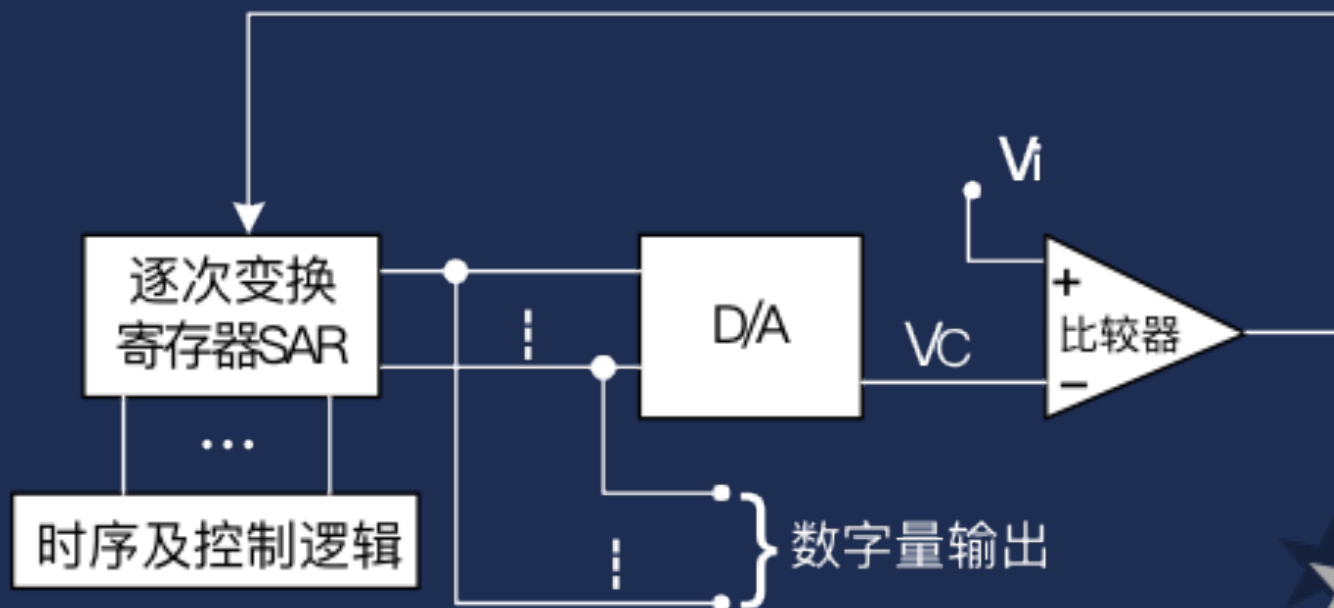




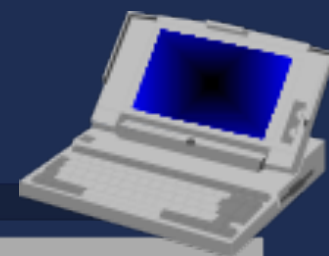
# 一、A/D转换器的的工作原理

## 逐位反馈型A/D转换器

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



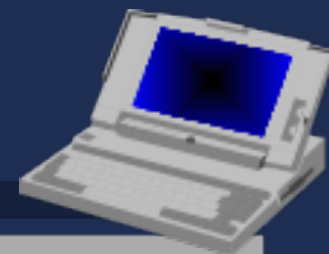
## 二、主要技术指标



- 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

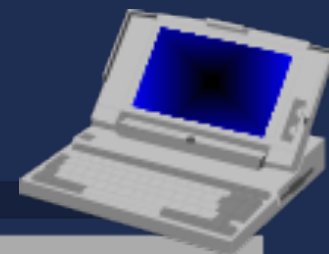
$$\Delta = V_{\max} / (2^n - 1)$$

- 例：某8位ADC的满量程电压为5V，则其分辨率为：

$$5V / 255 = 19.6mV$$



# 转换时间



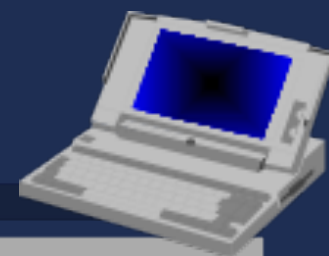
- 实现一次转换需要的时间。精度越高（字长越长），转换速度越慢。

## 输入动态范围

- 允许转换的电压的范围。  
如0~5V、0~10V等。



# 三、典型的A/D转换器芯片

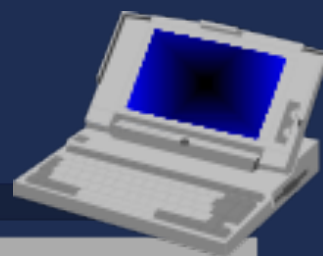


## ADC0809:

- 8通道（8路）输入
- 8位字长
- 逐位逼近型
- 转换时间100μs
- 内置三态输出缓冲器





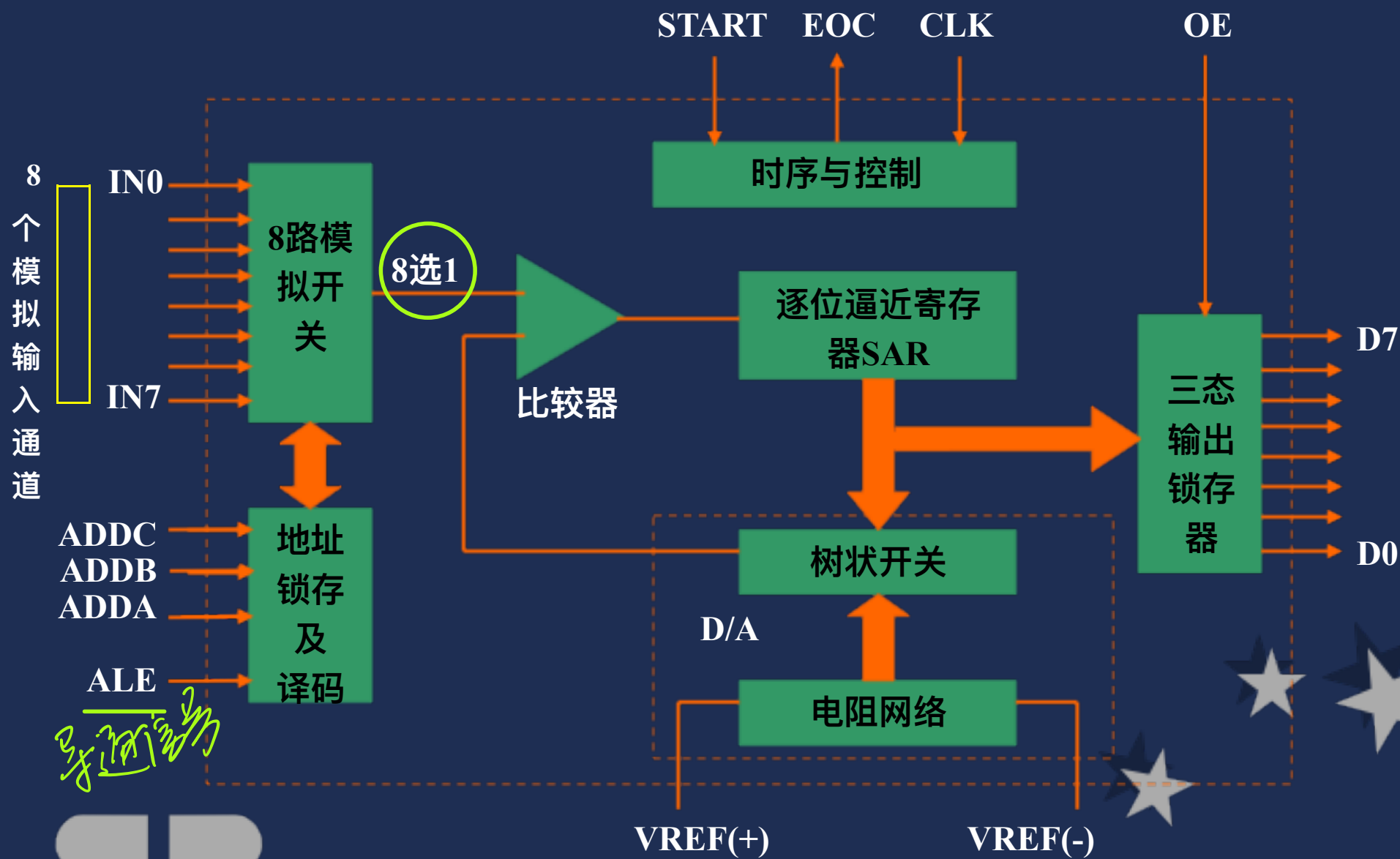
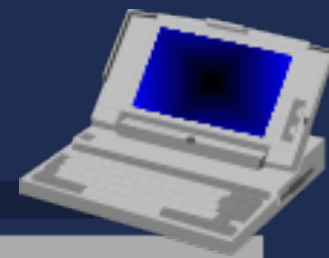


# 主要引脚功能

- 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)



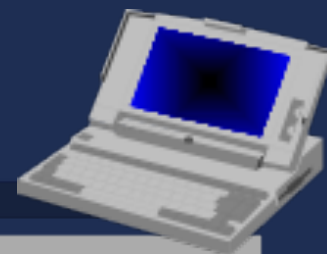
# 内部结构



# 工作时序



# ADC0809的工作过程



由时序图知ADC0809的工作过程如下：

- 送通道地址，以选择要转换的模拟输入；
- 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



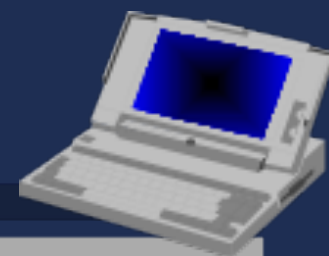
# ADC0809的应用



- 芯片与系统的连接
- 编写相应的数据采集程序

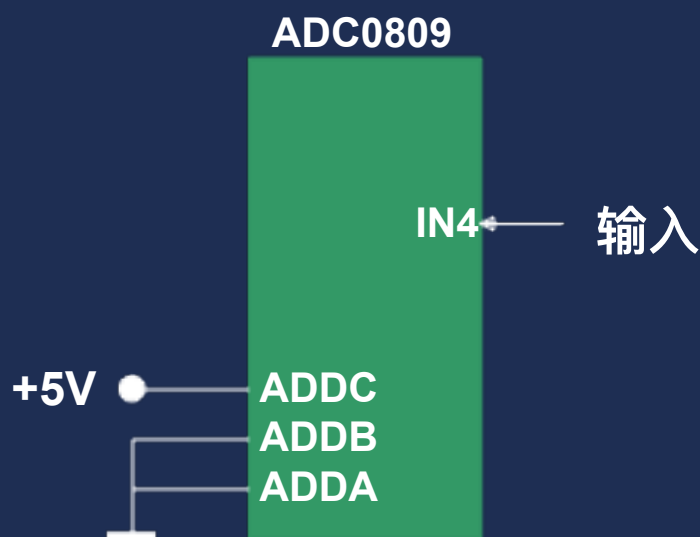


# 芯片与系统的连接

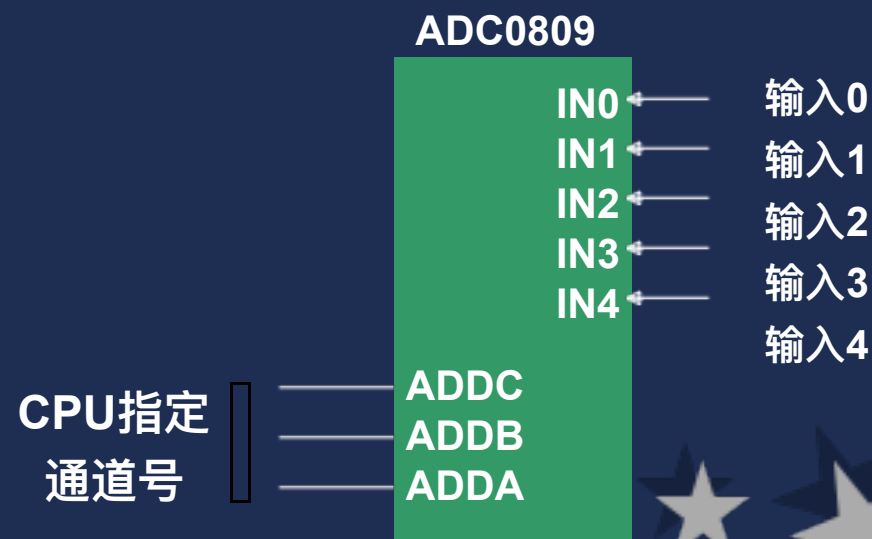


## 模拟输入端Ini :

- 单路输入
- 多路输入

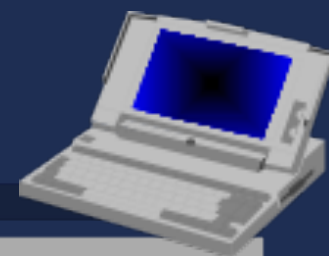


单路输入时



多路输入时

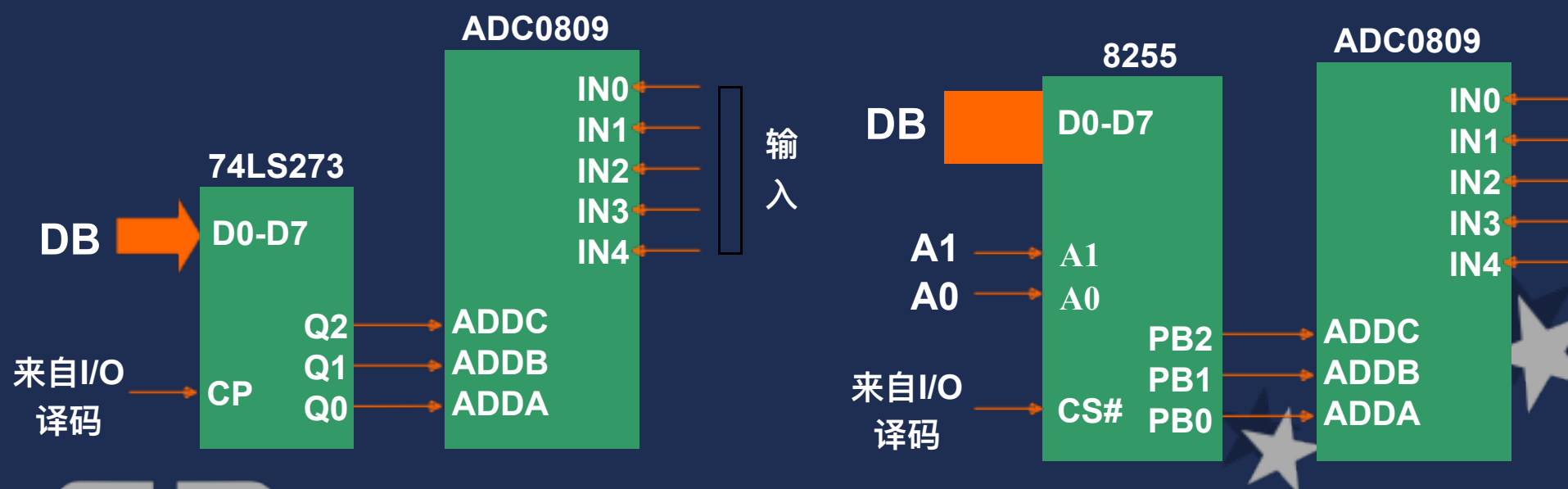


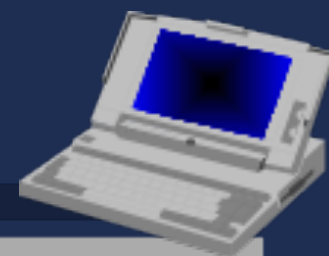


# 通道地址线ADDA-ADDC的连接

- 多路输入时，地址线不能接死，要通过一个接口芯片与数据总线连接。接口芯片可以选用：

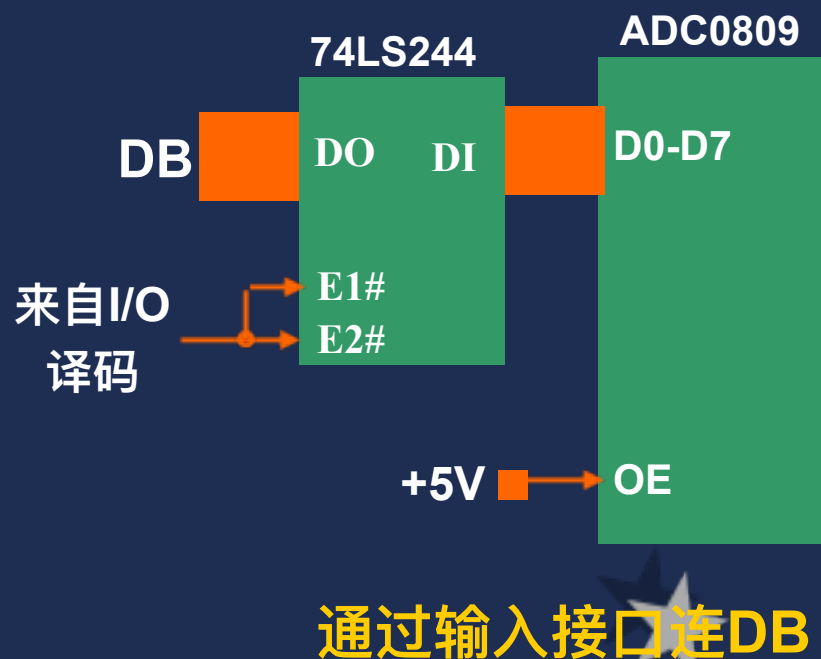
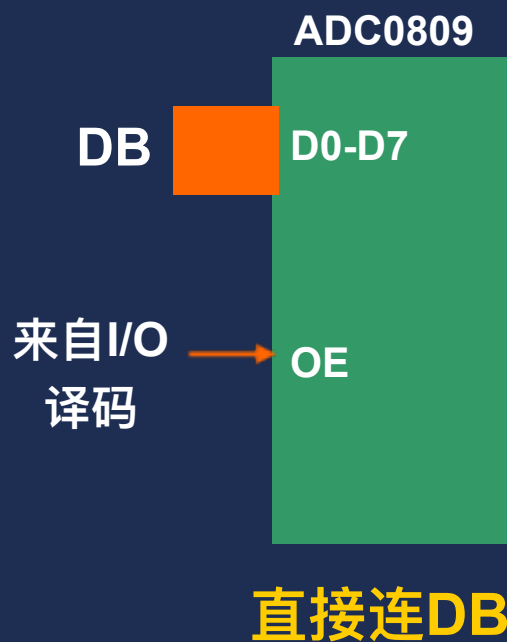
简单接口芯片74LS273，74LS373等（占用一个I/O地址）  
可编程并行接口8255（占用四个I/O地址）





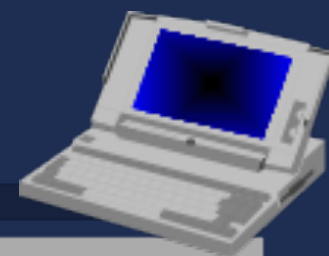
# 数据输出线D0-D7的连接

- 可直接连到DB上，或通过另外一个输入接口与DB相连；
- 两种方法均需占用一个I/O地址





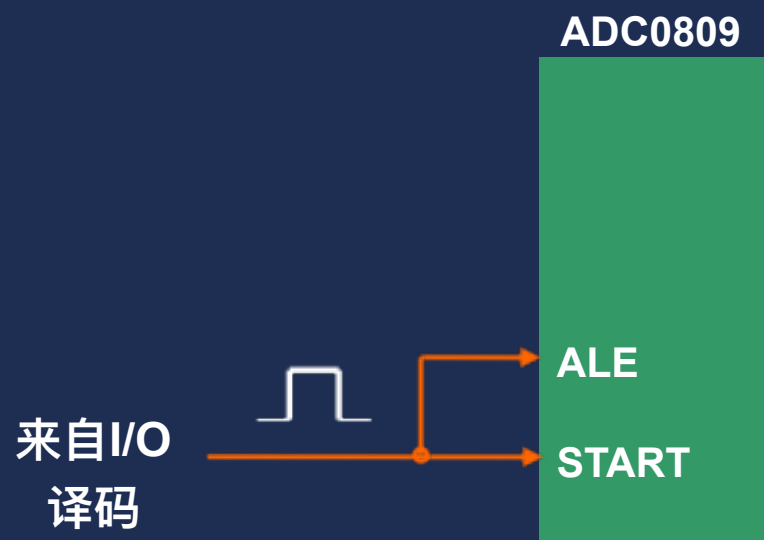
# ALE和START端的连接



- **独立连接：**用两个信号分别进行控制——需占用两个I/O端口或两个I/O线；
- **统一连接：**用一个脉冲信号的上升沿进行地址锁存，下降沿实现启动转换——只需占用一个I/O端口或一个I/O线。



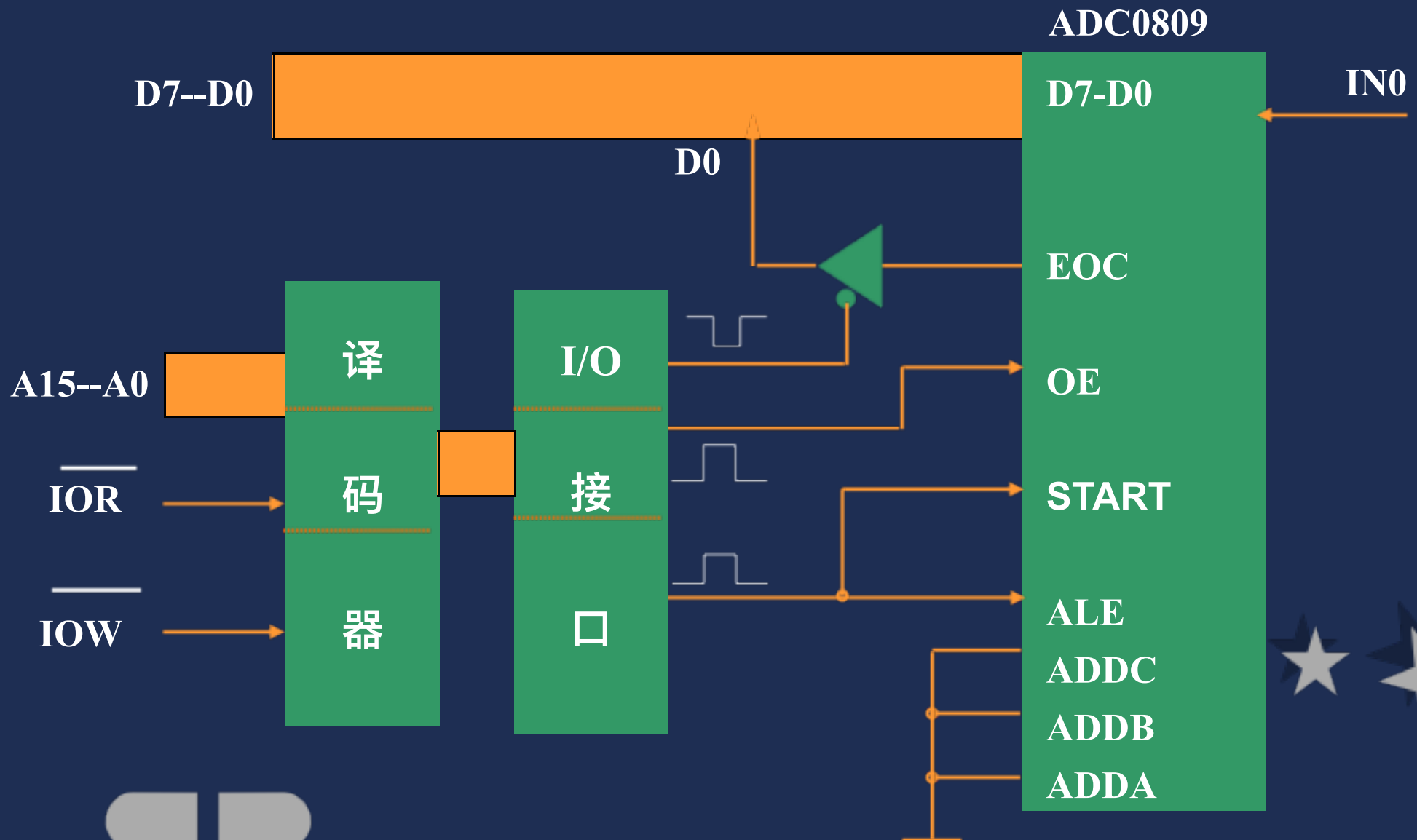
独立连接

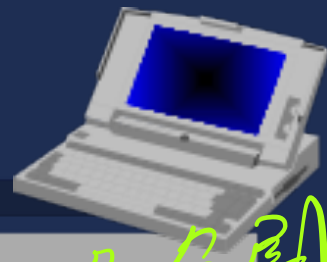


统一连接



# ADC0809与系统的连接例



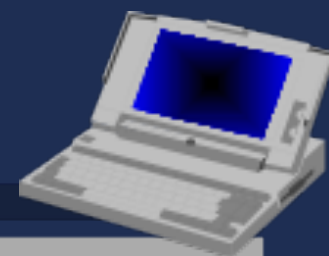


# 判断转换结束的方法

120μS (有20%占用)

- 软件延时等待 (比如延时1ms)
  - 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8259的IN端。
  - 在中断服务程序中读入转换结果, 效率较高





# 数据采集程序流程

