

# 计算机控制系统

信息学院 · 谭树彬  
tanshubin@ise.neu.edu.cn



信息科学与工程学院  
COLLEGE OF INFORMATION SCIENCE AND ENGINEERING

## 1.4 模拟与数字信号之间的相互转换

数字信号  $\longleftrightarrow$  模拟信号

### 1.4.1 D/A转换及其误差

#### (1) D/A转换器原理

D/A转换器是按照规定的時間间隔 $T$ 对控制器输出的数字量进行D/A转换的。

D/A转换器的工作原理，可以归结为“按权展开求和”的基本原则，对输入数字量中的每一位，按权值分别转换为模拟量，然后通过运算放大器求和，得到相应模拟量输出。



信息科学与工程学院  
COLLEGE OF INFORMATION SCIENCE AND ENGINEERING

➤ 按与微机的接口形式分类DAC:

串行接口DAC: 芯片体积小, 转换速度低, 与CPU连线少。

并行接口DAC: 芯片体积大, 转换速度高, 与CPU连线多。

➤ 按DAC的输出形式分类:

电流输出型DAC

电压输出型DAC

典型芯片: **DAC0832**—8位并行接口, 电流输出。

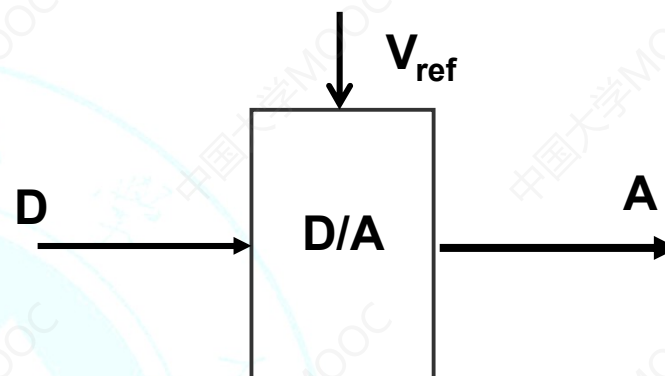


信号说明:

**D**—数字量输入信号 (8位,  
10位, 12位, 16位等)

**A**—模拟量输出信号(5V,  
10V等)

$V_{\text{ref}}$ —参考电压



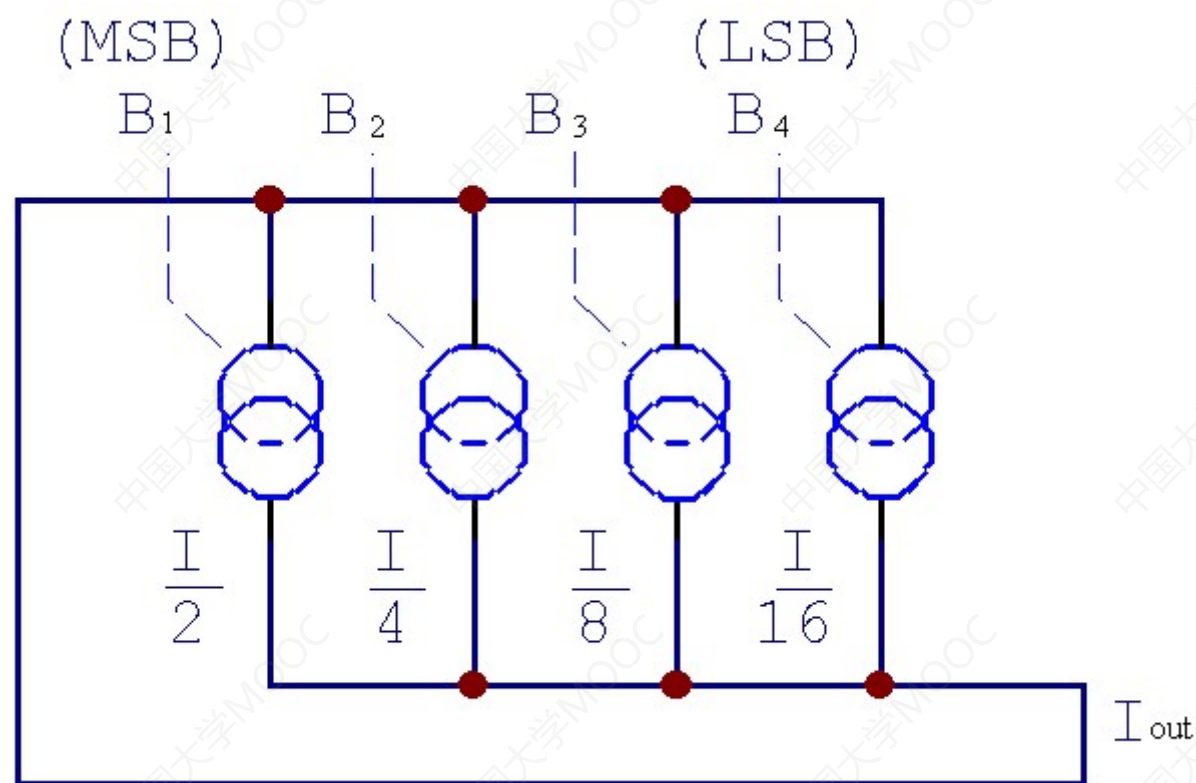
数/模(**D/A**)转换器示意图

$$V_{out} = V_{FSR} \left( \frac{B_1}{2} + \frac{B_2}{2^2} + \frac{B_3}{2^3} + \cdots + \frac{B_n}{2^n} \right)$$

输出的满幅值电压



## DAC原理：电流源的DAC概念图

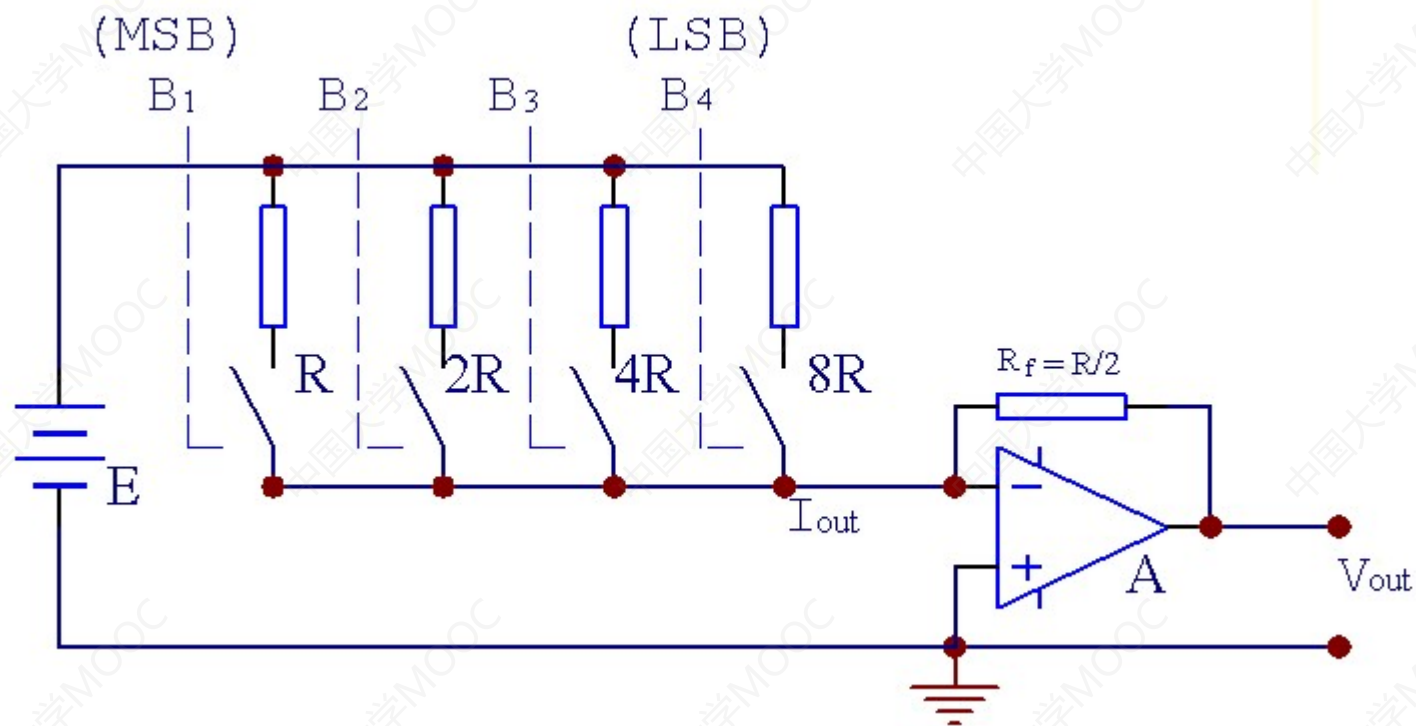


$$I_{out} = I \left( \frac{B_1}{2} + \frac{B_2}{2^2} + \frac{B_3}{2^3} + \frac{B_4}{2^4} \right)$$





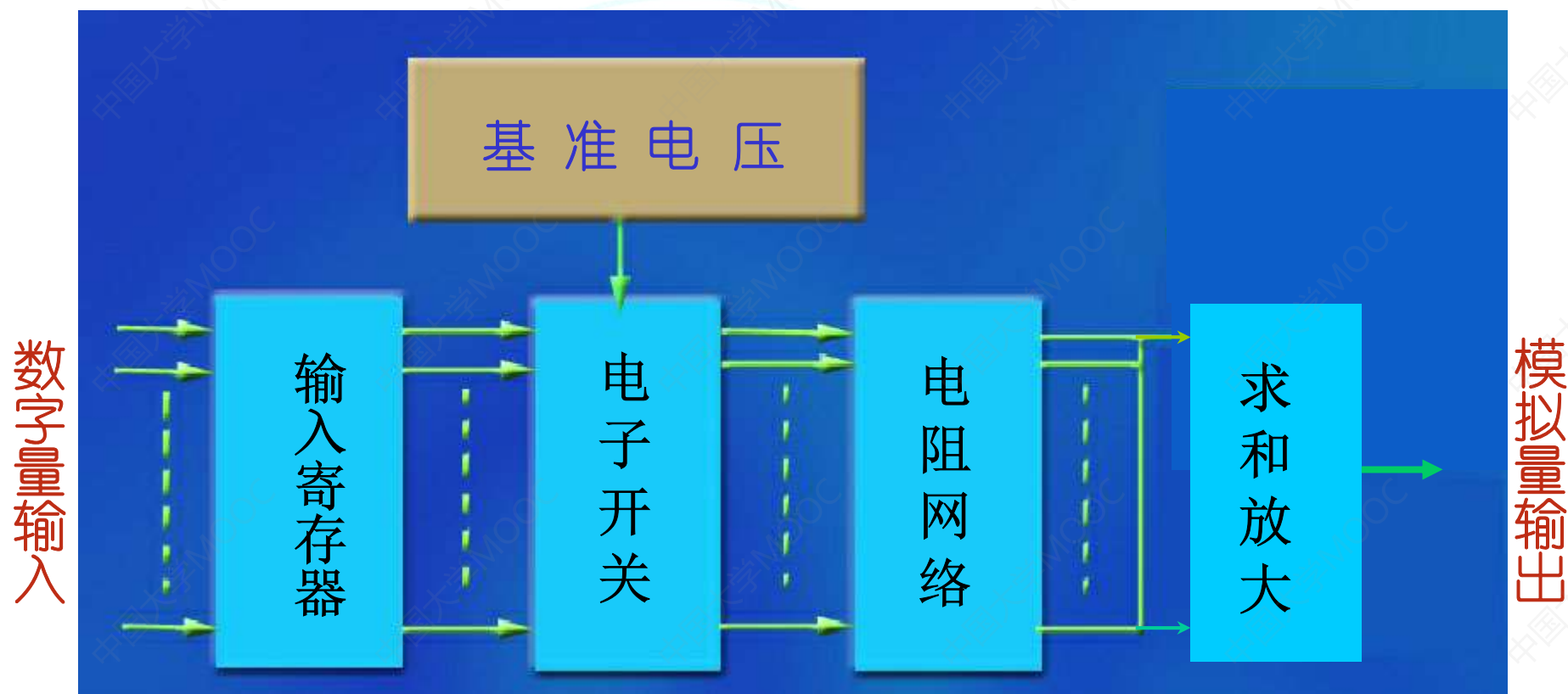
## DAC原理：权电阻法的DAC原理图



$$V_{out} = -2E \frac{R_f}{R} \left( \frac{B_1}{2} + \frac{B_2}{2^2} + \frac{B_3}{2^3} + \frac{B_4}{2^4} \right) = -E \left( \frac{B_1}{2} + \frac{B_2}{2^2} + \frac{B_3}{2^3} + \frac{B_4}{2^4} \right)$$



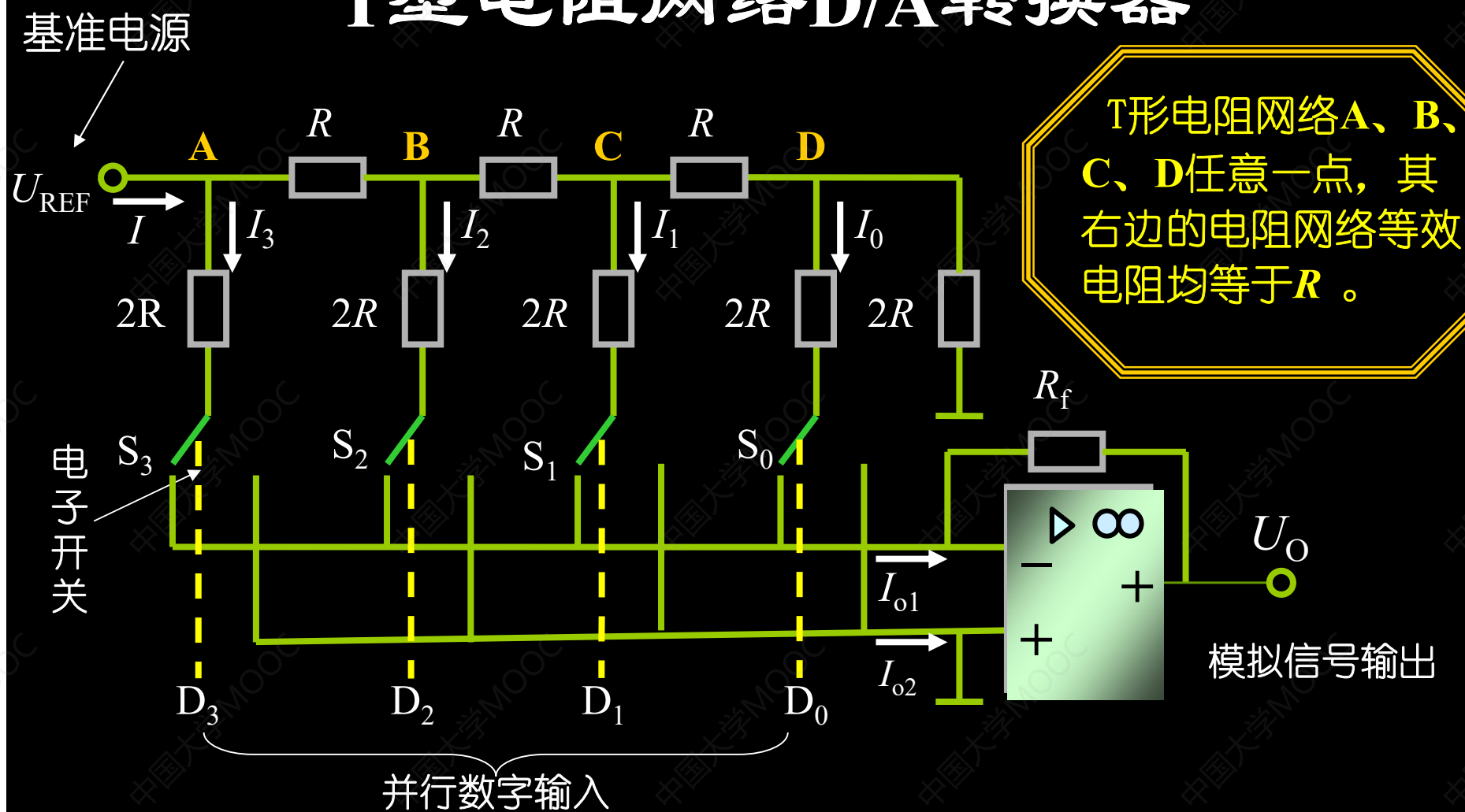
## T型电阻网络D/A转换器



D/A的组成框图



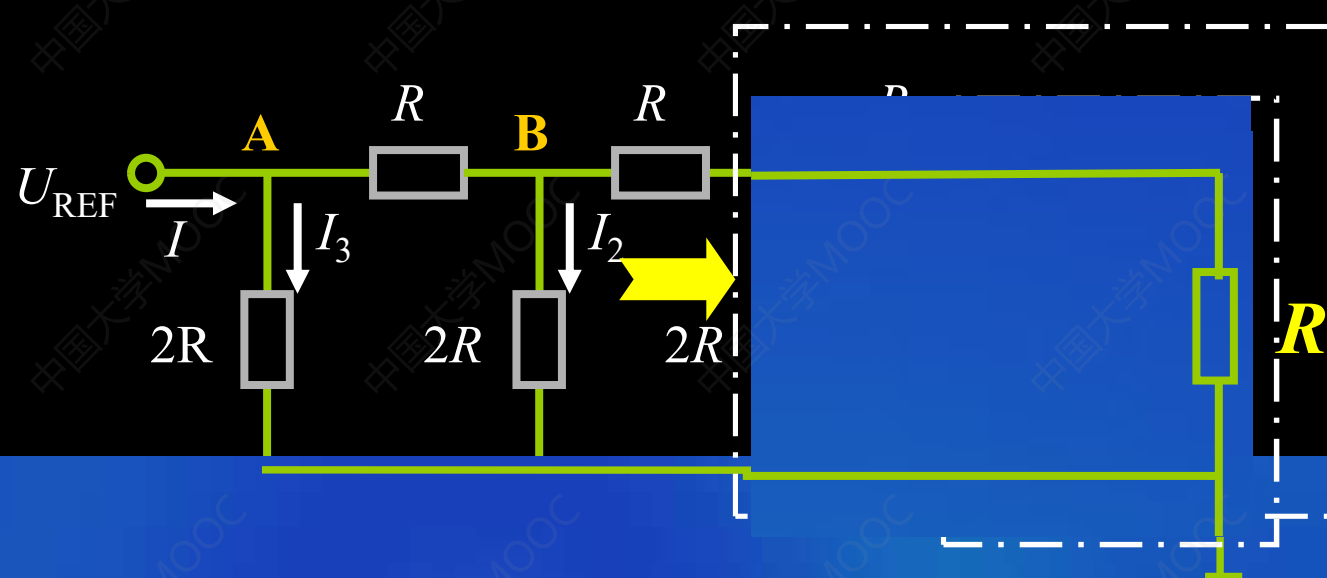
# T型电阻网络D/A转换器



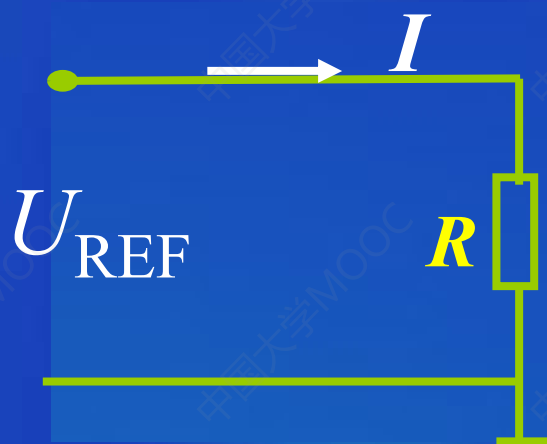
$S$ 为电子开关。当  $D=0$ 时  $S$  接地；当  $D=1$ 时  $S$  接“地”（虚地）。



# T型电阻网络的等效电路



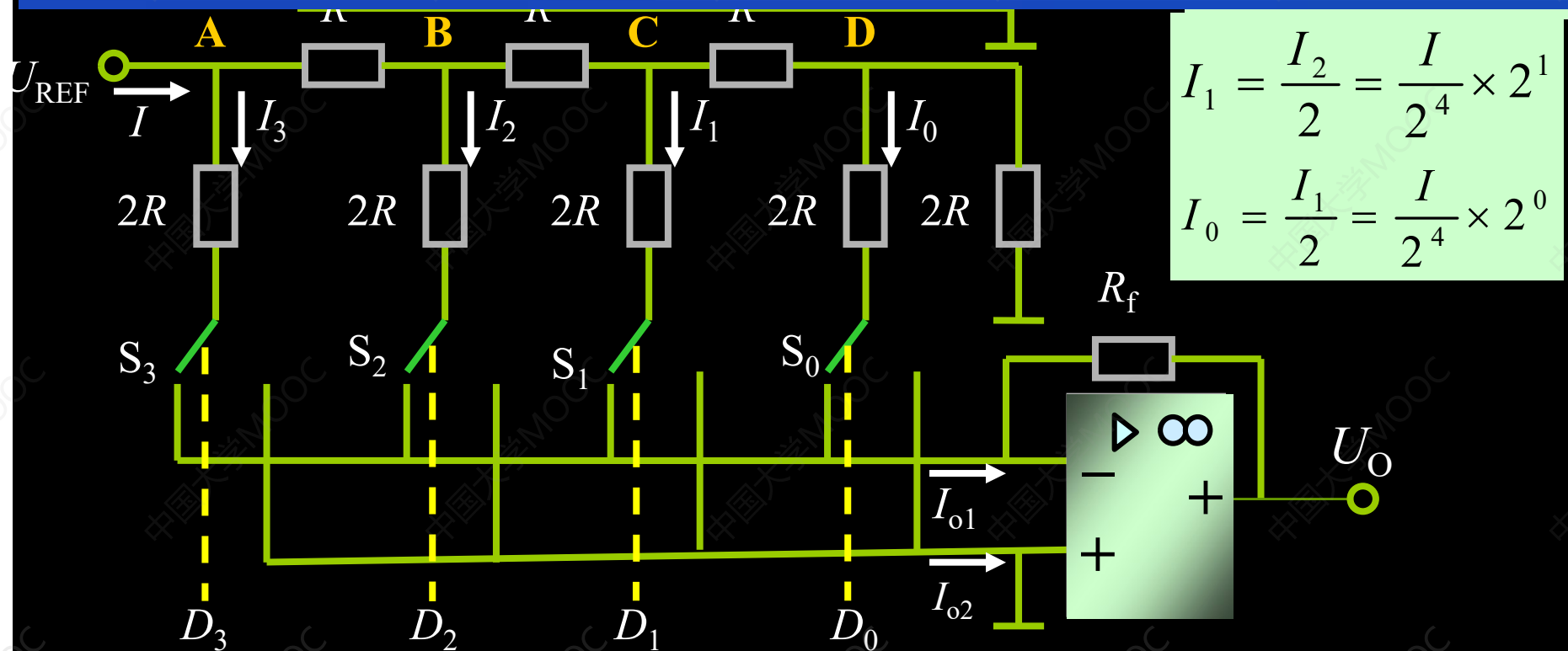
梯形电阻网络A、B、C、D任意一点，其右边的电阻网络等效电阻均等于 $R$ 。



$$I = \frac{U_{REF}}{R}$$

$$U_O = - \frac{U_{\text{REF}} R_f}{2^4 R} (D_3 2^3 + D_2 2^2 + D_1 2^1 + D_0 2^0)$$

$$U_O = - \frac{U_{\text{REF}} R_f}{2^n R} (D_{n-1} 2^{n-1} + D_{n-2} 2^{n-2} + \dots + D_1 2^1 + D_0 2^0)$$



## (2) D/A转换的误差

D/A转换器将数字编码信号转换为相应的时间连续模拟信号，包括解码器和信号保持器。

D/A转换的误差主要应由解码器精度（转换器字长）和保持器（采样点之间插值）的形式以及规定的时间间隔  $T$ 来决定。

数字信号

离散模拟信号

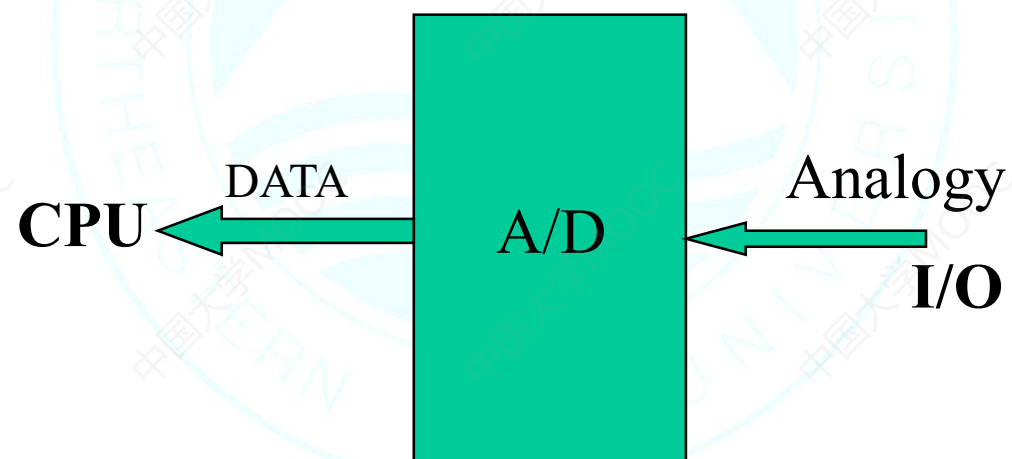
连续信号



信息科学与工程学院  
COLLEGE OF INFORMATION SCIENCE AND ENGINEERING

## 1.4.2 A/D转换及其误差

在数据采集和过程控制中，被采集对象往往是连续变化的物理量（如温度、压力、声波等），由于计算机只能处理离散的数字量，需要对连续变化的物理转换为数字量，这一操作过程就是A/D转换。



**A/D 转换器的作用是将输入的模拟量数字化。**

**主要分为两大类：**

**直接转换器：**逐次逼近型、并联比较型等

**间接转换器：**单积分型、双积分型等

**典型芯片：** **ADC0809**——8位逐次逼近型，并行接口



## (1) 逐次逼近型A/D转换器

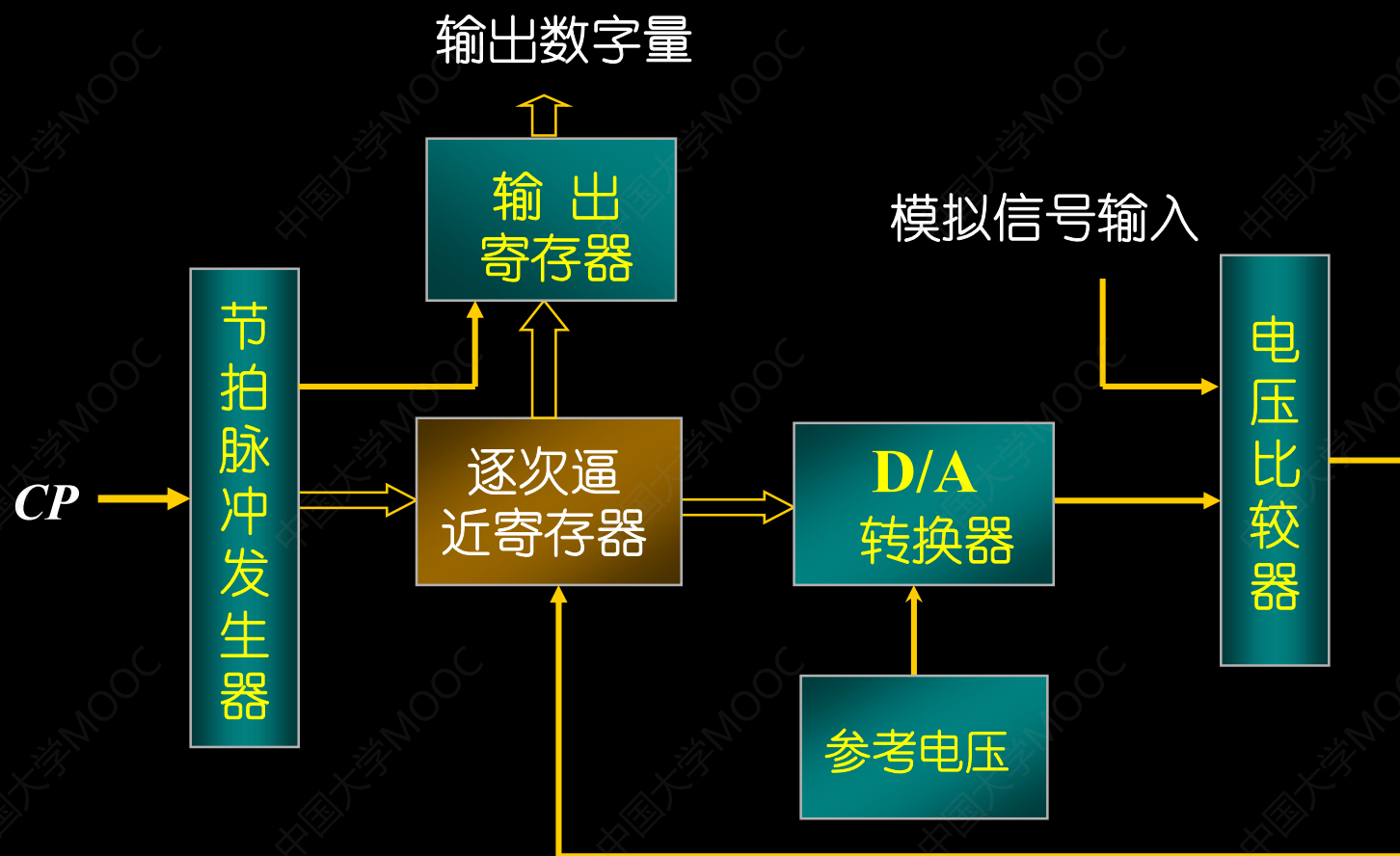
逐次逼近的基本思想：类似于用天平称物

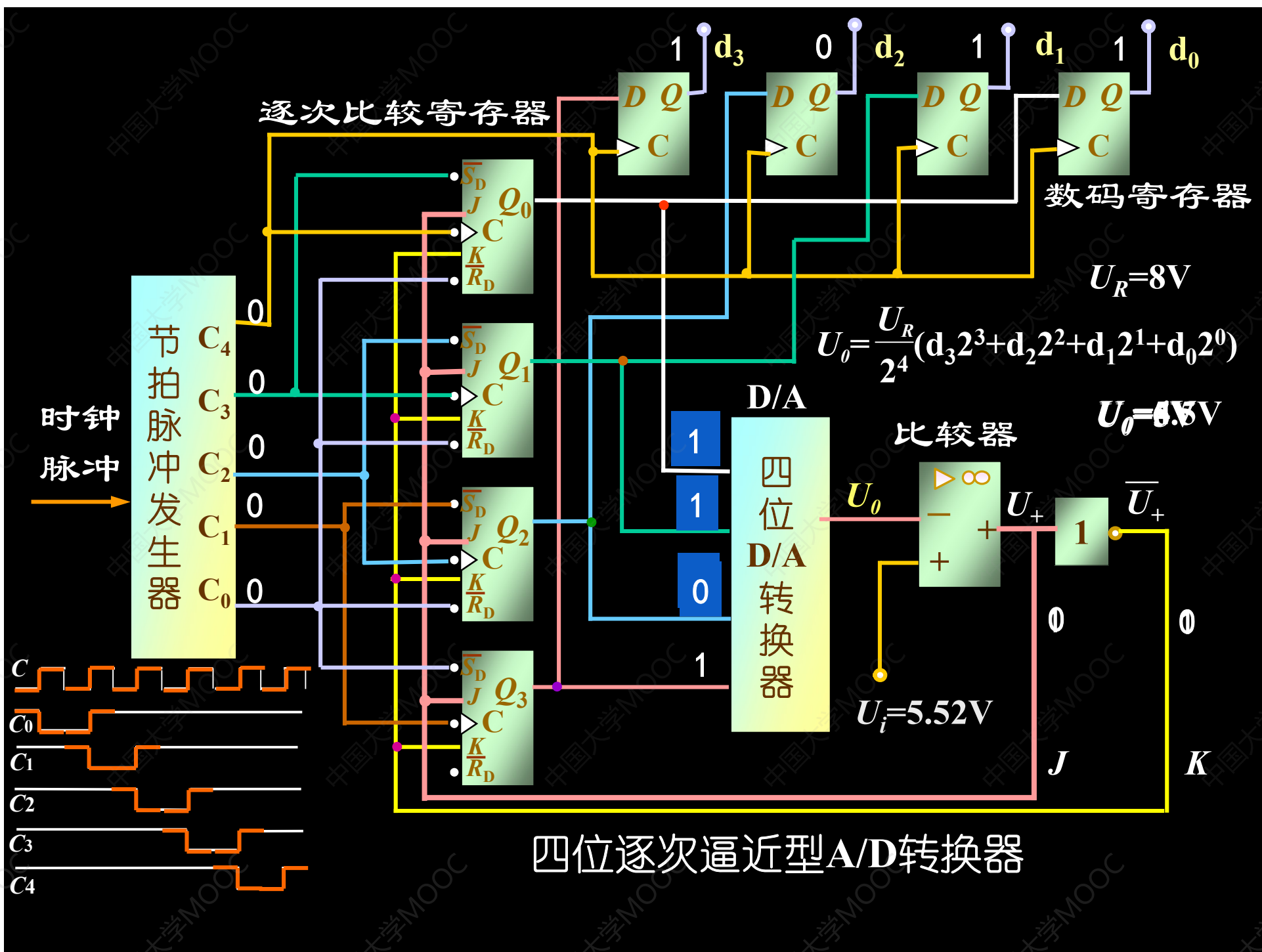
顺序	砝码重量	比较判断	砝码去留	结果表示
1	8g	$8g < 13g$	留	1
2	$8g + 4g$	$12g < 13g$	留	1
3	$8g + 4g + 2g$	$14g > 13g$	去	0
4	$8g + 4g + 1g$	$13g = 13g$	留	1





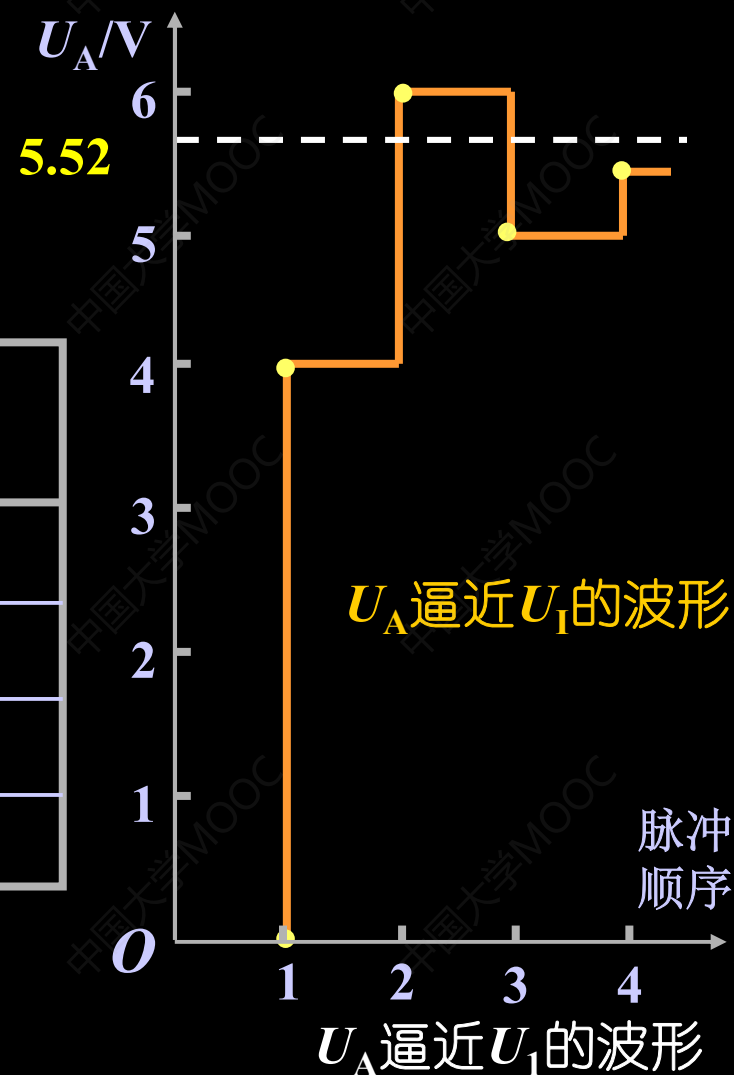
# 逐次逼近型A/D转换器原理框图



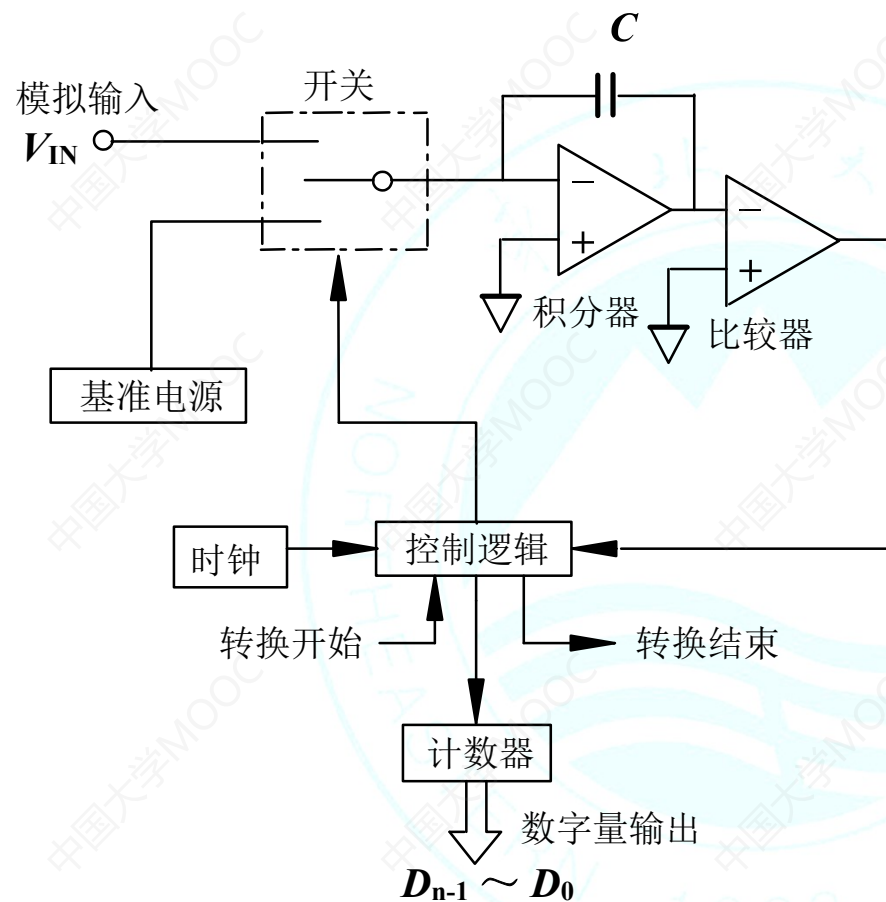


## 四位逐次逼近型ADC的 转换过程

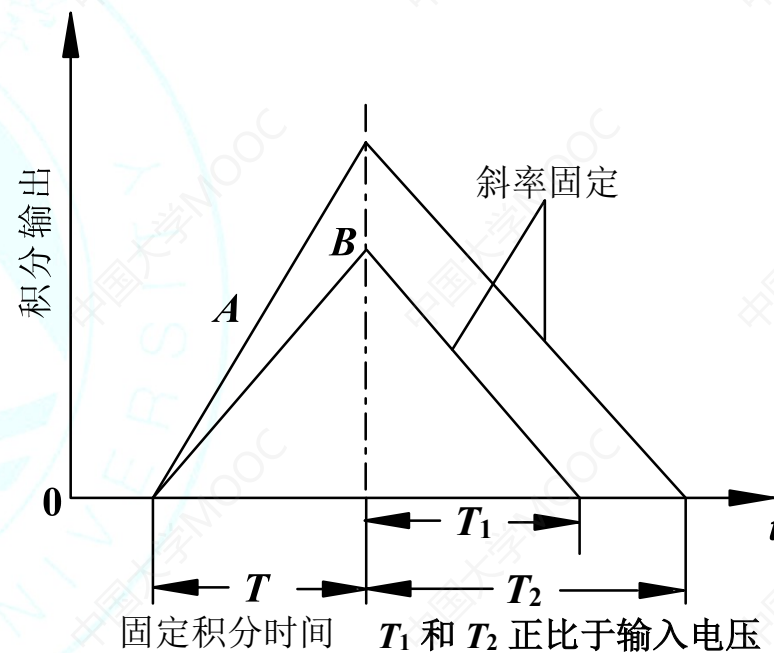
顺序	$d_3$	$d_2$	$d_1$	$d_0$	$U_A/V$	比较	该位1的去留
1	1	0	0	0	4	$U_A < U_I$	留
2	1	1	0	0	6	$U_A > U_I$	去
3	1	0	1	0	5	$U_A < U_I$	留
4	1	0	1	1	5.5	$U_A \approx U_I$	留



## (2) 双积分式A/D转换原理图



(a) 电路组成框图



(b) 双积分原理



### (3) A/D转换的误差

通常A/D转换器要完成采样、量化和编码3个变换：

**采样保持器：**对连续的模拟输入信号，按一定的时间间隔 $T$ 进行采样，变成时间离散、幅值等于采样时刻输入信号值的序列信号。

**量化：**将采样时刻的信号幅值按最小量化单位取整的过程。量化单位越小，采样时刻信号的信号幅值与变换成的有限位数的二进制数码的差异也越小。

**编码：**将整量化的分层信号变换为二进制数码形式，编码只是信号表示形式的改变，是一个无误差的等效变换过程。



通常A/D转换器要完成采样、量化和编码3个变换：



**A/D转换的误差：**主要应由A/D转换器转换速率（孔径时间）和转换精度（量化误差）来决定。





## 采样保持电路:

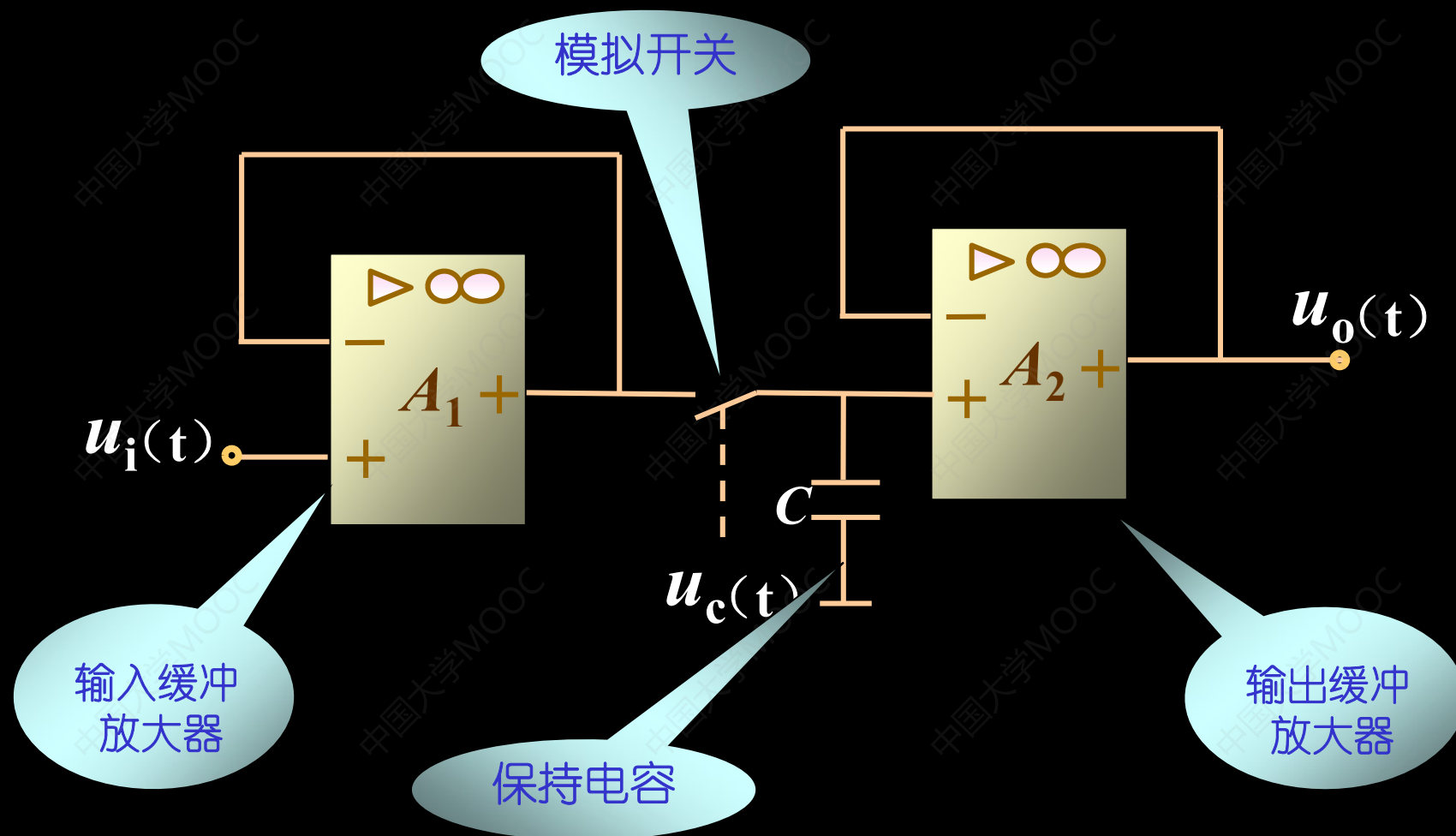
对变化较慢的模拟信号(即所谓低频信号)在A/D芯片之前可不加采样保持电路;

确切的说, 若A/D转换器的速度比模拟信号变化速度高很多倍, 我们可将模拟信号直接加到A/D转换器上;

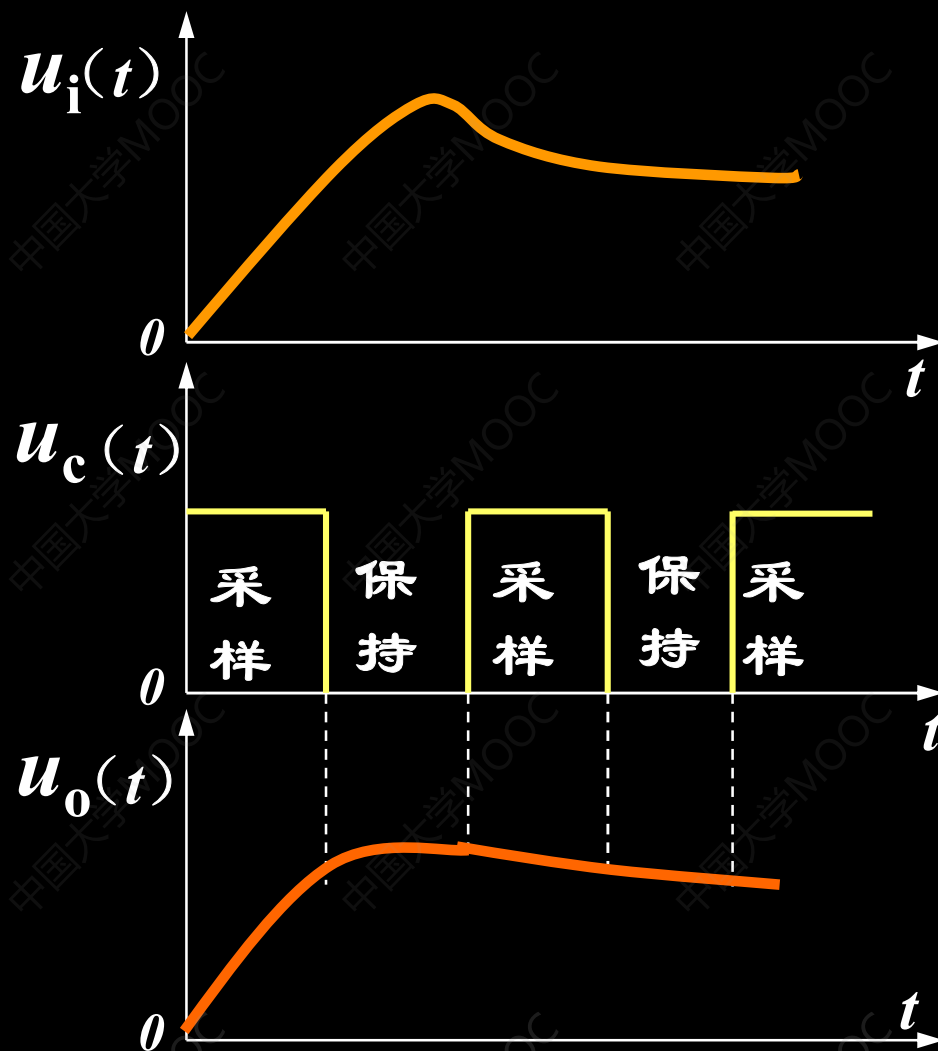
如果模拟信号变化比较快, 为了保证转换精度, 就要在A/D之前加上采样保持电路, 使得在转换期间保持模入信号不变。



# 采样-保持 (S/H) 电路



## 采样-保持电路波形图



· 本章结束 ·



信息科学与工程学院  
COLLEGE OF INFORMATION SCIENCE AND ENGINEERING