

# 数字电路与逻辑设计B

## 第二十二讲

南京邮电大学

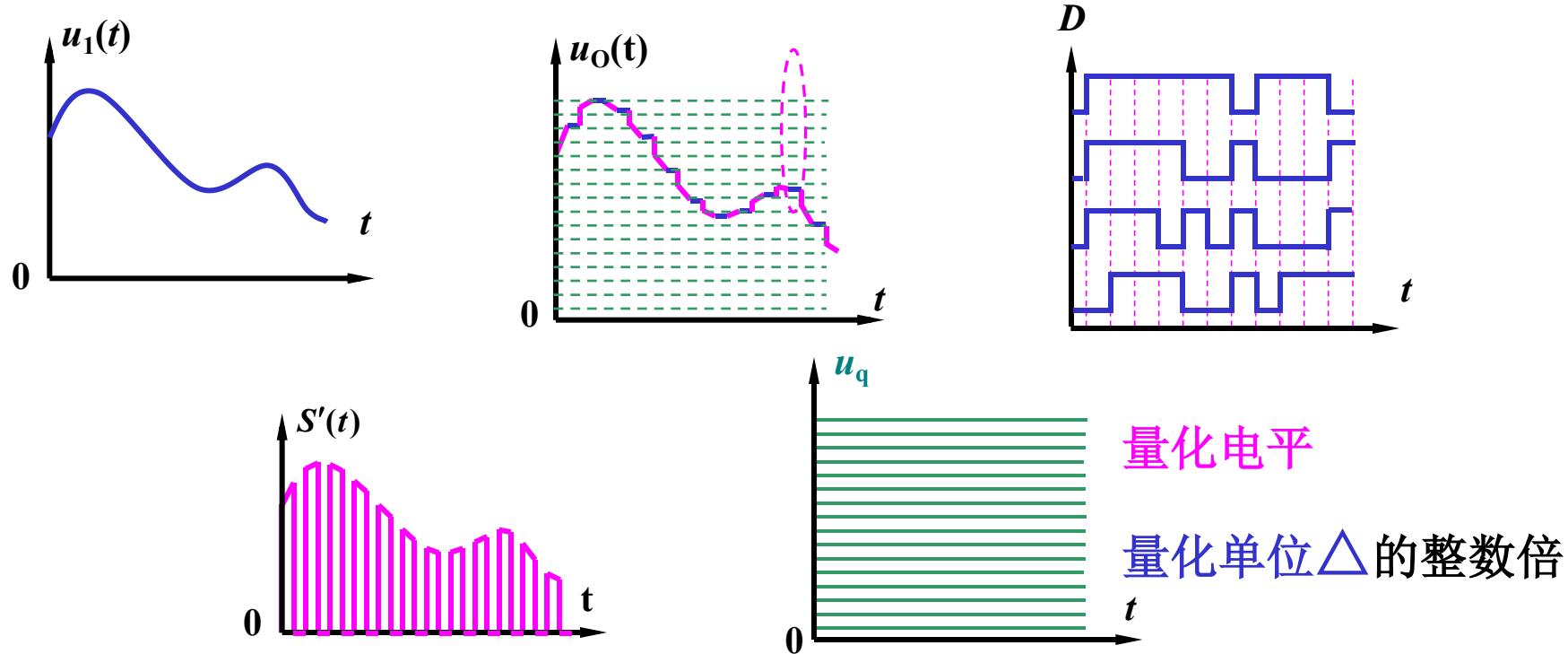
电子与光学工程学院

臧裕斌

# 第三节 ADC

## 一、模数转换的一般过程

采样 → 保持 → 量化 → 编码



## 二、量化方案

- 舍尾方案
- 四舍五入方案
- ADC0801的量化方案

2. 在A/D转换器中，已知 $\Delta$ 是量化单位，若采用“舍尾”方法划分量化电平，则最大量化误差为\_\_\_\_  $\Delta$ 。

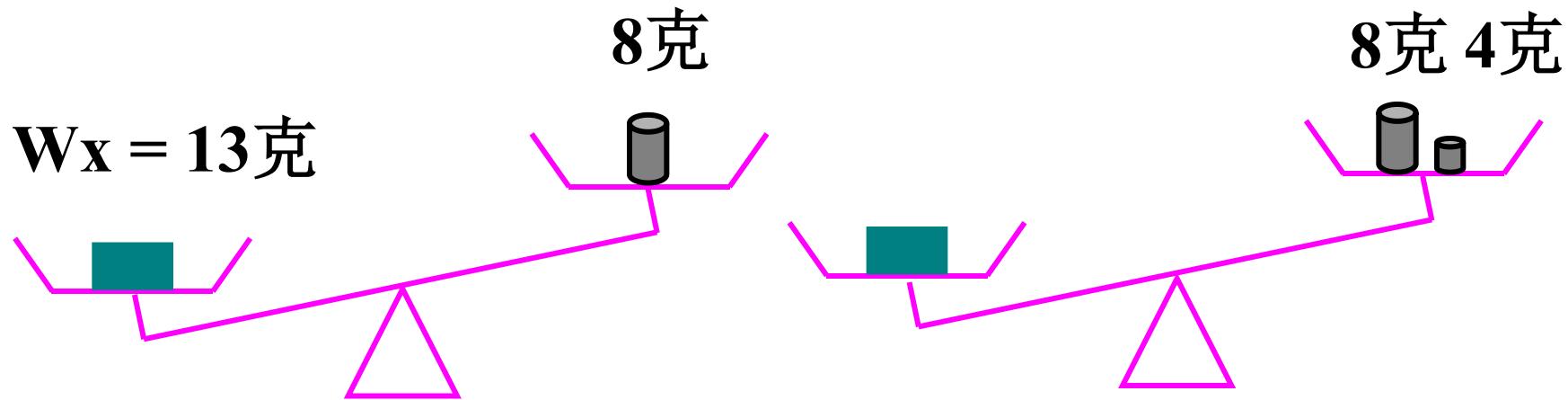
- A 0.25
- B 0.5
- C 1
- D 2

提交

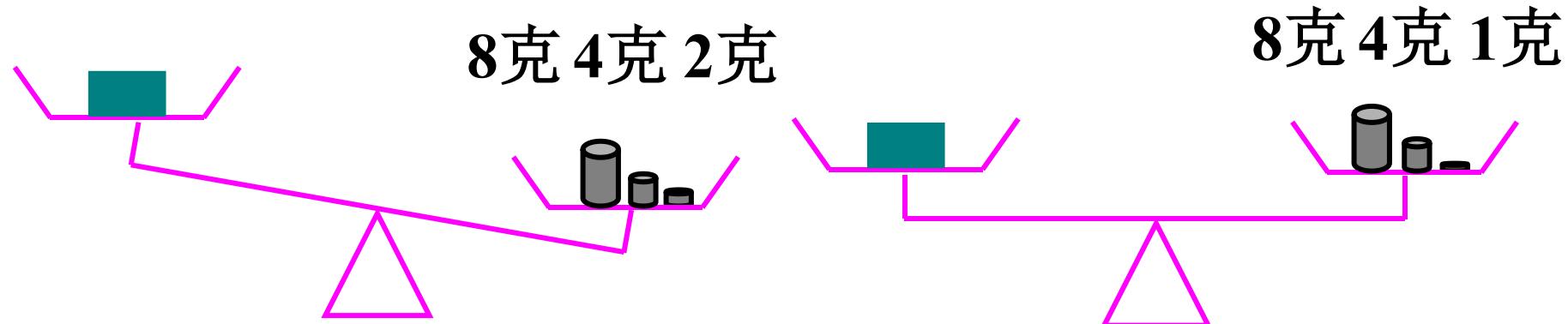
## 三、逐次逼近式ADC

### 1. 工作思想

用天平称重过程作比喻。有四个砝码共15克，每个质量分别为8、4、2、1克。设物体质量 $W_x = 13$ 克，可用下述步骤来称重

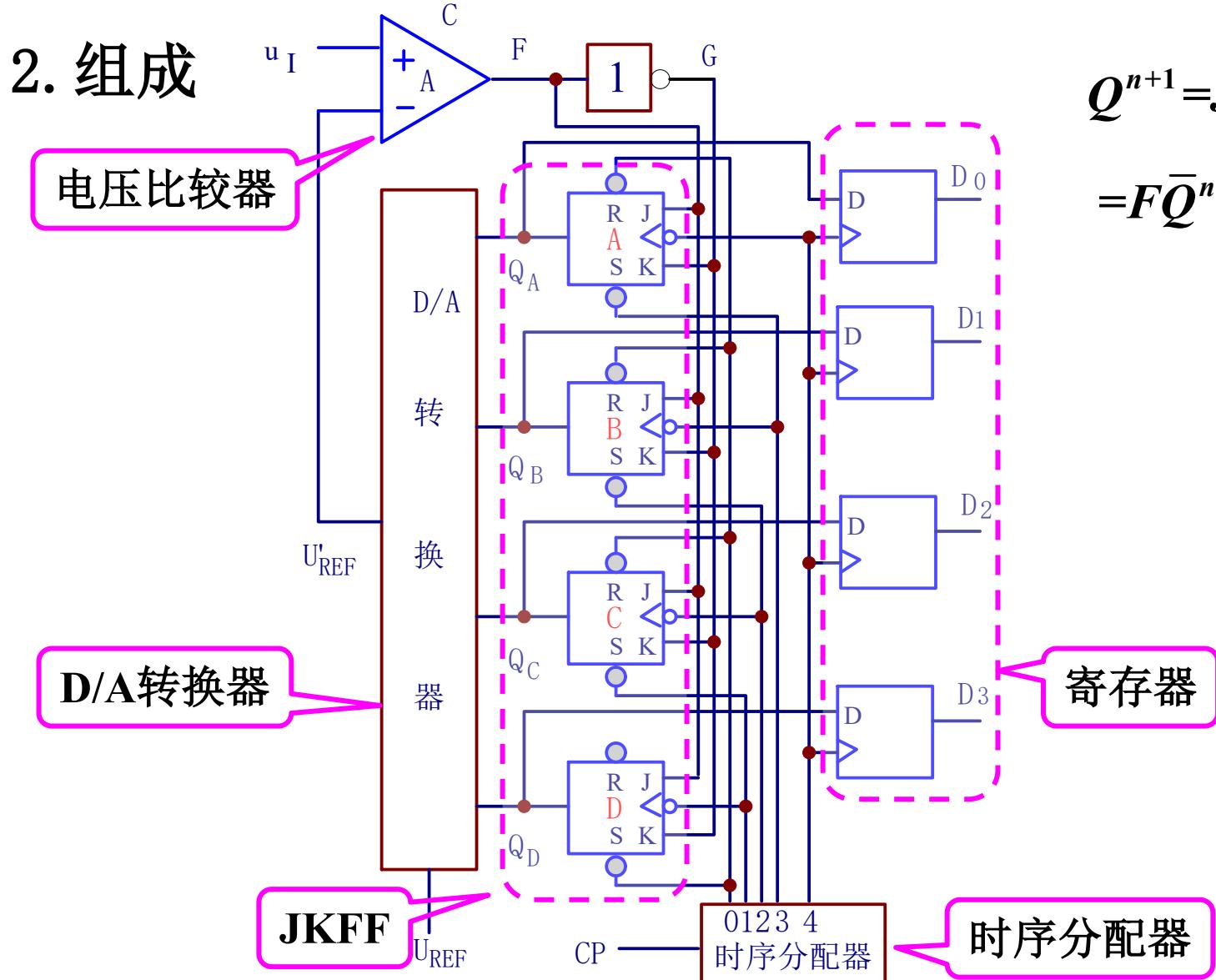


次数	砝码	结 论	中间结果
第一次	8 克	砝码总重 < 待测重量 $W_x$ , 故保留	8 克
第二次	加4克	砝码总重仍 < 待测重量 $W_x$ , 故保留	12 克



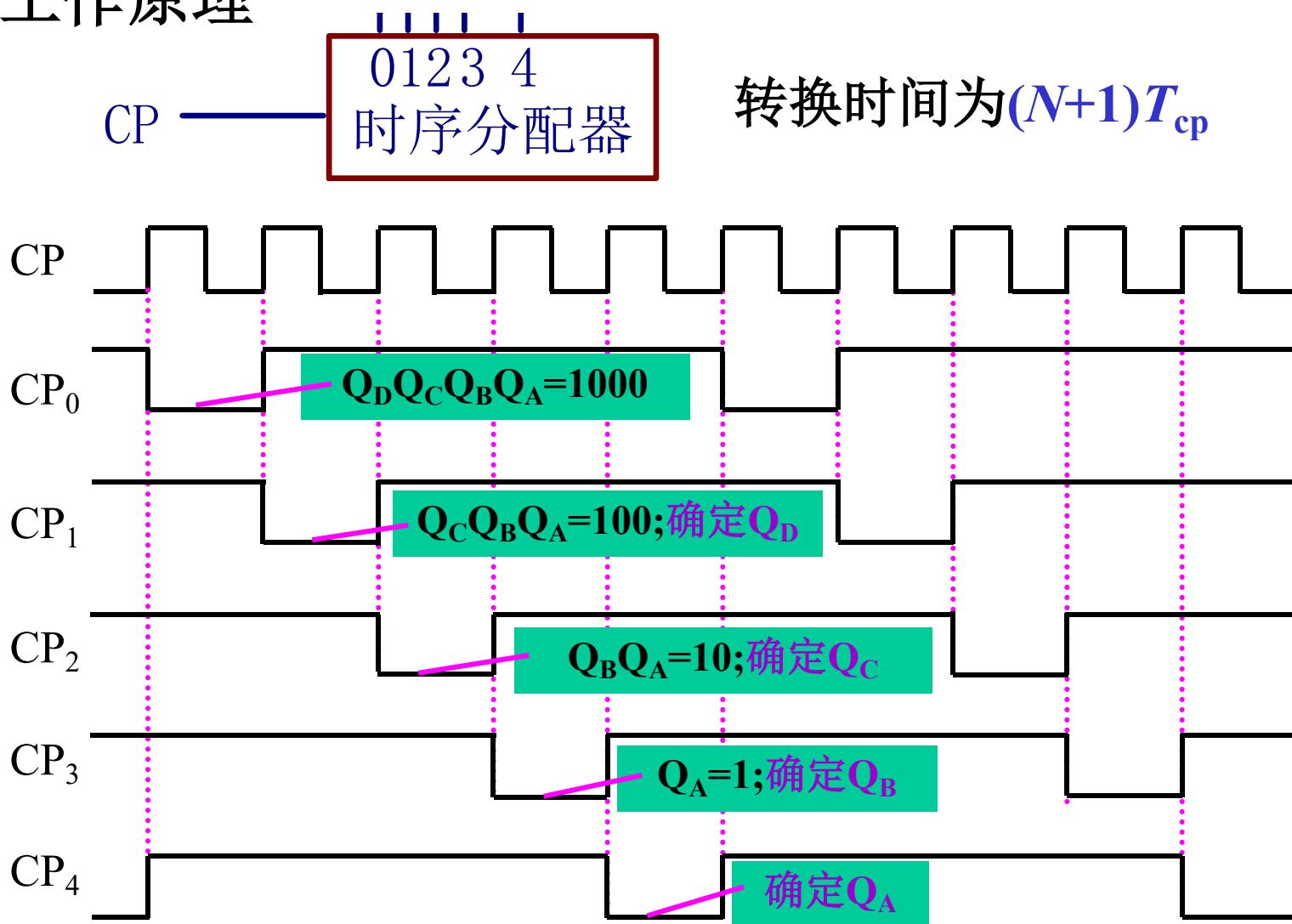
次数	砝码	结 论	中间结果
第一次	8 克	砝码总重 < 待测重量 $W_x$ , 故保留	8 克
第二次	加4克	砝码总重仍 < 待测重量 $W_x$ , 故保留	12 克
第三次	加2克	砝码总重 > 待测重量 $W_x$ , 故撤除	12 克
第四次	加1克	砝码总重 = 待测重量 $W_x$ , 故保留	13 克

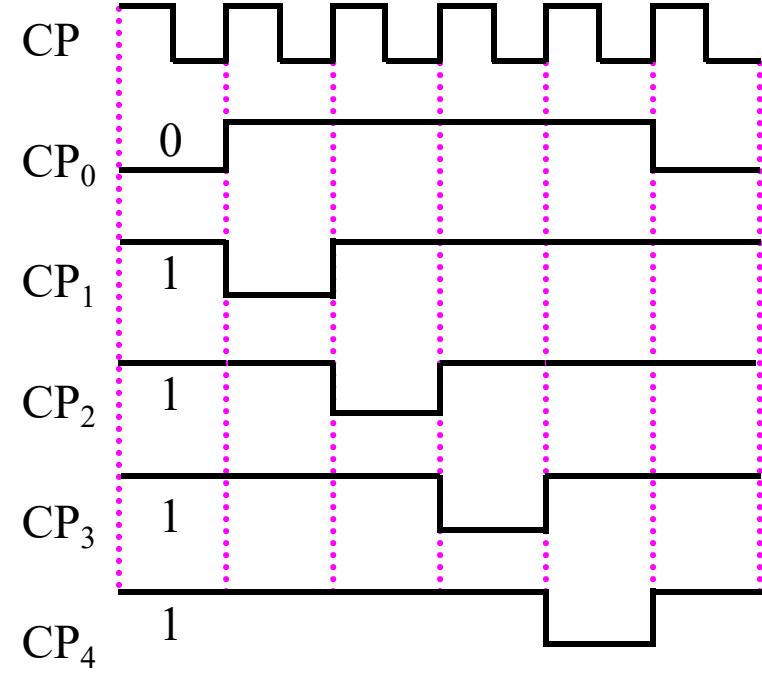
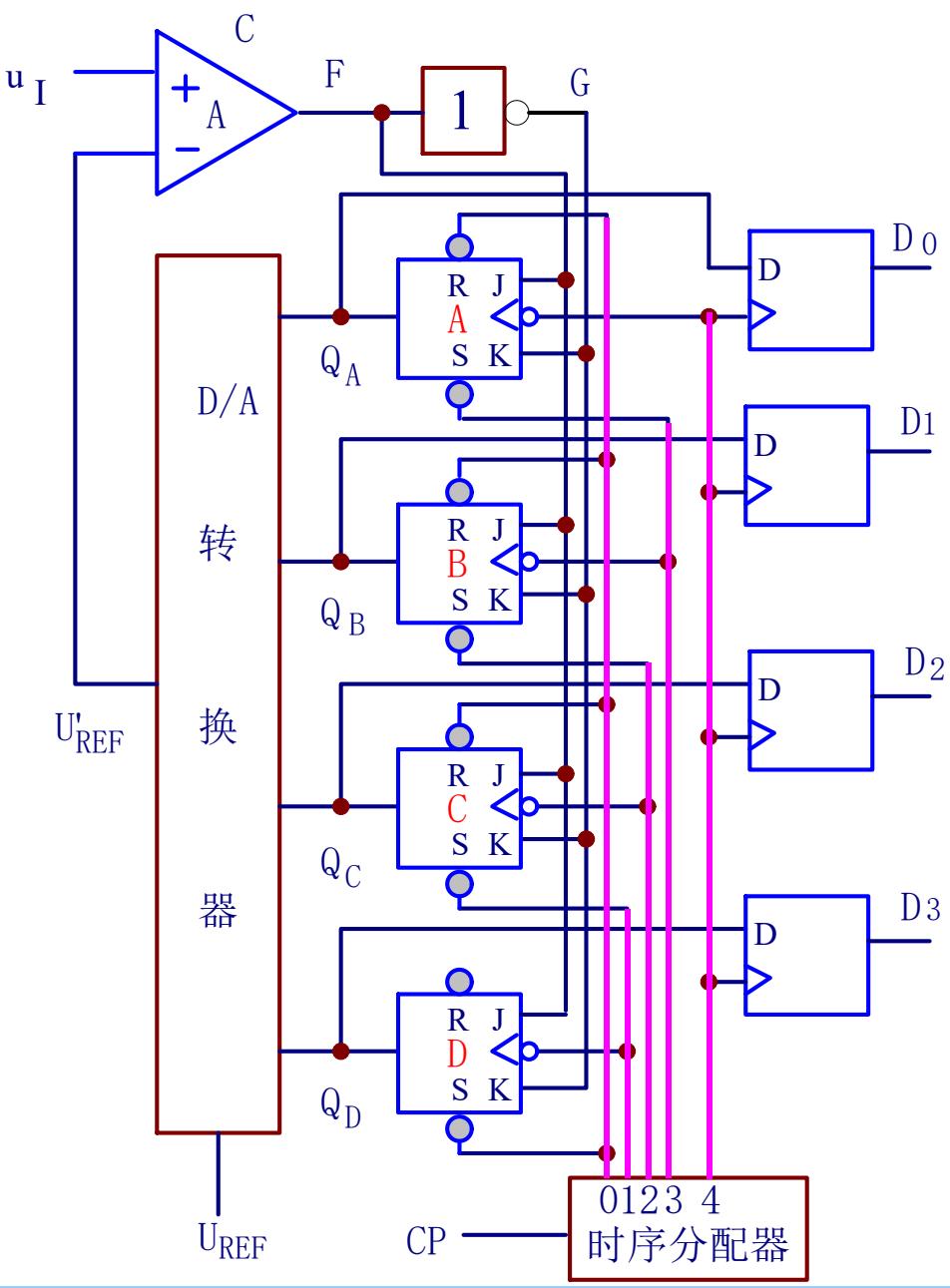
## 2. 组成

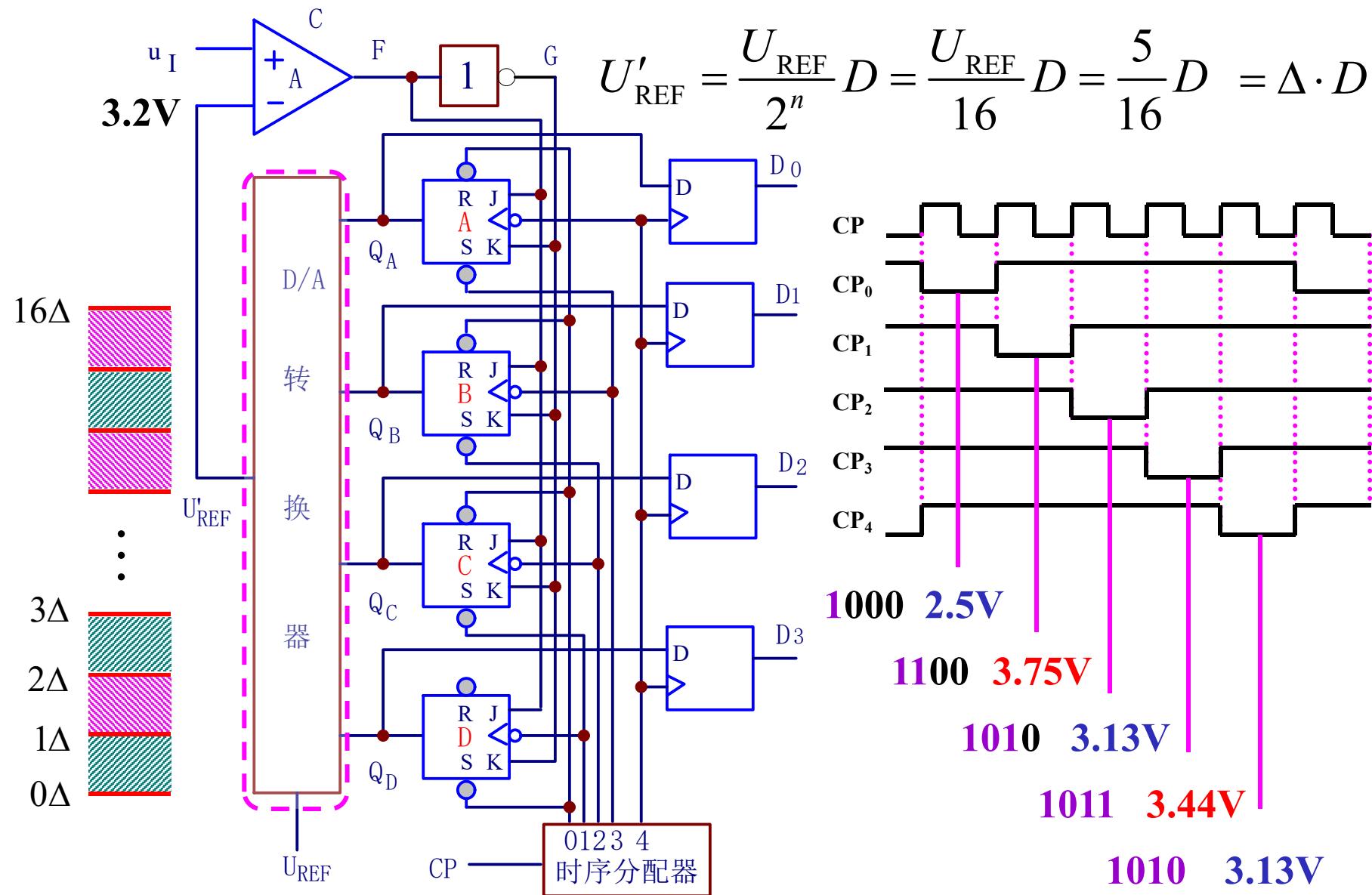


$$\begin{aligned} Q^{n+1} &= J\bar{Q}^n + \bar{K}Q^n \\ &= F\bar{Q}^n + FQ^n = F \end{aligned}$$

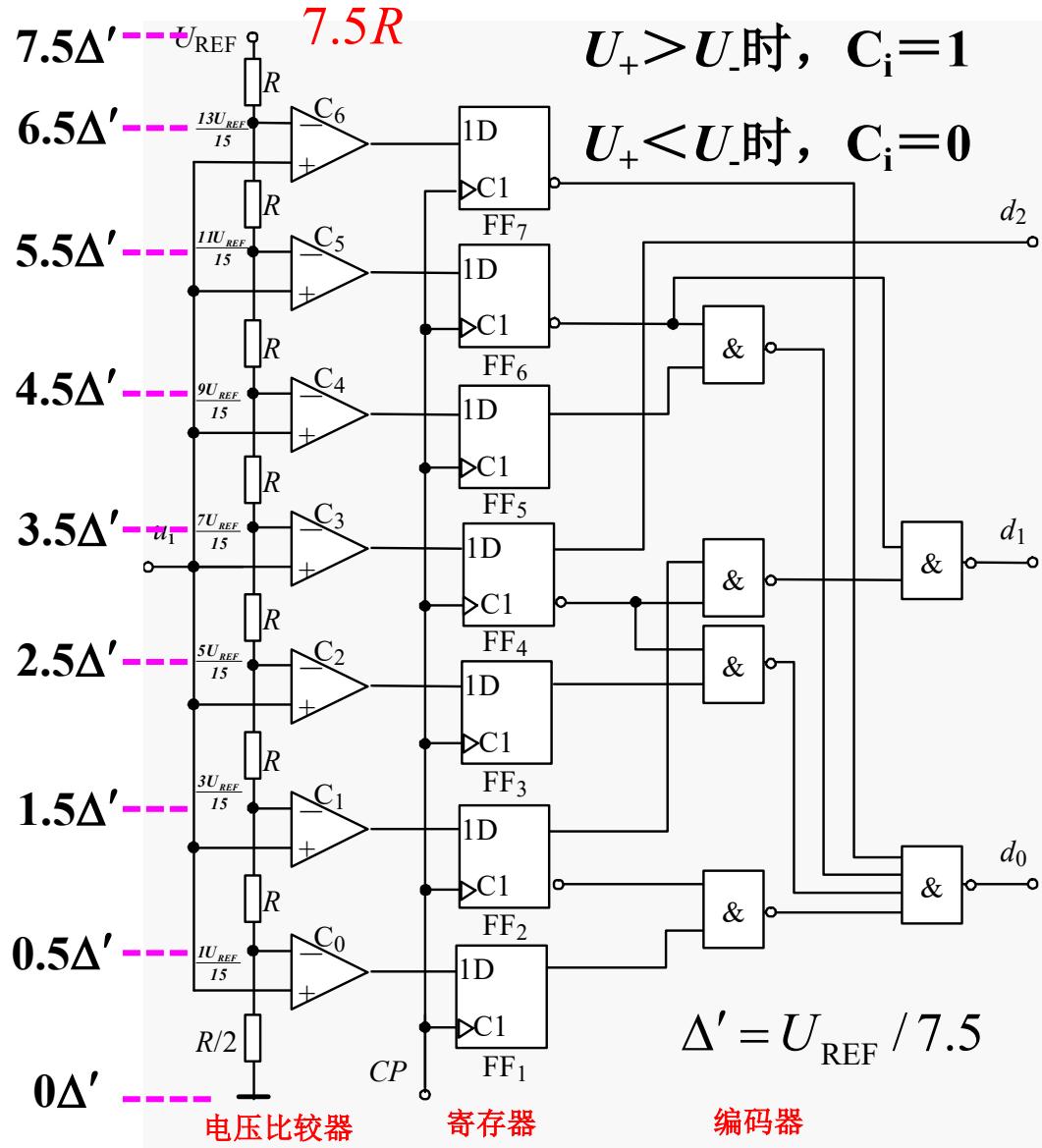
### 3. 工作原理



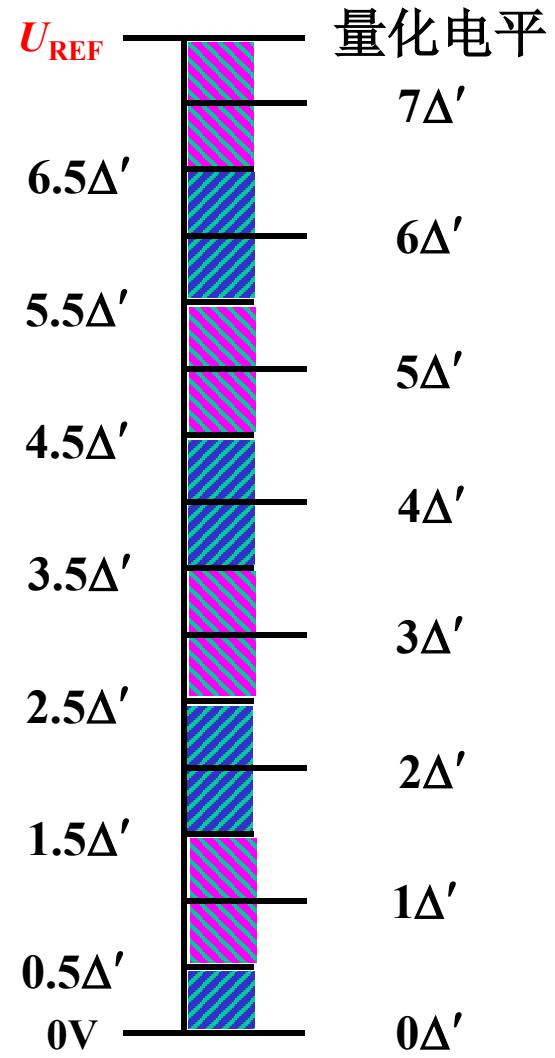




## 四、并行比较型A/D转换器



四舍五入方法



3. 已知3位并行比较型A/D转换器  $U_{REF}=6V$ , 若  
 $u_I=4.2V$ , 则转换后的数字量为\_\_\_\_\_。

- A 011
- B 100
- C 101
- D 110

 提交

# 并行比较型A/D转换器真值表

输入模拟电压	寄存器状态 (编码器输入)							数字量输出 (编码器输出)		
$u_I$	$Q_7$	$Q_6$	$Q_5$	$Q_4$	$Q_3$	$Q_2$	$Q_1$	$d_2$	$d_1$	$d_0$
$0\Delta' \sim 0.5\Delta'$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$0.5\Delta' \sim 1.5\Delta'$	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
$1.5\Delta' \sim 2.5\Delta'$	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
$2.5\Delta' \sim 3.5\Delta'$	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1
$3.5\Delta' \sim 4.5\Delta'$	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
$4.5\Delta' \sim 5.5\Delta'$	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1
$5.5\Delta' \sim 6.5\Delta'$	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
$6.5\Delta' \sim 7.5\Delta'$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

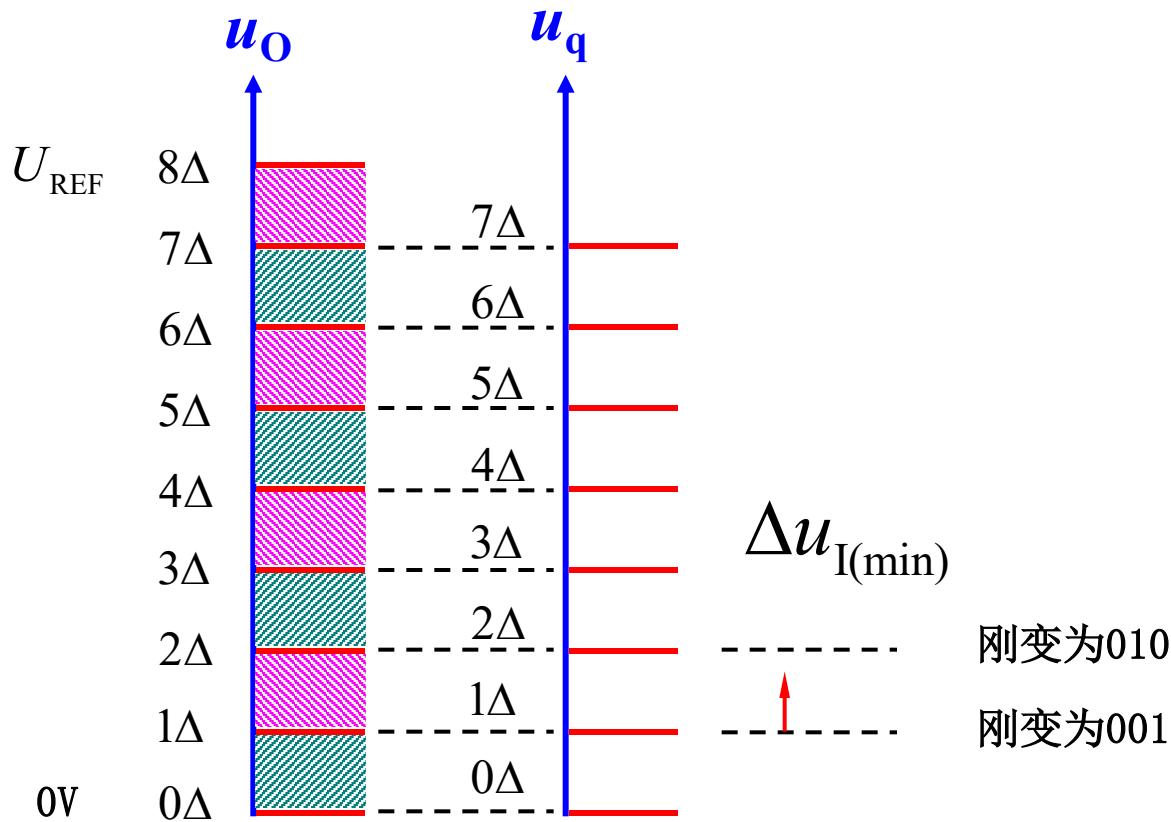
例如  $u_I=4.2V$ ,  $U_{REF}=6V$  则  $\Delta' = \frac{2}{15}U_{REF} = \frac{2 \times 6}{15} = 0.8V$

## 并行比较型A/D转换器的特点

- ①优点：转换速度很快，含有的寄存器兼有取样保持功能，可以不用附加取样保持电路。
- ②缺点：电路复杂， $n$ 位二进制输出，需 $2^n - 1$ 个电压比较器和 $2^n - 1$ 个触发器，编码电路也随 $n$ 的增大变得相当复杂。且转换精度还受分压网络和电压比较器灵敏度的限制。  
适用于高速，精度较低的场合。

## 四、ADC的分辨率

所能分辨的输入模拟量的最小值。



# 1.用输入的电压（电流）值表示

$$R' \approx \frac{U_{\text{REF}}}{2^n} \approx \frac{U_{\text{Im}}}{2^n}$$

例4 已知一ADC为10位,  $U_{\text{REF}}=5\text{V}$ , 则

$$R' = \frac{U_{\text{REF}}}{2^n} = \frac{5}{2^{10}} = 4.88\text{mV} \approx 5\text{mV}$$

# 2.用百分比表示

$$R' = \frac{\Delta u}{U_{\text{REF}}} \approx \frac{\frac{U_{\text{REF}}}{2^n}}{U_{\text{REF}}} \approx \frac{1}{2^n}$$

# 作业题

8.3 若倒T型...

8.5

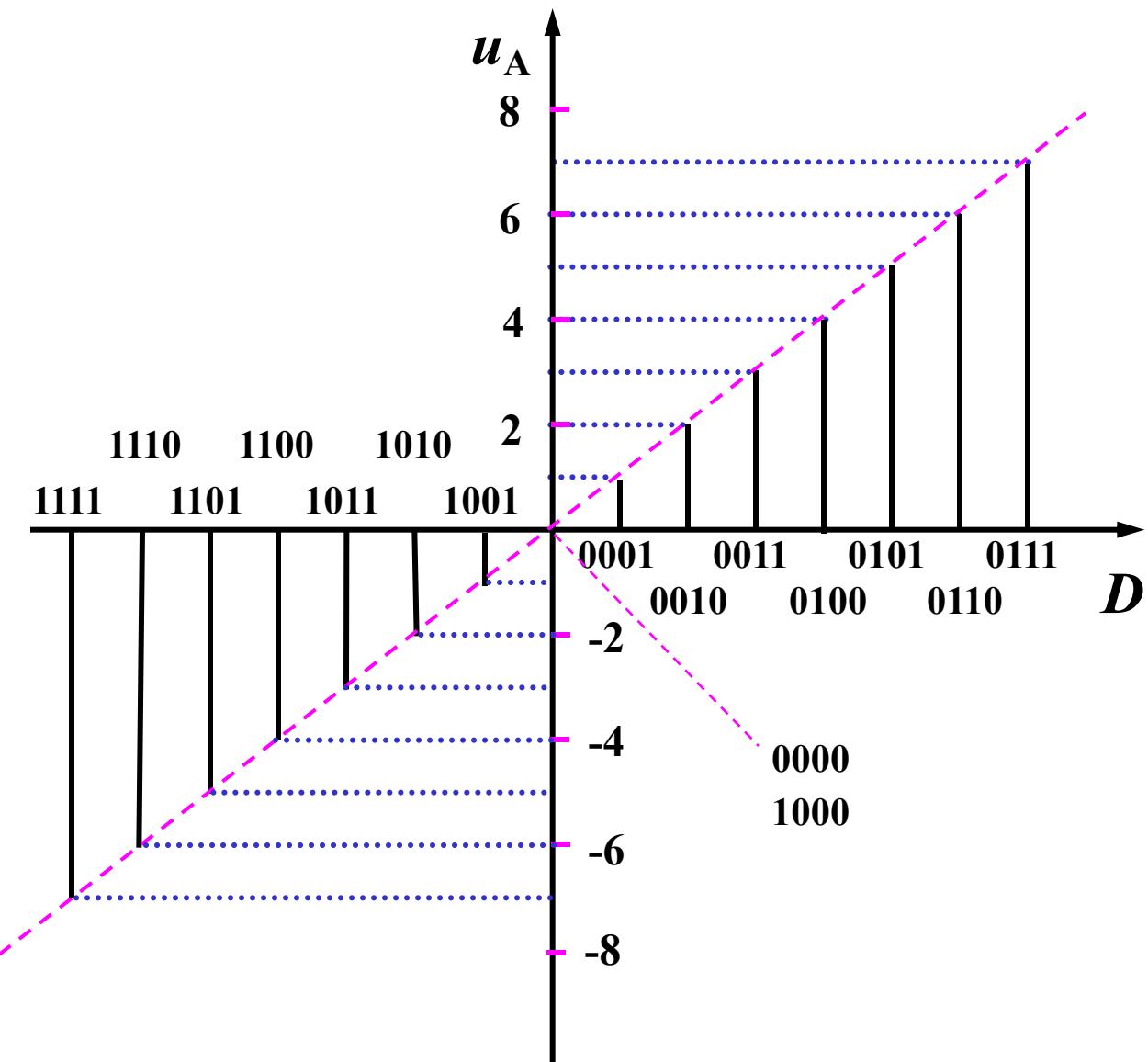
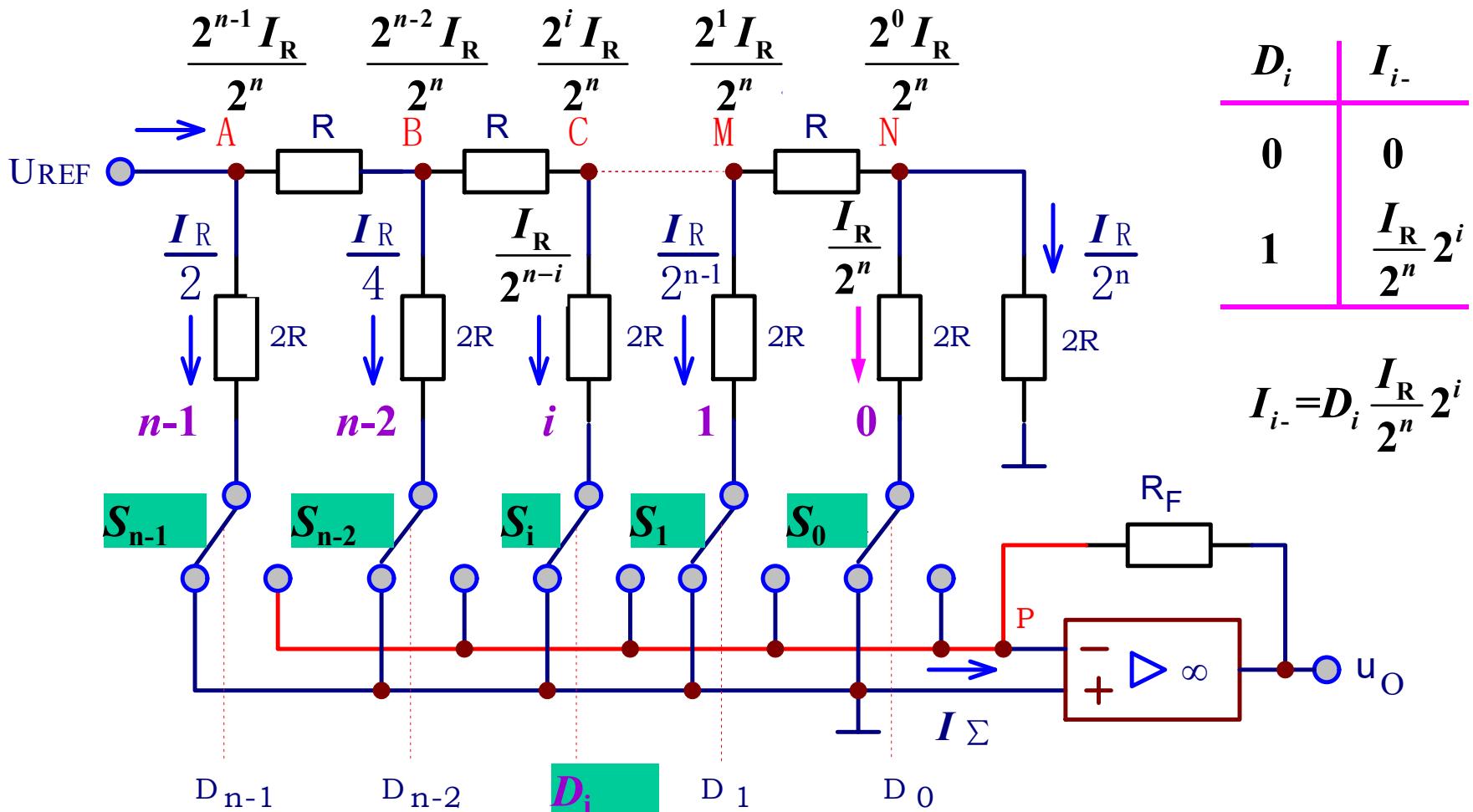
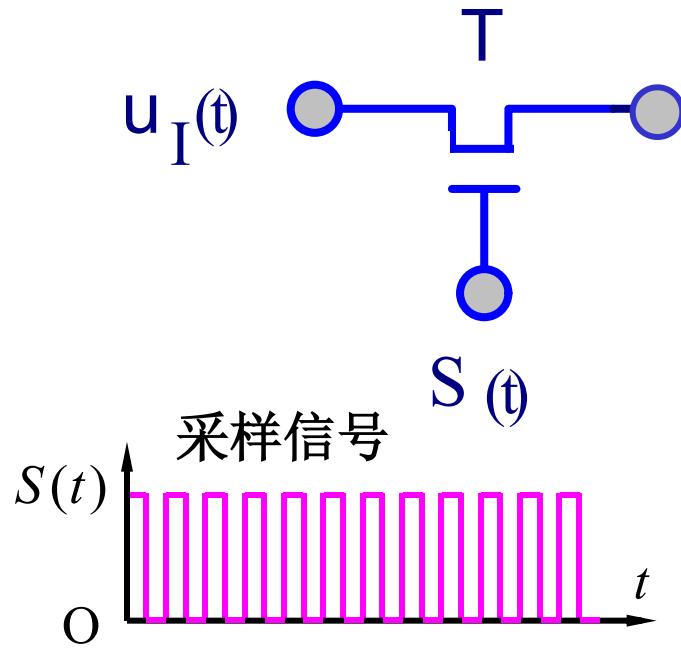
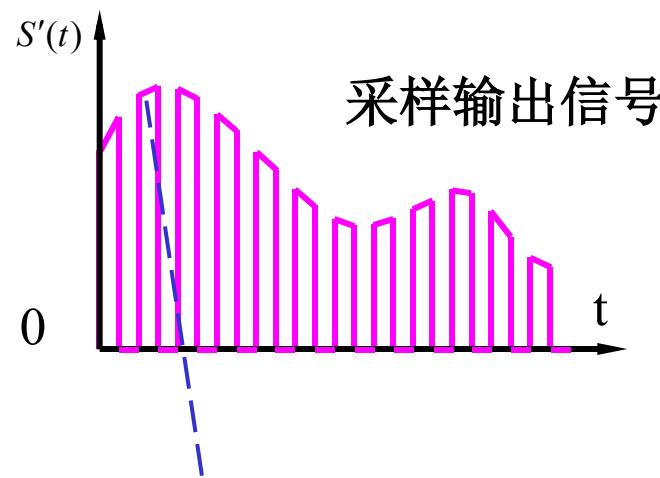
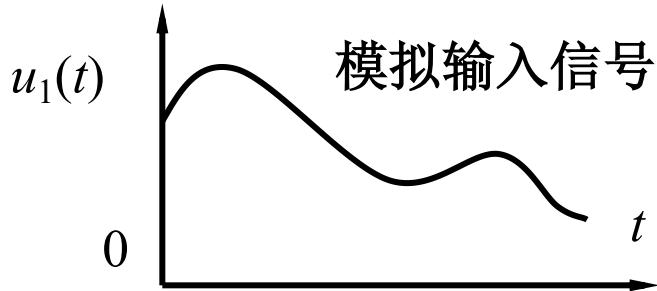


图8.1.2  $D$ 和 $u_A$ 的关系图



$$I_{\Sigma} = \sum_{i=0}^{n-1} I_{i-} = \sum_{i=0}^{n-1} D_i 2^i \frac{I_R}{2^n} = \frac{I_R}{2^n} \sum_{i=0}^{n-1} D_i 2^i = \frac{I_R}{2^n} D$$



量化、编码期间需要该信号幅度保持不变且持续时间足够长

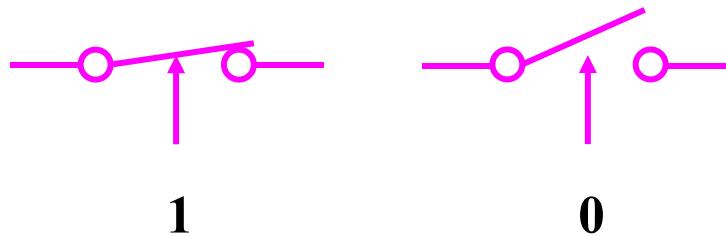
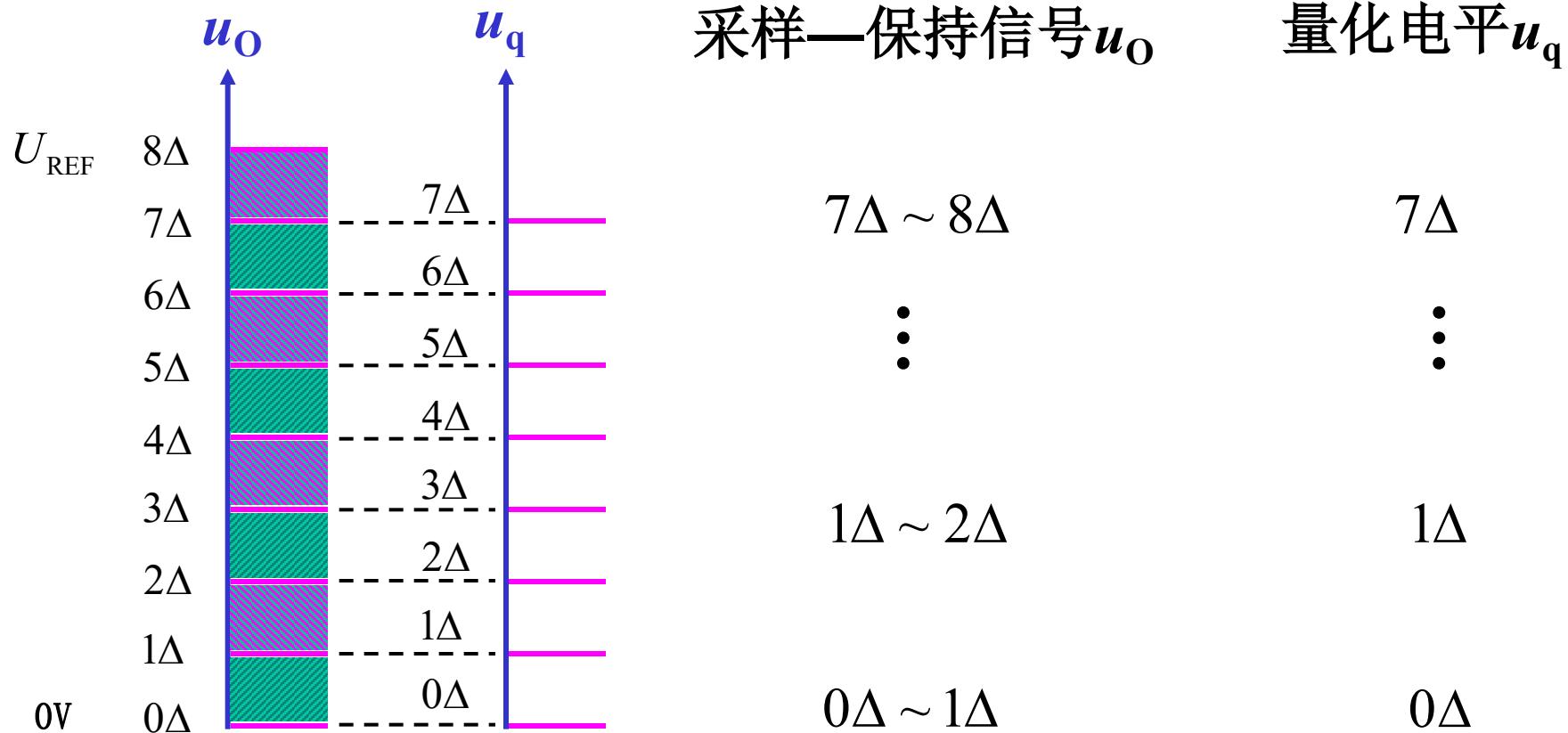
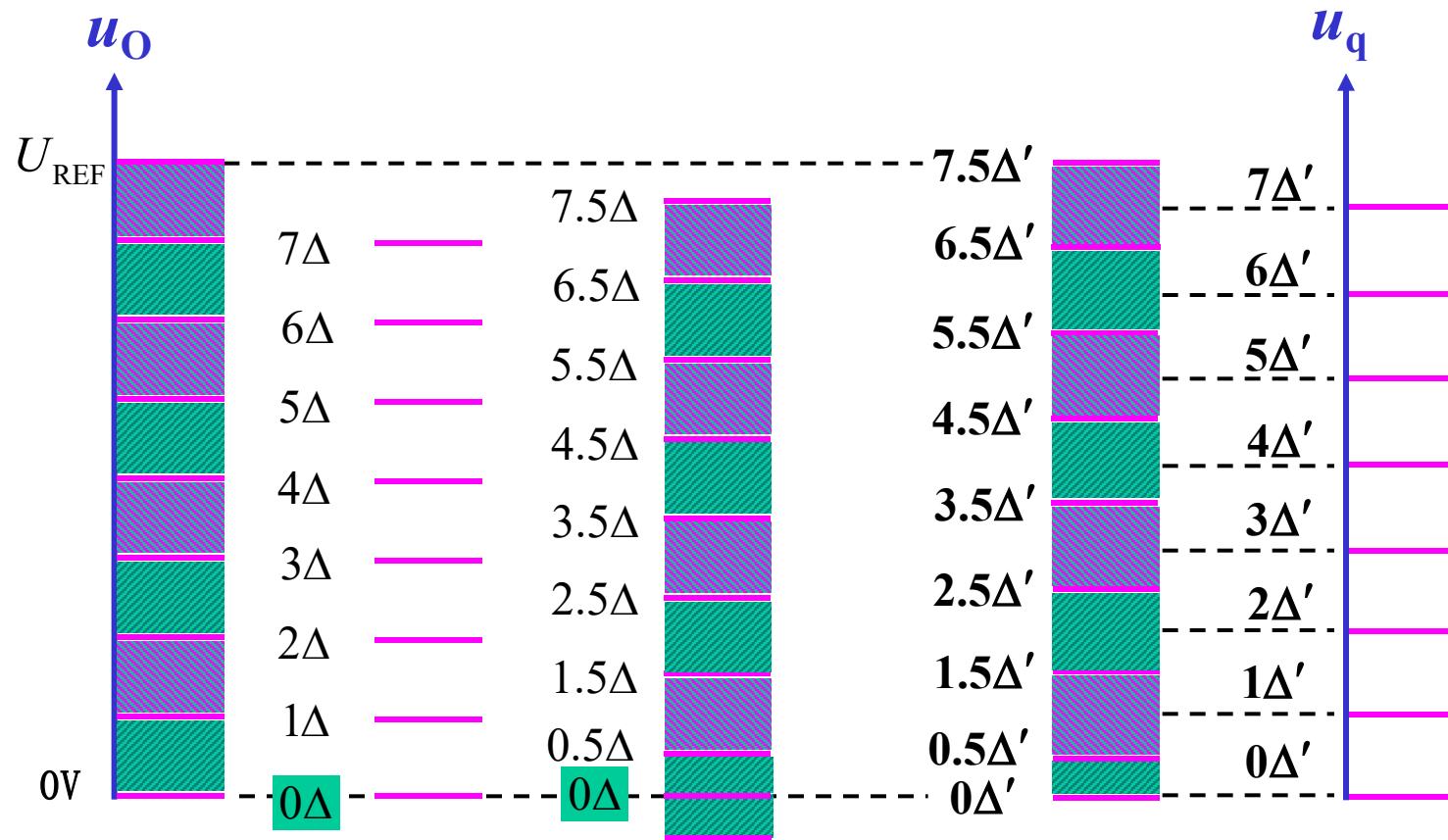


图 8.3.2 基本采样保持电路



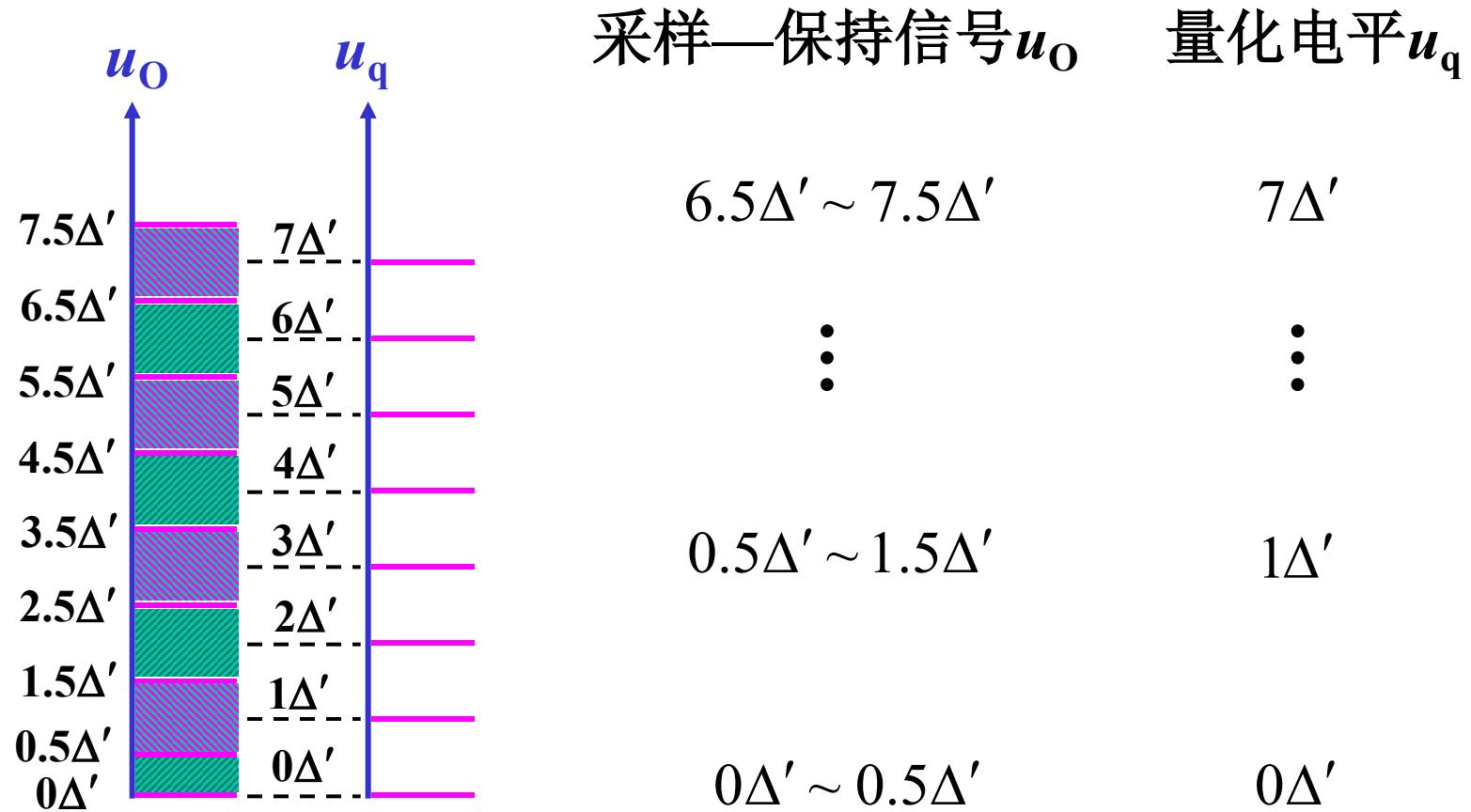
$$\Delta = \frac{U_{\text{REF}}}{2^n} = \frac{1}{8} U_{\text{REF}}$$

最大量化误差  $\varepsilon_{\max} = 1\Delta$



$$\Delta = \frac{U_{\text{REF}}}{2^n} = \frac{1}{8} U_{\text{REF}}$$

$$\Delta' = \frac{U_{\text{REF}}}{7.5} = \frac{2}{15} U_{\text{REF}} = \frac{2}{2^4 - 1} U_{\text{REF}}$$



$$\Delta' = \frac{2}{2^{n+1} - 1} U_{\text{REF}} = \frac{2}{15} U_{\text{REF}}$$

$$\varepsilon_{\max} = \frac{\Delta'}{2}$$

# DAC转换误差

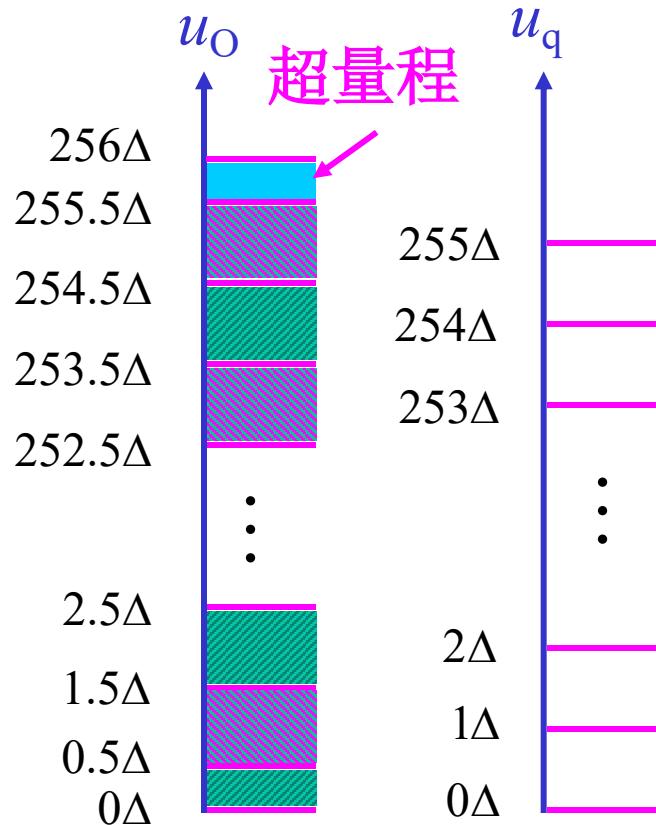
主要包括非线性误差、漂移误差（平移误差）、比例系数误差。

**非线性误差：**由模拟电子开关的导通电阻和导通压降以及 $R$ 、 $2R$  电阻值的偏差造成。

**漂移误差（平移误差）：**由运放的零点漂移引起。

**比例系数误差：**由基准电压 $U_{\text{REF}}$ 和运放增益不稳定引起。

# ADC0801的量化方案



$$\Delta = \frac{1}{2^n} U_{\text{REF}}$$

采用四舍五入方案

$$\text{最大量化误差 } \varepsilon_{\max} = \frac{\Delta}{2}$$