

数字电路与逻辑设计B

第二十二讲

南京邮电大学

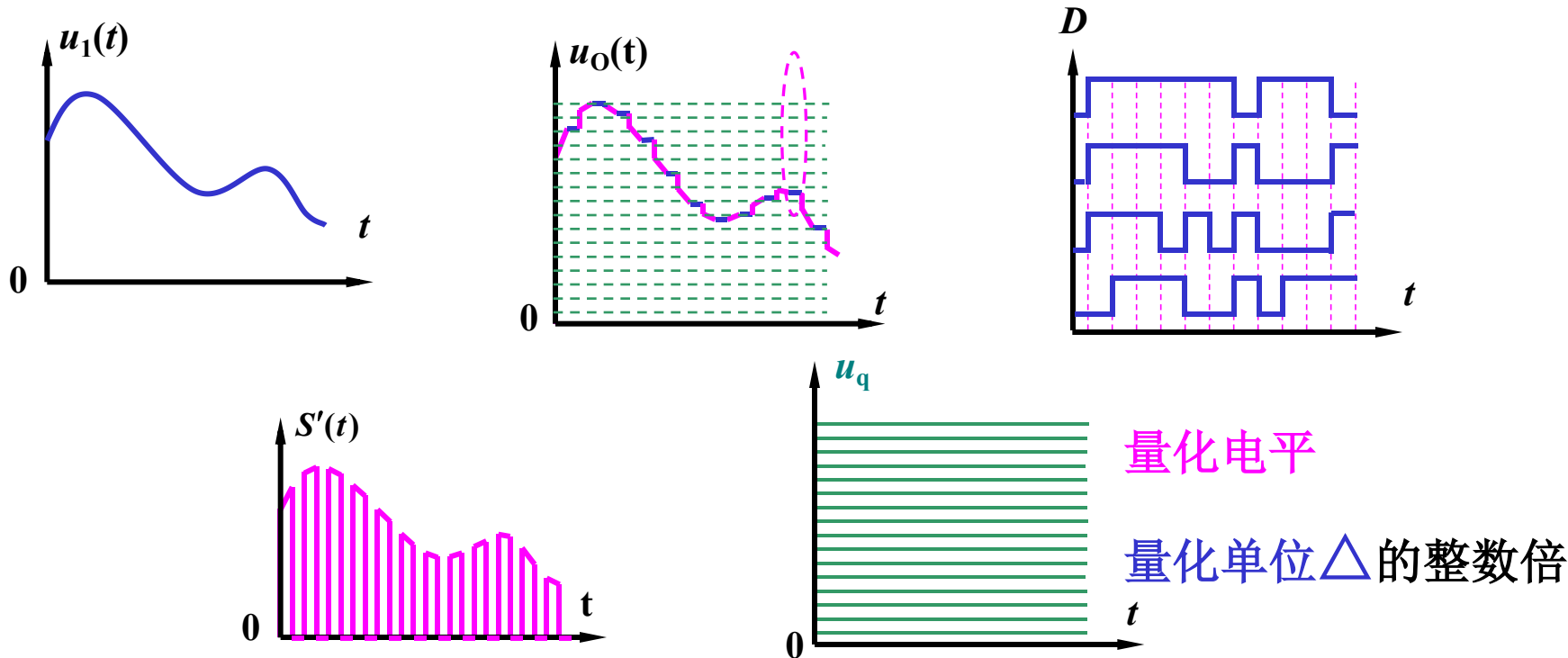
电子与光学工程学院

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 Δ 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___ Δ 。

A 0.25

B 0.5

C 1

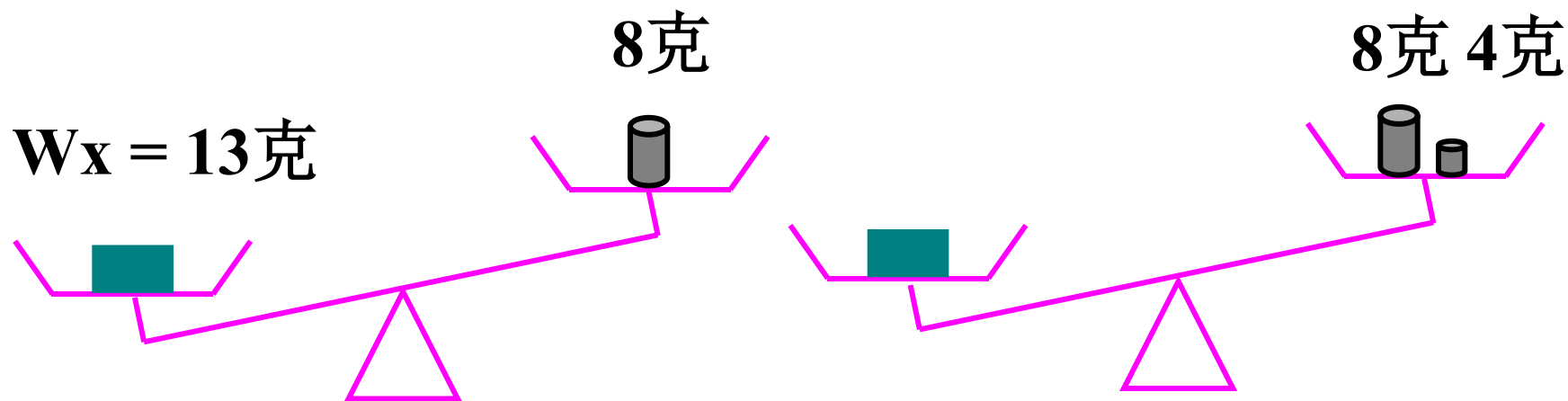
D 2

提交

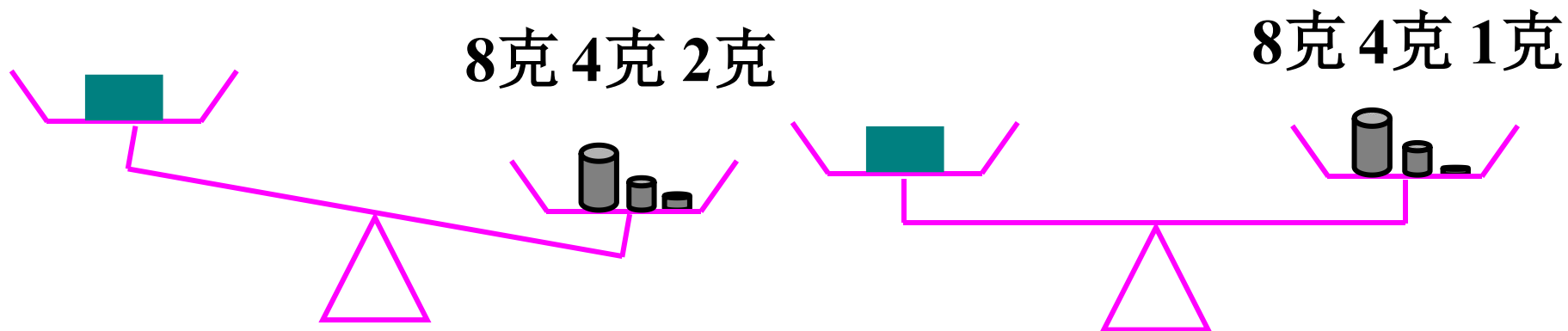
三、逐次逼近式ADC

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

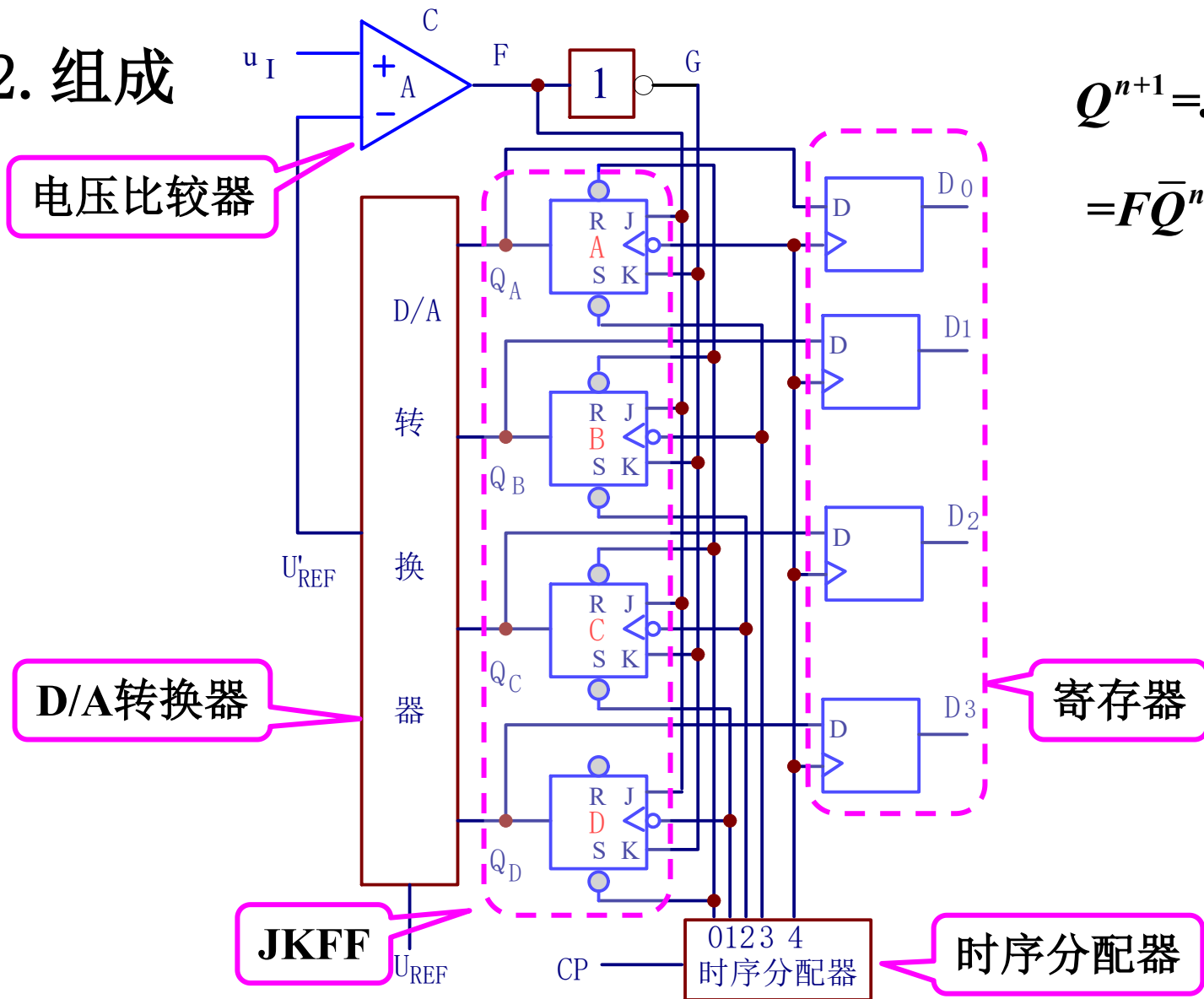


次数	砝码	结 论	中间结果
第一次	8 克	砝码总重 $<$ 待测重量 W_x ，故保留	8 克
第二次	加4克	砝码总重仍 $<$ 待测重量 W_x ，故保留	12 克



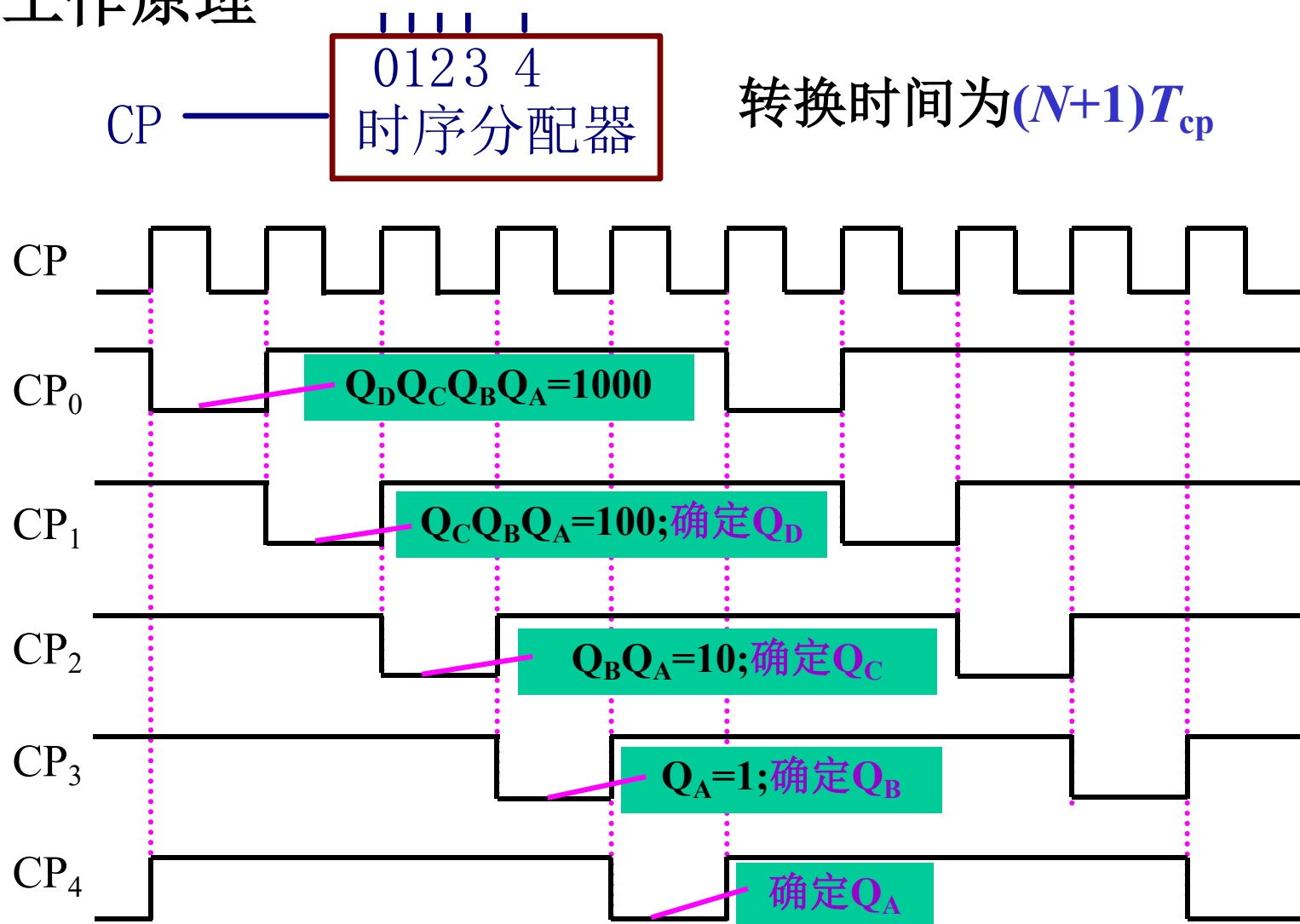
次数	砝码	结 论	中间结果
第一次	8 克	砝码总重 < 待测重量 W_x ，故保留	8 克
第二次	加4克	砝码总重仍 < 待测重量 W_x ，故保留	12 克
第三次	加2克	砝码总重 > 待测重量 W_x ，故撤除	12 克
第四次	加1克	砝码总重 = 待测重量 W_x ，故保留	13 克

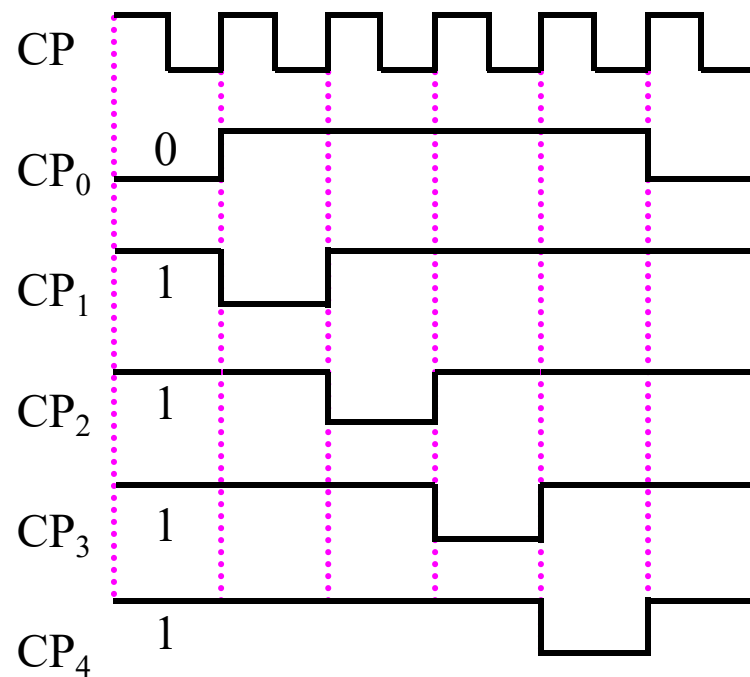
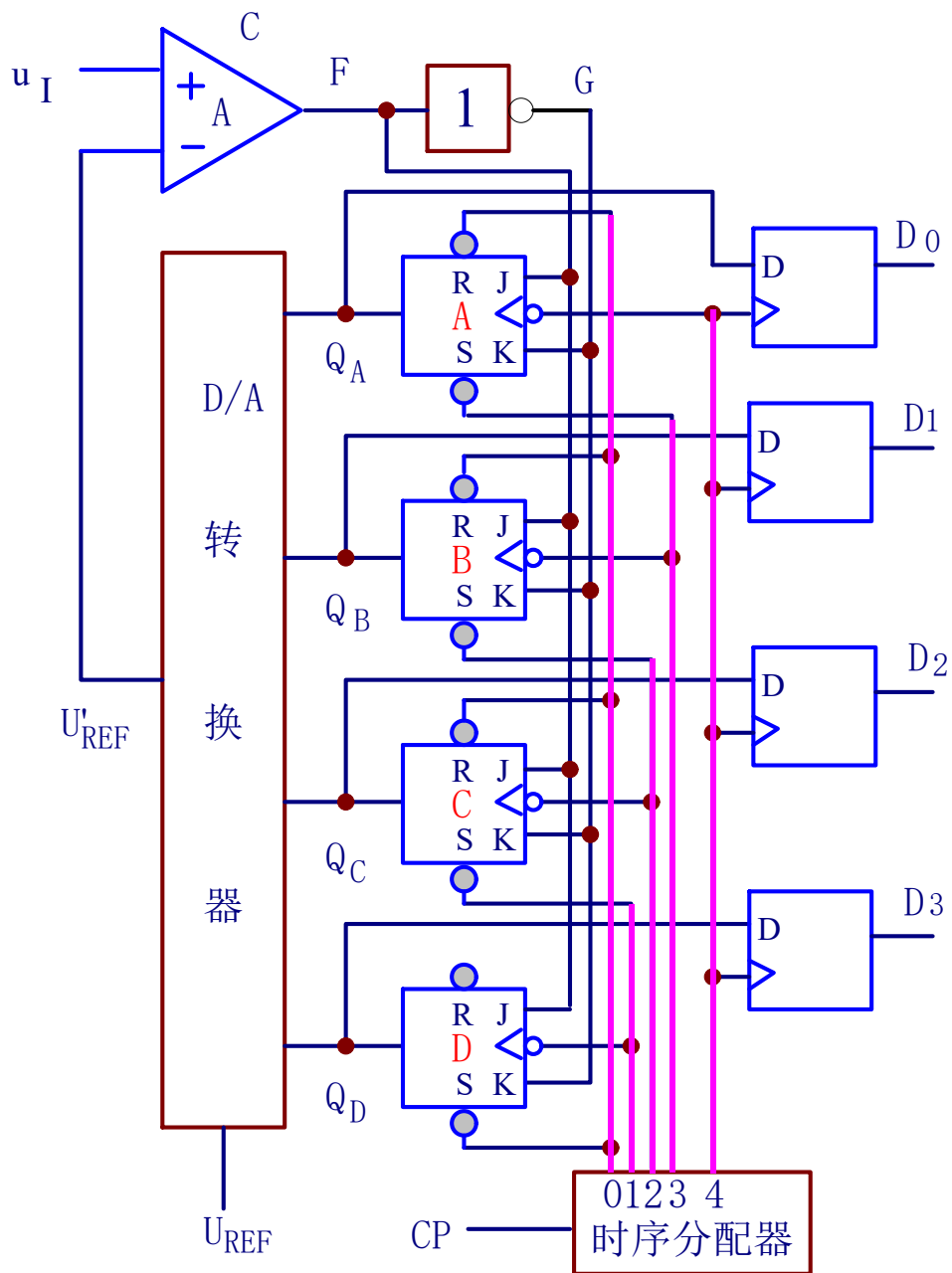
2. 组成

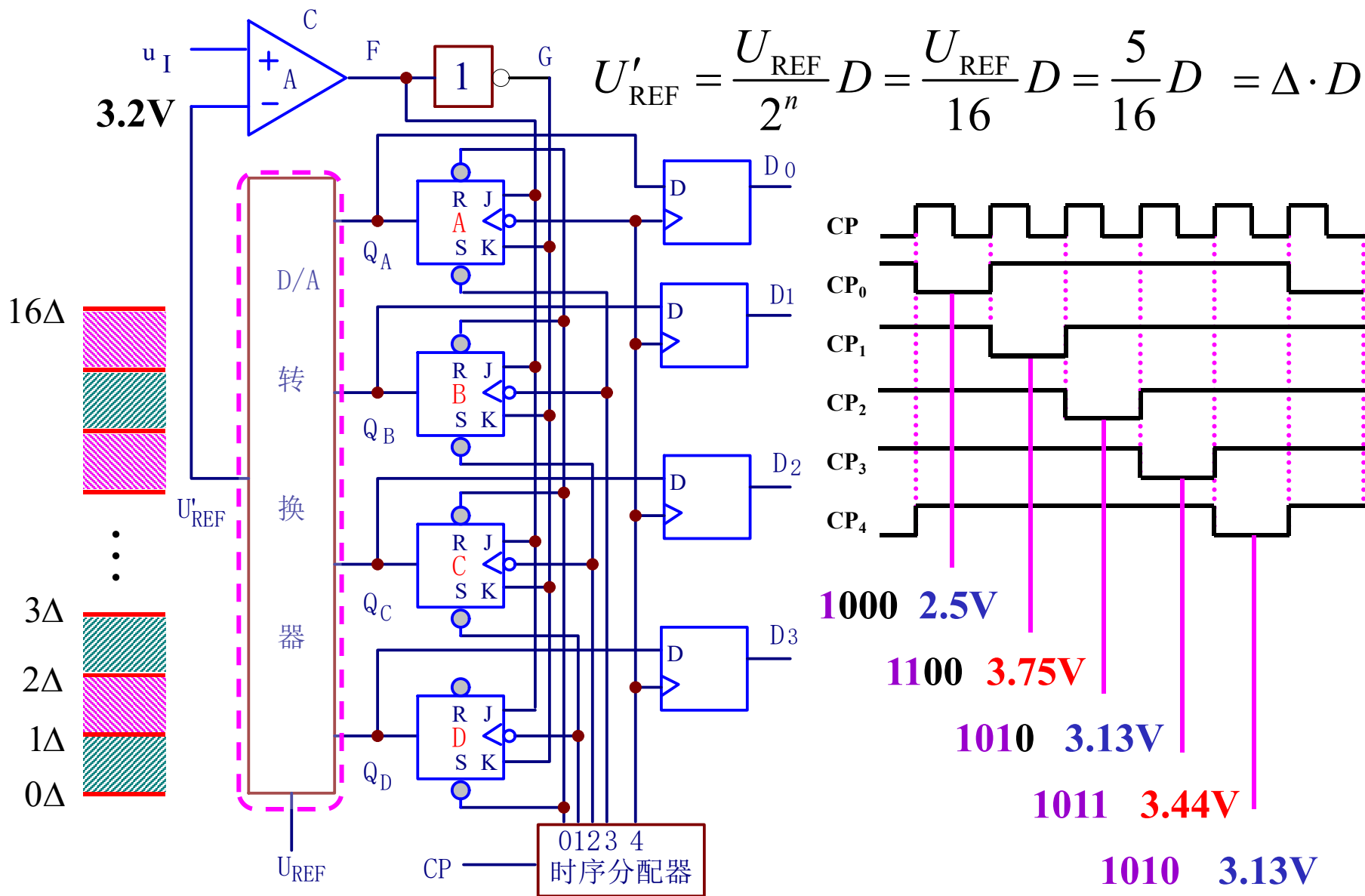


$$\begin{aligned} Q^{n+1} &= J\bar{Q}^n + \bar{K}Q^n \\ &= F\bar{Q}^n + FQ^n = F \end{aligned}$$

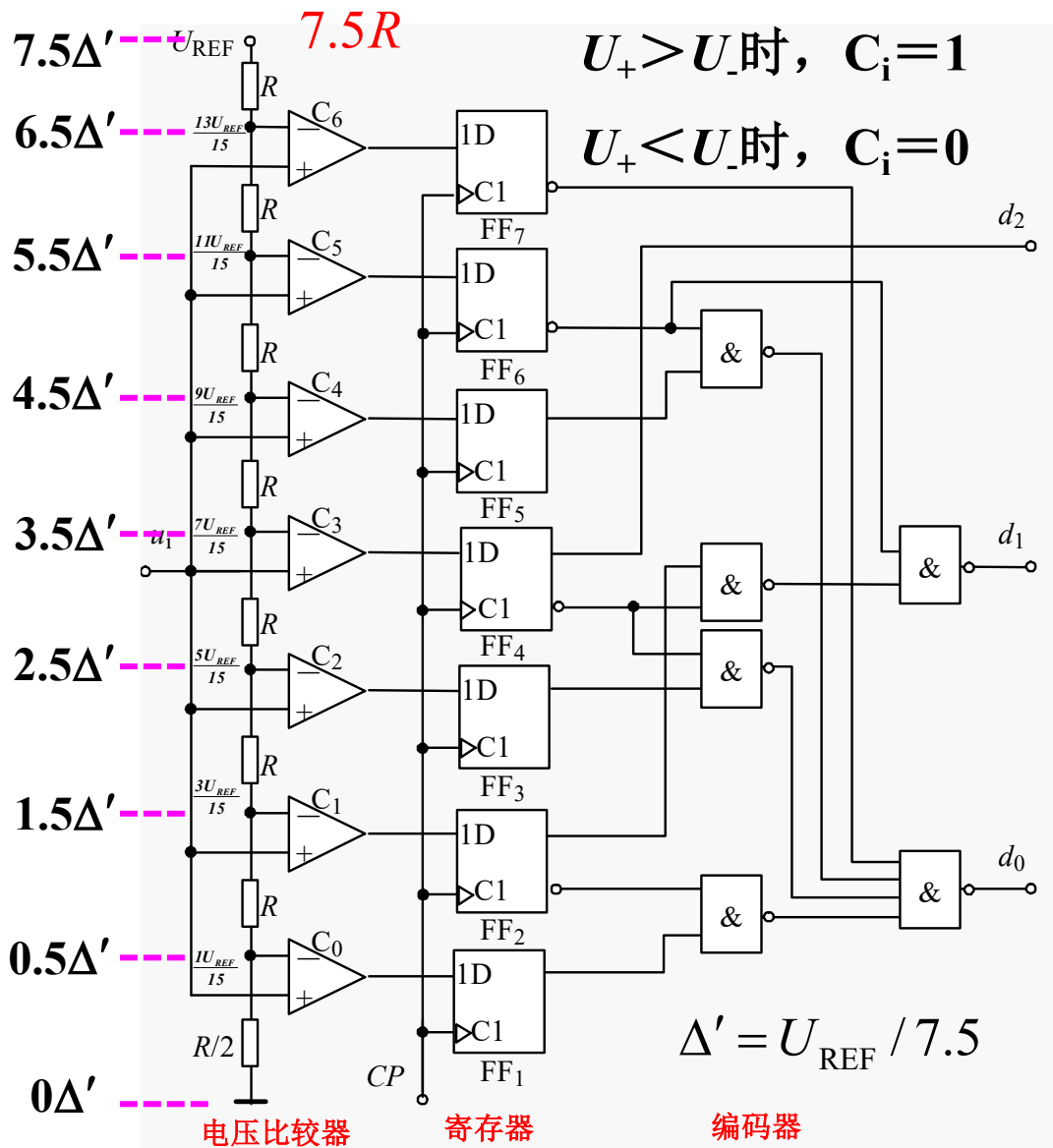
3. 工作原理



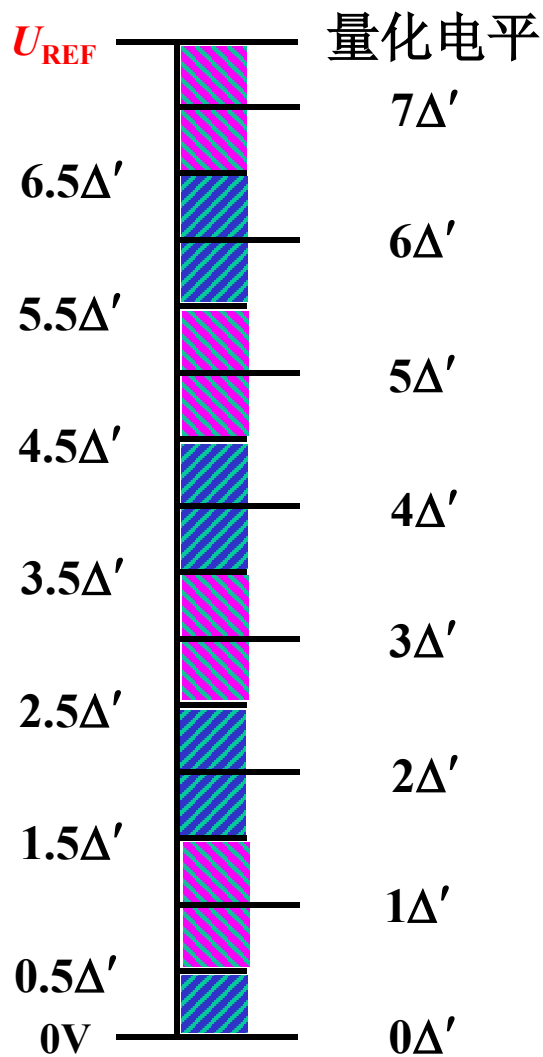




四、并行比较型A/D转换器



四舍五入方法



3.已知3位并行比较型A/D转换器 $U_{\text{REF}}=6\text{V}$ ，若 $u_{\text{I}}=4.2\text{V}$ ，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

$$\frac{u_I}{\Delta'} = \frac{4.2}{0.8} = 5.25$$

数字量输出

$$d_2d_1d_0=101$$

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

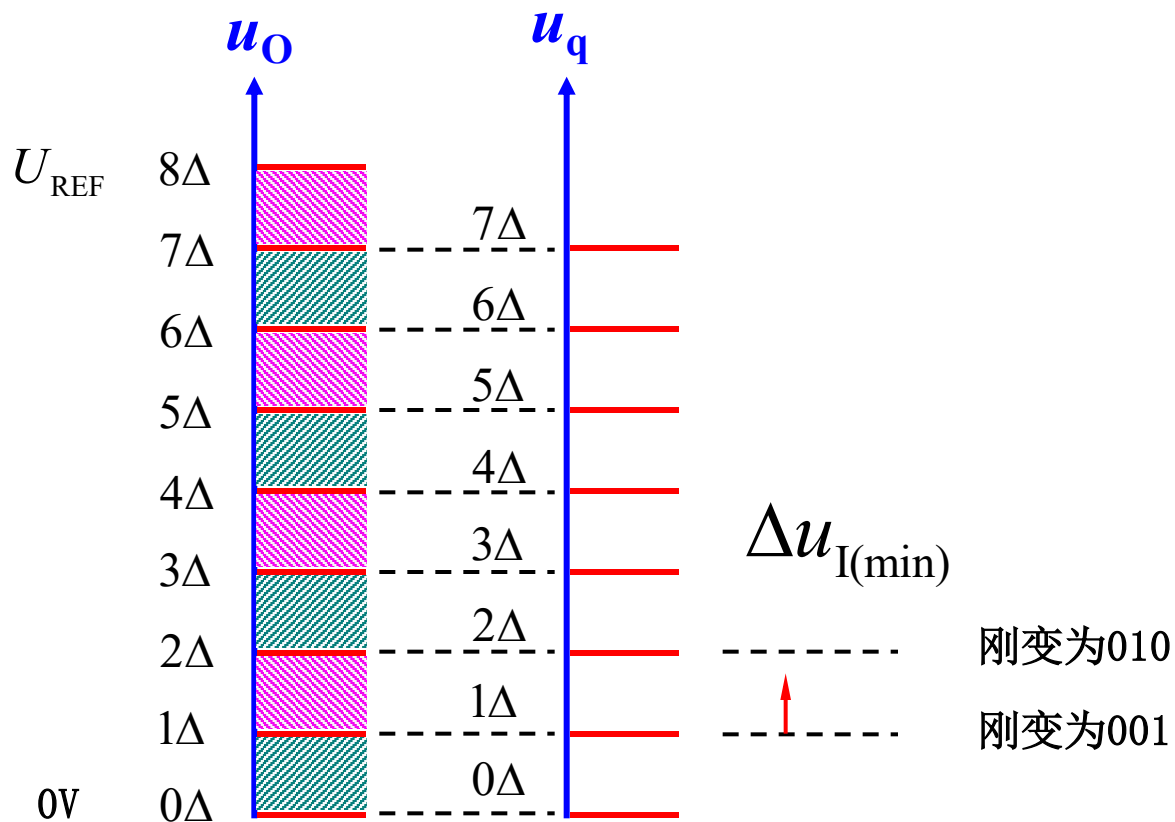
①优点：转换速度很快，含有的寄存器兼有取样保持功能，可以不用附加取样保持电路。

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，精度较低の場合。

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

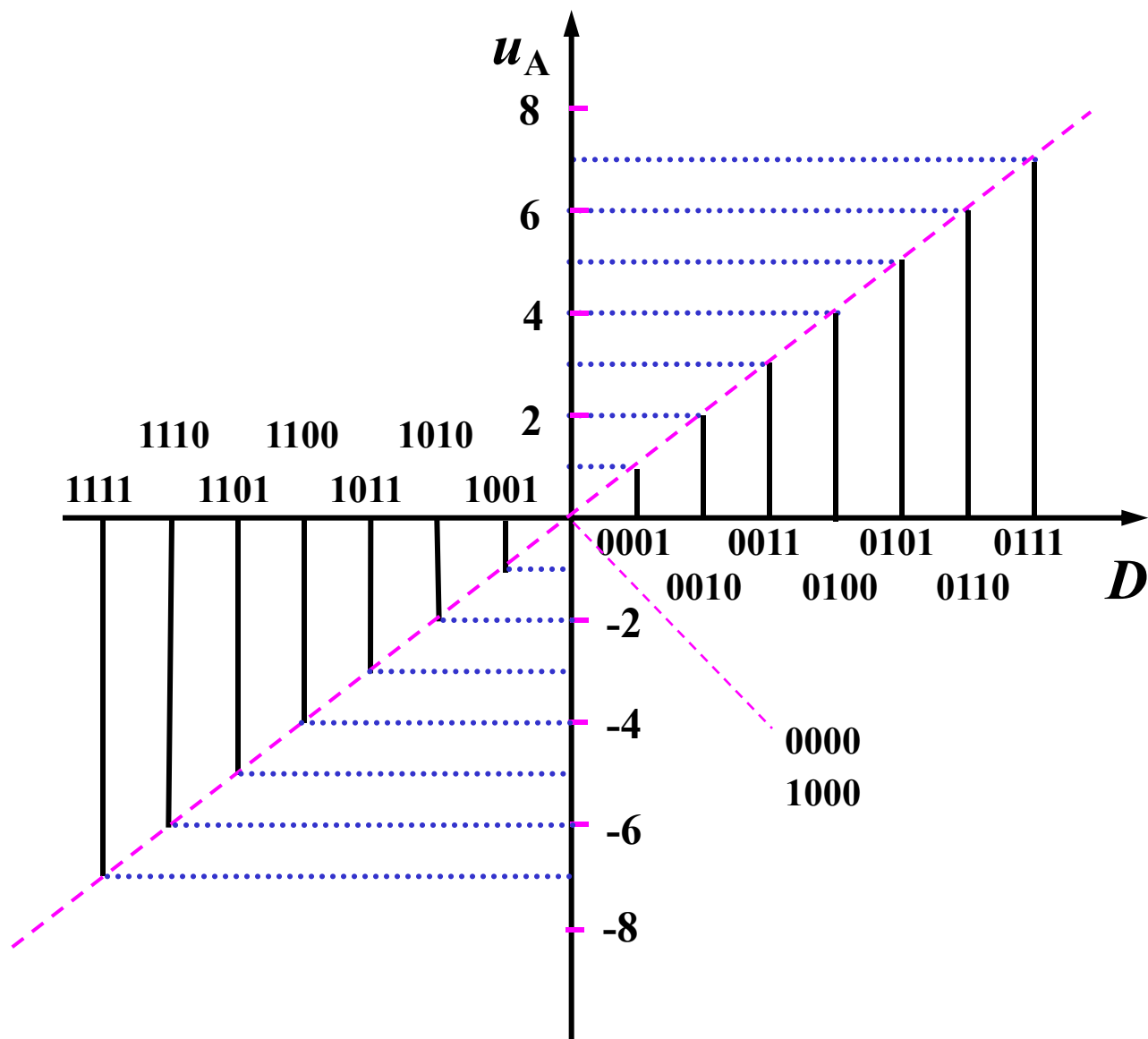
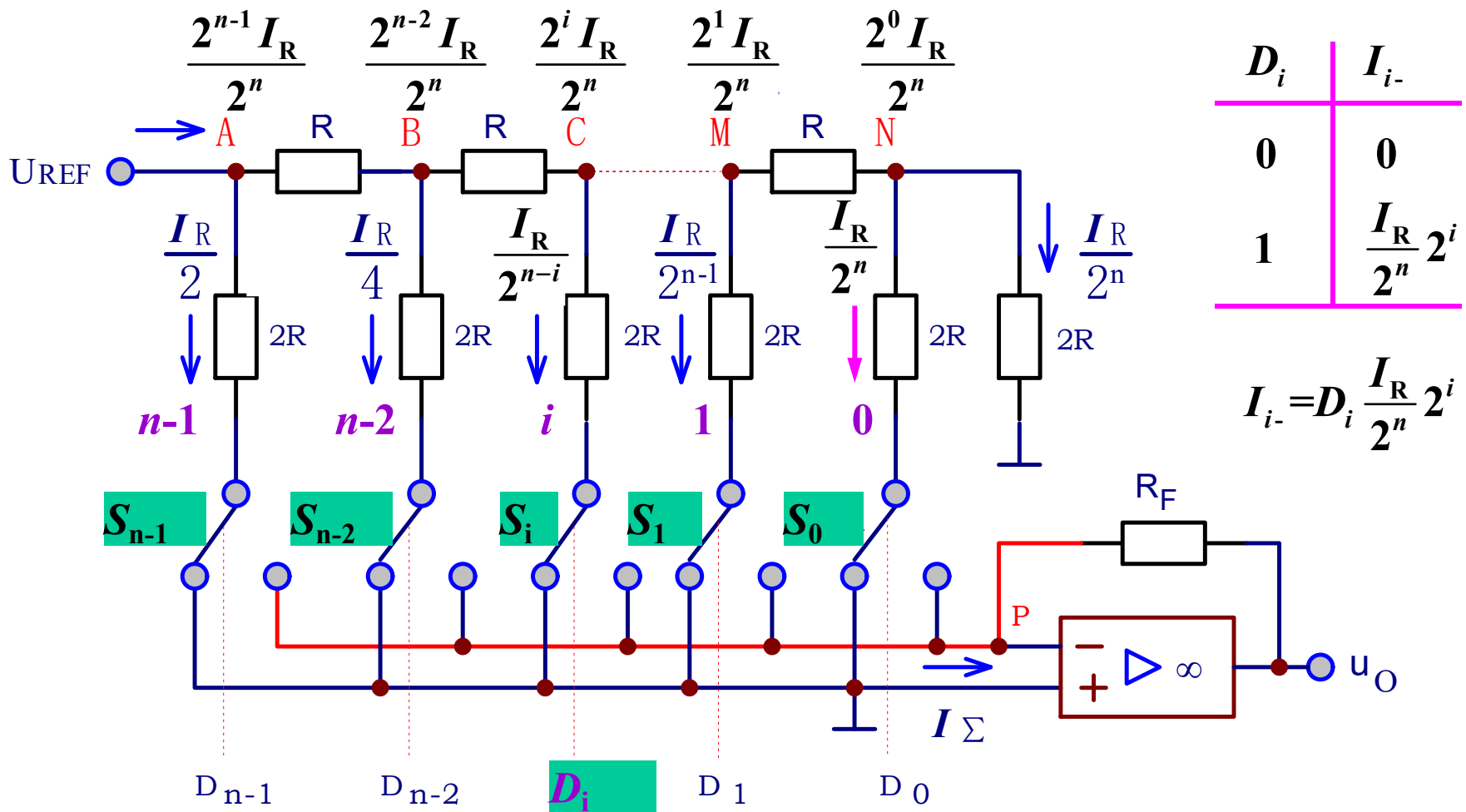
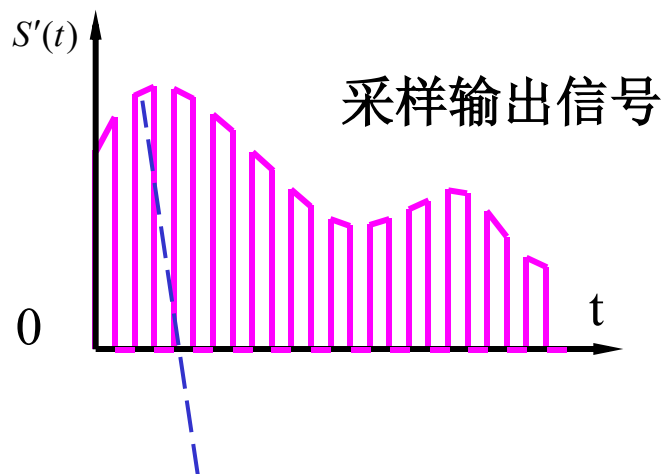
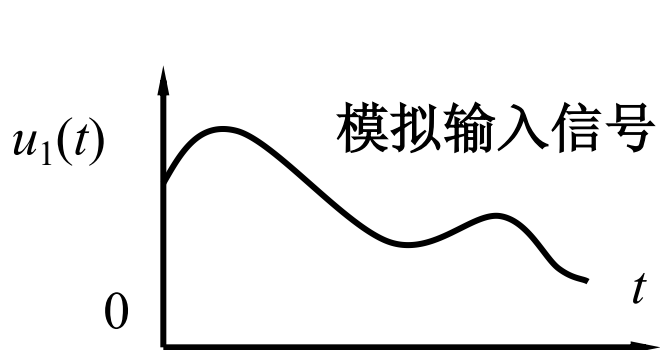


图8.1.2 D 和 u_A 的关系图



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



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

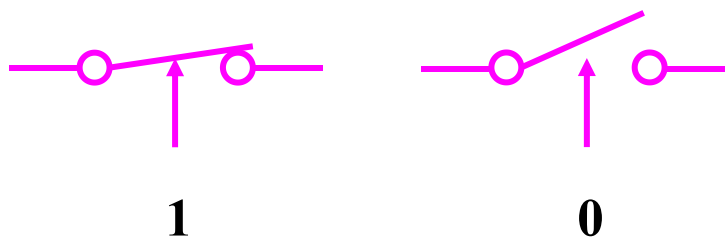
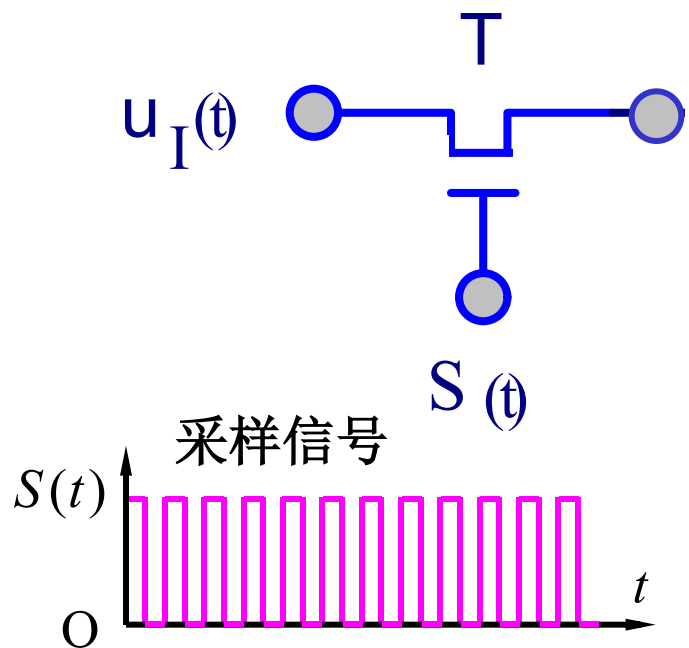
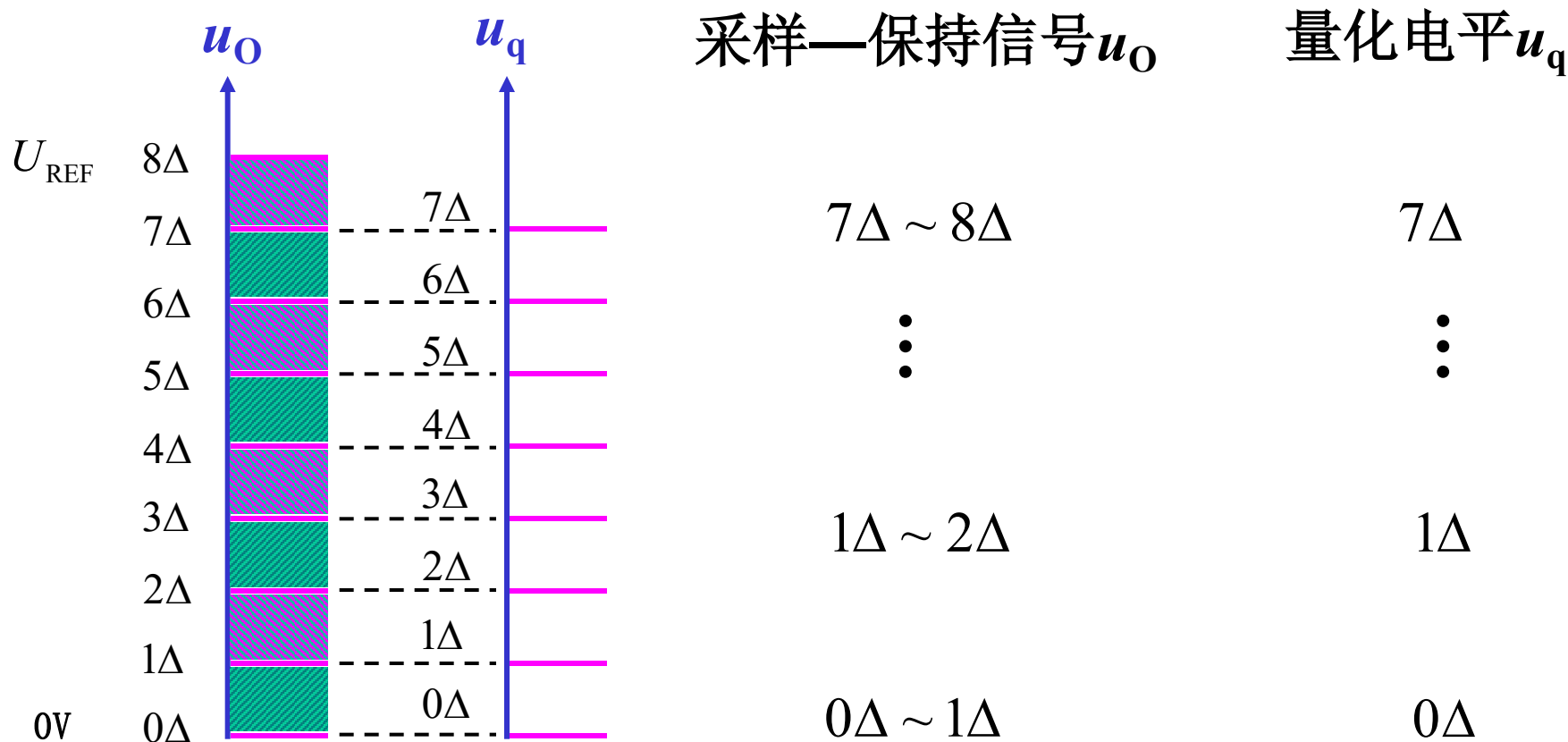
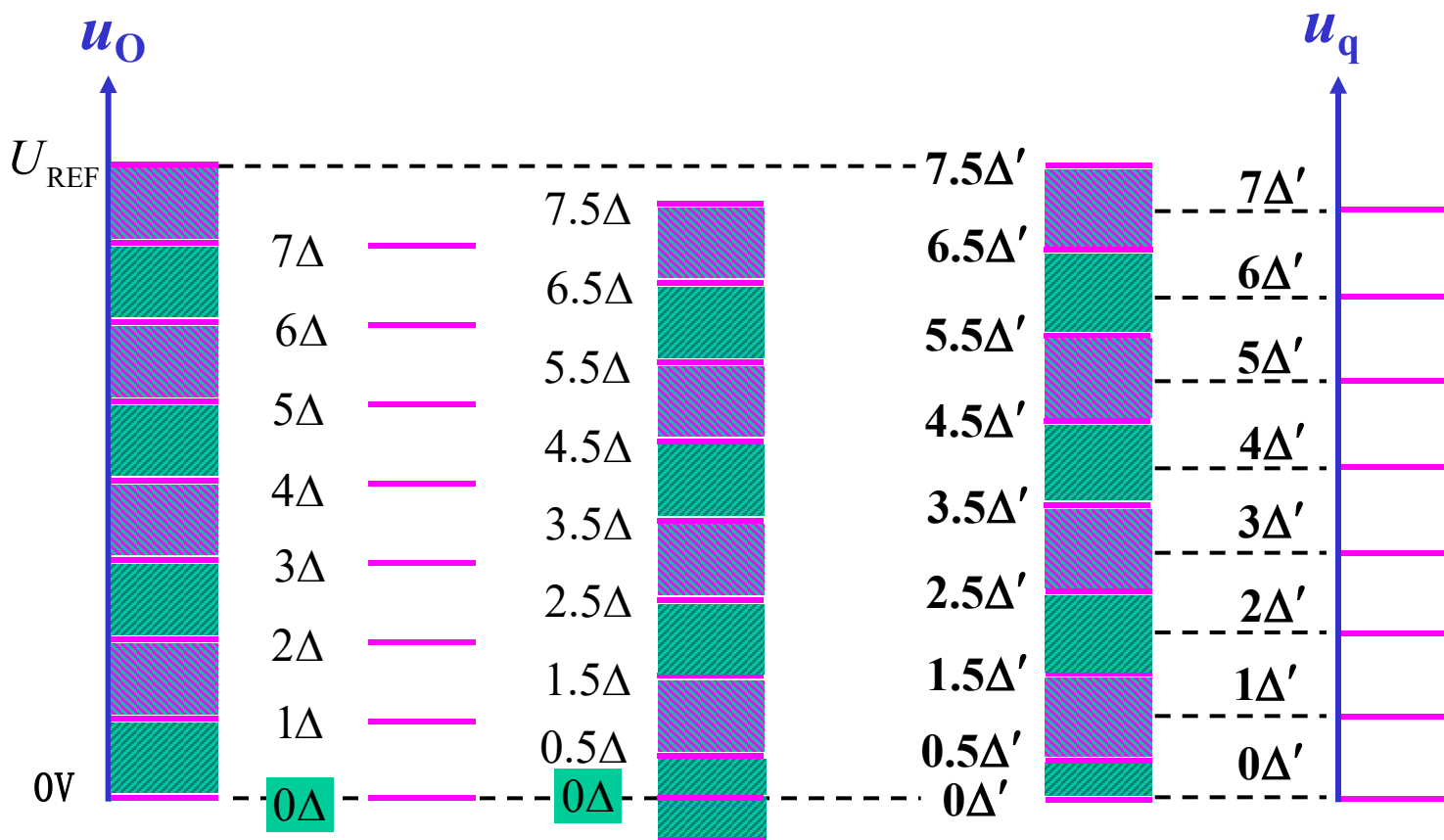


图 8.3.2 基本采样保持电路



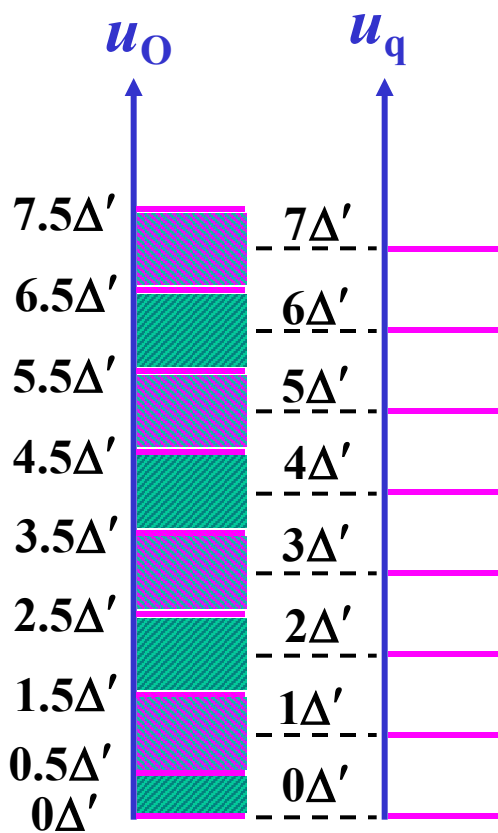
$$\Delta = \frac{U_{\text{REF}}}{2^n} = \frac{1}{8} U_{\text{REF}}$$

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



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

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



采样—保持信号 u_O

量化电平 u_q

$6.5\Delta' \sim 7.5\Delta'$

$7\Delta'$

\vdots

\vdots

$0.5\Delta' \sim 1.5\Delta'$

$1\Delta'$

$0\Delta' \sim 0.5\Delta'$

$0\Delta'$

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

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

DAC转换误差

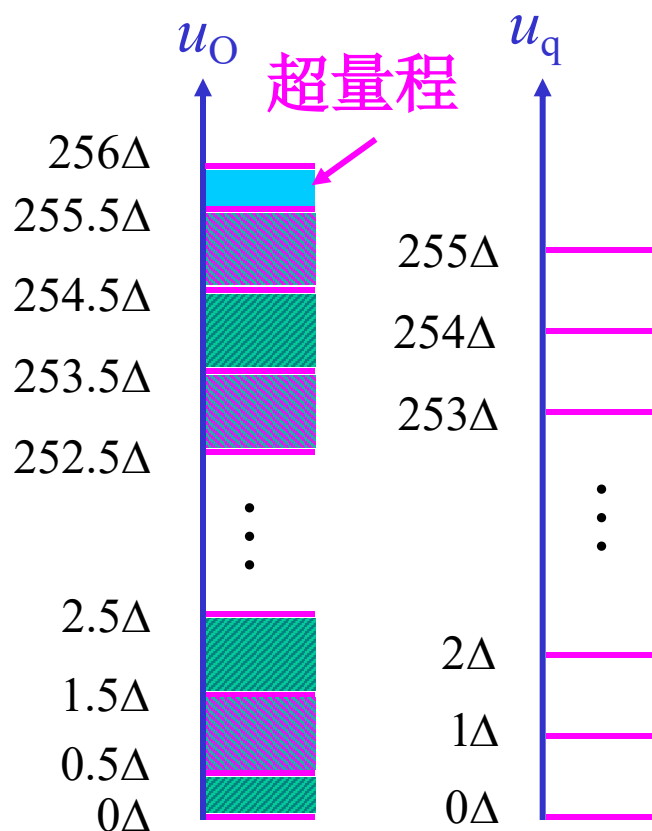
主要包括非线性误差、漂移误差（平移误差）、比例系数误差。

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_{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

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