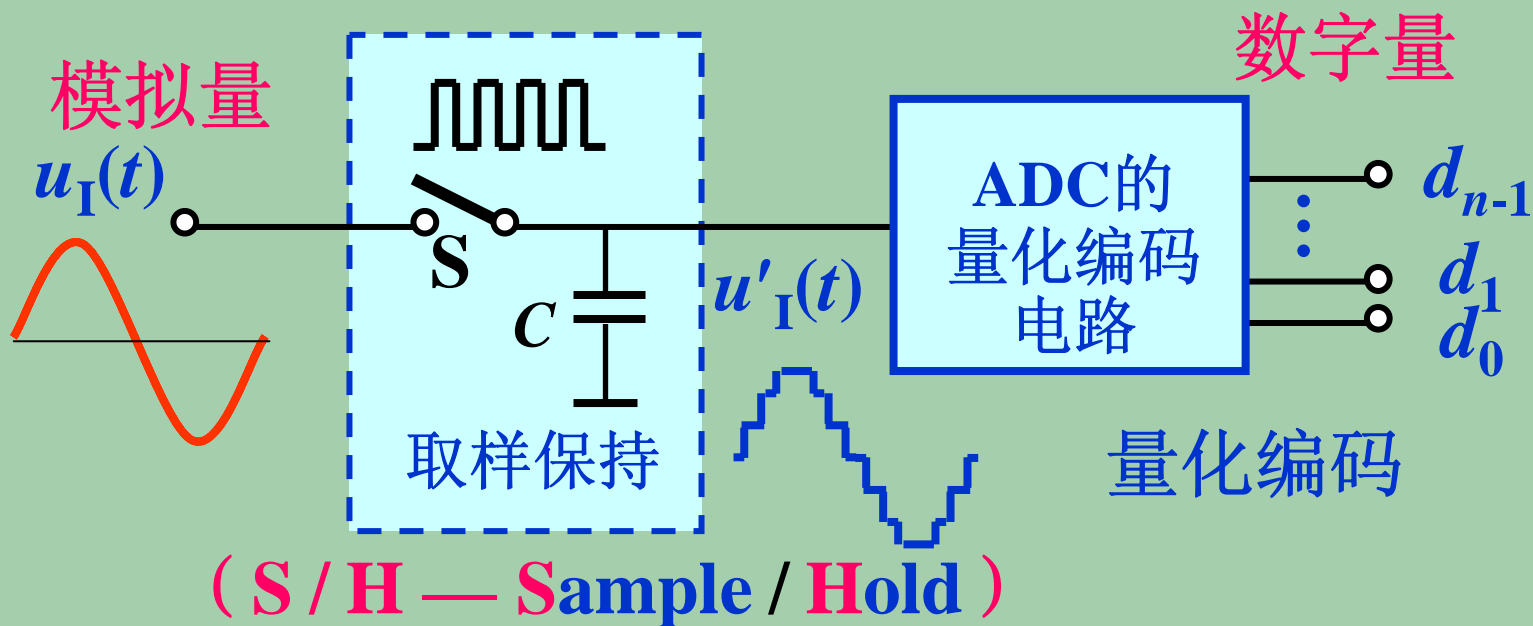




7.2 A / D 转换器 (ADC)

7.2.1 A / D 转换的一般步骤和取样定理

一、模拟量到数字量的转换过程



取样： 把时间连续变化的信号变换为时间离散的信号。

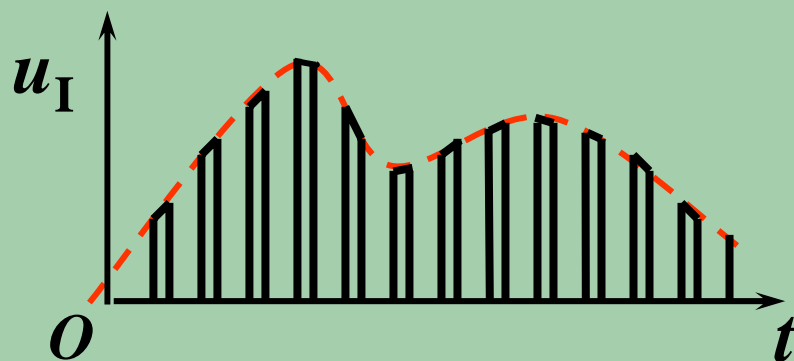
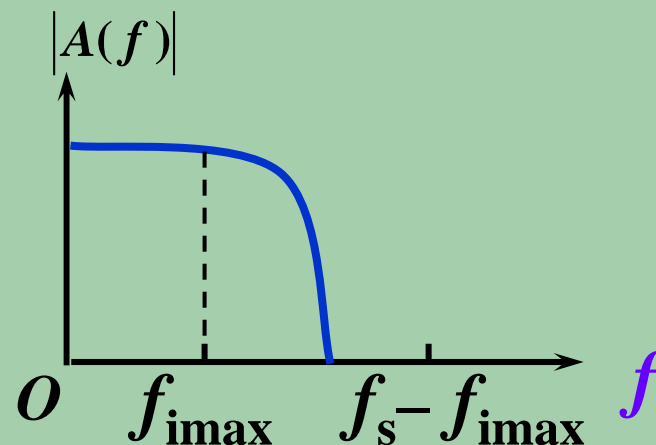
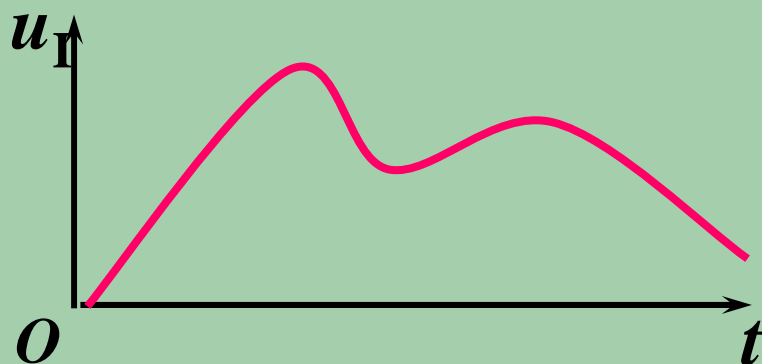
保持： 保持取样信号,使有充分时间将其变为数字信号。



二、取样定理

当满足 $f_s \geq 2f_{\text{imax}}$ 时, 取样信号可恢复原信号。

f_s — 取样频率。 f_{imax} — 信号的最高频率分量。





三、量化和编码

量化单位

数字信号最低位**LSB**所对应的模拟信号大小，用 Δ 表示（即 **1**）。

量化

把取样后的保持信号化为量化单位的整数倍。

量化误差

因模拟电压不一定能被 Δ 整除而引起的误差。

编码

把量化的数值用二进制代码表示。



划分量化电平的两方法

模拟电平	二进制代码	代表的模拟电平	模拟电平	二进制代码	代表的模拟电平
1V	111	$7\Delta = (7/8)V$	1V	111	$7\Delta = (14/15)V$
7/8	110	$6\Delta = 6/8$	13/15	110	$6\Delta = 12/15$
6/8	101	$5\Delta = 5/8$	11/15	101	$5\Delta = 10/15$
5/8	100	$4\Delta = 4/8$	9/15	100	$4\Delta = 8/15$
4/8	011	$3\Delta = 3/8$	7/15	011	$3\Delta = 6/15$
3/8	010	$2\Delta = 2/8$	5/15	010	$2\Delta = 4/15$
2/8	001	$1\Delta = 1/8$	3/15	001	$1\Delta = 2/15$
1/8	000	$0\Delta = 0$	1/15	000	$0\Delta = 0$
0			0		

最大量化误差 = $\Delta = (1/8) V$

= $\Delta / 2 = (1/15)V$



7.2.2 取样 - 保持电路

一、电路组成及工作原理

当 u_L 为高电平:

T 导通, C_h 充电至:

$$u_O = -u_I = u_C$$

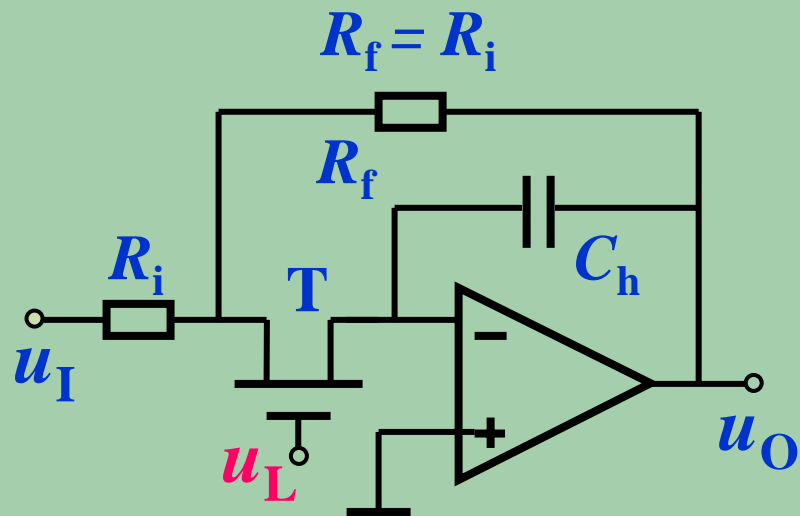
当 u_L 为低电平:

T 截止, C_h 基本不放电。

u_O 保持

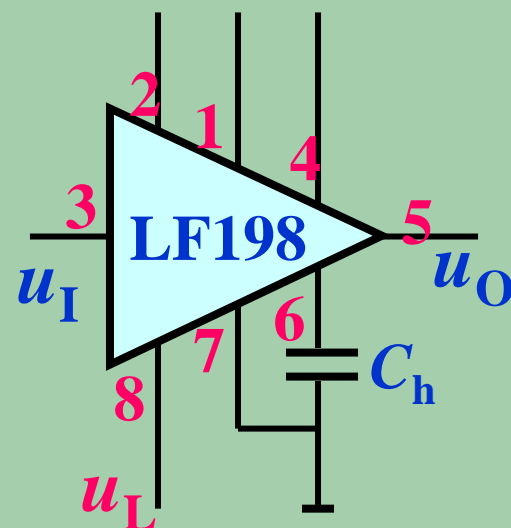
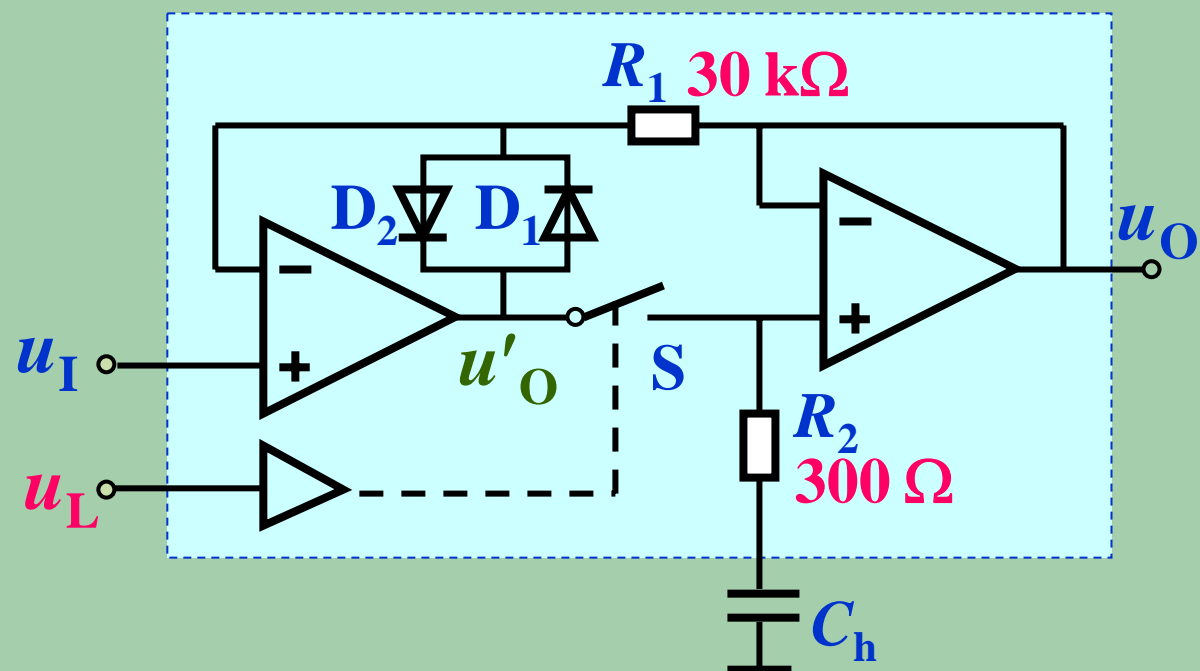
矛盾: 为使 C_h 充电快, R_i 越小越好;

为使电路输入电阻高, R_i 越大越好。





二、改进电路 (LF198) 及工作原理



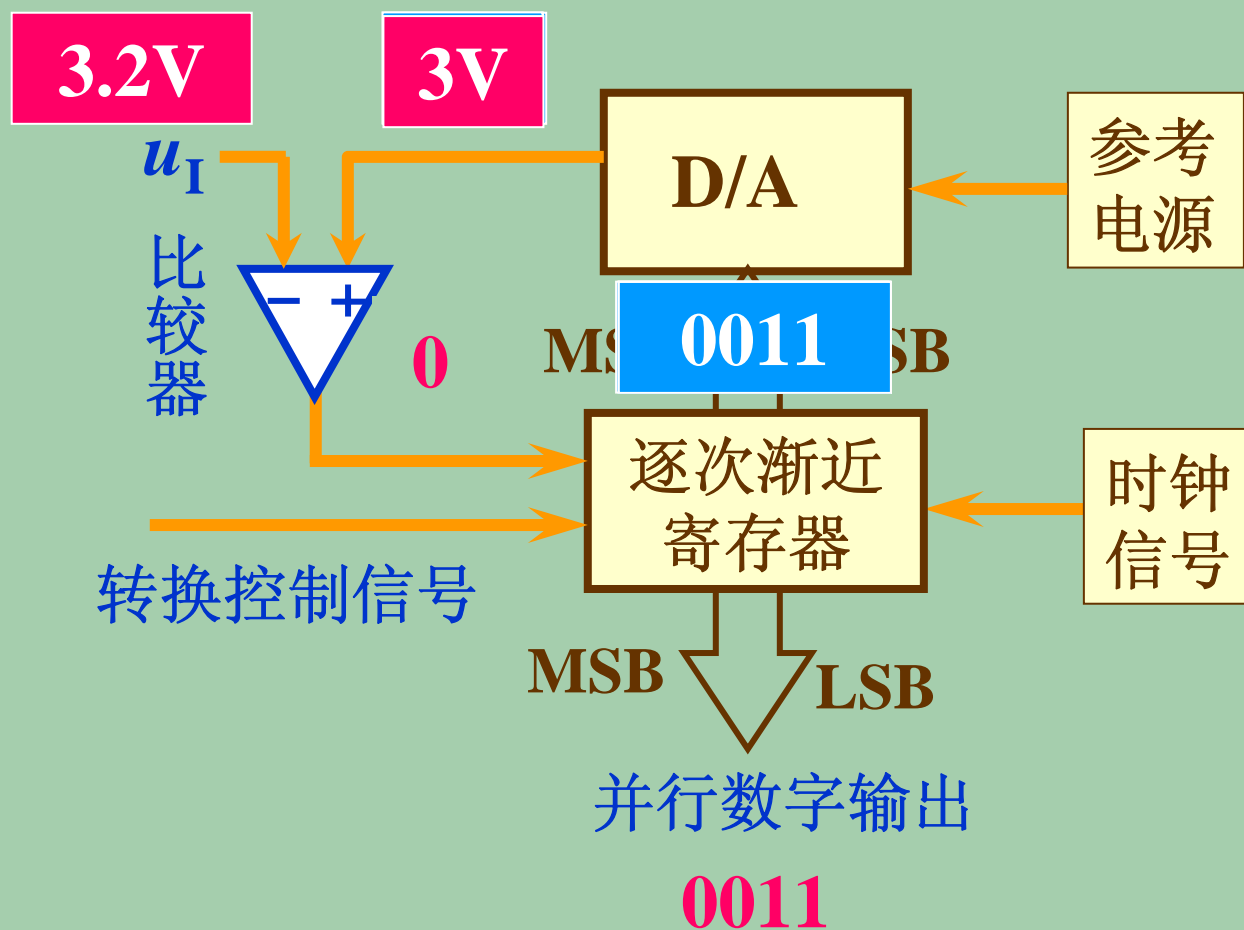
当 $u_L = 1$, S 闭合 $u_O = u'_O = u_I$, $u_C = u_I$

当 $u_L = 0$, S 断开 u_O 保持

D_1 、 D_2 的作用: 限制 u'_O 在 $u_I + u_D$ 以内, 起保护作用。

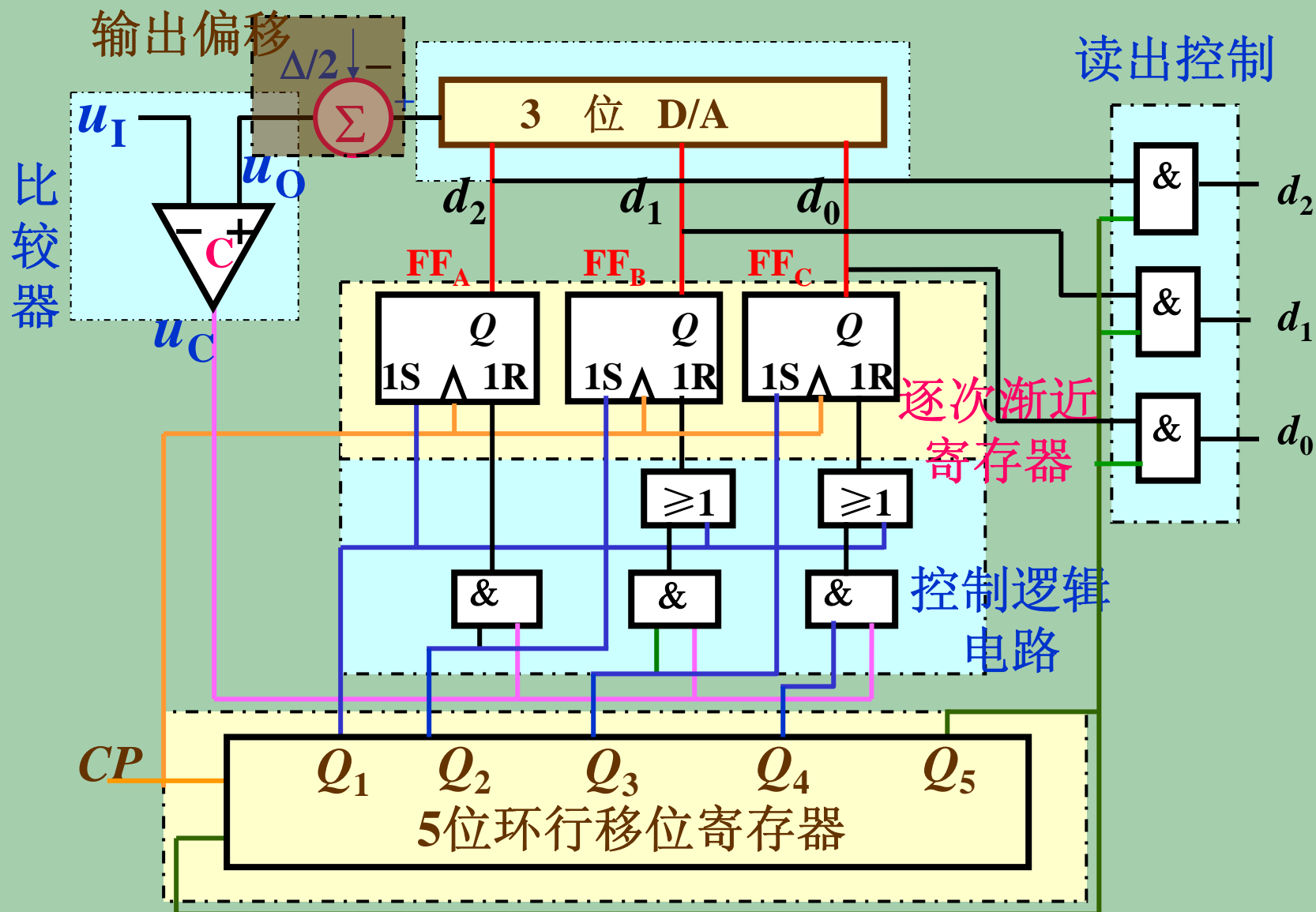
7.2.3 逐次渐近型 A/D 转换器

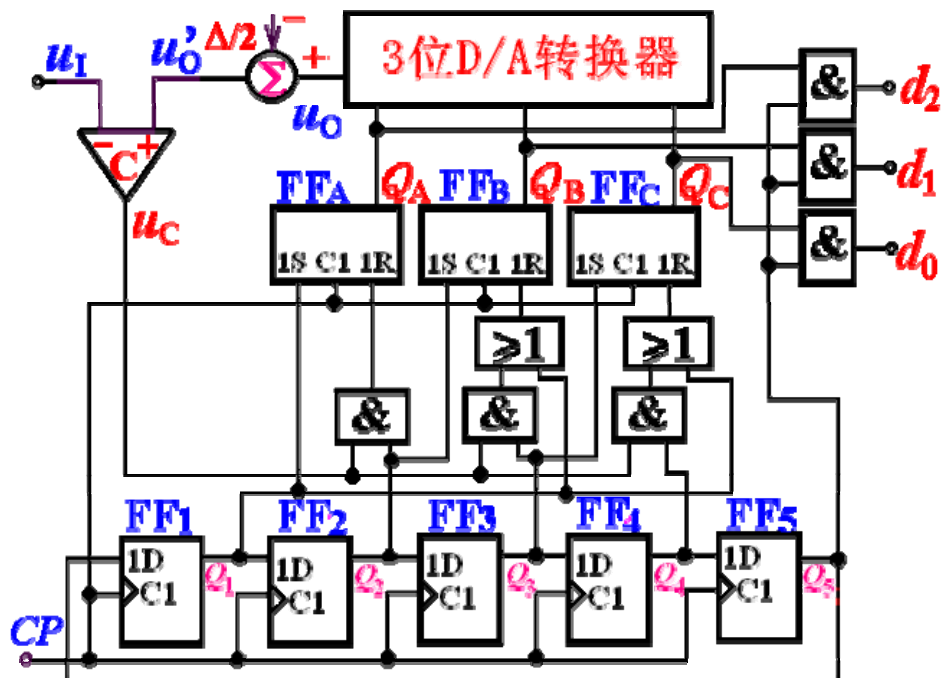
一、基本工作原理电路





二、转换过程举例



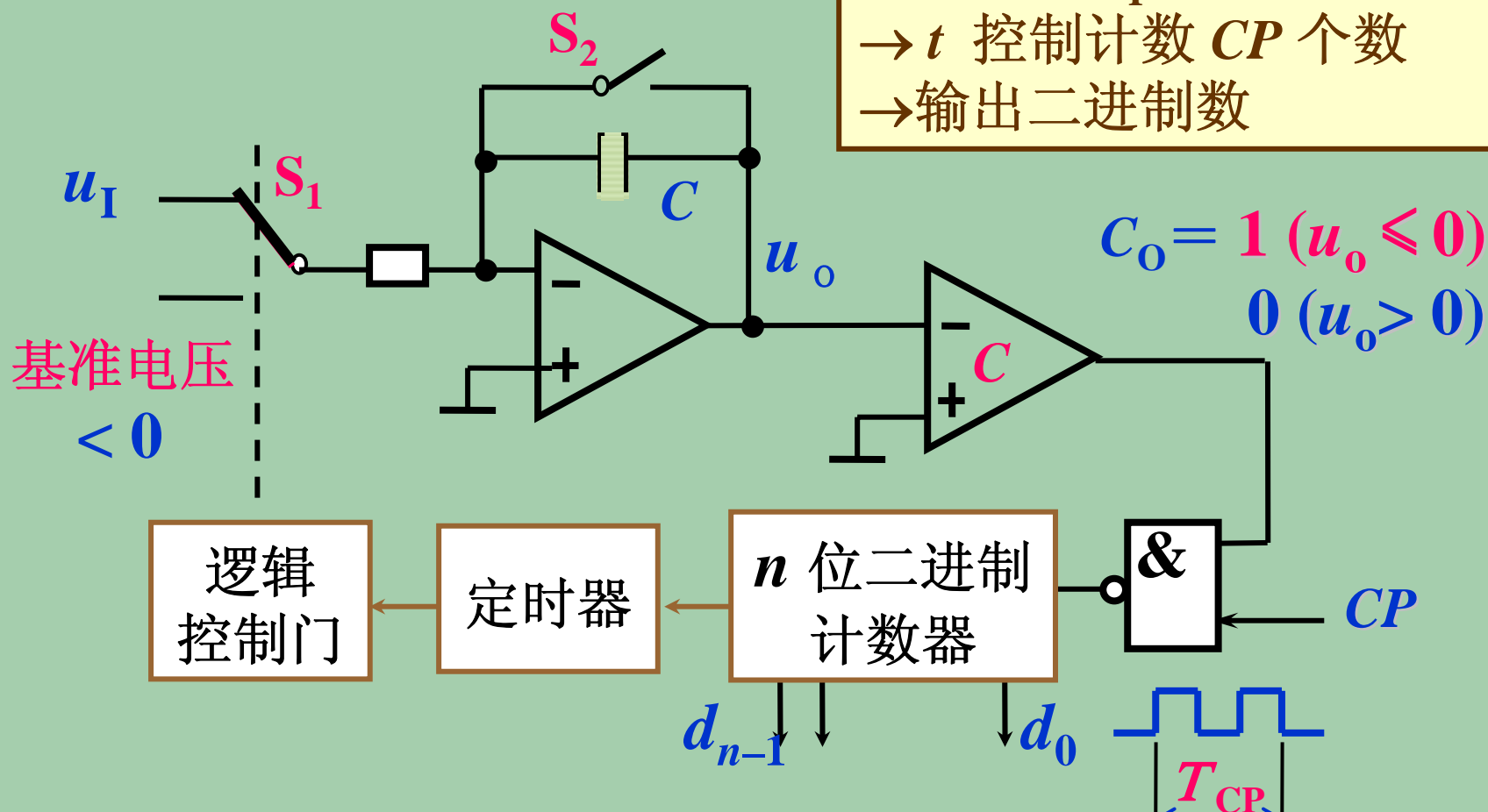


R	S	Q^{n+1}	功能
0	0	Q^n	保持
0	1	1	置1
1	0	0	置0
1	1	不用	不许

CP	$Q_1 Q_2 Q_3 Q_4 Q_5$	$Q_A Q_B Q_C$	u_I/V	u_O/V	u'_O/V	u_C	$d_2 d_1 d_0$
×	0 0 0 0 1	0 0 0	5.9	0	-0.5	0	0 0 0
1	1 0 0 0 0	1 0 0		4	3.5	0	0 0 0
2	0 1 0 0 0	1 1 0		6	5.5	0	0 0 0
3	0 0 1 0 0	1 1 1		7	6.5	1	0 0 0
4	0 0 0 1 0	1 1 0		6	5.5	0	0 0 0
5	0 0 0 0 1	1 1 0		6	5.5	0	1 1 0

一、电路组成和工作原理

模拟输入 $u_I \rightarrow t$
 $\rightarrow t$ 控制计数 CP 个数
 \rightarrow 输出二进制数

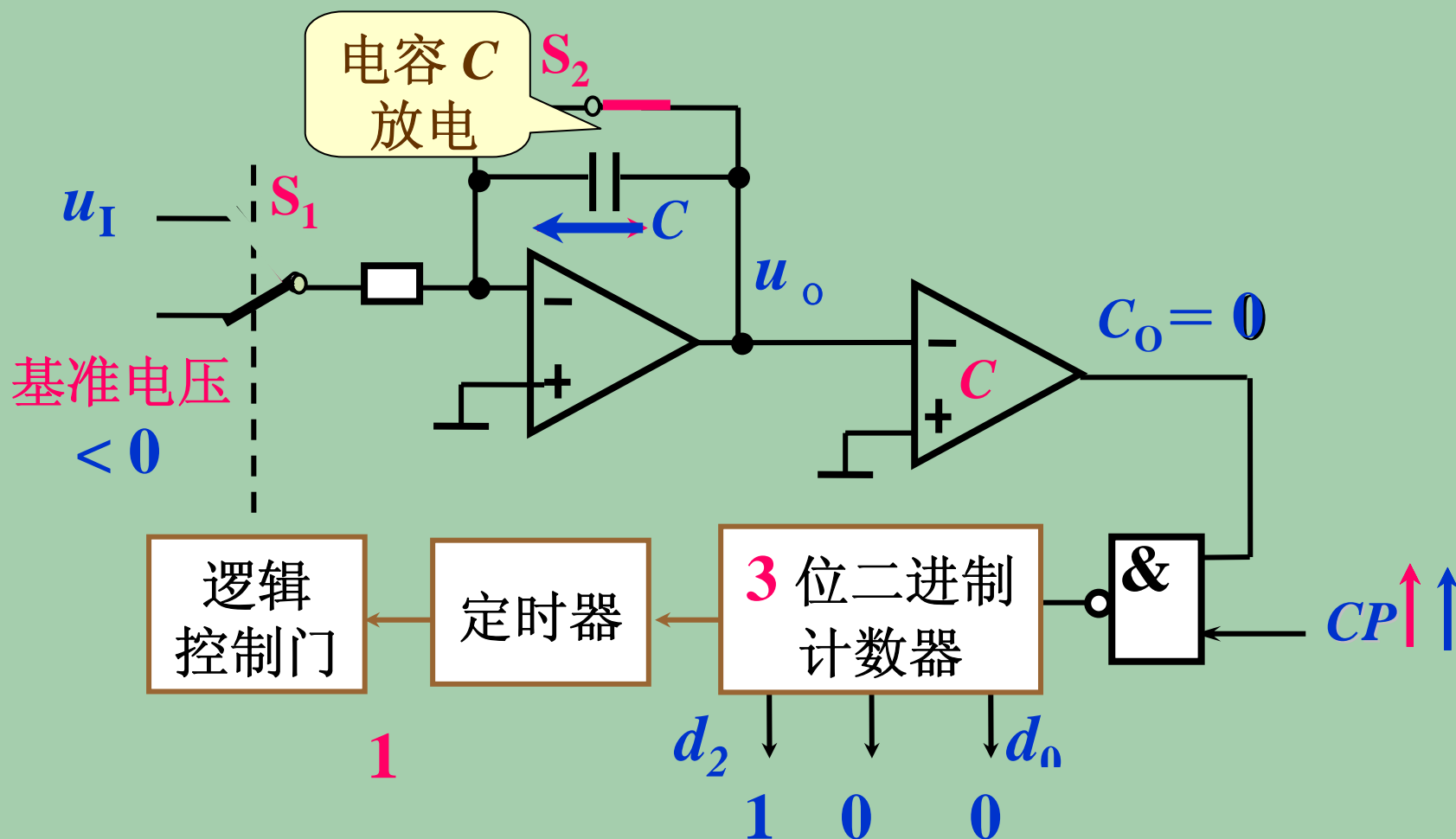


正向积分：对被测信号 u_T 进行定时积分，完成一次 2^n 进制计数。

反向积分：对基准电压积分至 $u_o = 0$ ，计数结果与 u_i 成正比。



以3位二进制计数器为例说明双积分过程。

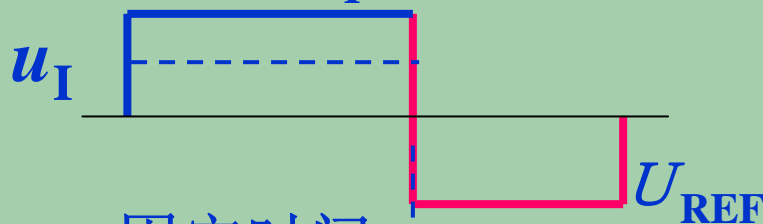




二、定量分析

积分器输入

U_I



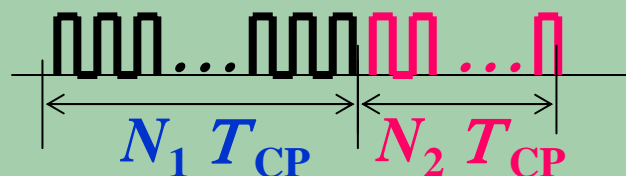
固定时间

t_1

t_2

积分器输出

$u_o(t)$



$N_1 T_{CP}$

$N_2 T_{CP}$

$$u_o(t_1) = -\frac{1}{RC} \int_0^{t_1} u_I dt = -\frac{U_I}{RC} t_1$$

$$t_1 = N_1 T_{CP} = 2^n T_{CP}$$

$$u_o(t_2) = u_o(t_1) - \frac{U_{REF}}{RC} t_2 = 0$$

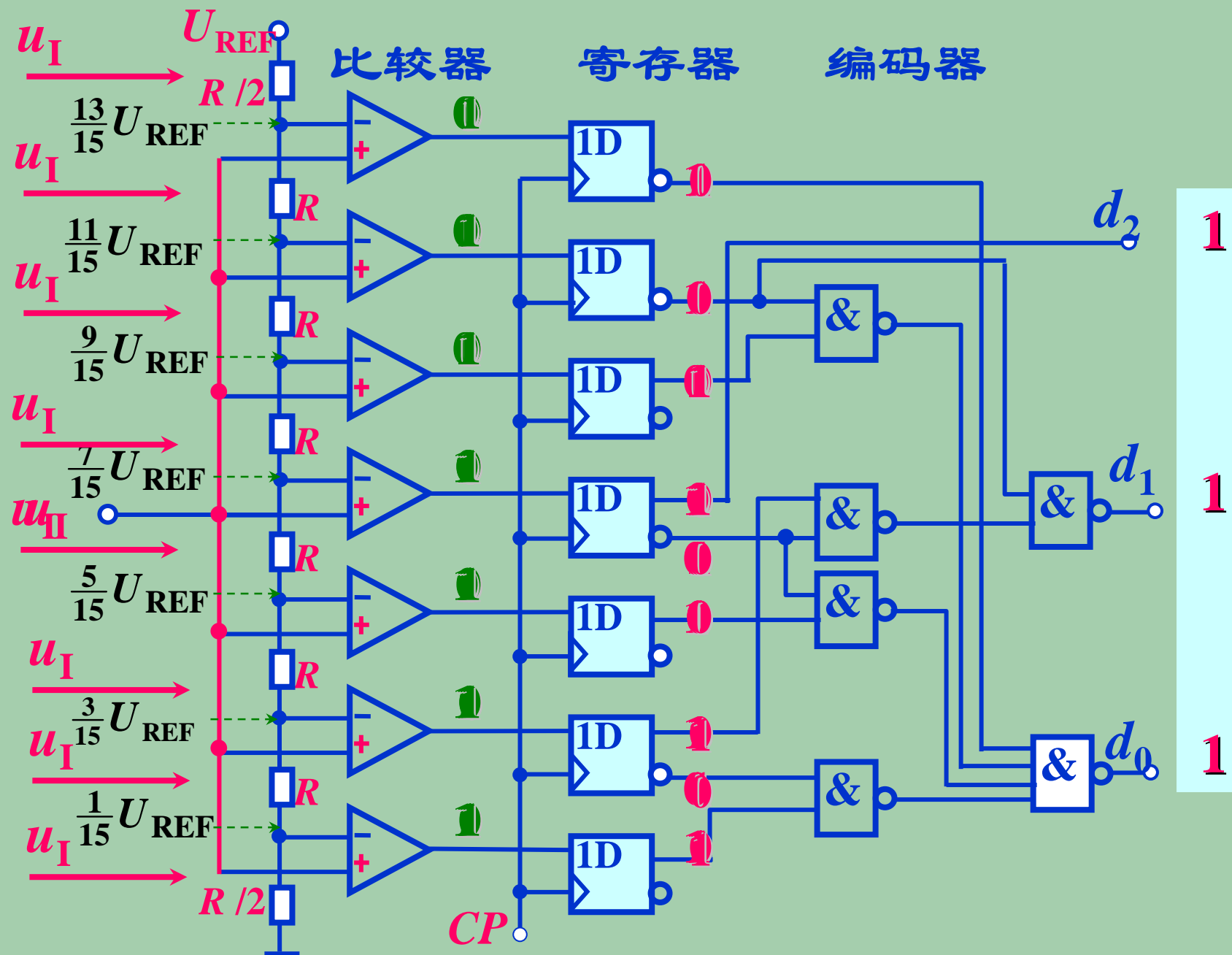
$$t_2 = N_2 T_{CP} = D T_{CP}$$

$$\therefore t_2 = \frac{U_I}{U_{REF}} t_1$$

$$\therefore D = \frac{U_I}{U_{REF}} 2^n = \frac{U_I}{U_{REF} / 2^n} = U_I / \Delta$$

单位
电压

7.2.5 并联比较型A/D转换器





7.2.6 A/D 转换器的转换精度和转换速度

一、转换精度

分辨率

1. 用二进制或十进制位数表示(设计参数)
2. **LSB**变化一个数码时，对应输入模拟量的变化量(测量参数)

如最大输出电压为 **5 V** 的 **8 位** A/D 的分辨率为：

$$5\text{V} / 2^8 = 19.6 \text{ mV}$$

转换误差：表示实际输出与理想输出数字量的差别
以相对误差的形式 (**LSB**的倍数) 给出。

如：相对误差不大于 **(1/2) LSB**

二、转换速度

并联比较型 > 逐次比较型 > 双积分型



7.2.7 几种A/D转换器的性能比较

一、A/D类型:

直接 A/D	并联比较型
	反馈比较型: <u>逐次比较型</u> , 计数型。
间接 A/D	电压-时间变换型 ($V-T$): <u>双积分型</u>
	电压-频率变换型 ($V-F$)

二、性能比较:

优点

缺点

并联比较型	转换速度高	转换精度差
逐次比较型	分辨率高、误差低	
	转换速度较快	
双积分型	性能稳定	转换速度低
	转换精度高	
	抗干扰能力强	