

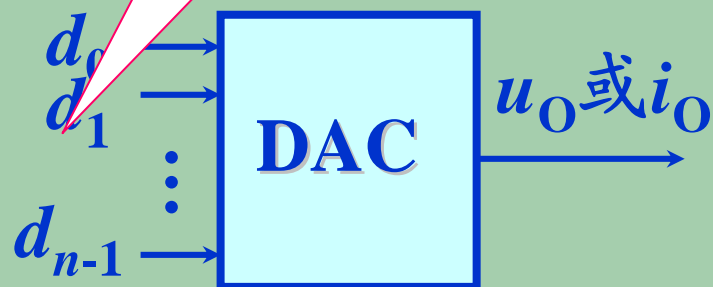


7.1 D / A转换器 (1)

n 位
二进制

7.1.1 D / A转换的基本要求

一、输入、输出关系框图



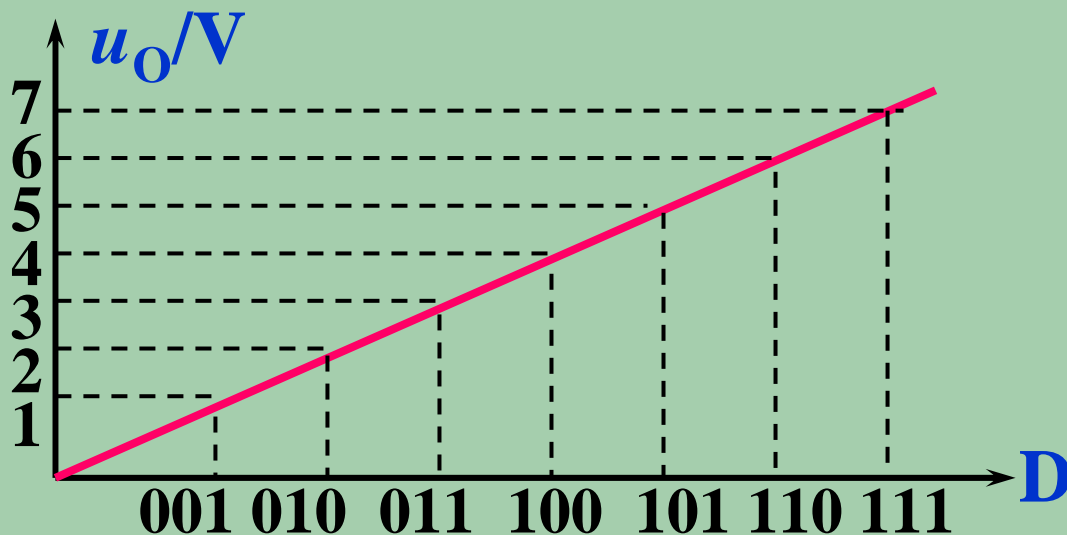
1. D/A转换思路

如 $(1101)_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^0 = 8 + 4 + 1 = 13$

$$N_{10} = \sum_{i=0}^{n-1} d_i \times 2^i$$

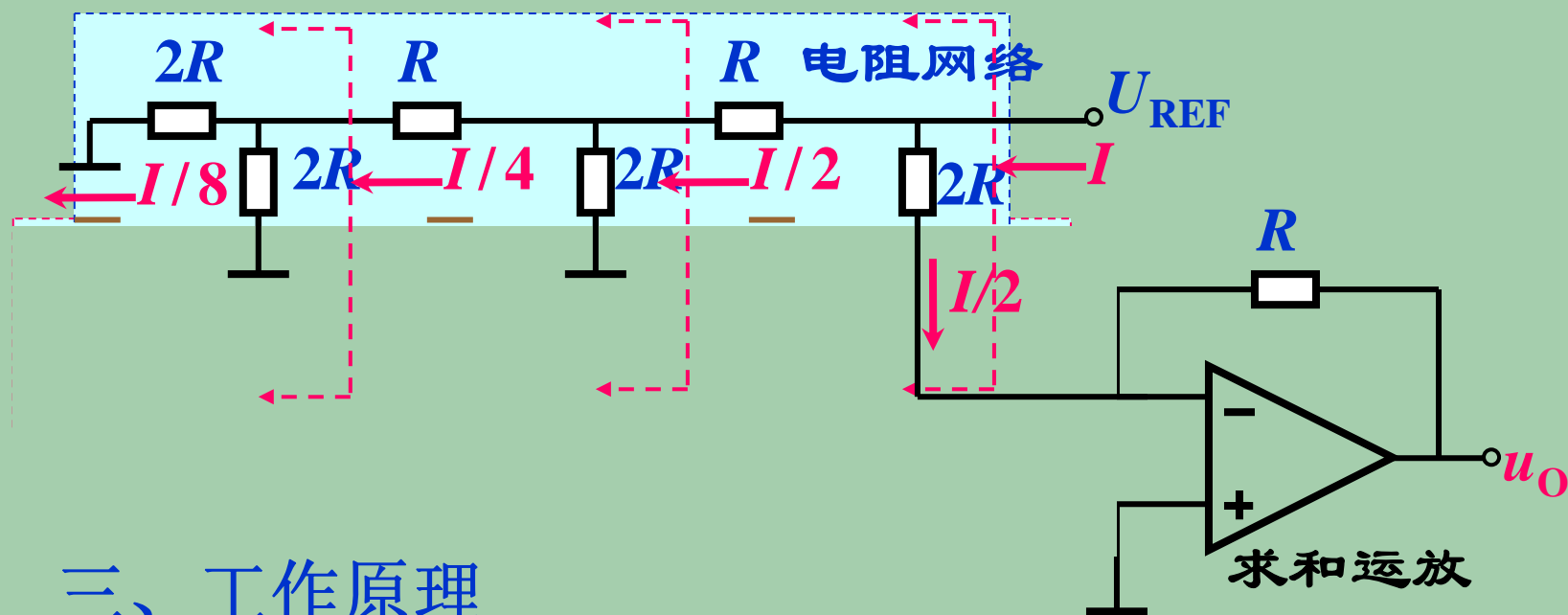
可利用运算放大器实现运算

2. 转换特性





二、D/A 转换的电路组成



三、工作原理

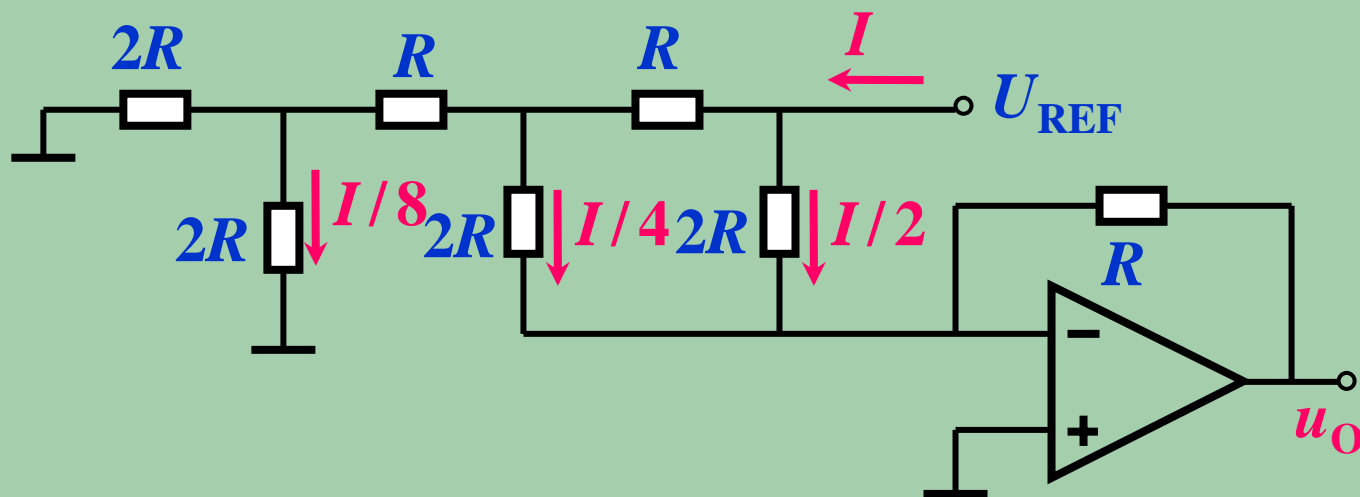
当 $d_2 d_1 d_0 = 100$,

$$I = U_{\text{REF}} / R$$

$$u_O = -\frac{I}{2} R = -\frac{U_{\text{REF}} R}{2R} = -\frac{U_{\text{REF}}}{2^3} \times 1 \times 2^2$$



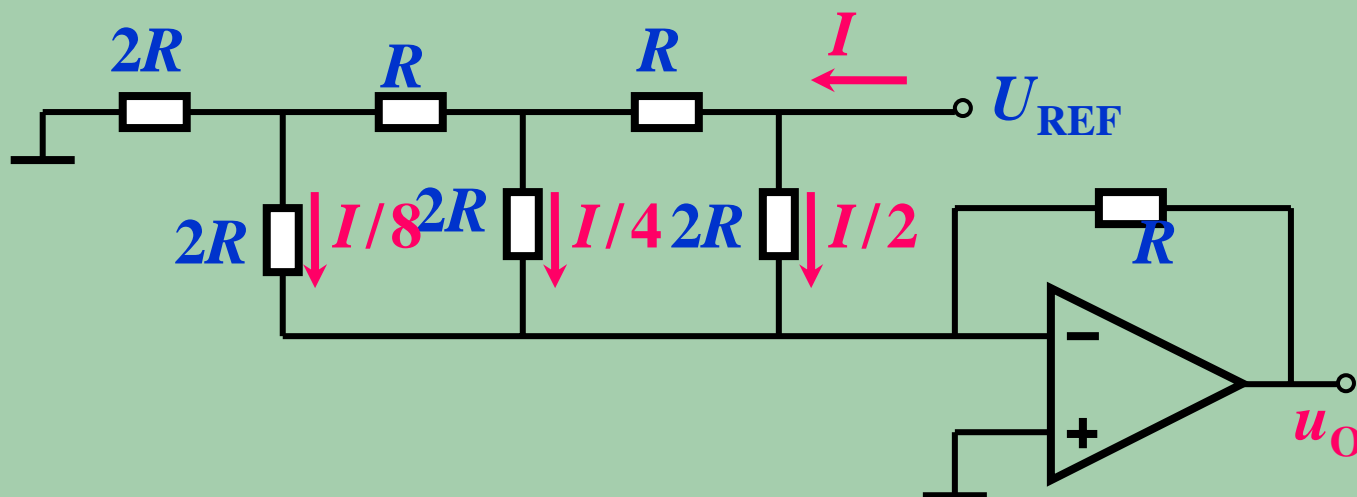
当 $d_2d_1d_0 = 110$,



$$\begin{aligned} u_O &= -\left(\frac{I}{2} + \frac{I}{4}\right)R = -\left(\frac{U_{\text{REF}}}{2R} + \frac{U_{\text{REF}}}{4R}\right)R \\ &= -\frac{U_{\text{REF}}}{2^3} (1 \times 2^2 + 1 \times 2^1) \end{aligned}$$



当 $d_2 d_1 d_0 = 111$,



$$\begin{aligned}
 u_O &= -\left(\frac{I}{2} + \frac{I}{4} + \frac{I}{8}\right)R = -\left(\frac{U_{\text{REF}}}{2R} + \frac{U_{\text{REF}}}{4R} + \frac{U_{\text{REF}}}{8R}\right)R \\
 &= -\frac{U_{\text{REF}}}{2^3} (1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0)
 \end{aligned}$$

表达的一般形式

$$u_O = -\frac{U_{\text{REF}}}{2^3} (d_2 \times 2^2 + d_1 \times 2^1 + d_0 \times 2^0)$$



四、输入为 n 位二进制数时的表达式

当 $D = d_{n-1} d_{n-2} \dots d_1 d_0$

$$u_O = -\frac{U_{\text{REF}}}{2^n} (d_{n-1} \times 2^{n-1} + \dots + d_1 \times 2^1 + d_0 \times 2^0)$$

$$u_O = -\frac{U_{\text{REF}}}{2^n} D = K_u \cdot D$$

K_u — 转换比例系数

$$K_u = -\frac{U_{\text{REF}}}{2^n}$$



7.1.2 DAC 的转换精度、速度和主要参数

一、转换精度

1. 分辨率 (Resolution)

$$\text{分辨率} = \frac{U_{\text{LSB}}}{U_{\text{FSR}}} = \frac{1}{2^n - 1}$$

指 D/A 转换器模拟输出产生的最小电压变化量与满刻度输出电压之比，也可用输入的位数表示。

LSB — **L**east **S**ignificant **B**it

FSR — **F**ull **S**cale **R**ange

2. 转换误差

为实际输出与理想输出模拟电压间的最大误差。

可用占输出电压满刻度值的百分数表示或可用最低有效位 (**LSB**) 的倍数表示。

如: $\frac{1}{2}$ (**LSB**) = 输入为 0...01 时输出模拟电压的一半。



二、转换速度

1. 建立时间 t_s

t_s 为在大信号工作下（输入由全 0 变为全 1，或由全 1 变为全 0），输出电压达到某一规定值所需时间。不包含 U_{REF} 和运放的单片 DAC 最短 $t_s < 0.1 \mu s$ ；包含 U_{REF} 和运放的单片 DAC 最短 $t_s < 1.5 \mu s$ 。

2. 转换速率 S_R

用大信号工作状态下模拟电压的变化率表示

完成一次转换所需时间 $T_{TR} = t_s + t_r$ (t_f) 上升时间
下降时间

$$T_{TR(max)} = t_s + U_{O(max)} / S_R$$



三、主要参数

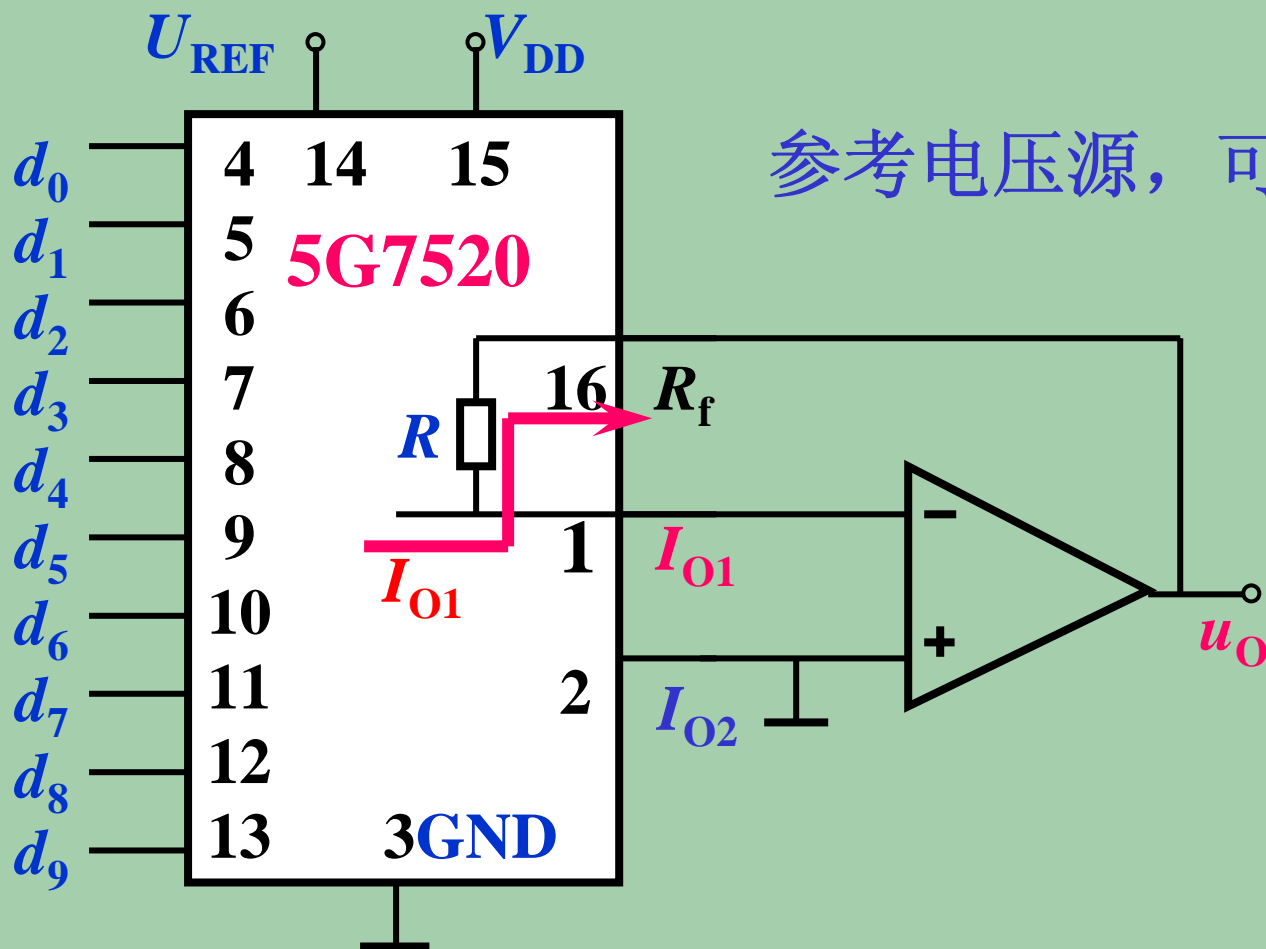
D/A 转换器 5G7520 的主要参数

参数名称		单 位	参数值
分辨率		位	10
非线性度		全量程的 %	$\leq 0.05 \%$
转换时间		ns	≤ 500
U_{REF}		V	$-25 \sim +25$
电源电压		V	$5 \sim 15$
功 耗		mW	20
温度 系数	电源	$FSR \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	50
	增益	$FSR \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	10
	非线性	$FSR \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	2



四、集成DAC芯片举例

1. 5G7520 的电路结构



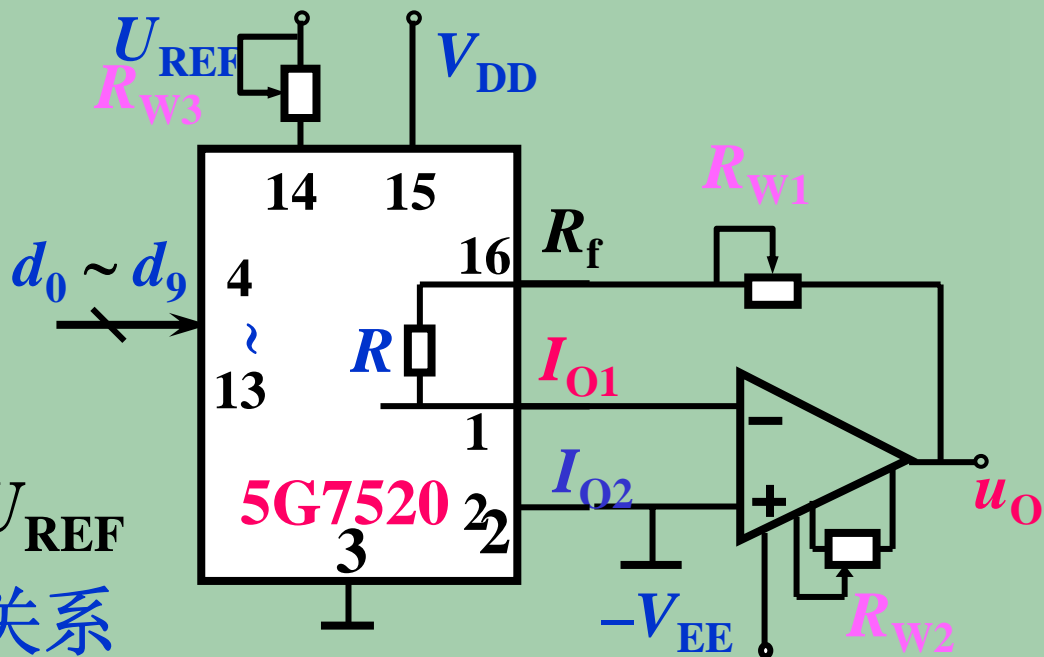


单极性输出

$$U_{\text{REF}} > 0, \quad u_{\text{O}} < 0$$

输入从 0000000000 ~ 1111111111 变化时,
 u_O 从 0 ~ (1023/1024) U_{REF}

输出与输入的关系



数码输入	模拟输出
$d_9 d_8 d_7 d_6 d_5 d_4 d_3 d_2 d_1 d_0$	u_O
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	$- (1023 / 1024) U_{REF}$
1 1 1 1 1 1 1 1 1 0	$- (1022 / 1024) U_{REF}$
...	...
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1	$- (1 / 1024) U_{REF}$
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0



3. 分辨率

单极性输出: 分辨率 = $\frac{1}{2^n - 1}$

5G7520 为 10 位 D/A 转换器,

$$\text{分辨率} = \frac{1}{2^{10} - 1} = \frac{1}{1023} \approx 0.000978$$

当 $U_{\text{REF}} = 10 \text{ V}$ 时, 最小输出电压 $u_{\text{O}} = 9.76 \text{ mV}$

双极性输出: 分辨率 = $\frac{1}{2^{n-1} - 1}$

对于 5G7520 分辨率 = $\frac{1}{2^9 - 1} = \frac{1}{511} \approx 0.00196$

当 $U_{\text{REF}} = 10 \text{ V}$ 时, 最小输出电压 $u_{\text{O}} = 19.6 \text{ mV}$