

数字电路与逻辑设计B

第二十一讲

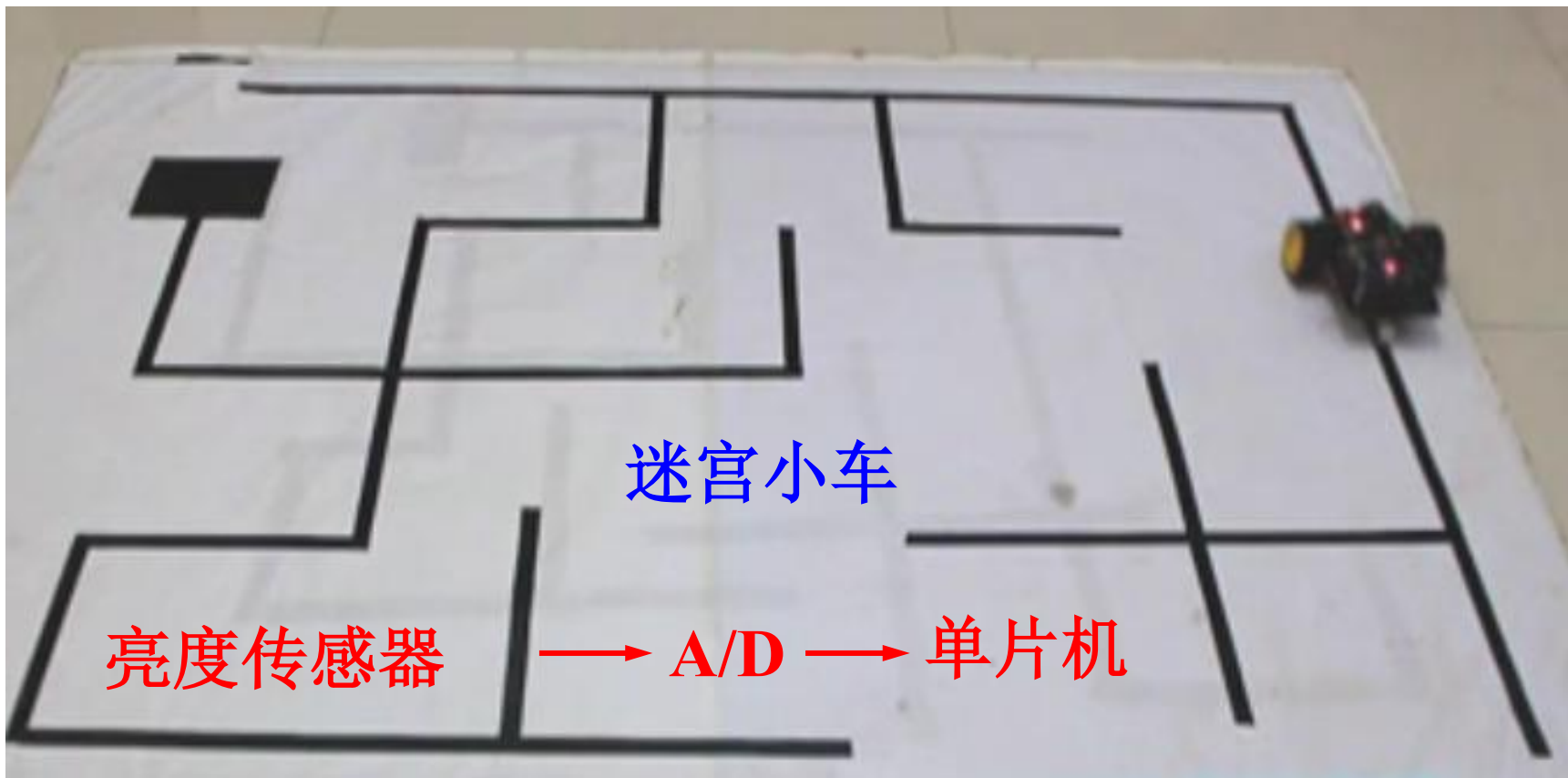
南京邮电大学

电子与光学工程学院

臧裕斌

第八章 A/D和D/A变换

一、概念及其应用



二、主要参数

1. **精度**：用分辨率、转换误差表示

分辨率：表示理论上可以达到的精度；

转换误差：表示实际达到的精度；

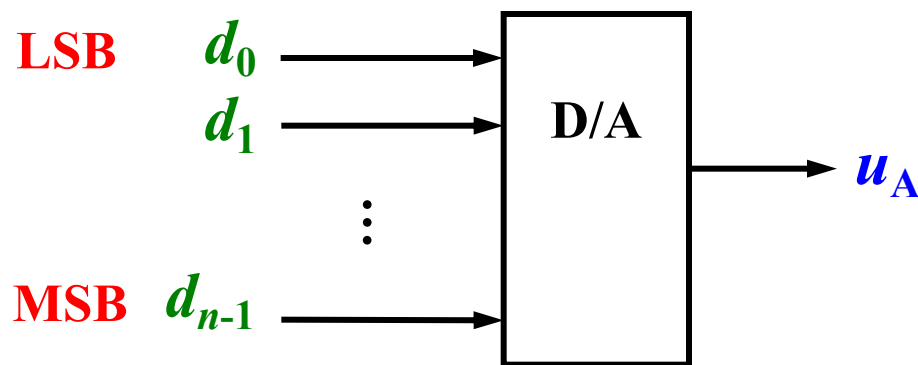
2. **速度**：用转换时间、转换速率表示

第一节 DAC

一、DAC的基本原理

D/A转换是将输入的**二进制数字量转换成模拟量**，以电压或电流的形式输出。

$$\underline{u_A = KDU_{\text{REF}} = KU_{\text{REF}} \sum_{i=0}^{n-1} D_i 2^i}$$



基本思想： 每一位数码按其“**权**”转换成相应的模拟量，然后再将代表各位的模拟量相加即可得到与该数字量成正比的模拟量。

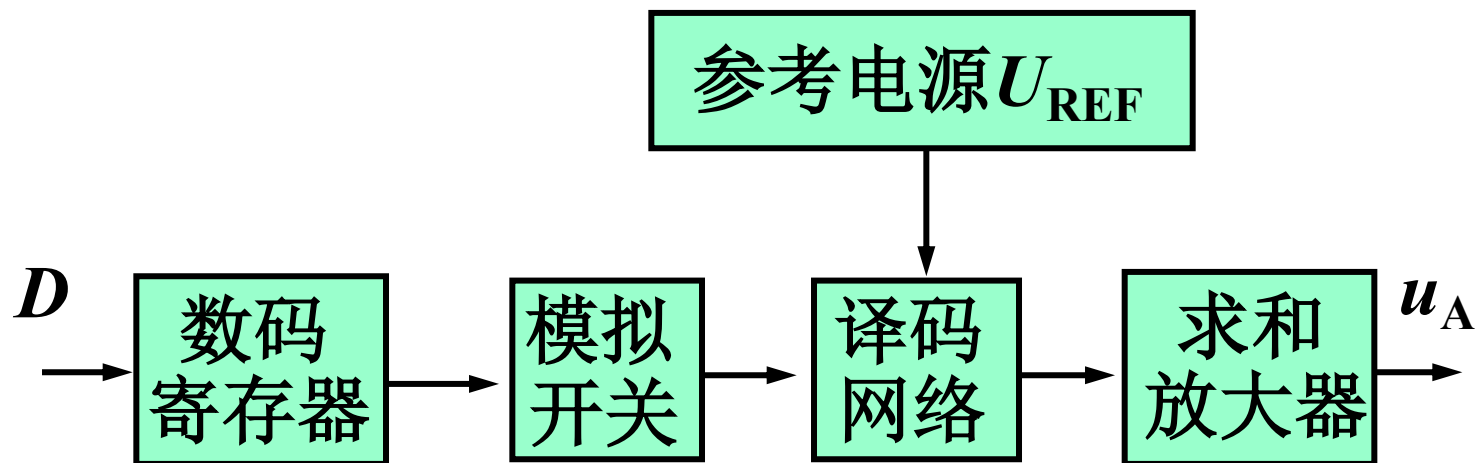
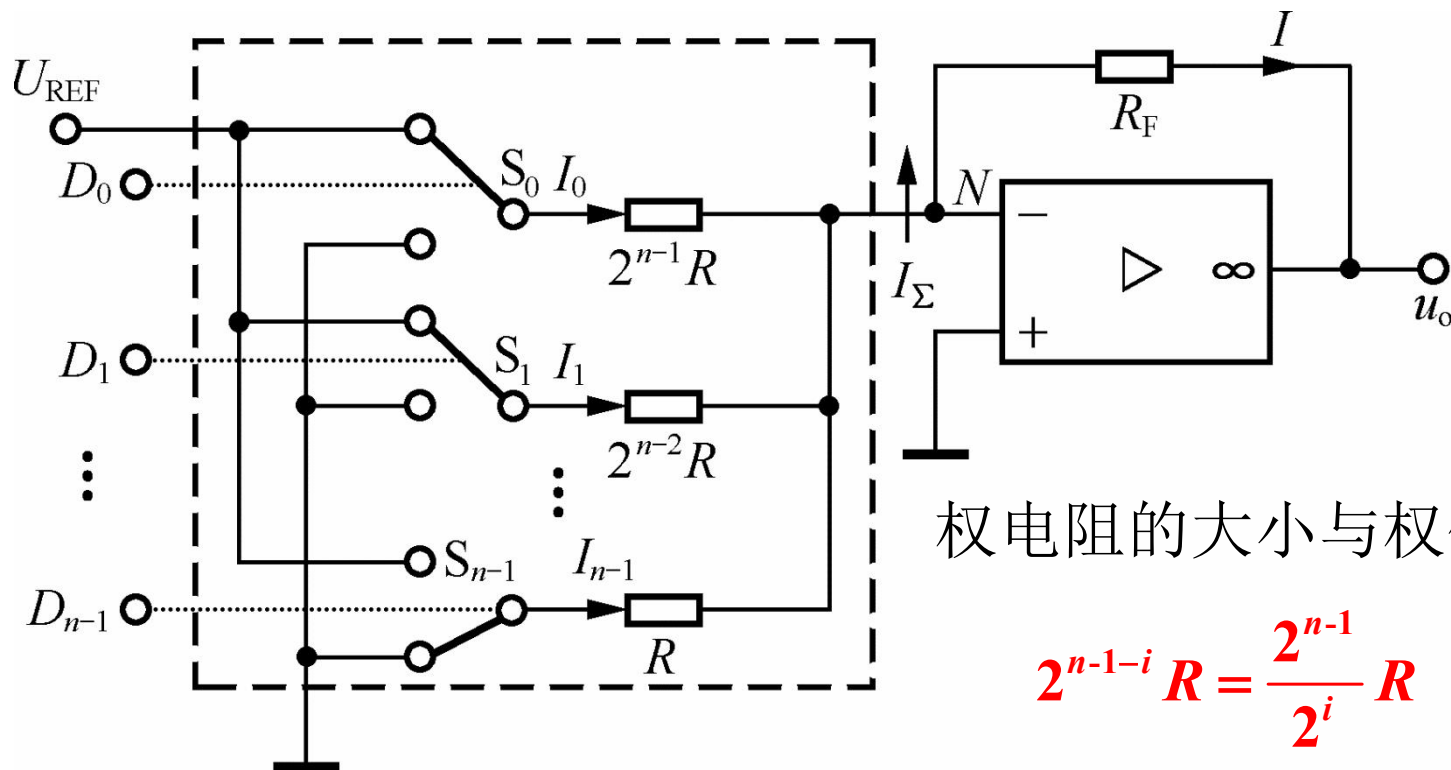


图8.1.1 DAC方框图

二、权电阻网络DAC



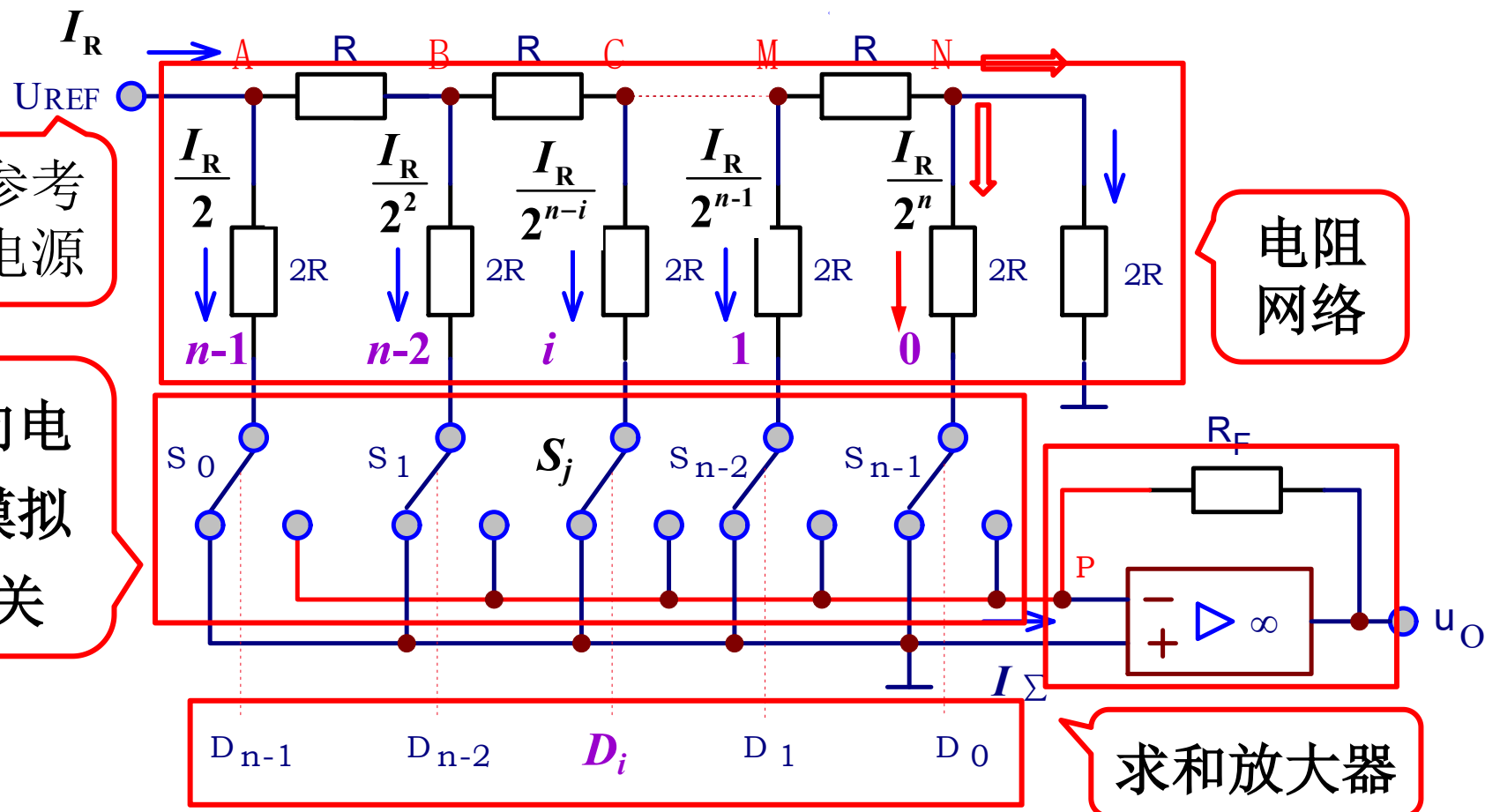
权电阻的大小与权值成反比

$$2^{n-1-i} R = \frac{2^{n-1}}{2^i} R$$

每一位数码转换的电流与该位权值成正比 $I_i = \frac{U_{REF}}{2^{n-1} R} D_i 2^i$

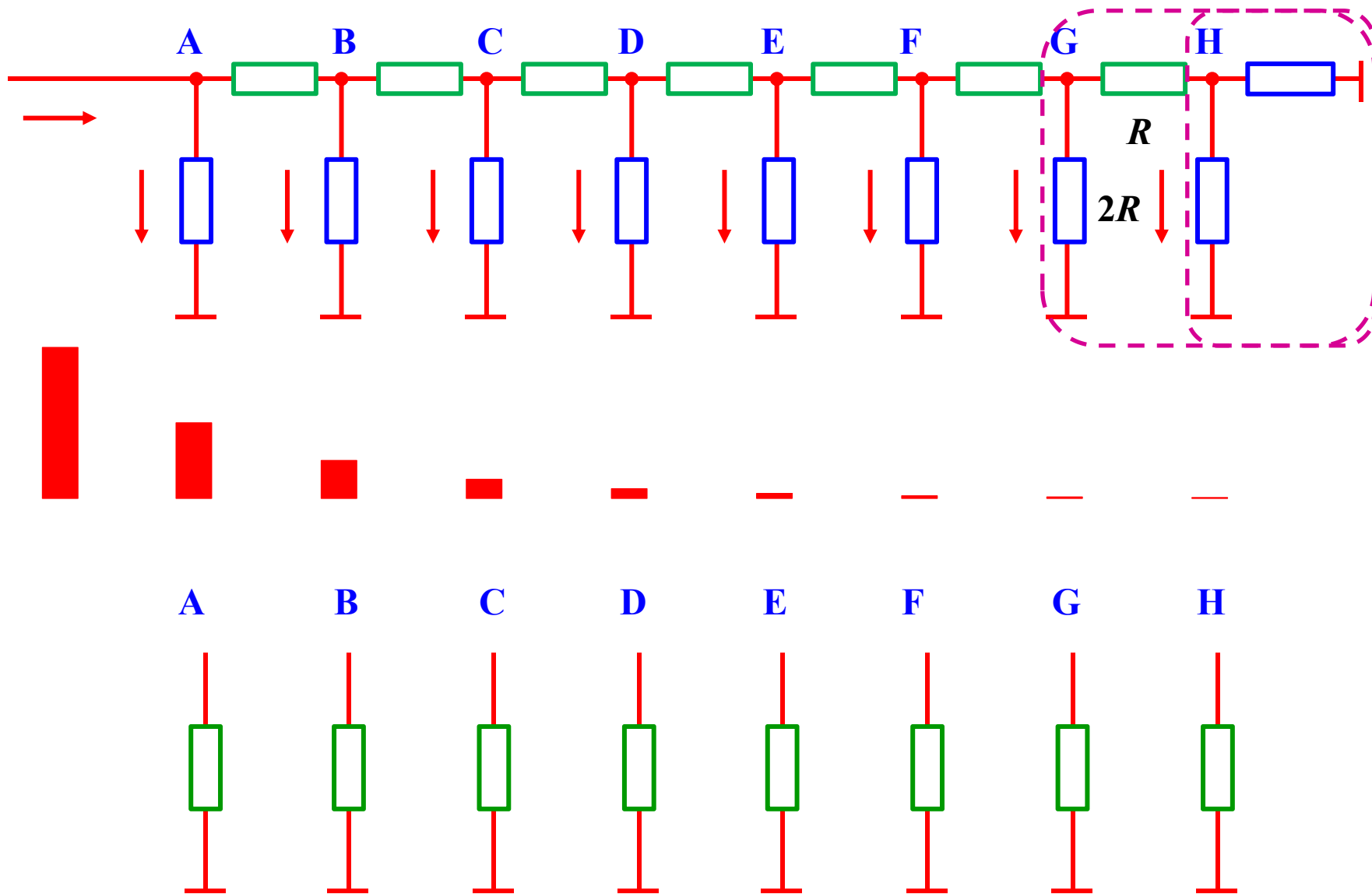
电流总和 I_Σ 与数字量成正比 $I_\Sigma = \sum_{i=0}^{n-1} I_i = \frac{U_{REF}}{2^{n-1} R} \sum_{i=0}^{n-1} D_i 2^i$

三、倒T型 R - $2R$ 电阻网络DAC



数码寄存器

$$u_O = -\frac{U_{REF}}{2^n} \frac{R_F}{R} \sum_{i=0}^{n-1} D_i 2^i = KDU_{REF}$$



$$u_O = -\frac{U_{\text{REF}}}{2^n} \frac{R_F}{R} \sum_{i=0}^{n-1} D_i 2^i = KDU_{\text{REF}}$$

通常取 $R_F=R$ ，则

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

满量程(**FSR:Full Scale Range**)电压值:

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

例1 已知4位倒T型DAC，输入数字量为1101，

$u_{\text{REF}} = -8\text{V}$ ， $R_f=R$ ，则输出模拟量 $u_O=?$

解：

$$u_O = -\frac{U_{\text{REF}}}{2^n} D = -\frac{-8}{2^4} \times (8 + 4 + 1) = 6.5\text{V}$$

四、DAC的分辨率

输入变化1LSB时，输出端产生的电压变化。

LSB: Least Significant Bit

MSB: Most Significant Bit

MSB **(1011)₂** **LSB**

1.用输出的电压（电流）值表示

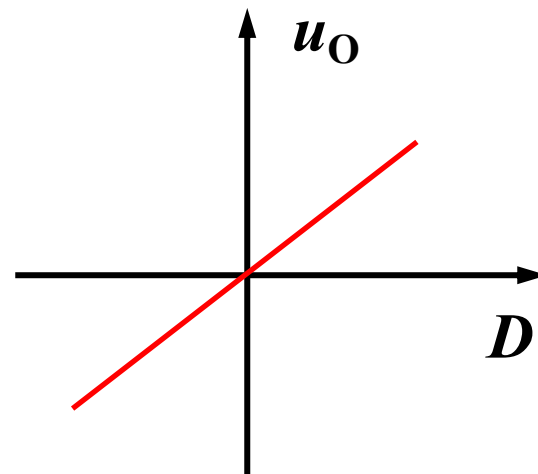
$$u_O = -\frac{U_{\text{REF}}}{2^n} D \quad U_{\text{Om}} = -\frac{2^n - 1}{2^n} U_{\text{REF}}$$

$$R' = \Delta u_O \Big|_{\Delta D=1} = -\frac{U_{\text{REF}}}{2^n} = \frac{U_{\text{Om}}}{2^n - 1}$$

$$\Delta u_O = k \Delta D$$

$$\frac{\Delta u_O}{\Delta D} = k$$

$$\Delta u_O \Big|_{\Delta D=1} = k = R' \quad \text{直线的斜率}$$



2.用百分比表示

$$R' = \frac{\Delta u_{\text{O}}|_{\Delta D=1}}{U_{\text{Om}}} = \frac{1}{2^n - 1}$$

例2 已知 $U_{Om}=5V$, $n=10$, 则 $R' = \frac{U_{Om}}{2^n - 1} = \frac{5}{2^{10} - 1} \approx 5mV$

例3 倒T型网络DAC($R_f=R$)的 $U_{Om}=10V$, 试问需多少位代码, 才能使分辨率 R' 达到 $2mV$ 。

由题意知 $R' \leq 2 \times 10^{-3}$

$$\frac{10}{2^n - 1} \leq 2 \times 10^{-3}$$

$$n \geq 13$$

1.若一个10位二进制D/A转换器的满刻度输出电压为10.23V，当输入为 $(01\ 0000\ 0000)_2$ 时，输出电压为____ V。

☐ A 0.02

☐ B 1.28

☒ C 2.56

☐ D 5.12

提交

【解析】若一个10位二进制D/A转换器的满刻度输出电压为10.23V，当输入为(01 0000 0000)₂时，输出电压为____ V。

$$u_O = -\frac{U_{\text{REF}}}{2^n} D \quad u_O \propto D$$

$$\frac{10.23}{u_{O1}} = \frac{1023}{256} \quad u_{O1} = \frac{256}{1023} \times 10.23 = 2.56\text{V}$$

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。