
数 字 逻 辑

丁 贤 庆

ahhfdxq@163.com

通知

实验安排

数字逻辑电路课程有16个学时的实验，初步安排：
具体安排参见公共邮箱中的word文档。

本周开始进行实验环节，实验结束后16周周日（6月16号）晚23点前，各班学委要提交实验报告的电子版给我的邮箱ahhfdxq@163.com。不用收纸质报告了。

实验地点：综合实验楼306房间

关于实验报告

- 8次实验中，自己选择4次写到实验报告中就可以了。
 - 补充的实验不需要写到实验报告中。
-

第九章 作业布置

1、本周有实验。

第九章

脉冲波形的变换与产生

9.4 555定时器及其应用

9.4.1 555定时器

9.4.2 用555定时器组成施密特触发器

9.4.3 用555定时器组成单稳态触发器

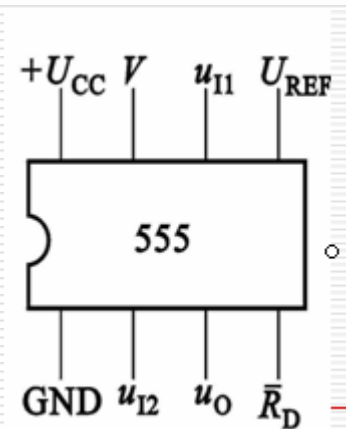
9.4.4 用555定时器组成多谐振荡器

9.4 555定时器及其应用

9.4.1 555定时器

555定时器是一种应用方便的中规模集成电路, 广泛用于信号的产生、变换、控制与检测。

555定时器, 是一种模拟和数字电路相结合的集成电路。应用**555**电路可以构成极简约的多谐振荡器、施密特触发器和单稳态触发器, 其工作电压范围宽, 输出具有一定的负载能力, 因而应用广泛。以下是其引脚图。



555定时器分为:

三个**5K**电阻分压器

C₁C₂组成的电压比较器

基本**RS**触发器 (**1**有效)

放电管**V_T**

倒相缓冲输出**门G**

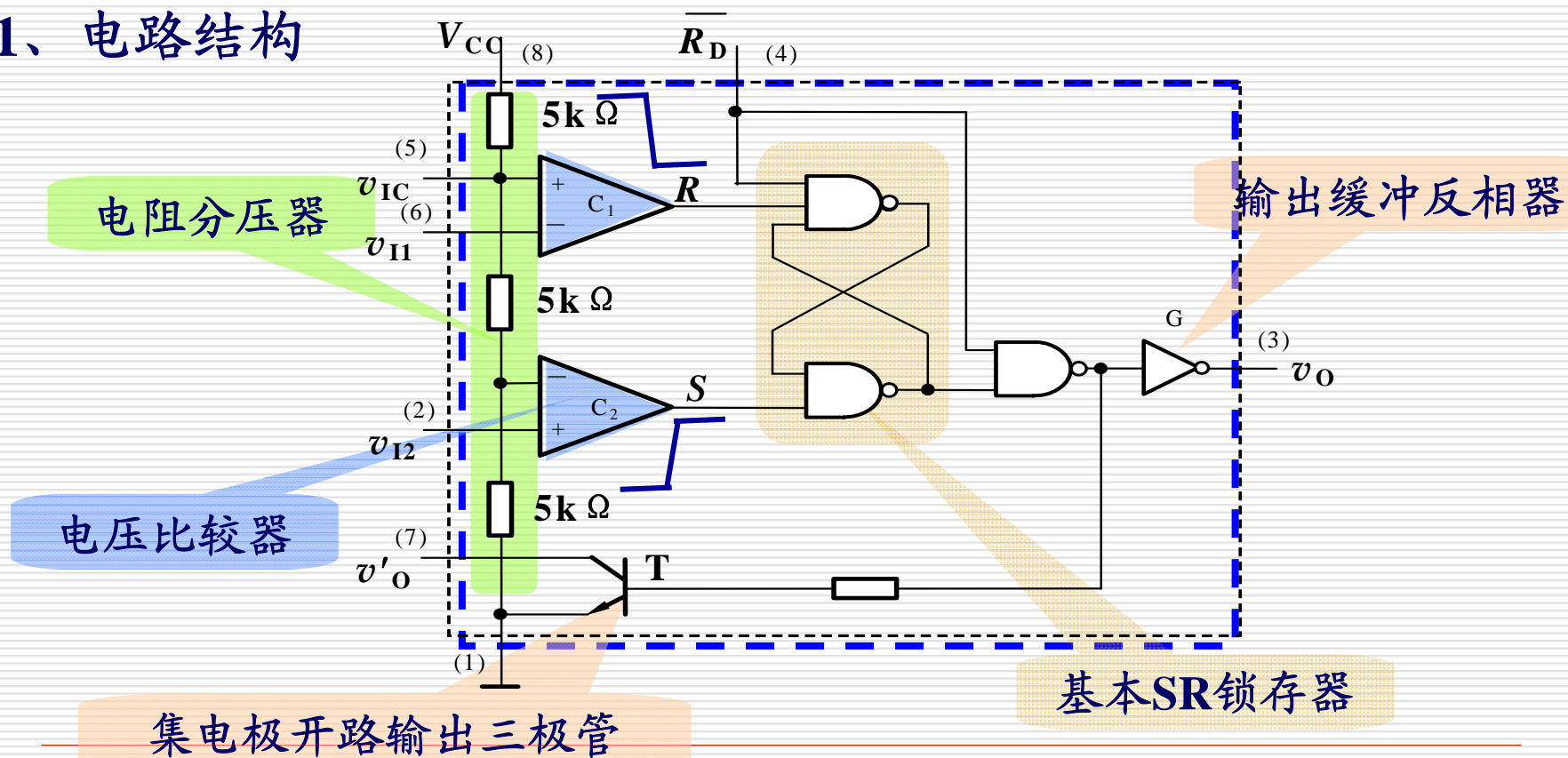
共五个部分。

9.4 555定时器及其应用

9.4.1 555定时器

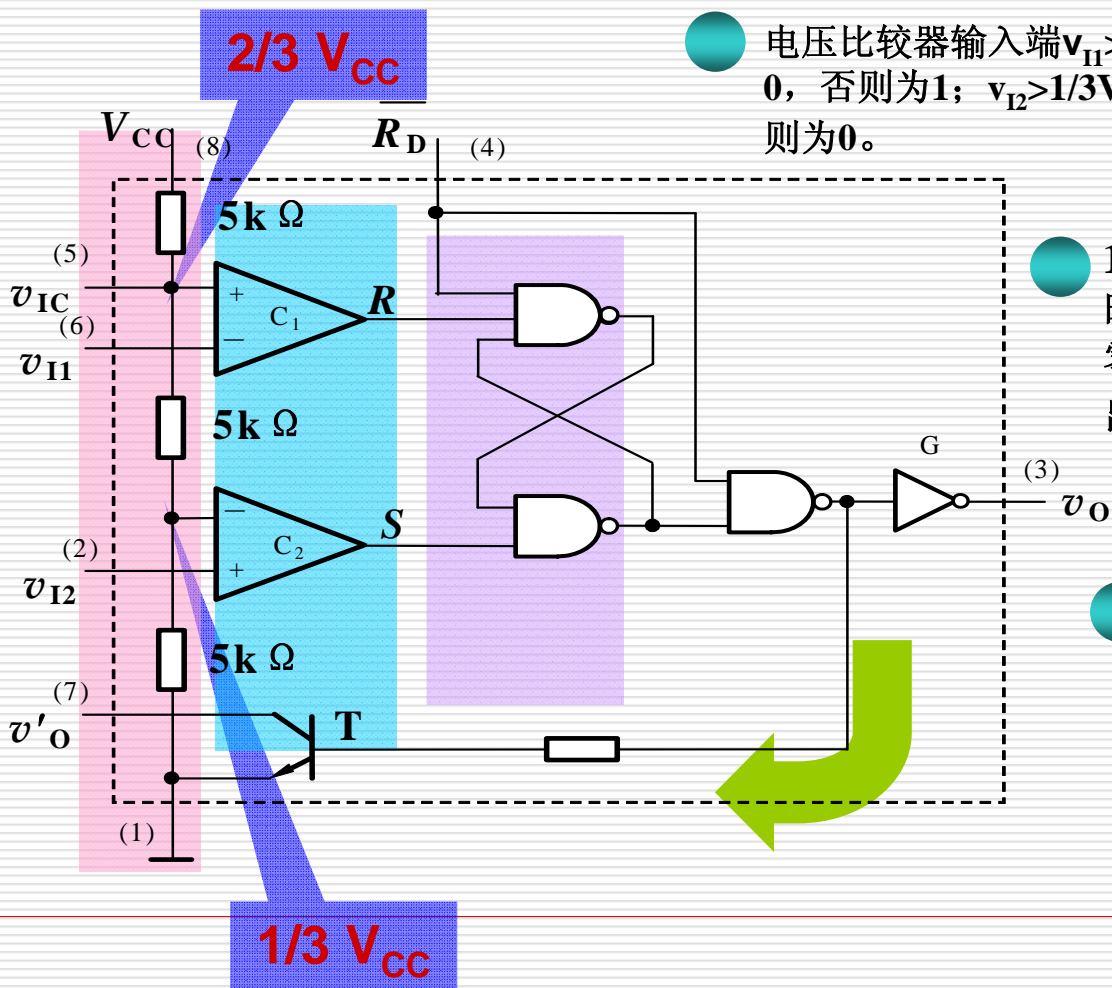
555定时器是一种应用方便的中规模集成电路,广泛用于信号的产生、变换、控制与检测。

1、电路结构



9.3.2 工作原理

- 其5脚无效时，由于集成运放的“虚断”特性， C_1 输入端以 $2/3 V_{CC}$ 为参考电压， C_2 以 $1/3 V_{CC}$ 为参考电压。

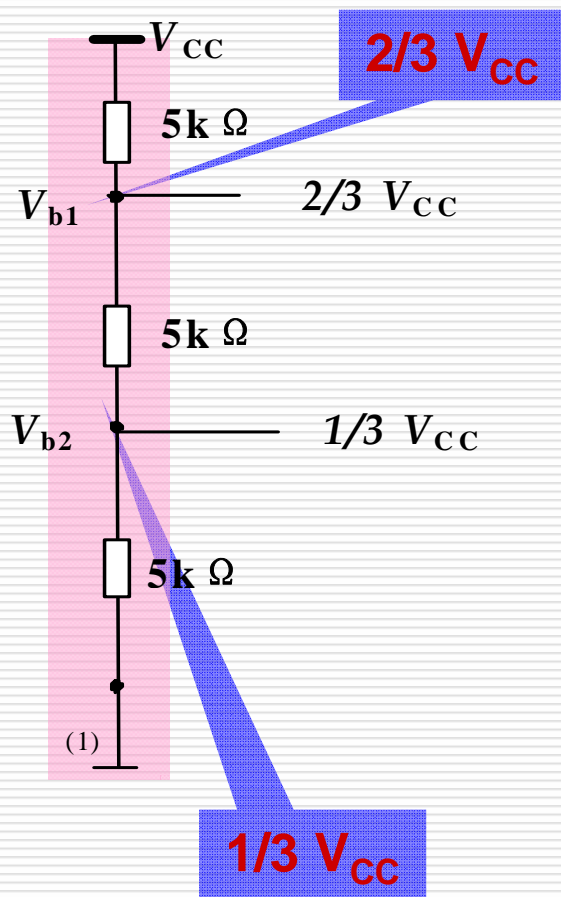


- 电压比较器输入端 $v_{I1} > 2/3V_{CC}$ 时， C_1 输出（接入R端）为0，否则为1； $v_{I2} > 1/3V_{CC}$ 时， C_2 输出（接入S端）为1，否则为0。

- 1有效的基本RS触发器，当 $R=S=0$ 时Q保持原态， $R=1$ 、 $S=0$ 时清零， $R=0$ 、 $S=1$ 时置1， $R=S=1$ 时输出状态不定。

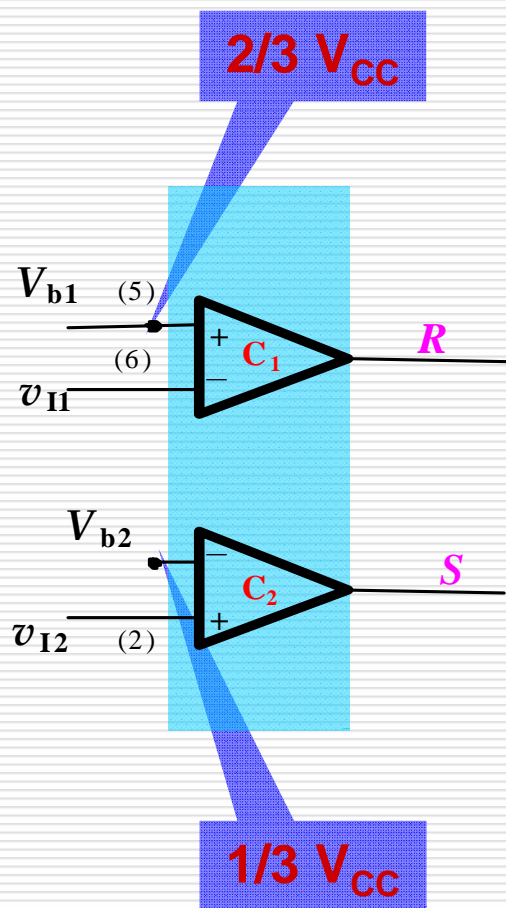
- **G**将触发器的反相输出倒相并加强输出电流。放电管 V_T 当 u_O 输出为1时截止，为0时导通放电端7脚和接地端1脚。

9.3.2 工作原理



C_1 输入端以 $2/3 V_{CC}$ 为参考电压， C_2 以 $1/3 V_{CC}$ 为参考电压。

9.3.2 工作原理

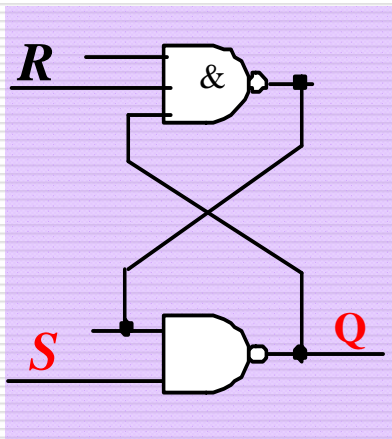


● 电压比较器根据电压比较的结果输出**1**或者输出**0**。

如果“+”端电压大于“-”端电压，输出为**1**，否则为**0**。

● 电压比较器输入端 $v_{I1} > 2/3 V_{CC}$ 时， C_1 输出（接入 R 端）为 **0**，否则为 **1**； $v_{I2} > 1/3 V_{CC}$ 时， C_2 输出（接入 S 端）为 **1**，否则为 **0**。

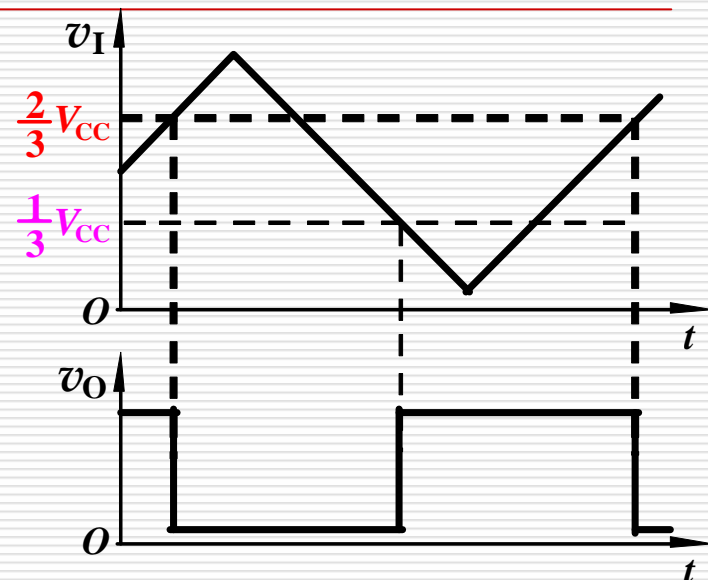
9.3.2 工作原理



- 有效的基本RS触发器，当 $R=S=1$ 时 Q 保持原态， $R=1$ 、 $S=0$ 时清零， $R=0$ 、 $S=1$ 时置1， $R=S=0$ 时输出状态不定,是禁止的。

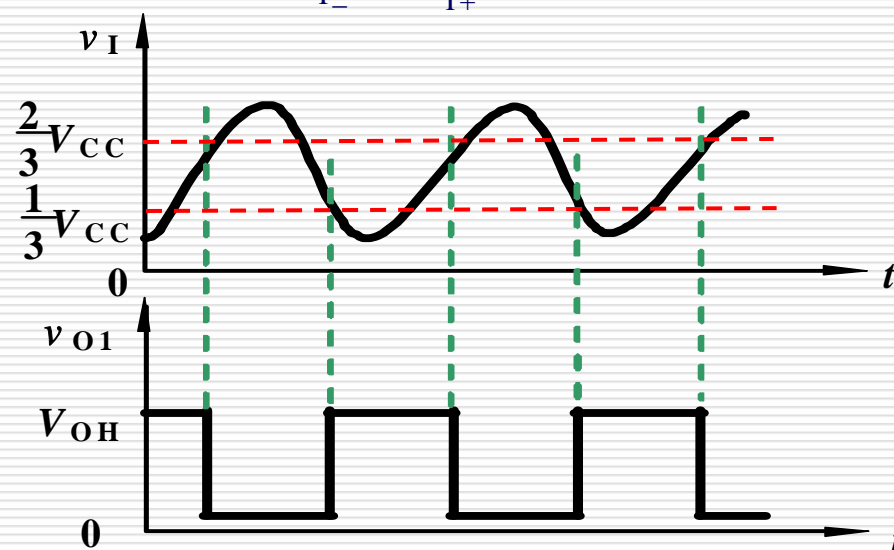
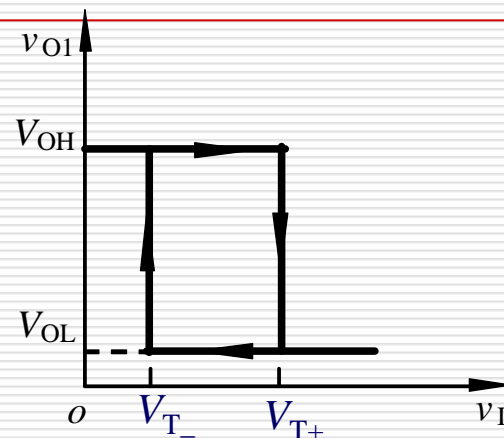
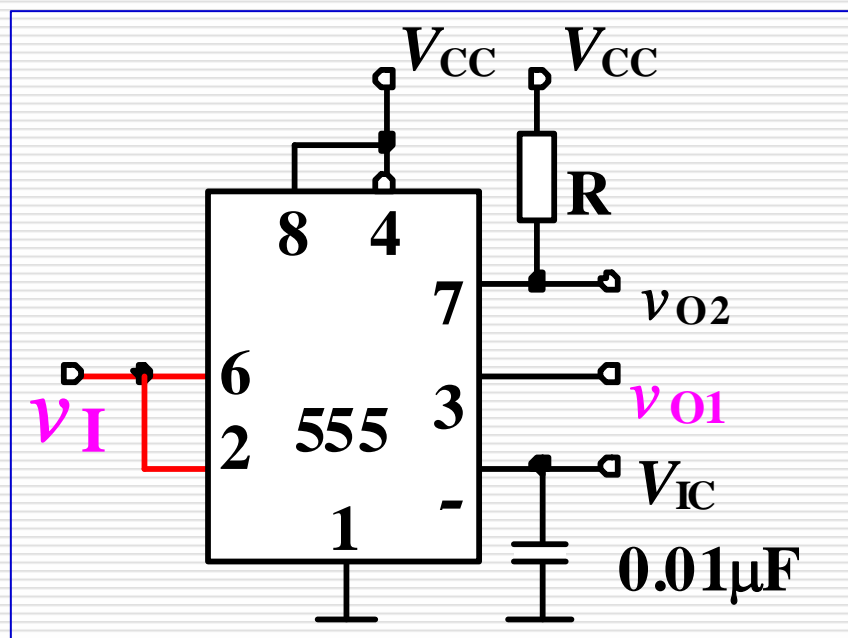
3、555定时器功能表

输 入				输 出	
阈值输入(V_{I1})	触发输入(V_{I2})	复位(\overline{R}_D)	输出(V_O)	放电管T	
\times	\times	0	0	导通	
$< \frac{2}{3}V_{CC}$	$< \frac{1}{3}V_{CC}$	1	1	截止	
$> \frac{2}{3}V_{CC}$	$> \frac{1}{3}V_{CC}$	1	0	导通	
$< \frac{2}{3}V_{CC}$	$> \frac{1}{3}V_{CC}$	1	不变	不变	



555芯片连接成施密特触发器时对应的应用

① 波形变换

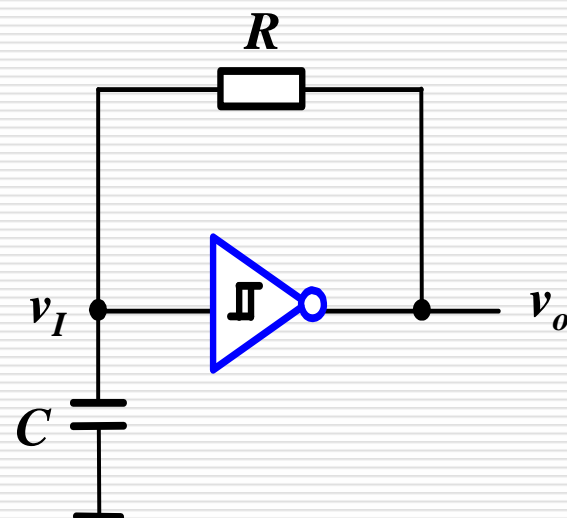
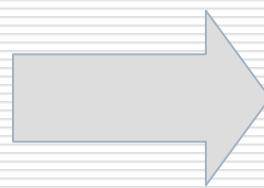
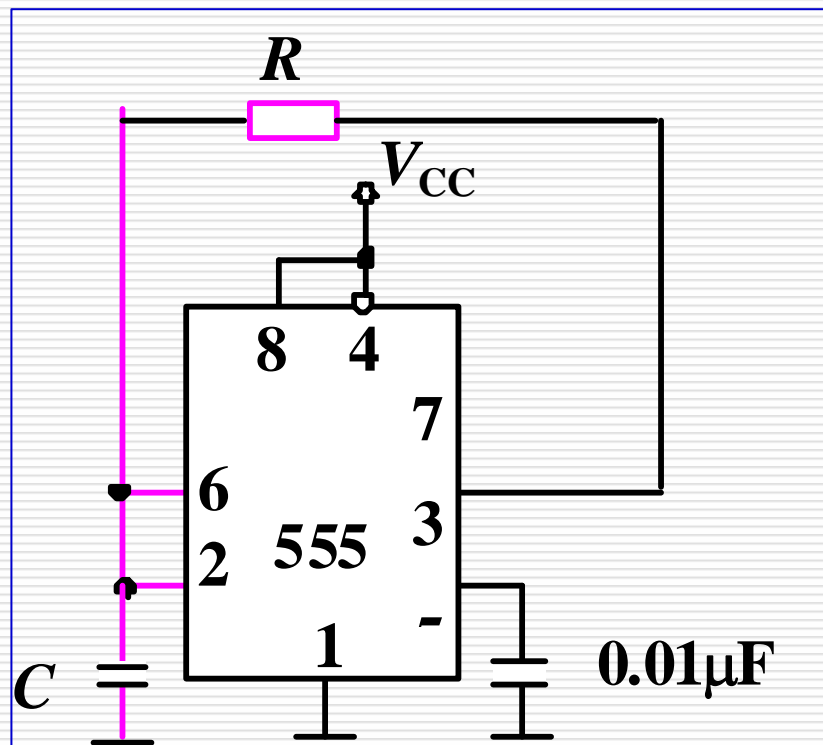


电路的频率可变? 占空比可变?

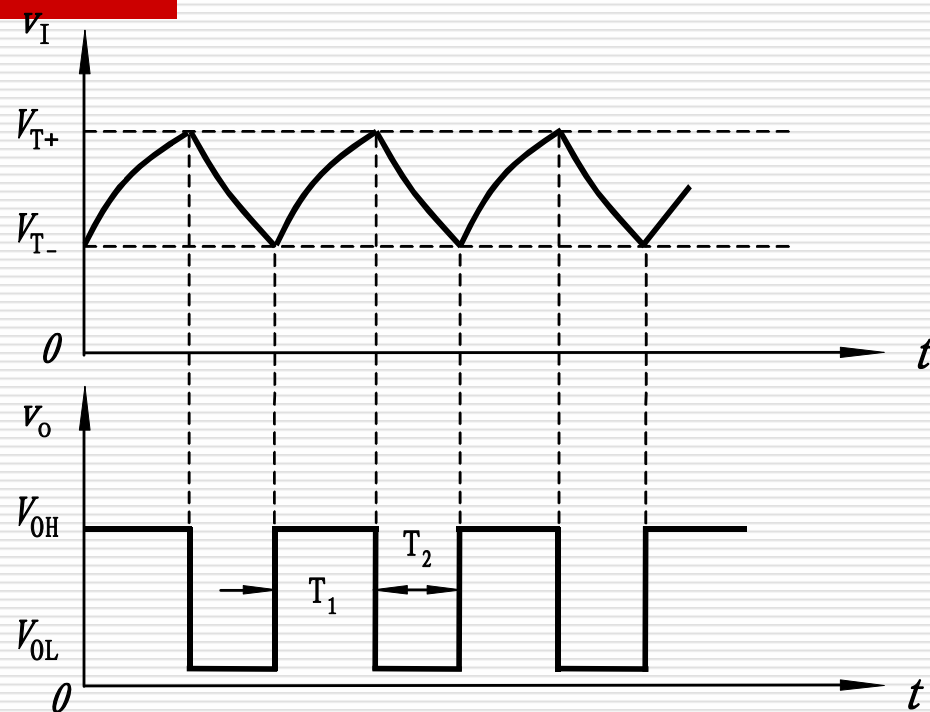
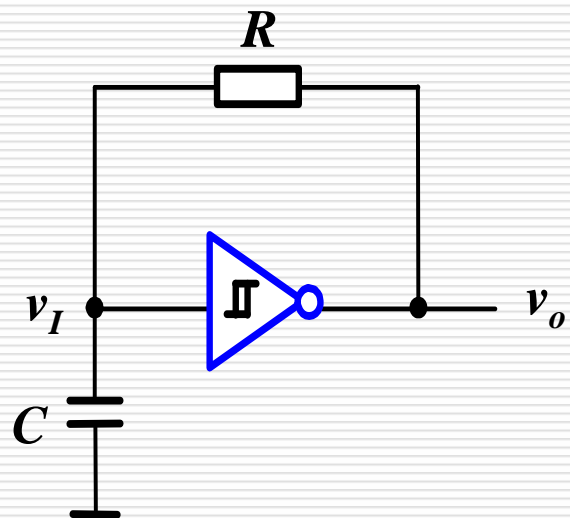
如何改变占空比? 回差电压减小, 占空比如何变化?

② 波形产生电路(多谐振荡器)

555芯片外围如图接入电阻和电容即可构成多谐振荡器。



起初由于其内部集成运放的“虚断”性质而对电容充电。当充电到 $v_{I1}=v_{I2}=2/3V_{CC}=v_C$ 时，输出 Q 应翻转为低电平，与此同时 VT 管导通，电容 C 经由 7 脚向接地的 1 脚放电。

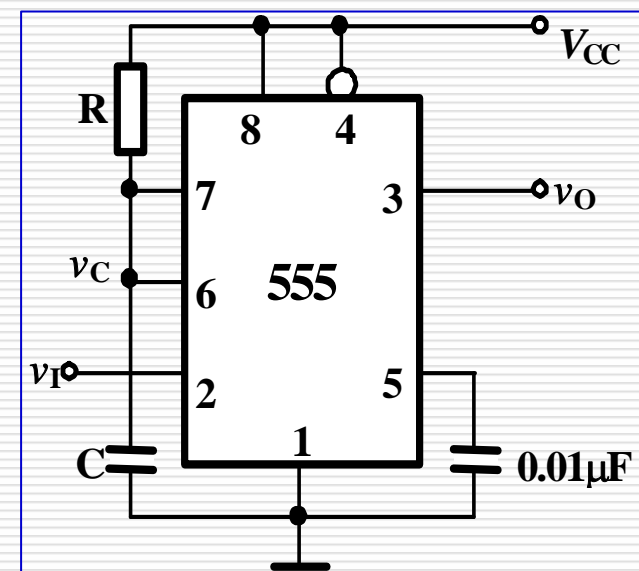
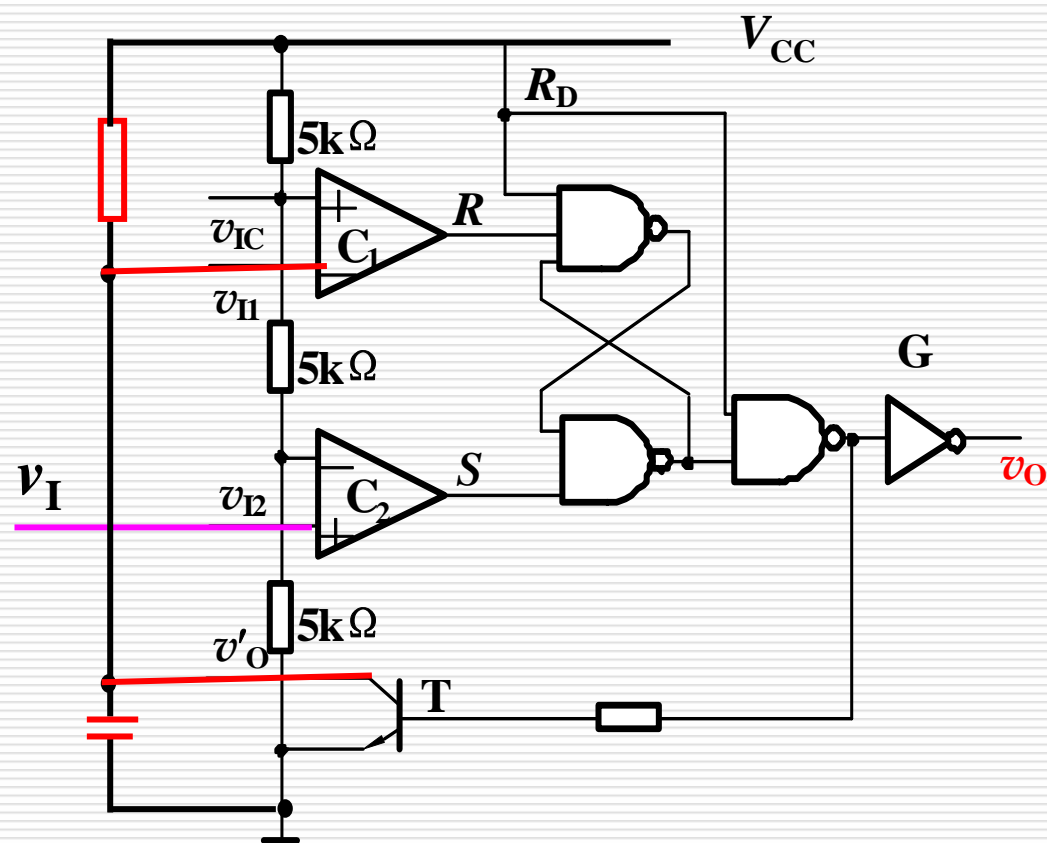


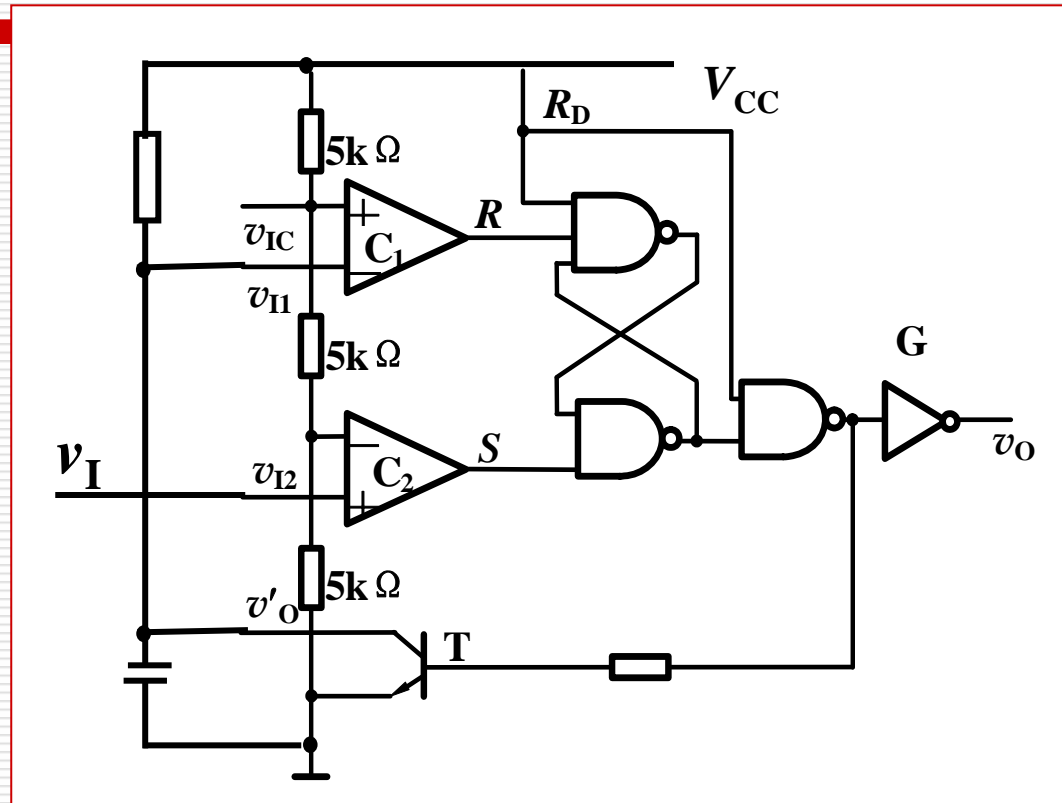
$$T = T_1 + T_2$$

$$= RC \ln \frac{V_{DD} - V_{T-}}{V_{DD} - V_{T+}} + RC \ln \frac{V_{T+}}{V_{T-}} = RC \ln \left(\frac{V_{DD} - V_{T-}}{V_{DD} - V_{T+}} \cdot \frac{V_{T+}}{V_{T-}} \right)$$

9.4.3 用555定时器组成单稳态触发器

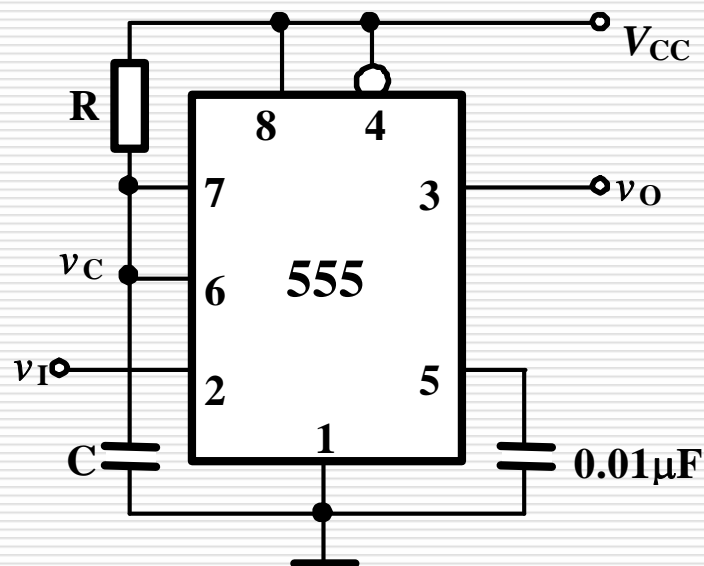
1、电路



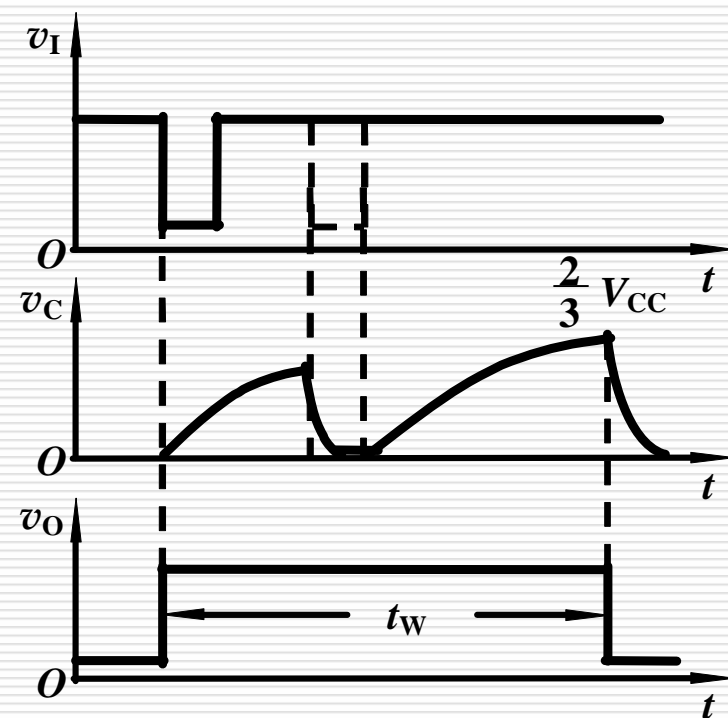


- ①没有触发信号时($v_i > \frac{1}{3} V_{CC}$)电路处于稳态，输出为0
- ②外加触发信号，电路转换到暂态，输出为1
- ③触发信号消除后，电容充电电路自动转换到稳态输出为0

④工作波形及输出脉宽的计算



$$t_w = RC \ln 3 \approx 1.1RC$$

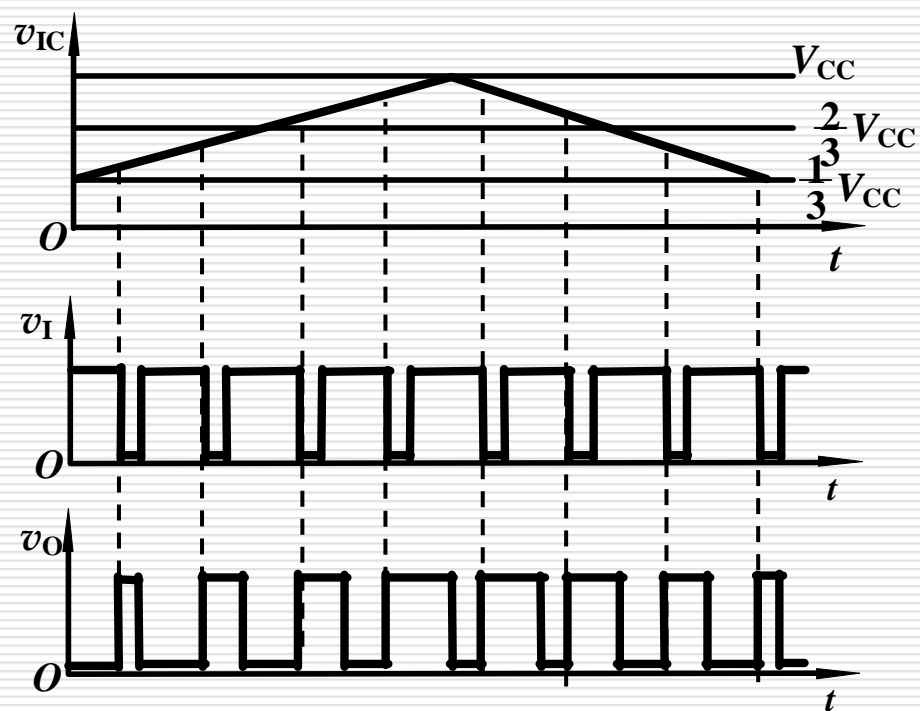
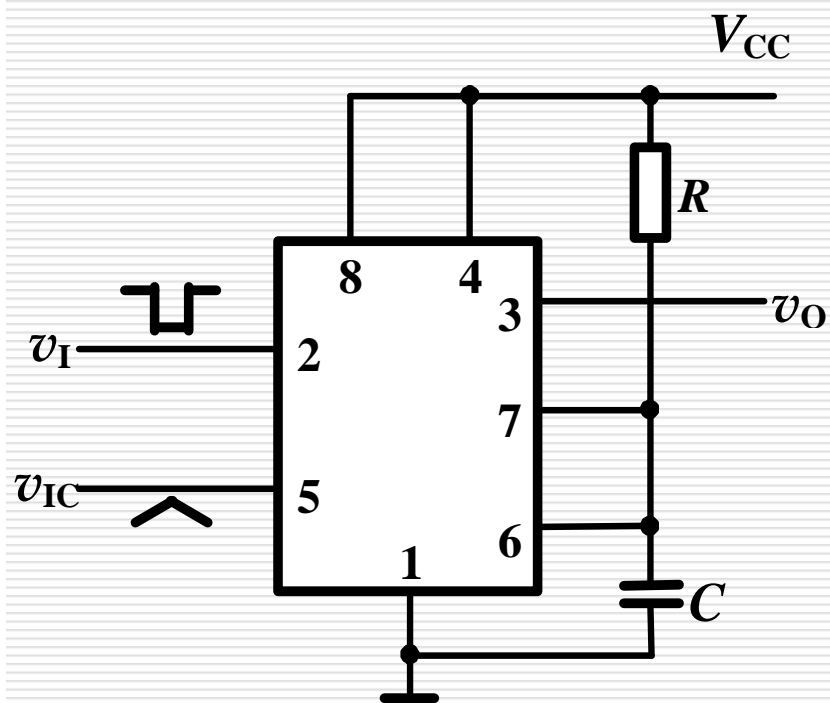


电路是可重复触发的单稳？ 答：是不可重复触发的。
如将5脚接电压V, 电路的脉宽会改变吗？V增加, 脉宽如何改变？减小？

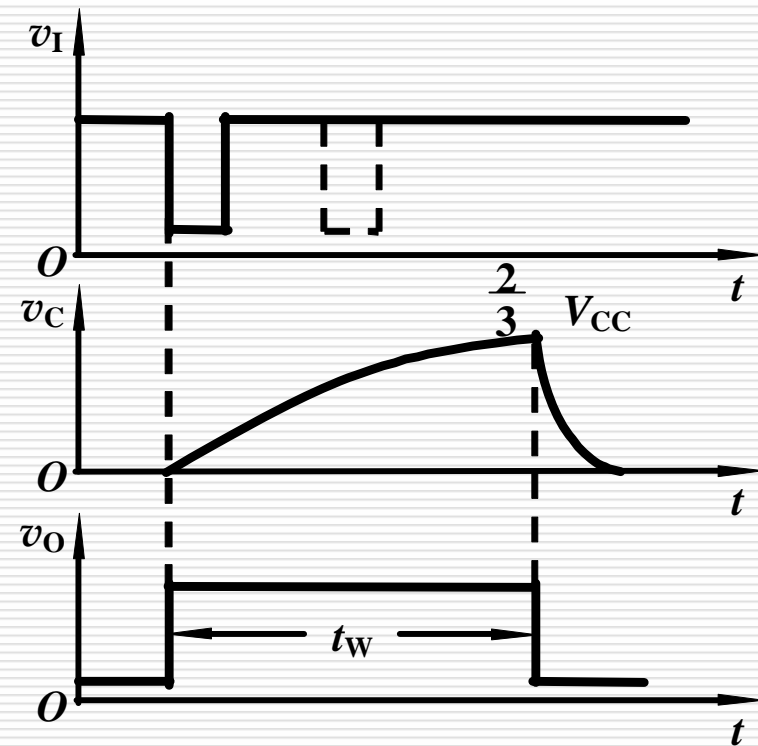
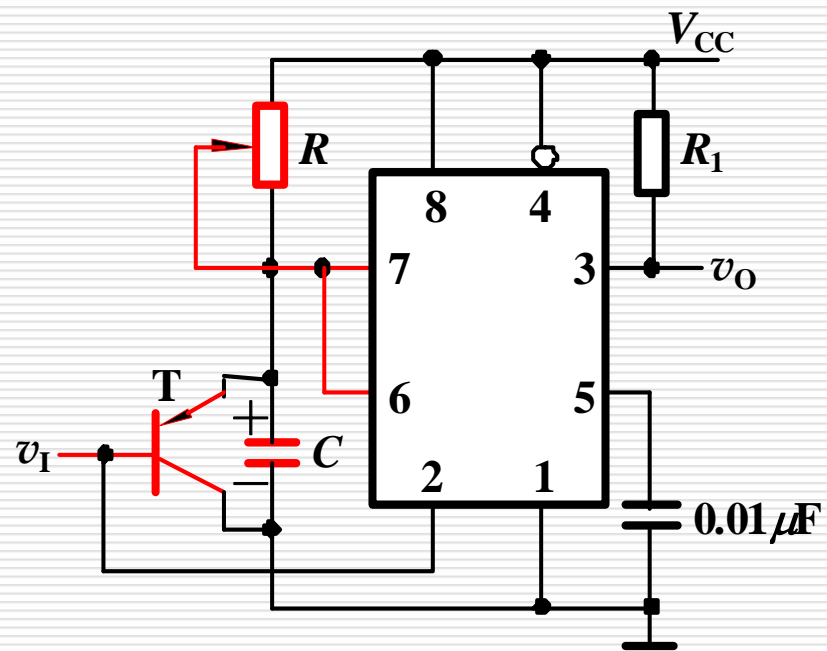
555芯片连接成单稳态触发器时的应用:

①脉冲宽度调制器

工作波形

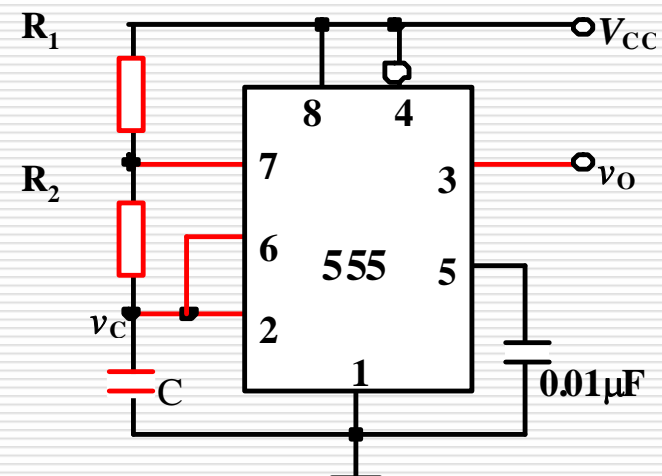
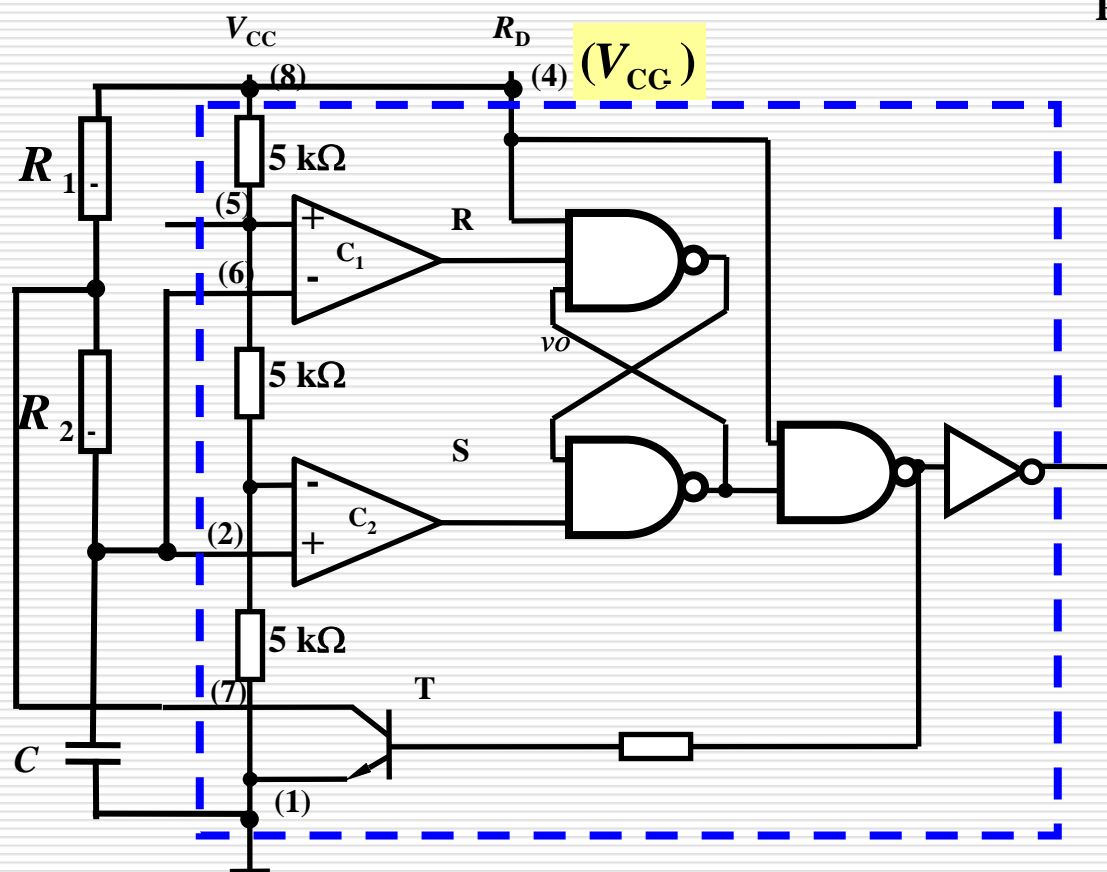


② 用555定时器组成可重复触发单稳

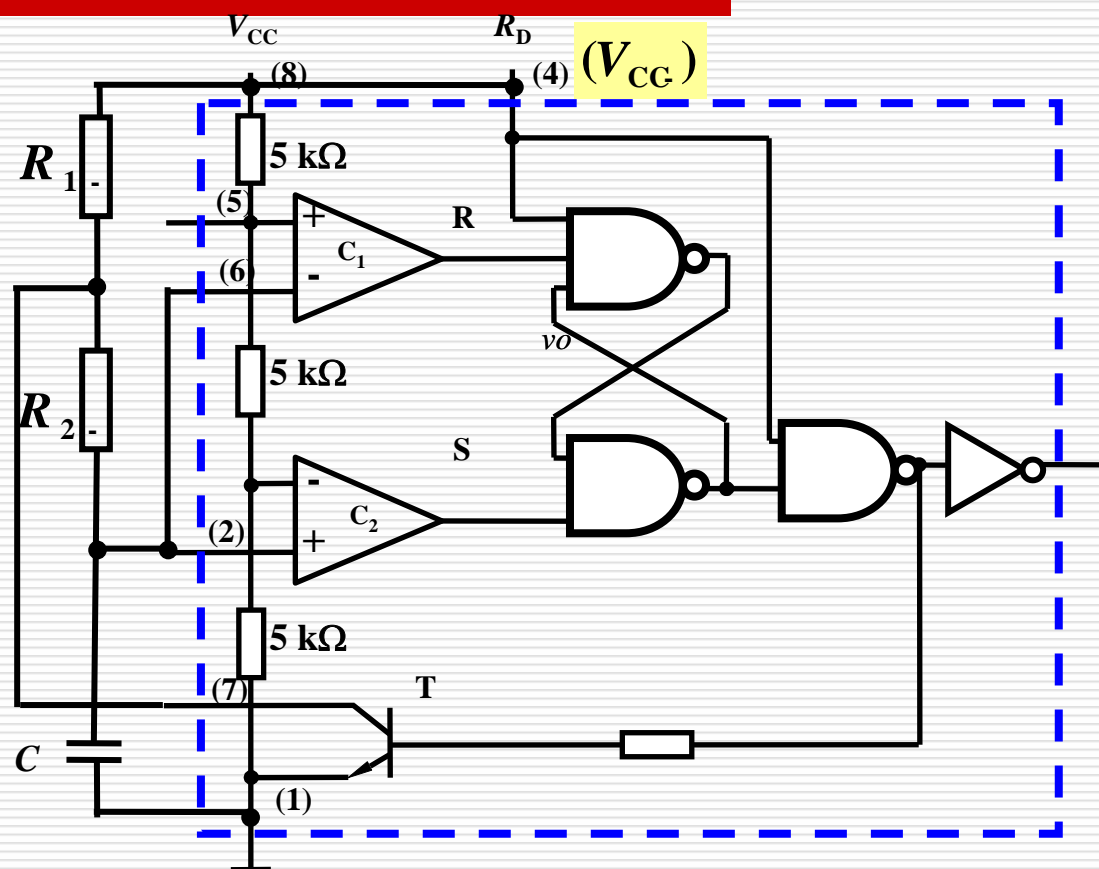


9.4.4 用555定时器连接成多谐振荡器

1、电路组成



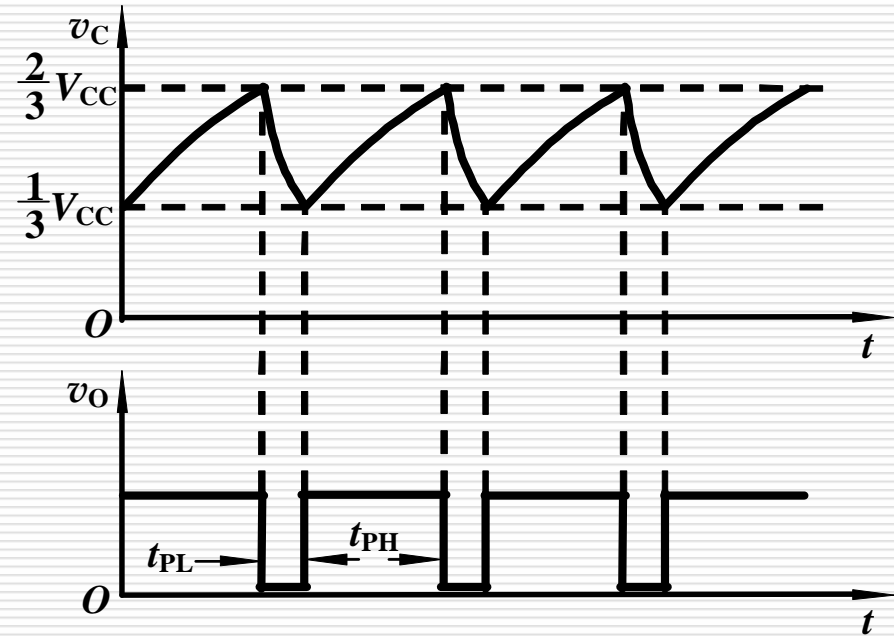
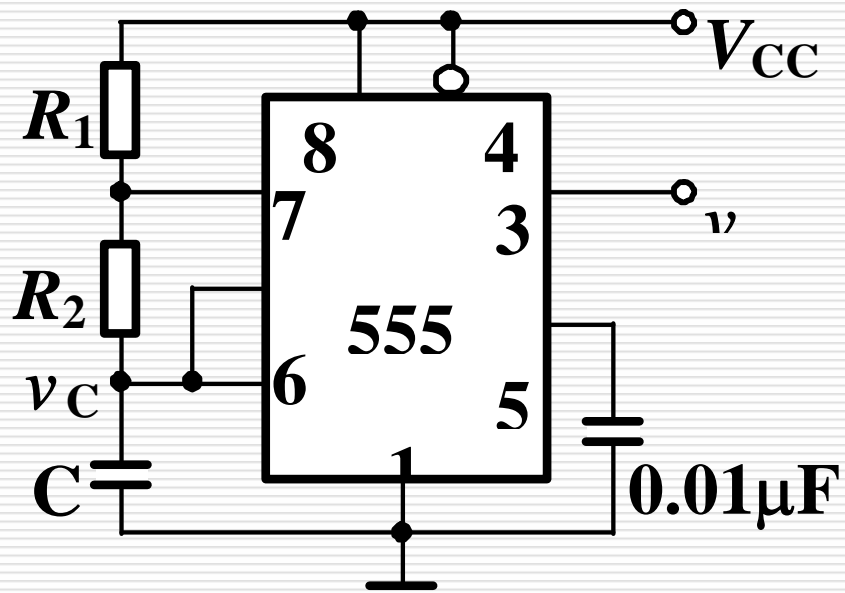
2、工作原理



(1) 电路第一暂态，输出为1。电容充电，电路转换到第二暂态，输出为0

(2) 电路第二暂稳态，电容放电，电路转换到第一暂态

3、工作波形与振荡频率计算

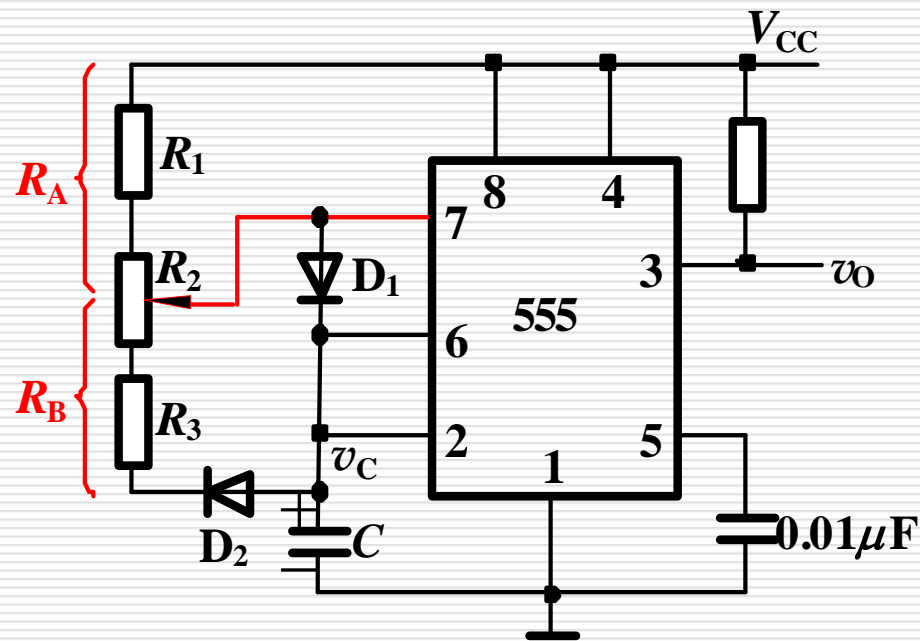


$$t_{PL} = R_2 C \ln 2 \approx 0.7 R_2 C$$

$$t_{pH} = (R_1 + R_2) C \ln 2 \approx 0.7 (R_1 + R_2) C$$

$$f = \frac{1}{t_{PL} + t_{PH}} \approx \frac{1.43}{(R_1 + 2R_2) C}$$

4、用555定时器组成占空比可调的多谐振荡器



$$t_{pH} = R_A C \ln 2 \approx 0.7 R_A C$$

$$t_{pL} = R_B C \ln 2 \approx 0.7 R_B C$$

$$f = \frac{1}{t_{pH} + t_{pL}} \approx \frac{1.43}{(R_A + R_B)C}$$

上述多谐振荡电路搭好之后占空比固定，而实际中往往需要波形占空比可调。可利用滑动变阻器（电位器）来组成555外部电路，如图，如需 q 大些只需往下方向移动滑动变阻器即可。

$$q(\%) = \frac{R_A}{R_A + R_B} \times 100 \%$$

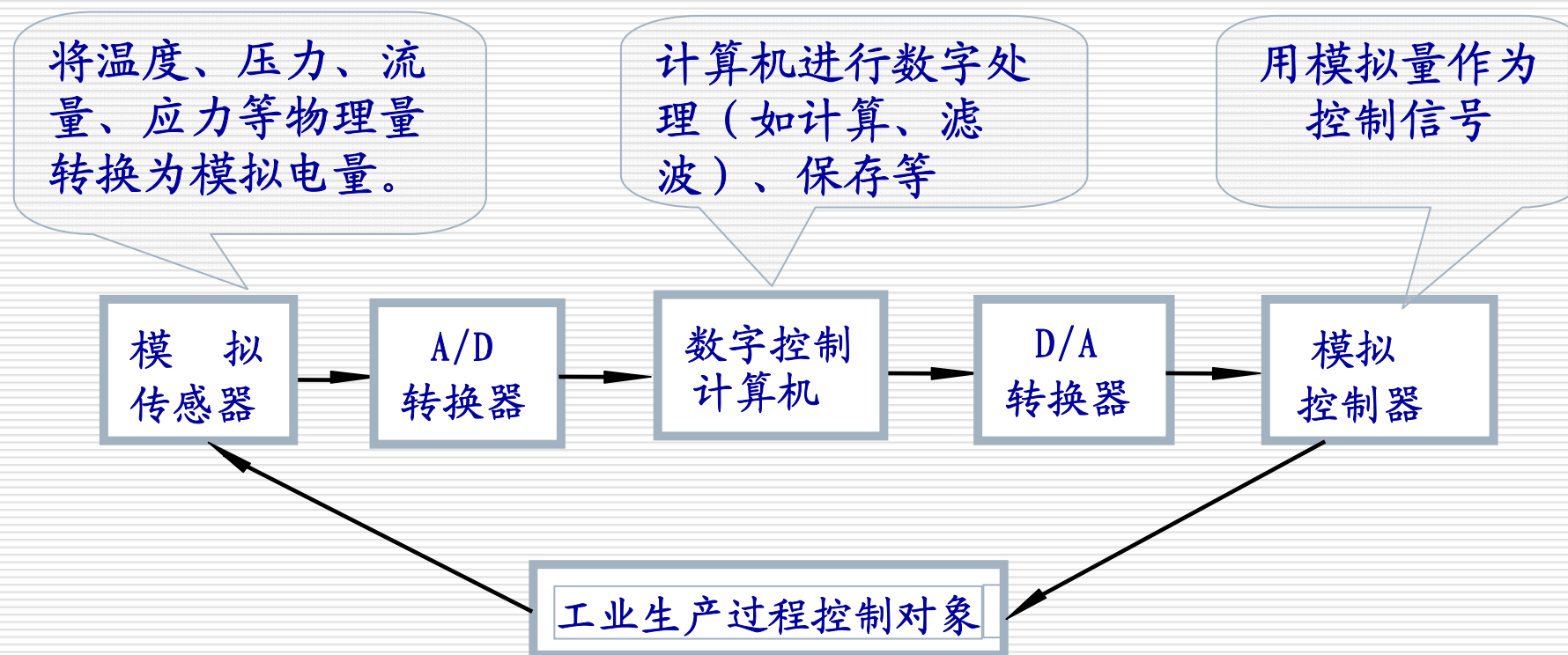
第十章

D/A转换器和A/D转换器

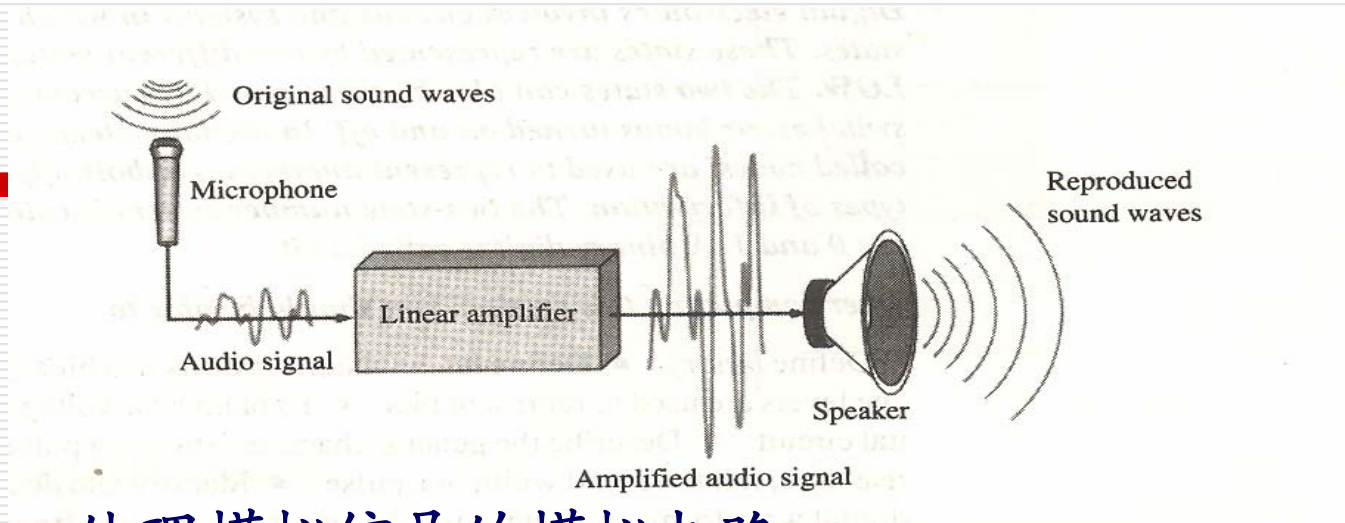
模数与数模转换器

Analog Digital Converter and Digital Analog Converter

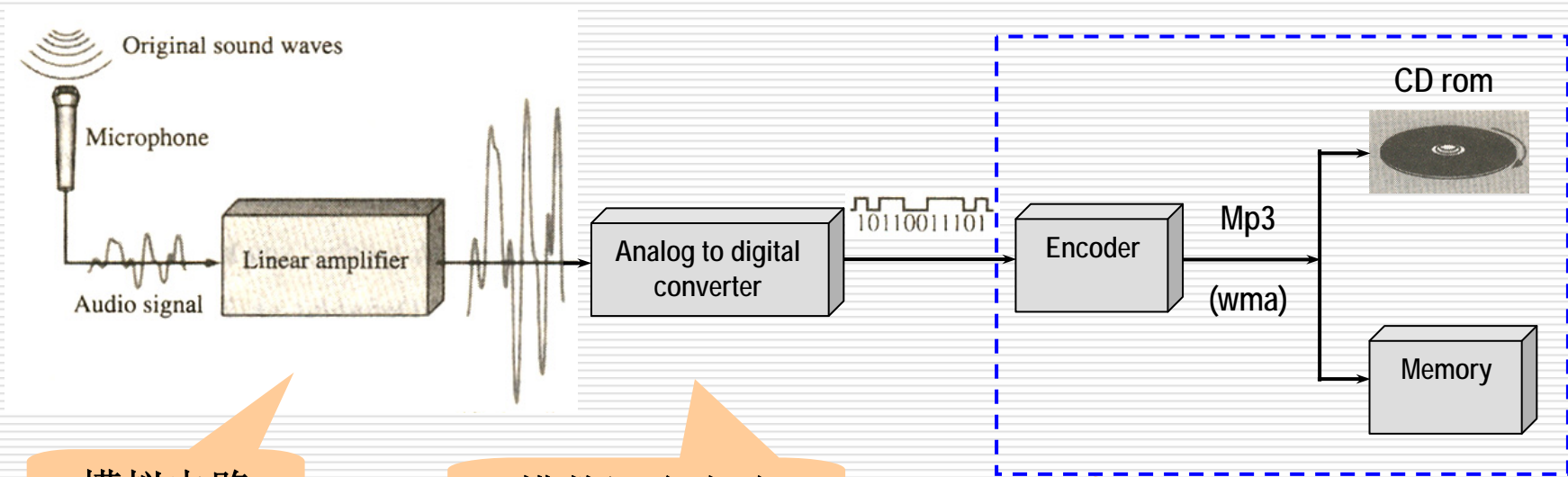
概述



ADC和DAC已成为计算机系统中不可缺少的接口电路。



处理模拟信号的模拟电路。



模拟电路

模数混合电路

数字电路

模拟电路与数字电路的接口模数（数模）转换电路。

10.1 D/A转换器

10.1.1 D/A转换器的输入/输出特性及其结构框图

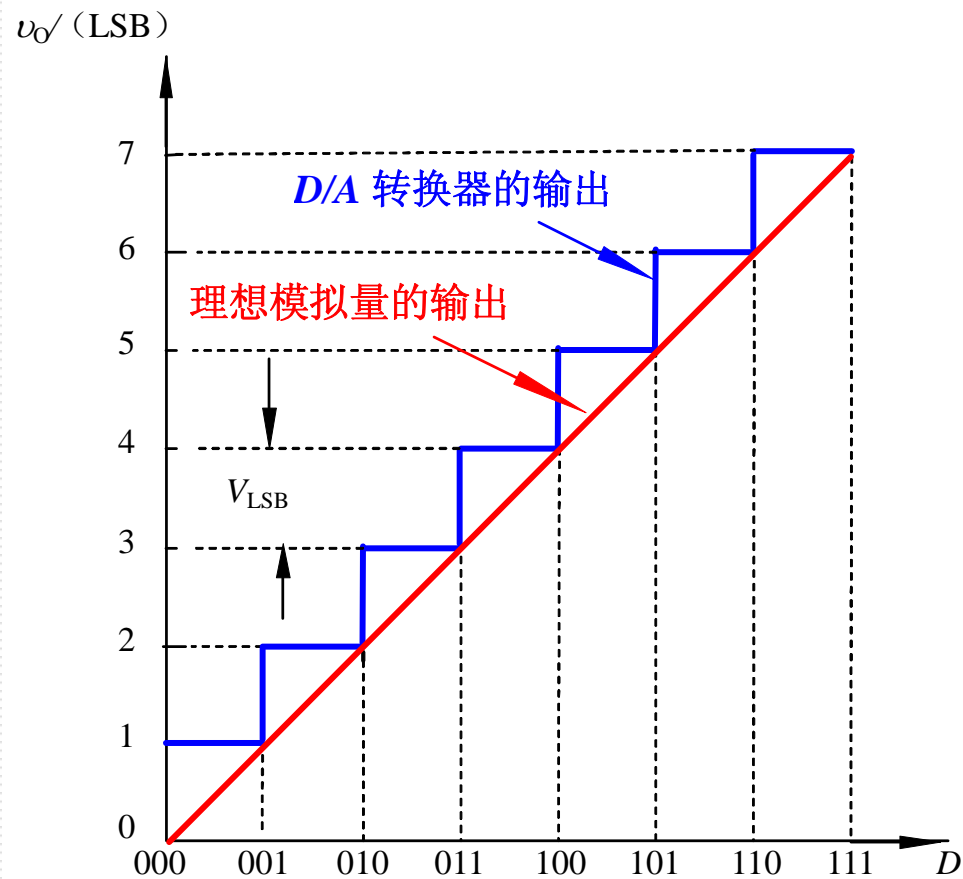
1. D/A转换器输入/输出特性

D/A转换器：将数字量转换为与之成正比的模拟量。

$$A = K D \quad \Longrightarrow \quad v_O = -K N_B$$

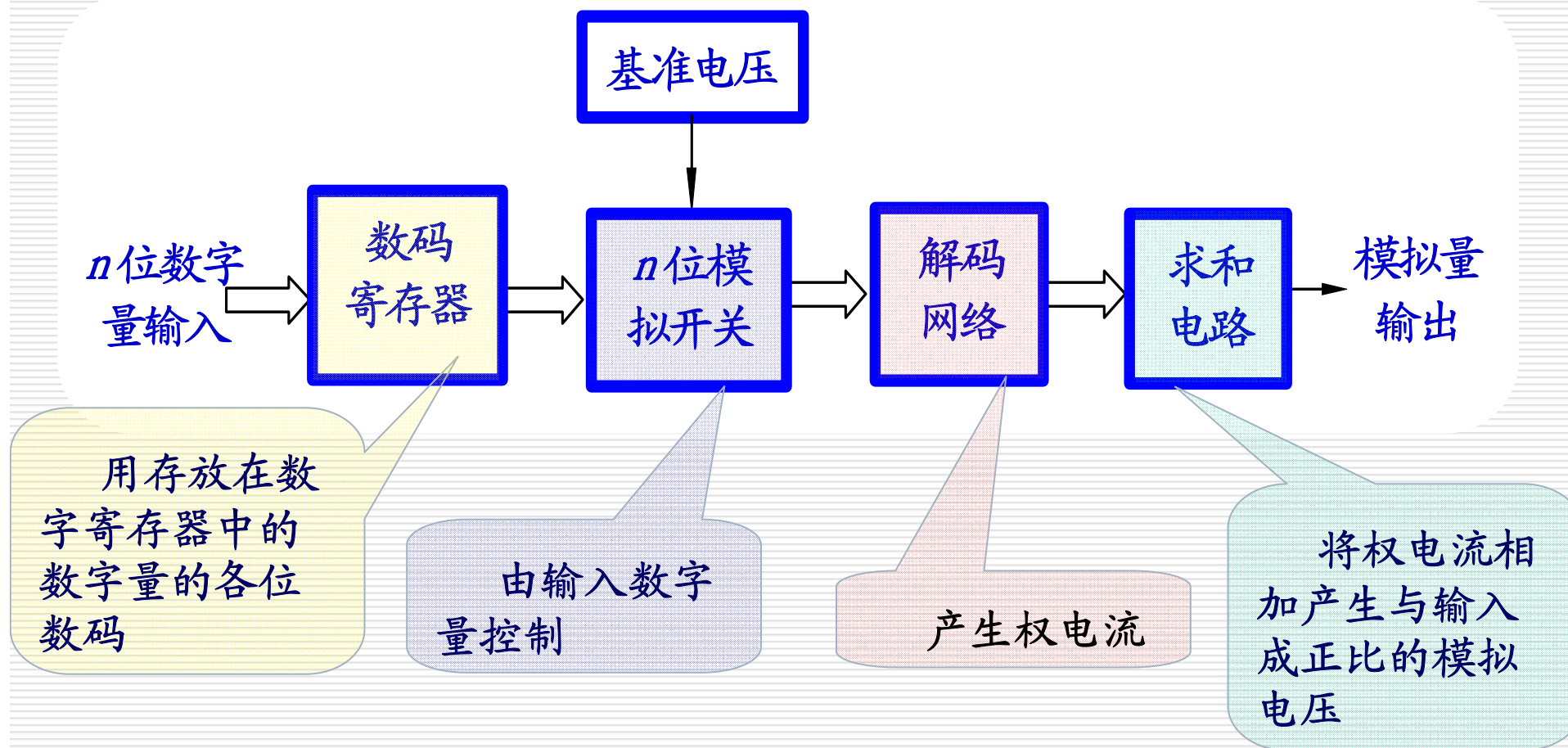


1. D/A转换器输入/输出特性



数字量与转换后的模拟量之间存在误差。

2. D/A转换器的结构框图



DAC的数字数据可以并行输入也可串行输入

10.1.2 D/A转换器的基本原理

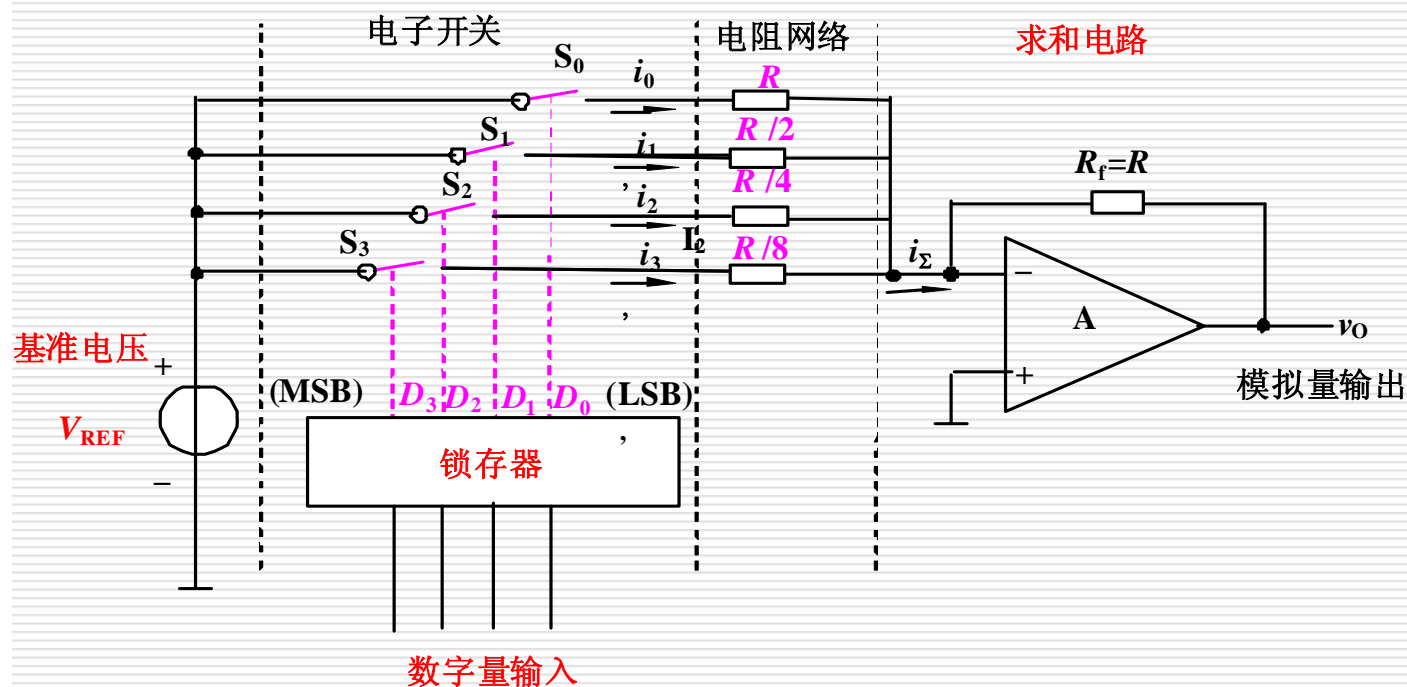
1. 实现D/A转换的基本思想

将二进制数 $N_D = (11001)_B$ 转换为十进制数。

$$\begin{aligned} N_D &= b_4 \times 2^4 + b_3 \times 2^3 + b_2 \times 2^2 + b_1 \times 2^1 + b_0 \times 2^0 \\ &= 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 \end{aligned}$$

数字量是用代码按数位组合而成的，对于有权码，每位代码都有一定的权值，如能将每一位代码按其权的大小转换成相应的模拟量，然后，将这些模拟量相加，即可得到与数字量成正比的模拟量，从而实现数字量--模拟量的转换。

2. 实现D/A转换的原理电路



$$i_0 = \frac{V_{REF} D_0}{R}$$

$$i_1 = \frac{2V_{REF} D_1}{R}$$

$$i_2 = \frac{4V_{REF} D_2}{R}$$

$$i_3 = \frac{8V_{REF} D_3}{R}$$

$$v_O = -R_f (i_3 + i_2 + i_1 + i_0)$$

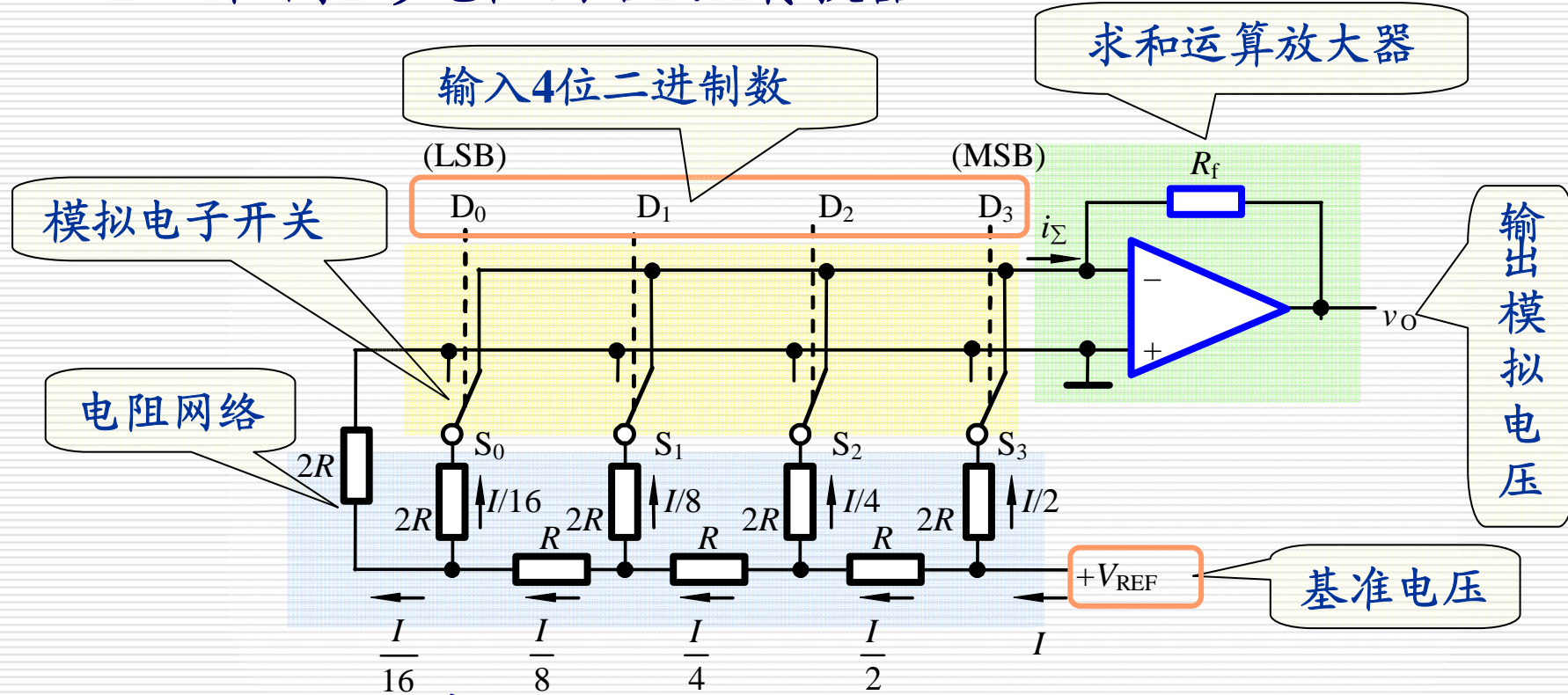
$$\begin{aligned} v_O &= -V_{REF} (D_3 2^3 + D_2 2^2 + D_1 2^1 + D_0 2^0) \\ &= -V_{REF} \sum_{i=0}^3 D_i \cdot 2^i \end{aligned}$$

3. D/A转换器的分类:



10.1.3 倒T形电阻网络D/A转换器

1、4位倒T形电阻网络D/A转换器

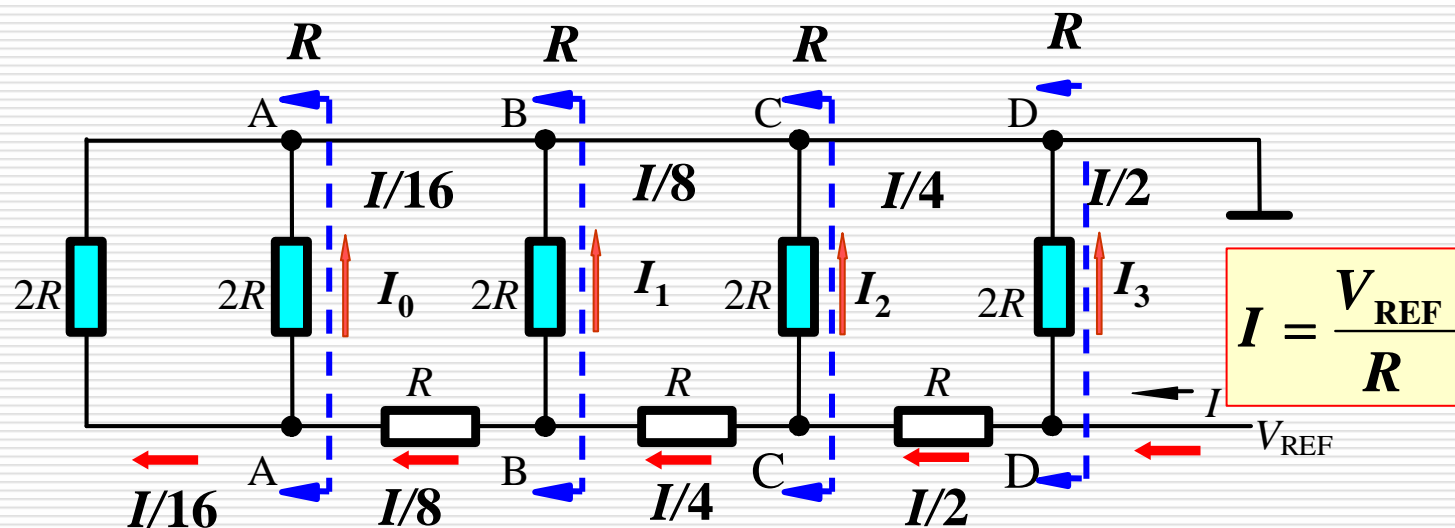


• 电阻网络
• 根据运放线性虚地的概念可知，无论模拟开关 S_i 处于何种位置，与 S_i 相连的 $2R$ 电阻都将接地或虚地。
• 求和运算放大器

D/A转换器的倒T形电阻网络

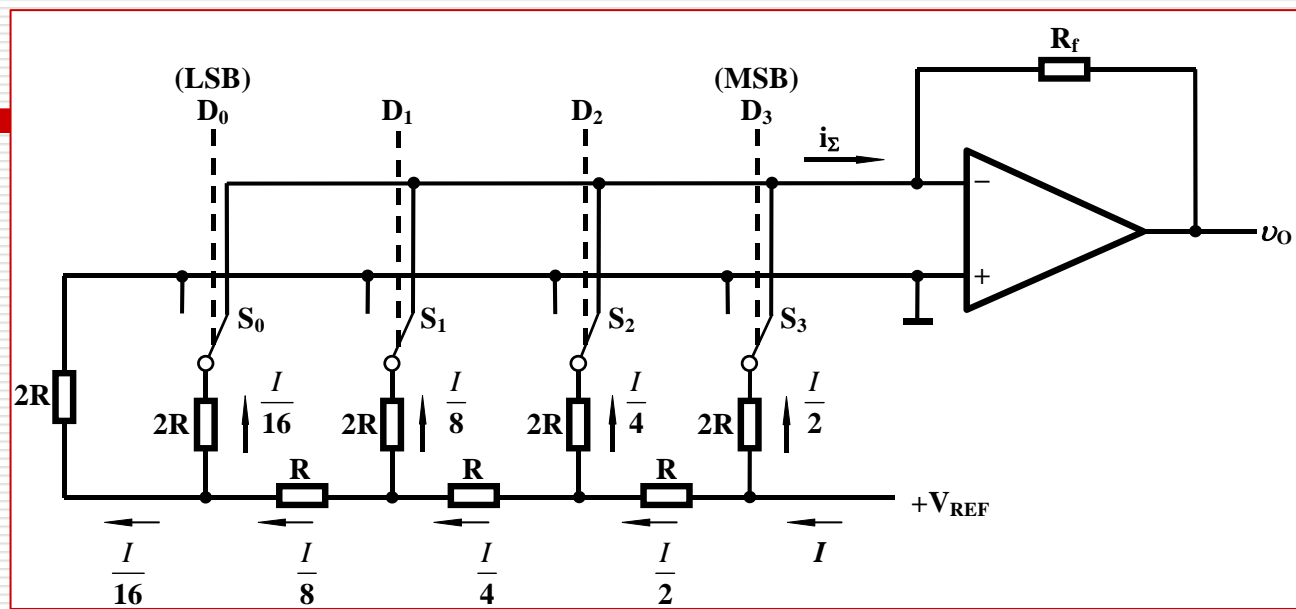
流过各开关支路的电流: $I_3=?$ $I_2=?$ $I_1=?$ $I_0=?$

基准电源 V_{REF} 提供的总电流为: $I=?$



流入每个 $2R$ 电阻的电流从高位到低位按2的整数倍递减。

$$I_3 = V_{\text{REF}} / 2R \quad I_2 = V_{\text{REF}} / 4R \quad I_1 = V_{\text{REF}} / 8R \quad I_0 = V_{\text{REF}} / 16R$$



流入运放的总电流: $i_\Sigma = I_0 + I_1 + I_2 + I_3$

$$= \frac{V_{REF}}{R} \left(\frac{D_0}{2^4} + \frac{D_1}{2^3} + \frac{D_2}{2^2} + \frac{D_3}{2^1} \right)$$

输出模拟电压:

$$v_O = -i_\Sigma R_f = -\frac{R_f}{R} \cdot \frac{V_{REF}}{2^4} \sum_{i=0}^3 (D_i \cdot 2^i)$$

$$v_O = -\frac{V_{REF}}{2^n} \cdot \frac{R_f}{R} \left[\sum_{i=0}^{n-1} (D_i \cdot 2^i) \right]$$

4 位倒T形电阻网络DAC的输出模拟电压:

$$v_O = -i_{\Sigma} R_f = -\frac{R_f}{R} \cdot \frac{V_{\text{REF}}}{2^4} \sum_{i=0}^3 (D_i \cdot 2^i)$$

n 位倒T形电阻网络DAC有:

$$v_O = -\frac{V_{\text{REF}}}{2^n} \cdot \frac{R_f}{R} \left[\sum_{i=0}^{n-1} (D_i \cdot 2^i) \right]$$

令: $K = \frac{V_{\text{REF}}}{2^n} \cdot \frac{R_f}{R},$ $N_B = \sum_{i=0}^{n-1} (D_i \cdot 2^i)$

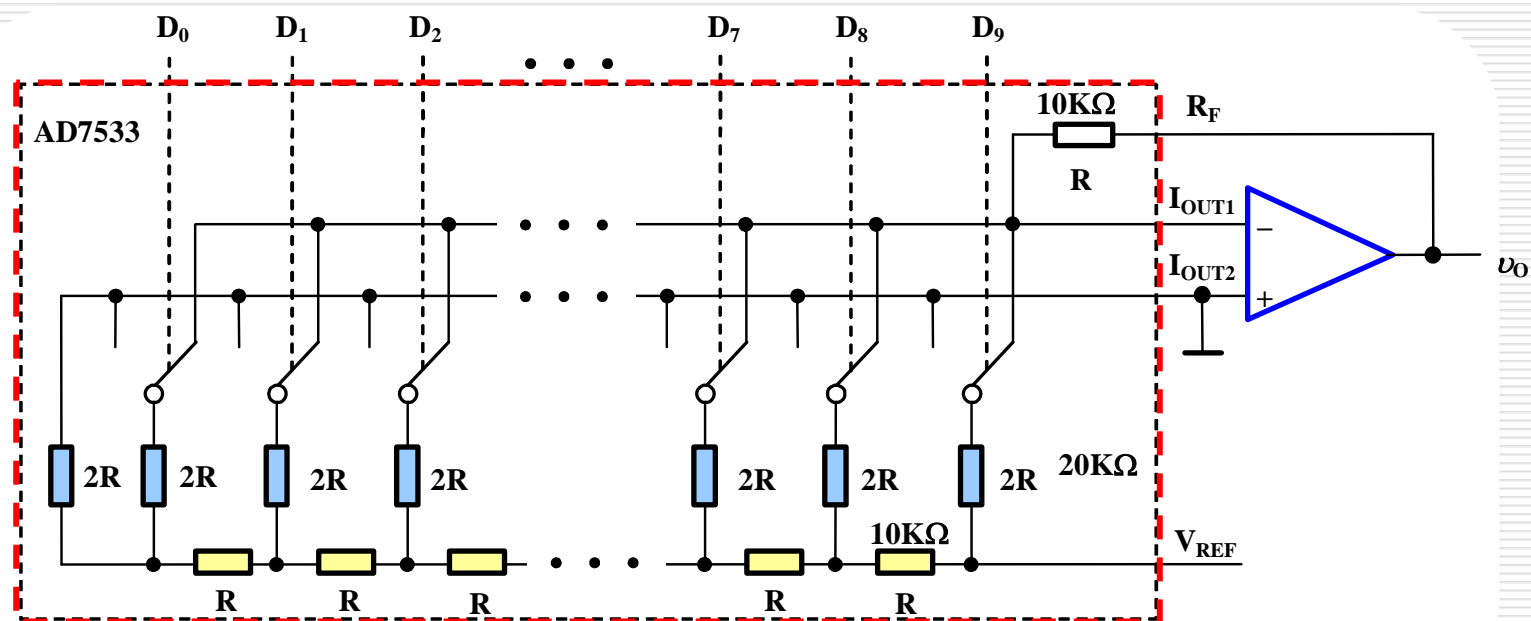
则 $v_O = -K N_B$

在电路中输入的每一个二进制数 N_B , 均能得到与之成正比的模拟电压输出。

2. 集成D/A转换器

AD7533D/A转换器

10位CMOS电流开关型D/A转换器



使用: 1) 要外接运放,

2) 运放的反馈电阻可使用内部电阻, 也可采用外接电阻)

$$v_O = -\frac{V_{REF}}{2^{10}} \cdot \frac{R_f}{R} \left[\sum_{i=0}^9 (D_i \cdot 2^i) \right]$$

关于D/A转换器精度的讨论

为提高D/A转换器的精度，对电路参数的要求：

$$U_O = -\frac{V_{REF}}{2^n} \cdot \frac{R_f}{R} \left[\sum_{i=0}^{n-1} (D_i \cdot 2^i) \right]$$

(1)基准电压稳定性好；

(2) 倒T形电阻网络中R和2R电阻比值的精度要高；

(3) 每个模拟开关的开关电压降要相等

(3)为实现电流从高位到低位按2的整数倍递减，模拟开关的导通电阻也相应地按2的整数倍递增。

为进一步提高D/A转换器的精度，可采用权电流型D/A转换器。

10.1.7 D/A转换器的主要技术指标

1、分辨率

分辨率：其定义为D/A转换器模拟输出电压可能被分离的等级数。n位DAC最多有 2^n 个模拟输出电压。位数越多D/A转换器的分辨率越高。

分辨率也可以用能分辨的最小输出电压与最大输出电压之比

给出。n位D/A转换器的分辨率可表示为 $\frac{1}{2^n - 1}$

2、转换精度:

- 转换精度是指对给定的数字量，D/A转换器实际值与理论值之间的最大偏差。
 - 产生原因：由于D/A转换器中各元件参数值存在误差，如基准电压不够稳定或运算放大器的零漂等各种因素的影响。
 - 几种转换误差：有如比例系数误差、失调误差和非线性误差等
-