

第十章 波形变换、产生电路

波形变换电路：

施密特触发器； 单稳态触发器；

波形产生电路：

多谐振荡器；

第十章 波形变换、产生电路

引言

什么是信号 波形?

在数字系统中，主要使用信号是矩形波。不同的电路所需要的信号形式可能不同，常常需要对波形进行“整形”，即波形变换，以适应各电路的需求。

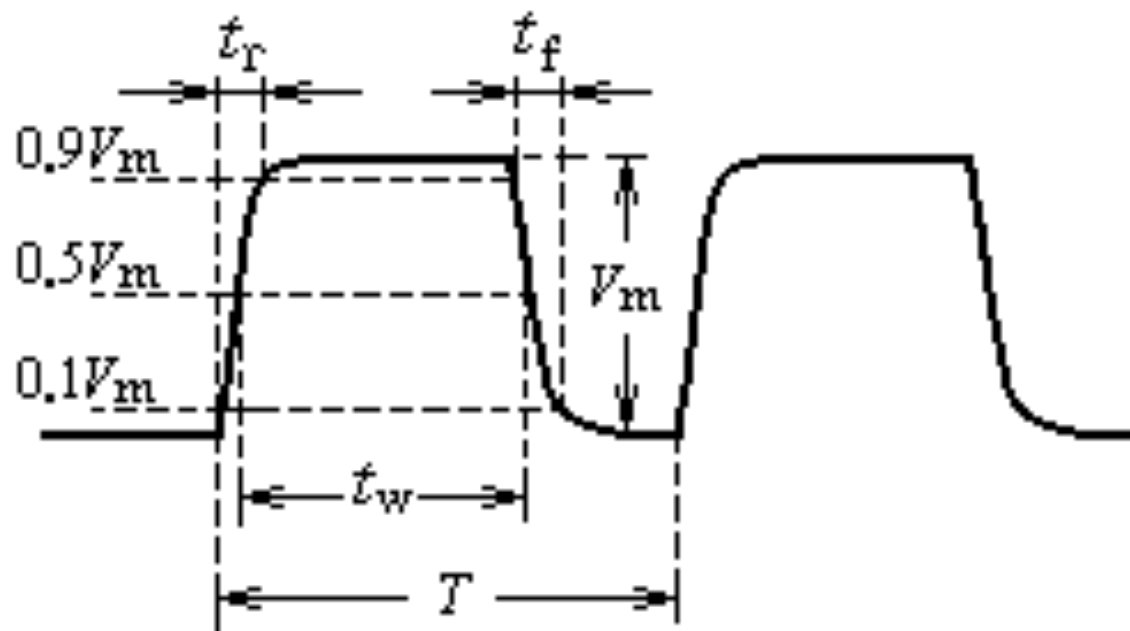
什么是波形的整形?

整形是改变波形的幅度、周期、脉冲宽度、边沿时间等参数。

什么是波形的产生?

在数字系统中，特别是同步系统，还需同步时钟信号。用信号源产生固定频率的矩形脉冲信号作为数字系统的同步信号，这种电路是由开关元件和惰性网络组成，称为多谐振荡器。

10.1 脉冲信号



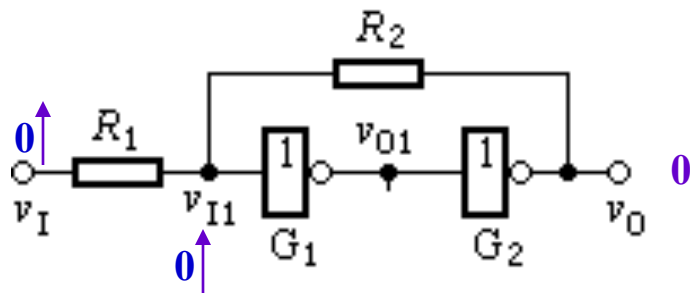
- 1、**脉冲电压幅度 V_m** : 脉冲电压变化的最大范围。
- 2、**脉冲上升时间 t_r** : 脉冲上升沿从 $0.1V_m$ 上升到 $0.9V_m$ 所需要的时间。
- 3、**脉冲下降时间 t_f** : 脉冲下降沿从 $0.9V_m$ 下降到 $0.1V_m$ 所需要的时间。
- 4、**脉冲宽度 t_w** : 脉冲前后沿在 $0.5V_m$ 两点间的时间间隔。
- 5、**脉冲周期 T** : 在周期性脉冲序列中, 两相邻脉冲间的时间间隔, 有时也用频率 $f=1/T$ 表示单位时间内脉冲重复的次数。
- 6、**占空比 q** : 脉冲宽度与脉冲周期的比值, 即 $q=t_w/T$ 。

10.2 施密特电路

V_{I1} 要过阈值

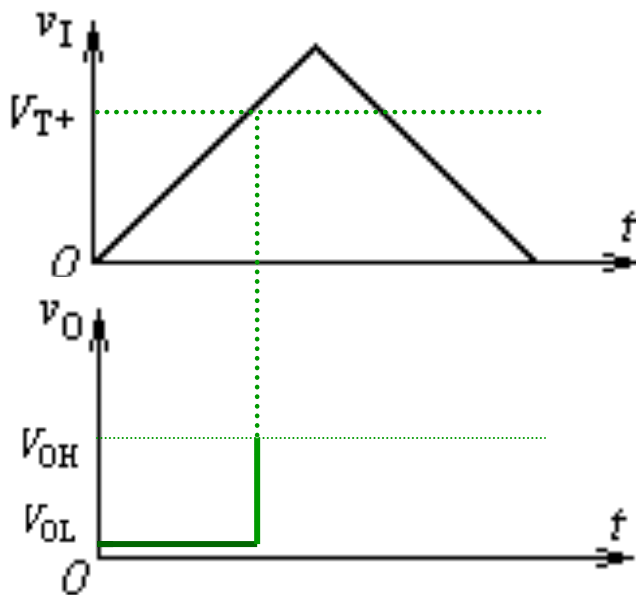
10.2.1 用CMOS门电路组成的施密特电路

1、逻辑电路



2、工作原理

正向触发
阈值电平



(1) $V_I=0, V_{I1}=0, V_O=0$

(2) $V_I \uparrow, V_{I1} \uparrow, V_O=0$

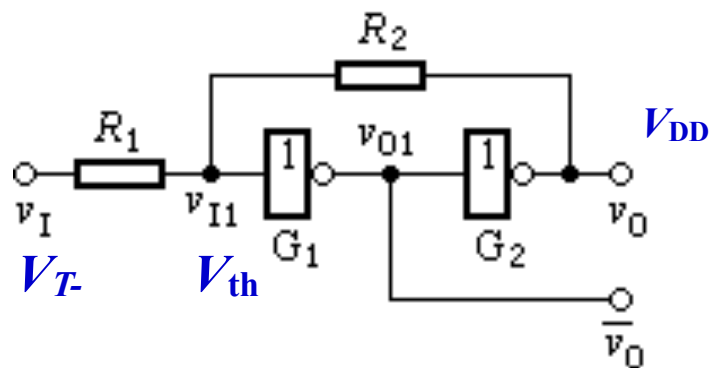
(3) $V_I \uparrow, V_{I1} \uparrow, V_{I1}=V_{th}$

$v_I \uparrow \rightarrow v_{I1} \uparrow \rightarrow v_{O1} \downarrow \rightarrow v_O \uparrow \Rightarrow V_O=1$

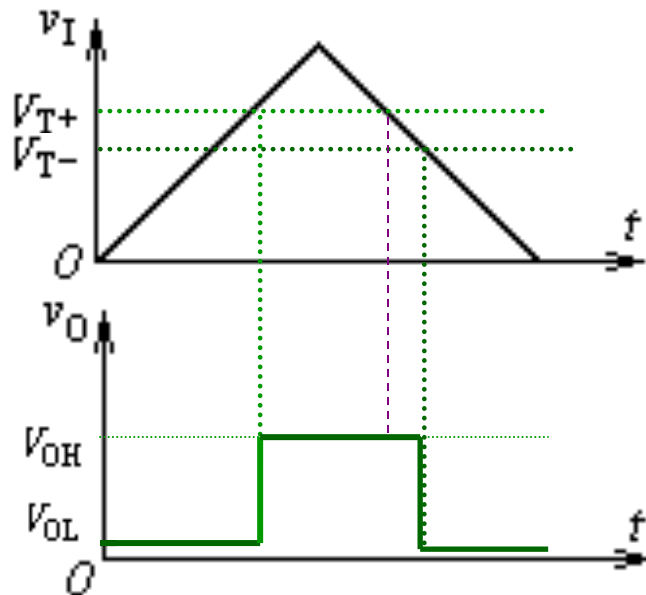
(4) $V_{I1} = V_{th} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{T+} \Rightarrow V_{T+} = (1 + \frac{R_1}{R_2}) V_{th}$

10.2 施密特电路

10.2.1 用CMOS门电路组成的施密特电路



负向触发
阈值电平



(5) $V_I \uparrow$, $V_{I1} \uparrow$, V_O 不变

(6) V_I 到高电平 V_{DD} ↓, V_{I1} ↓, V_O 不变

(7) $V_{I\downarrow}$, $V_{II\downarrow}$ $V_{II}=V_{th}$

$$v_I \downarrow \rightarrow v_{I1} \downarrow \rightarrow v_{O1} \uparrow \rightarrow v_O \downarrow \Rightarrow V_O = 0$$

$$V_{I1} = V_{th} = V_{DD} - (V_{DD} - V_{T-}) \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad \Rightarrow \quad V_{T-} = (1 - \frac{R_1}{R_2}) V_{th}$$

$$V_{T+} = (1 + \frac{R_1}{R_2})V_{th}$$

$$V_{T-} = (1 - \frac{R_1}{R_2})V_{th}$$

10.2 施密特电路

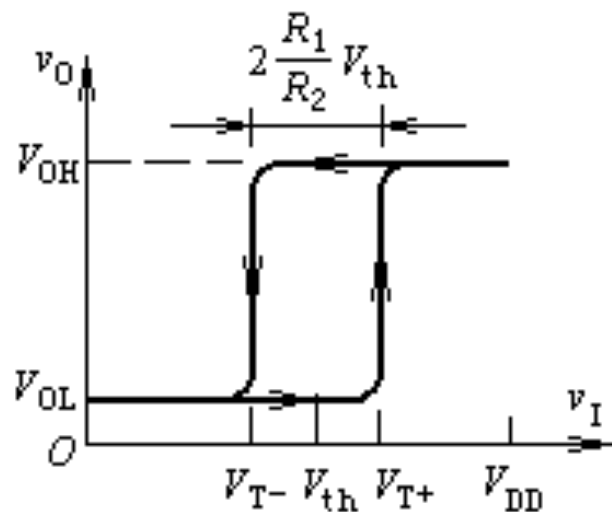
回差电压

$$\Delta V_T = V_{T+} - V_{T-} = 2 \frac{R_1}{R_2} V_{th}$$

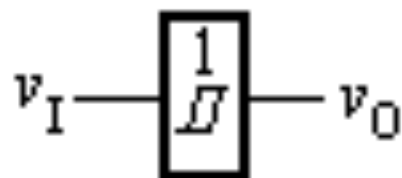
$$V_{T+} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) V_{th}$$
$$V_{T-} = \left(1 - \frac{R_1}{R_2}\right) V_{th}$$

10.2 施密特电路

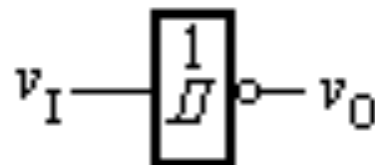
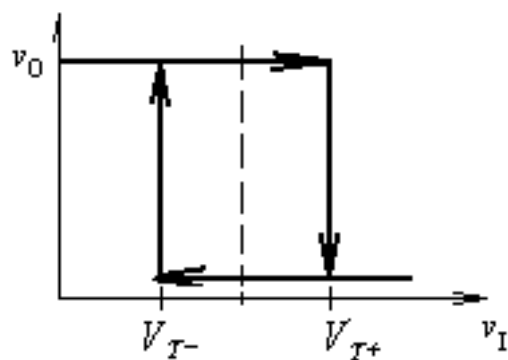
3、电压传输特性



4、逻辑符号



同相



反相

10.2 施密特电路

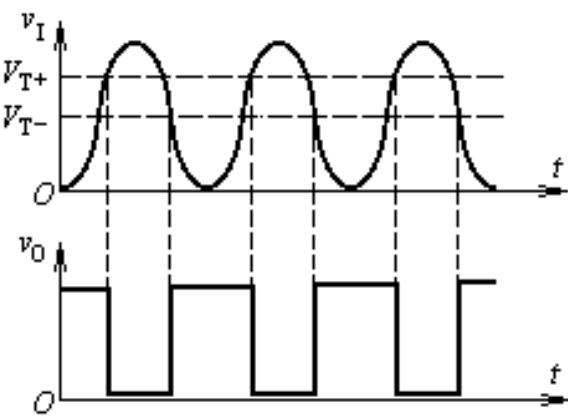
10.2.3 集成施密特电路

CC40106 (六反相器)

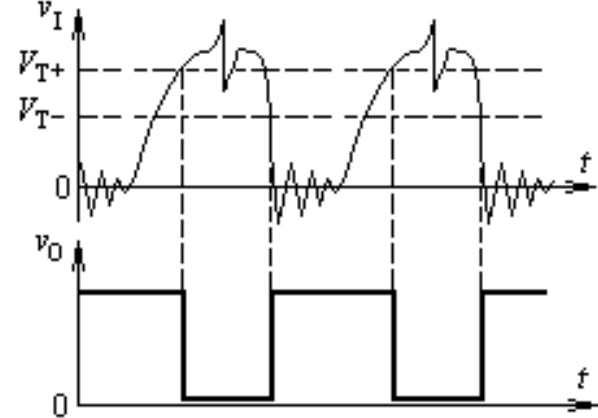
74LS13; 74LS14

10.2.4 施密特电路的应用

1、波形变换



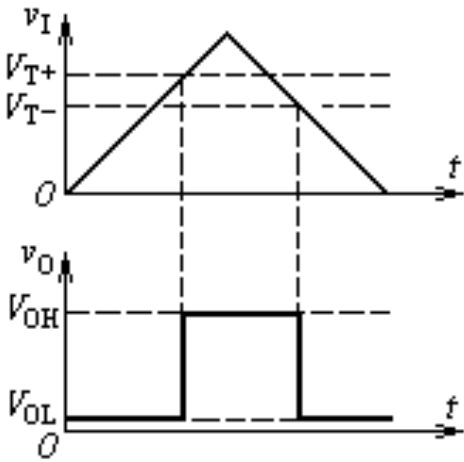
2、脉冲波形整形



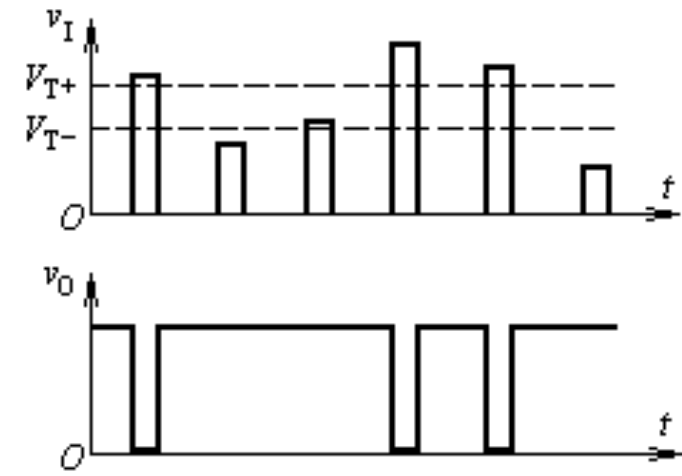
3、电压比较

绝对阈值电压比较器，输入电压在临近阈值时若存在小幅波动，输出会产生振荡；

用施密特触发器，将 V_{T+} 和 V_{T-} 的区间，看作为一个阈值电压。可避免振荡的发生。

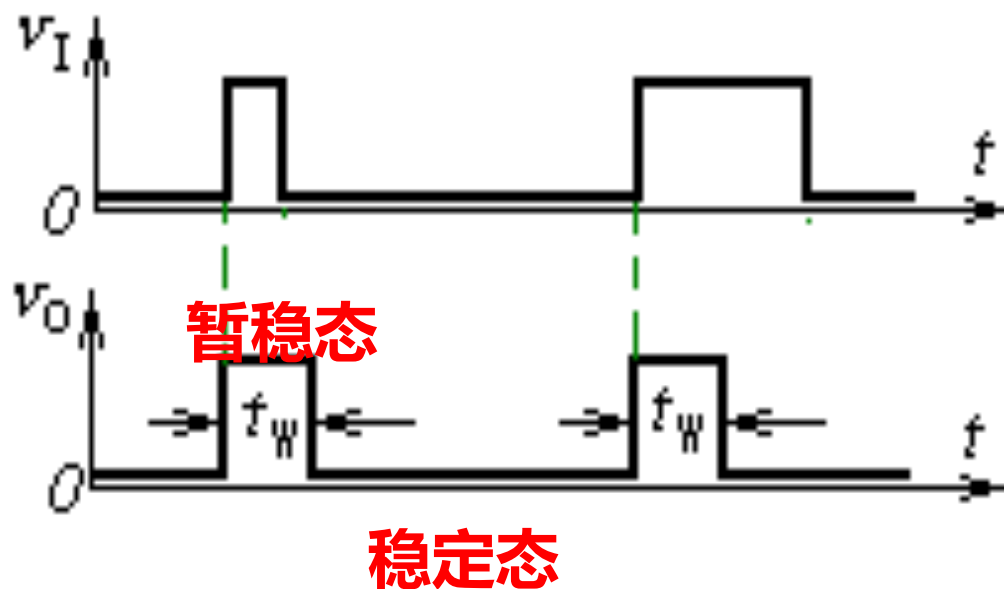


4、脉冲幅度甄别



10.3 单稳态电路

10.3.1 单稳态电路的特性

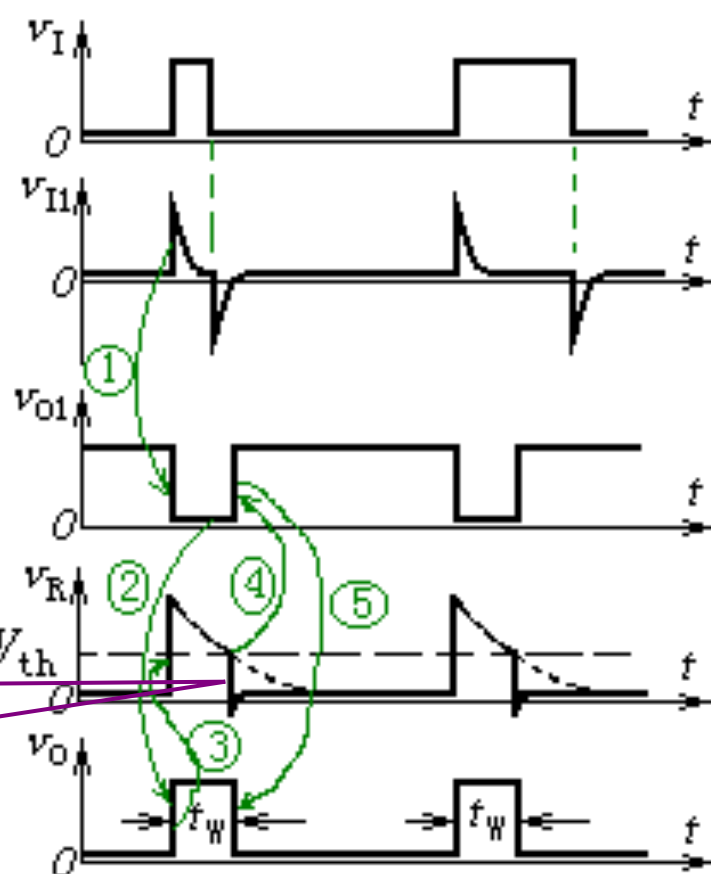
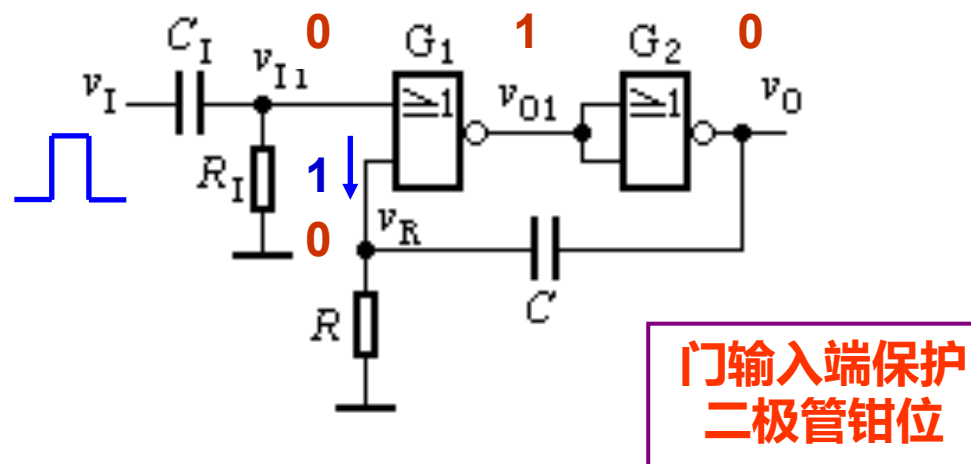


由外界触发；
自动返回

- 1、电路仅有一个稳态，另一个是暂稳态；
- 2、在外加触发脉冲作用下，电路从稳态翻转到暂稳态，而暂稳态不能长久保持，经过一段时间后，电路会自动返回到稳态。
- 3、暂稳态持续的时间取决于电路本身的参数，而与外加触发信号无关。

10.3.2 用门电路组成的单稳态电路

1、微分型单稳态触发器 (CMOS)



A、 在稳态下, $v_I=0$, $v_{I1}=0$, $v_{O1}=1$, $v_O=0$, 电容 C 上电压为0。

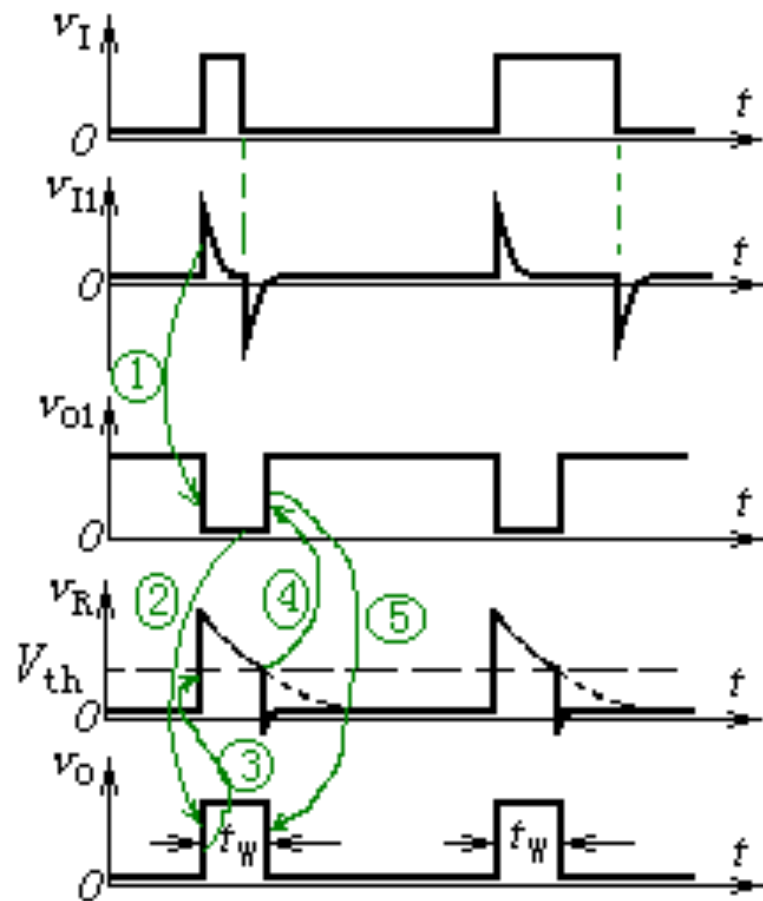
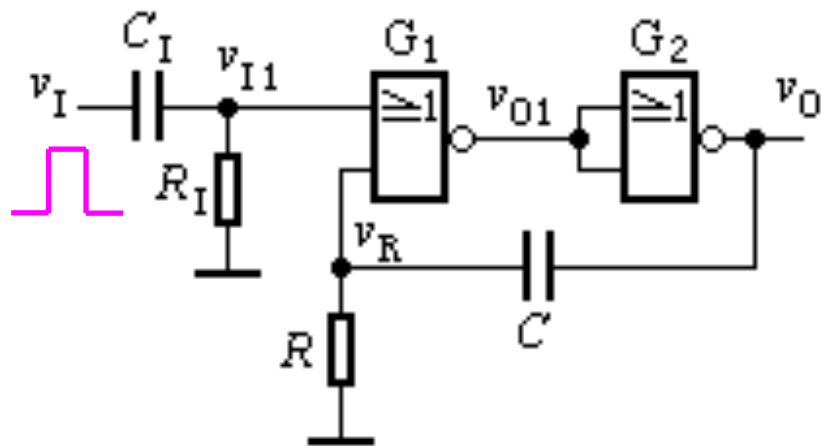
B、 当 v_I 发生正跳变后, 微分成正尖脉冲, v_{I1} 跟着正跳变; v_{O1} 立即变为0, v_O 上跳为1。

C、 随着充电, v_R 将逐渐下降

D、 当降至 $v_R = V_{th}$ 时, v_{O1} 将跳变为1。 v_O 立即变为0

电路进入暂稳态, 同时电容开始充电。

1、微分型单稳态触发器 (CMOS)

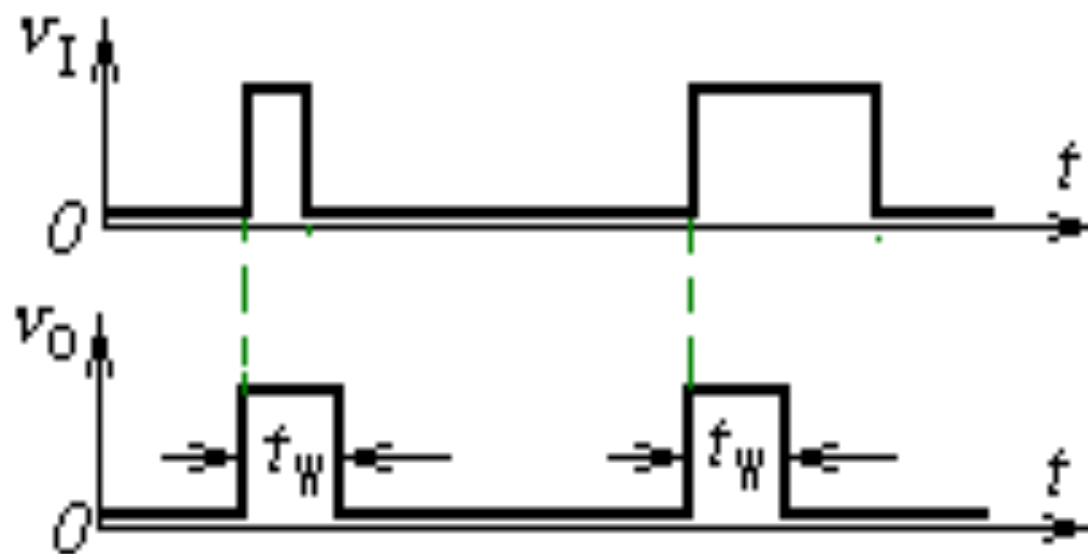


$$t_W = RC \ln \frac{V_R(\infty) - V_R(0)}{V_R(\infty) - V_R(t_W)} = RC \ln \frac{0 - V_{DD}}{0 - V_{th}} = RC \ln 2 \approx 0.7RC$$

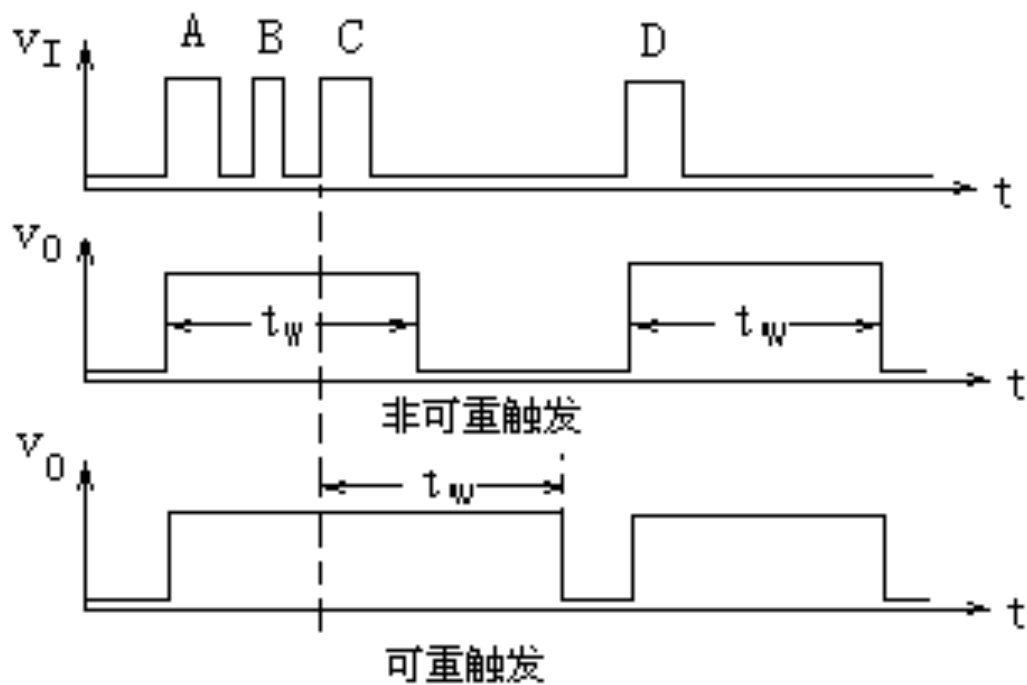
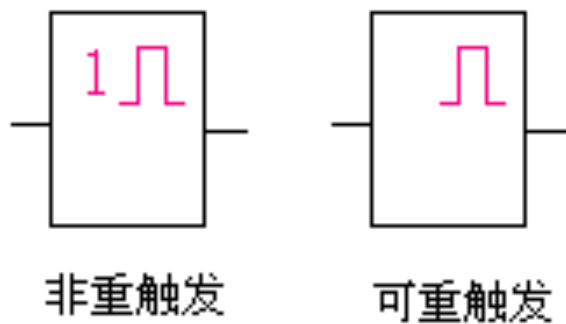
$$V_R(0) \approx V_{DD}, \quad V_R(\infty) = 0, \quad V_R(t_W) = V_{th} \approx V_{DD} / 2$$

10.3 单稳态触发器

单稳态触发器的特性



10.3 单稳态触发器



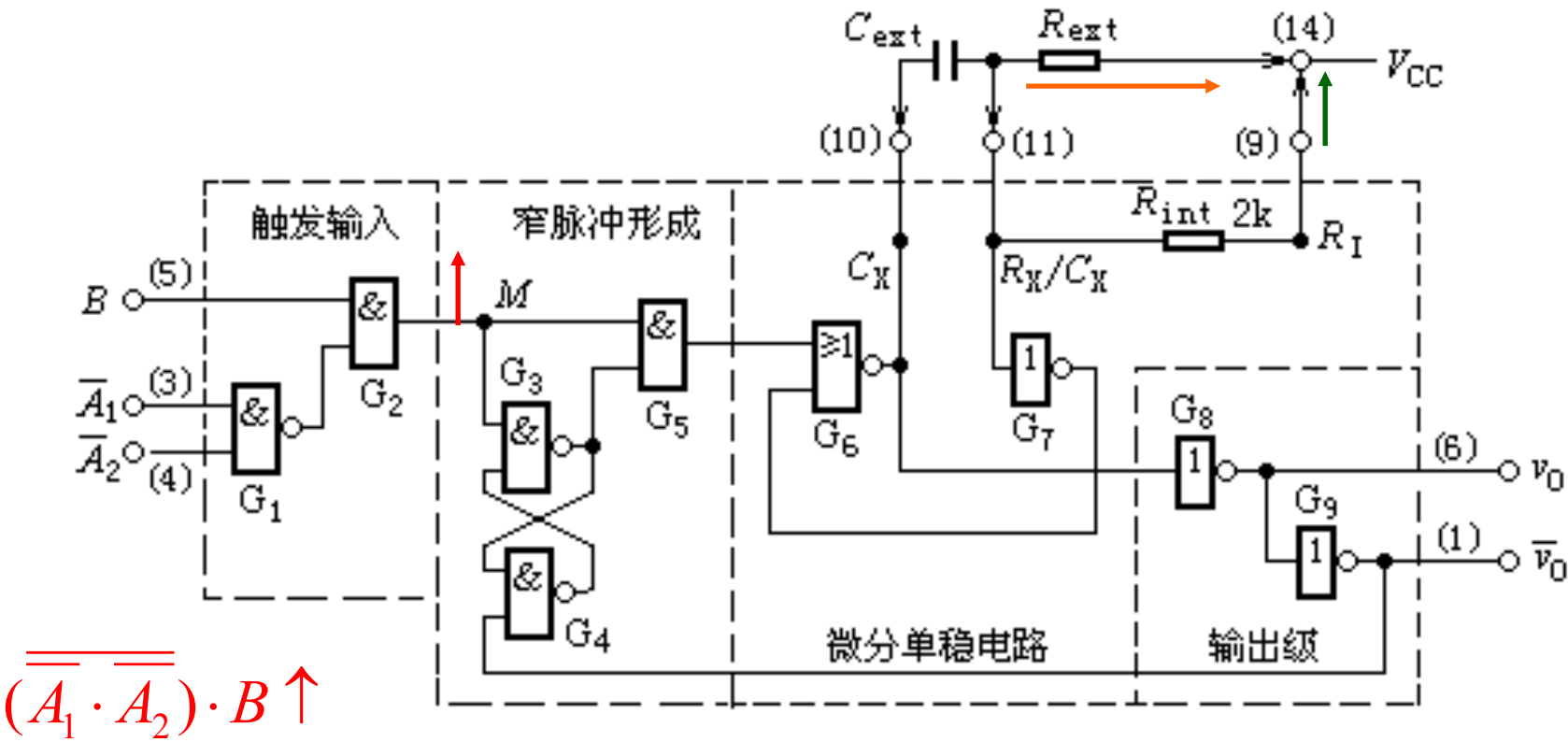
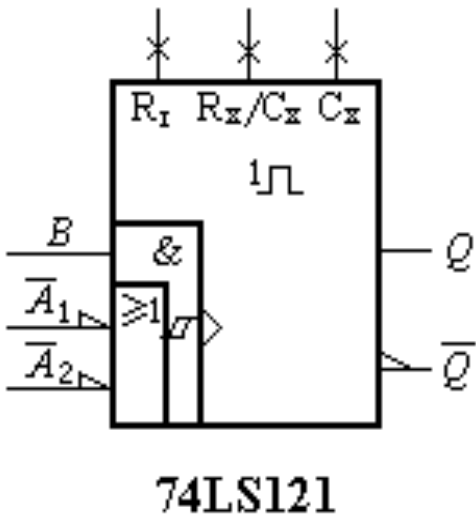
10.3.2 用门电路组成的单稳态电路

2、积分型单稳态触发器 (CMOS) page360

10.3.3 集成单稳态触发器

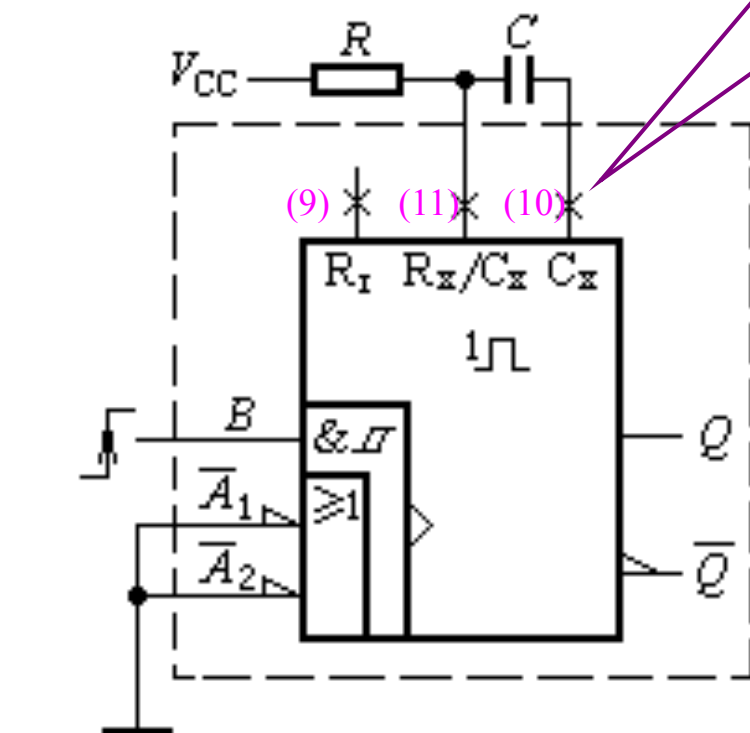
1、TTL集成单稳态触发器 74LS121

$t_w = RC \ln 2 \approx 0.7RC$



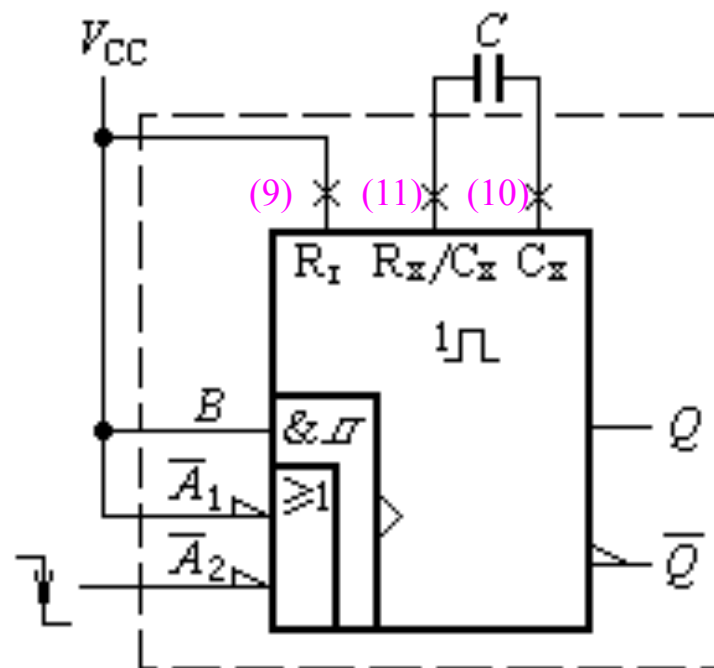
74LS121的逻辑符号及两种电路接法

表示不是逻辑连接



$$(\overline{\overline{A_1}} + \overline{\overline{A_2}}) \cdot B \uparrow$$

$$t_w = RC \ln 2 \approx 0.7RC$$



$$(\overline{\overline{A_1}} + \overline{\overline{A_2}}) \cdot B \uparrow$$

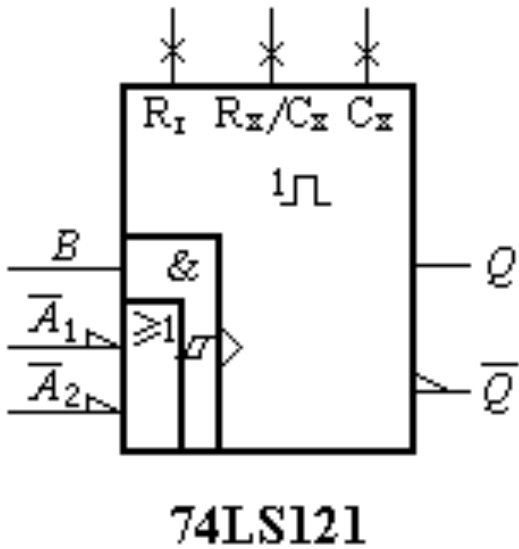
$$R_{int} = 2k\Omega$$

1、TTL集成单稳态触发器

74LS121 的功能表

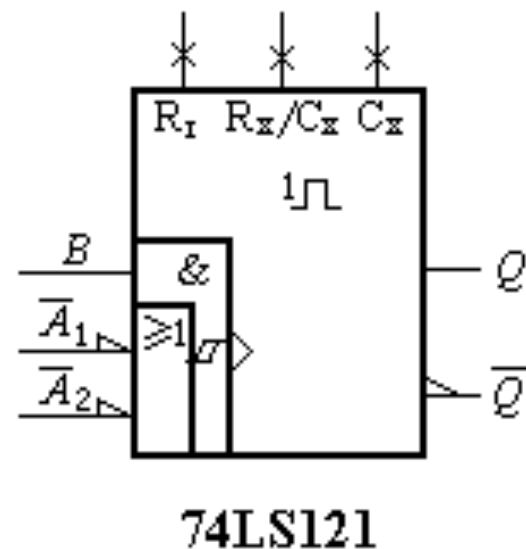
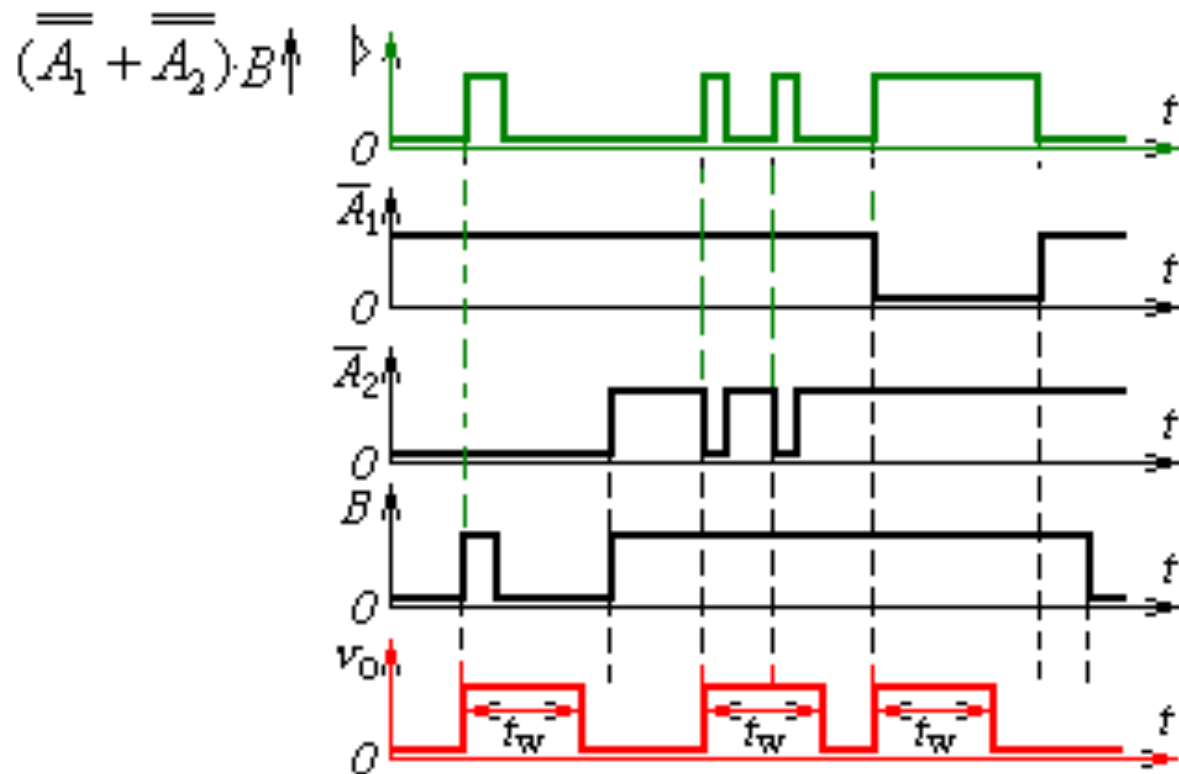
输 入			输 出	
$\overline{A_1}$	$\overline{A_2}$	B	Q	\overline{Q}
0	X	1	0	1
X	0	1	0	1
X	X	0	0	1
1	1	X	0	1
1	$\overline{\Psi}$	1	\square	$\overline{\square}$
$\overline{\Psi}$	1	1	\square	$\overline{\square}$
$\overline{\Psi}$	$\overline{\Psi}$	1	\square	$\overline{\square}$
0	X	\downarrow	\square	$\overline{\square}$
X	0	\downarrow	\square	$\overline{\square}$

74LS121功能表



1、TTL集成单稳态触发器

74LS121 的工作波形



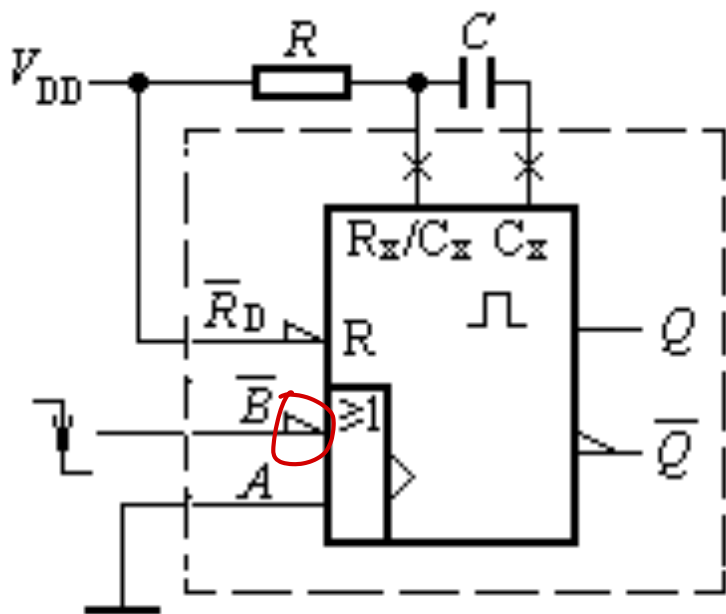
10.3.3 集成单稳态触发器

2、CMOS集成单稳态触发器

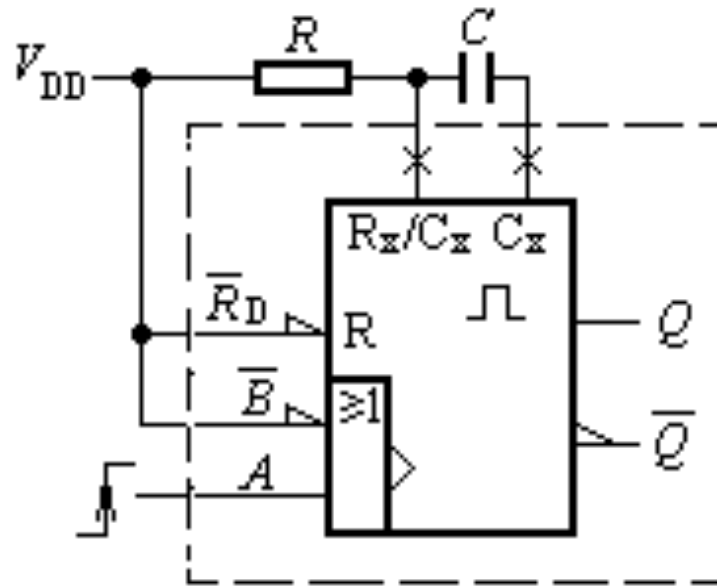
14528; 4098; 4538;

(1) CC14528 逻辑电路 P200

(2) CC14528 的逻辑符号及电路接法



↑
加在多数电平

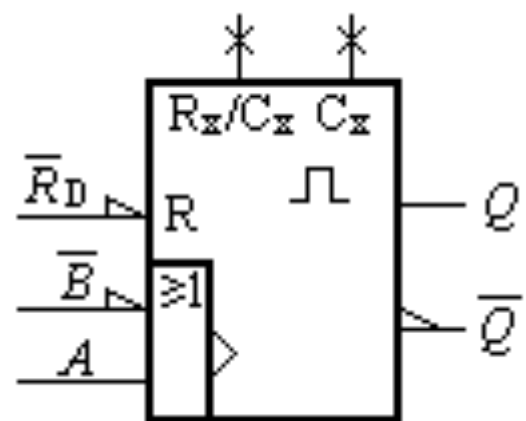
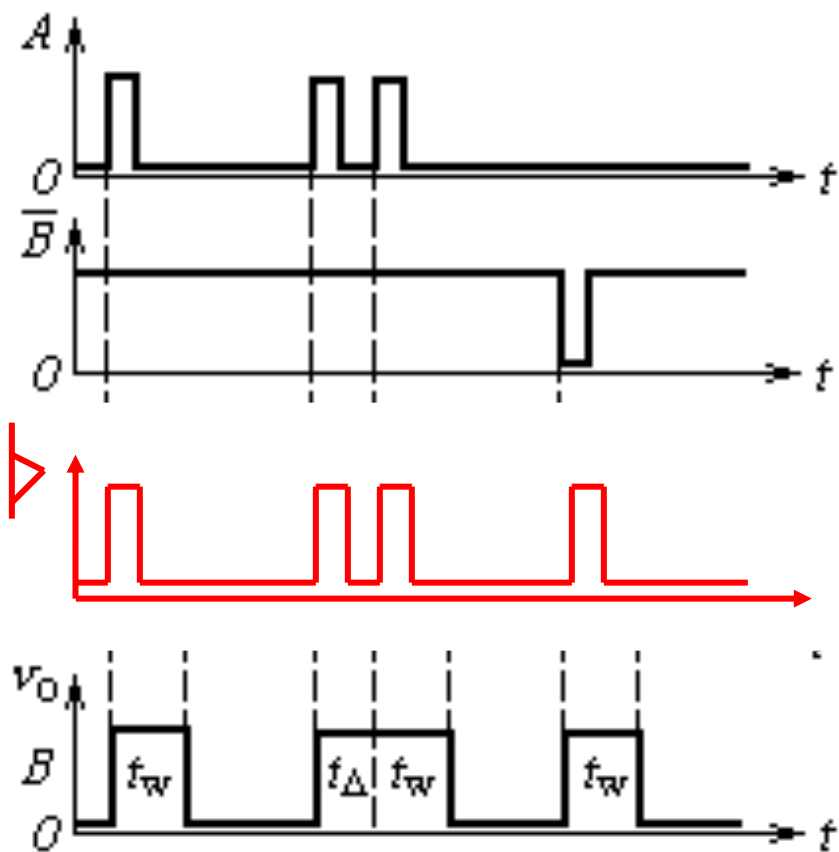


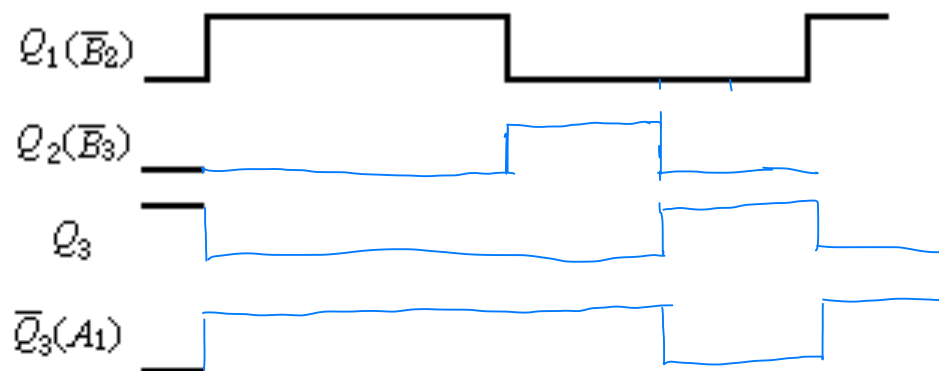
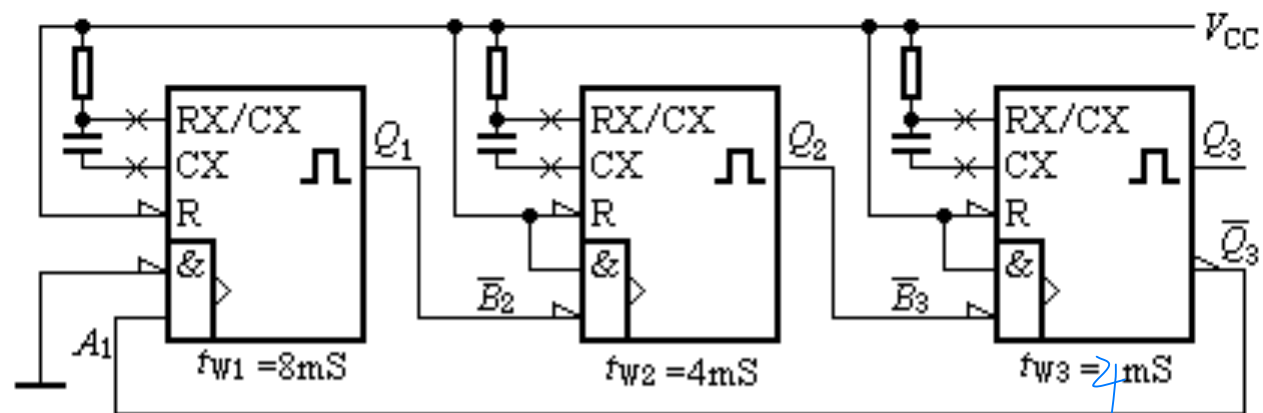
(b)

$$(A + \overline{\overline{B}}) \uparrow$$

2、CMOS集成单稳态触发器 14528

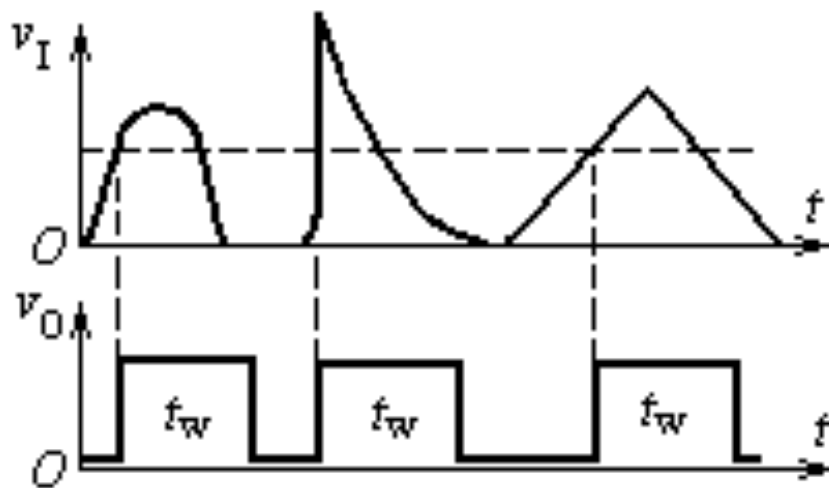
(3) CC14528 的工作波形





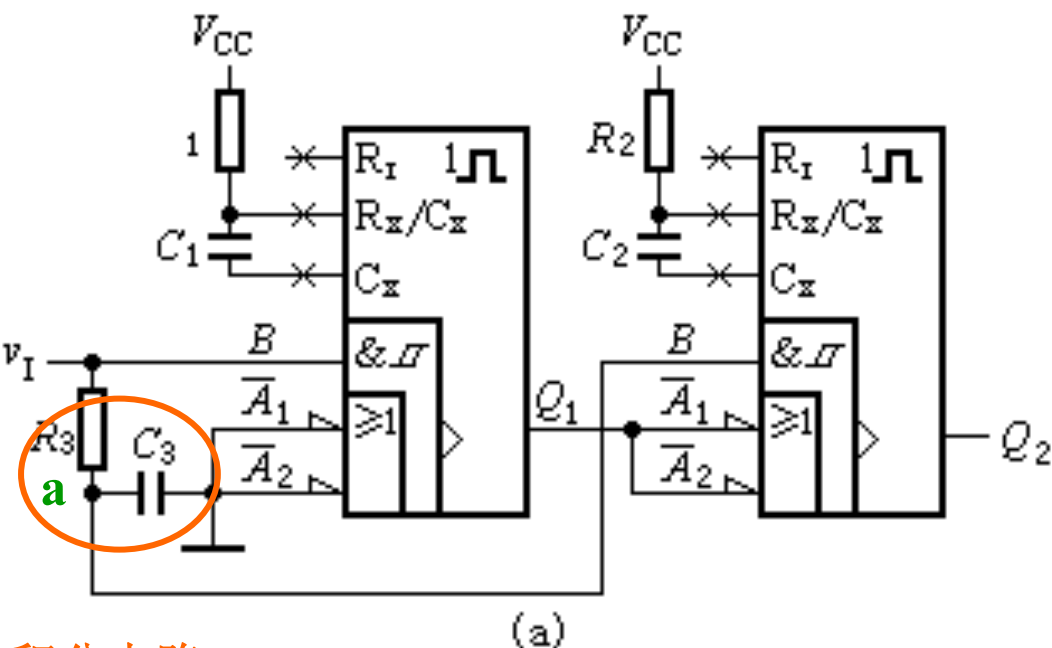
10.3.4 单稳态电路的应用

1、脉冲整形



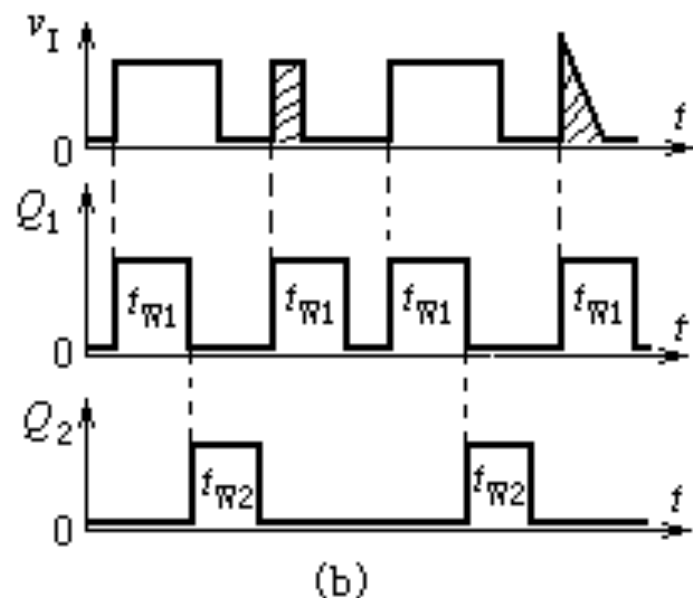
10.3.4 单稳态电路的应用

1、脉冲整形



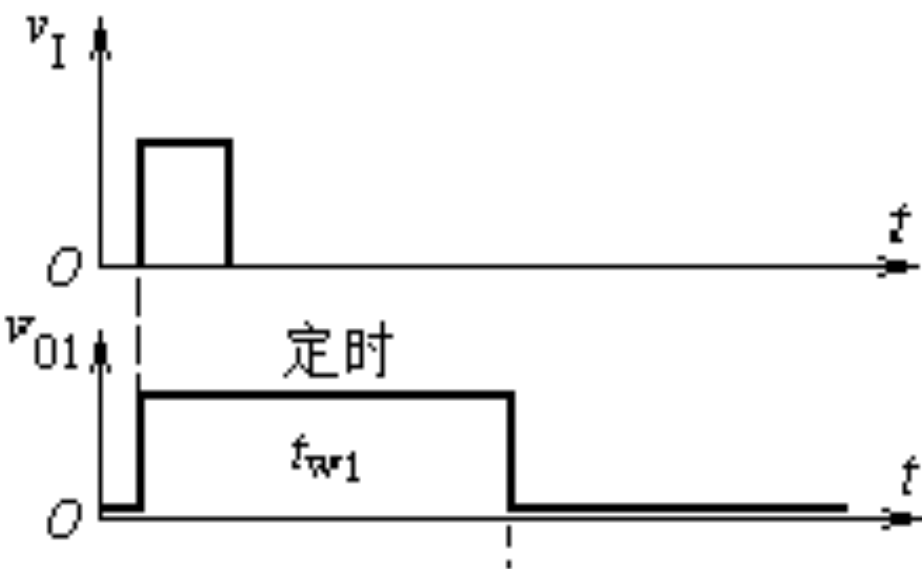
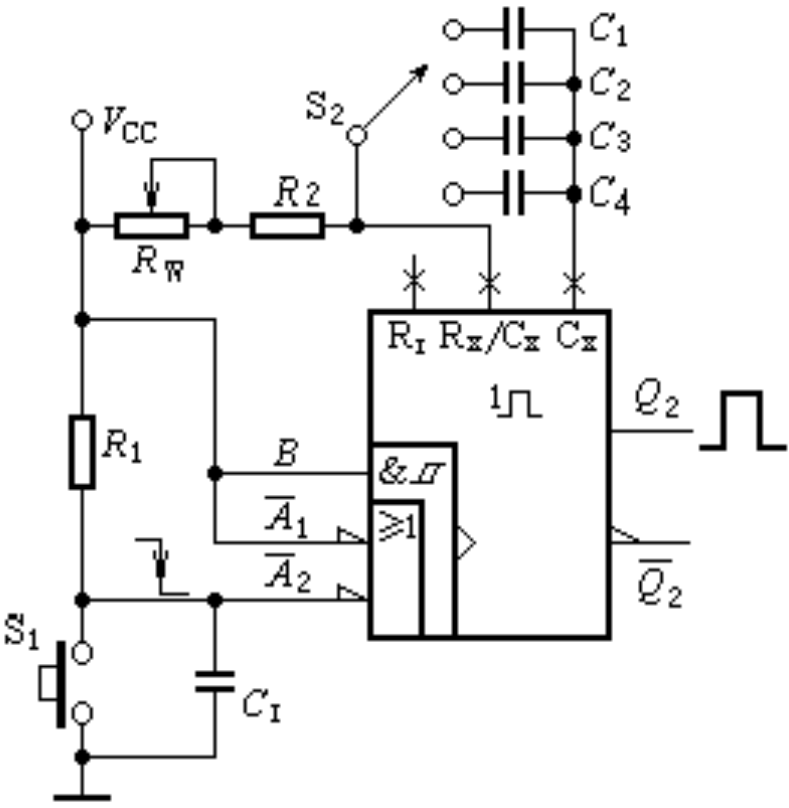
积分电路;
使a点电压
缓慢上升

单稳态触发器消除干扰的电路



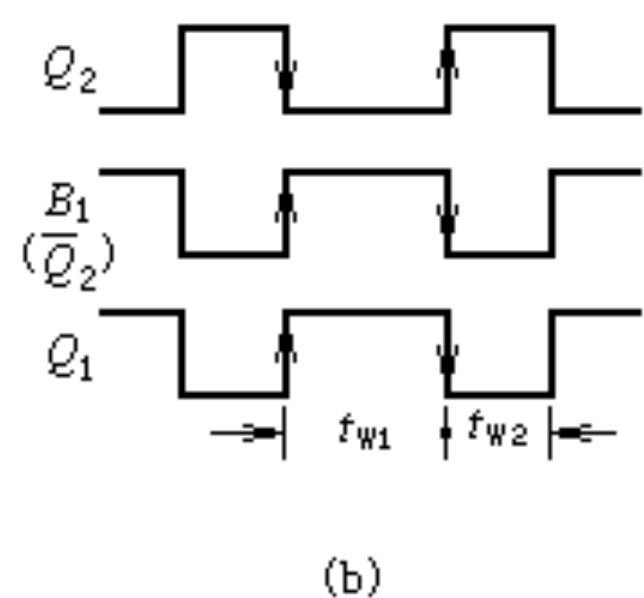
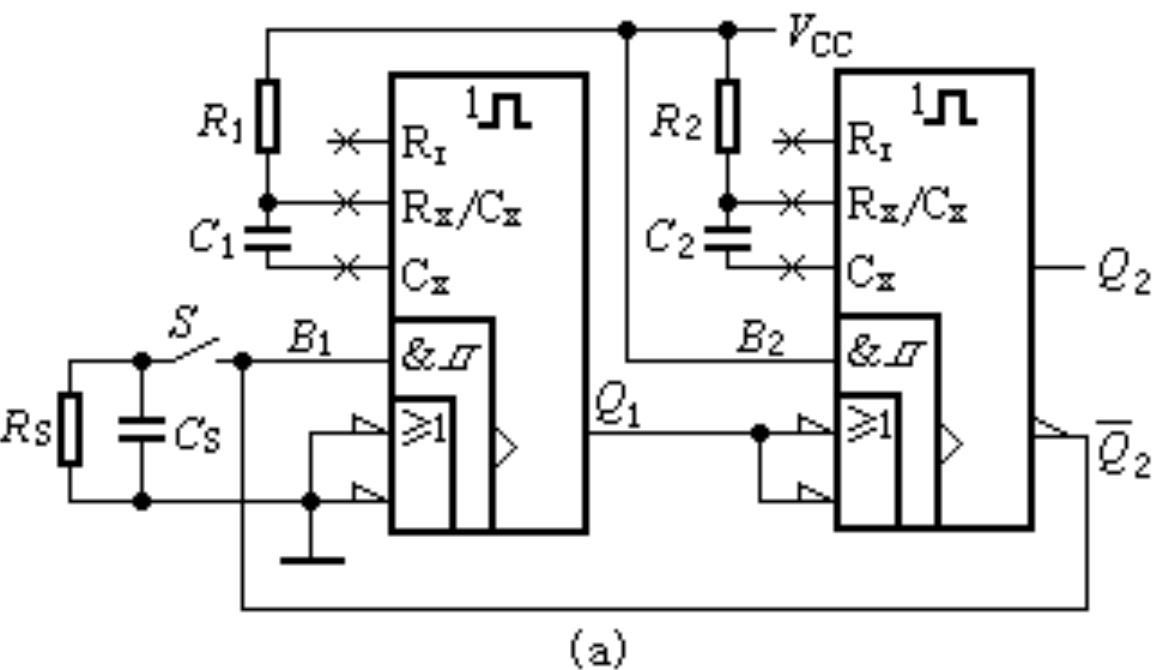
10.3.4 单稳态电路的应用

2、定时



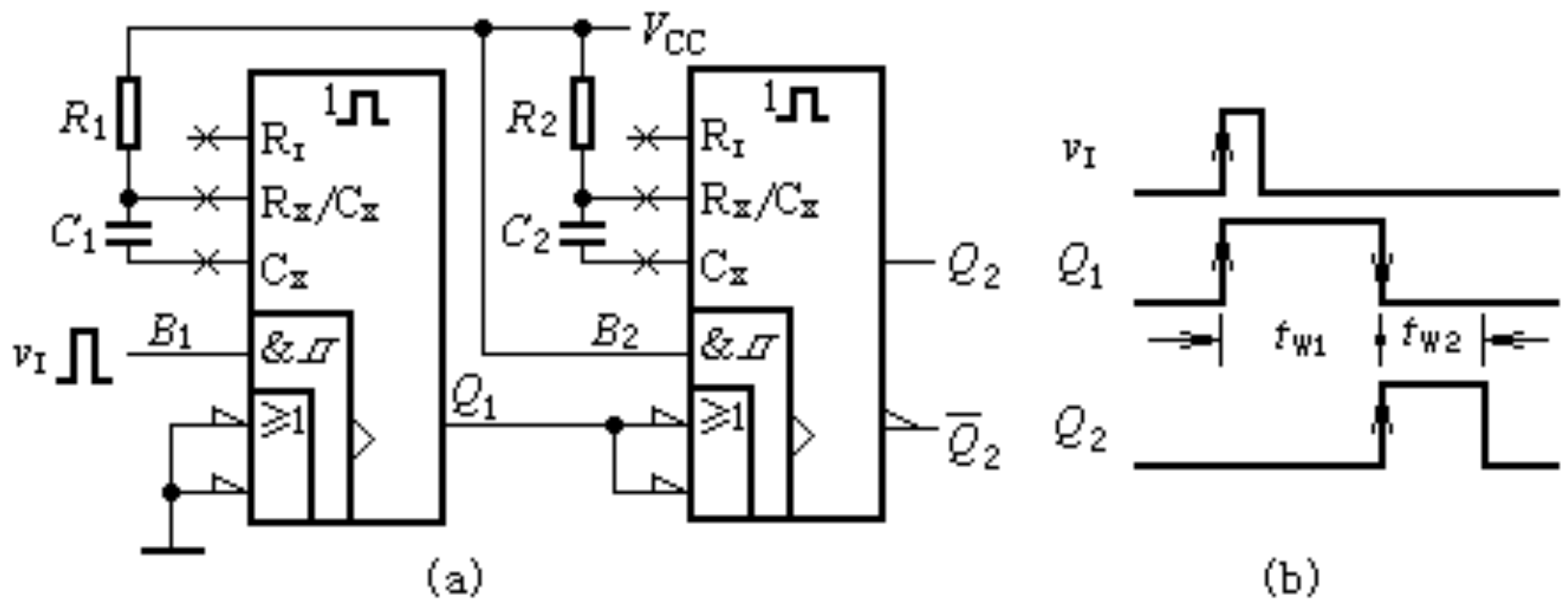
10.3.4 单稳态电路的应用

3、产生脉冲信号 (振荡)



10.3.4 单稳态电路的应用

4、延时电路



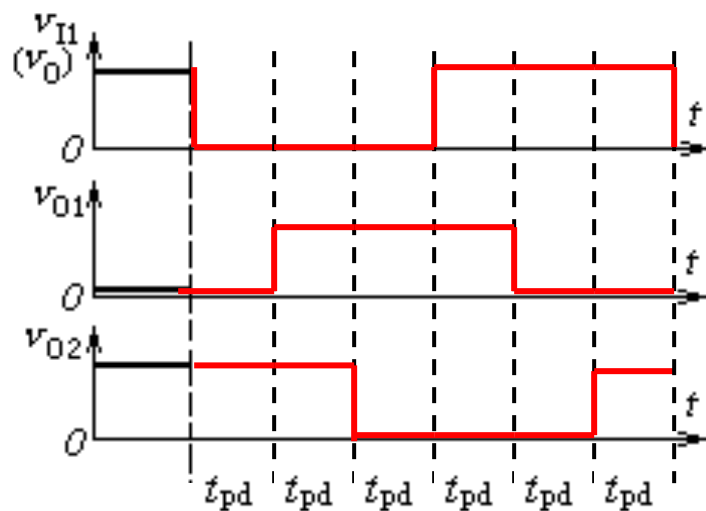
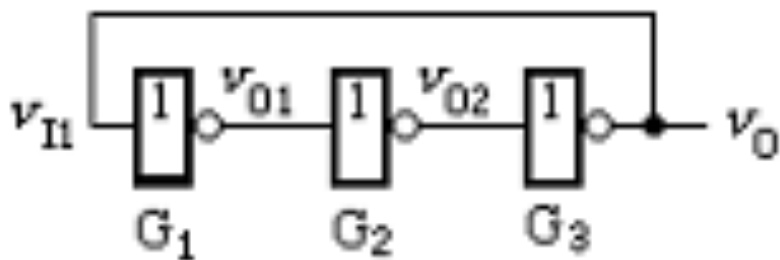
10.4 多谐振荡器

多谐振荡器是一种自激振荡器，是无稳态电路，接通电源后，无须外加触发信号，即可自动产生矩形脉冲。

由于矩形脉冲含有丰富的谐波分量，所以习惯上将矩形脉冲振荡器称为多谐振荡器。

10.4.1 用门电路组成的多谐振荡器

1、环形多谐振荡器



利用门电路的传输延迟时间来产生矩形脉冲。

三个TTL反相器传输延迟时间均为 t_{pd} 。

将大于1的奇数个反相器首尾相连构成闭合环形电路，形成多谐振荡器。

振荡周期为： $T=2n t_{pd}$

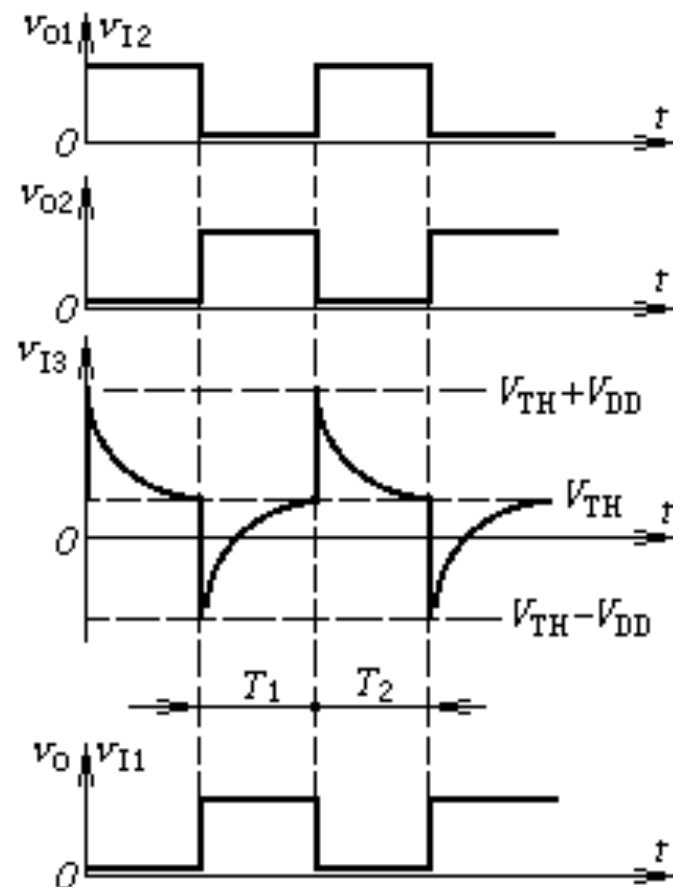
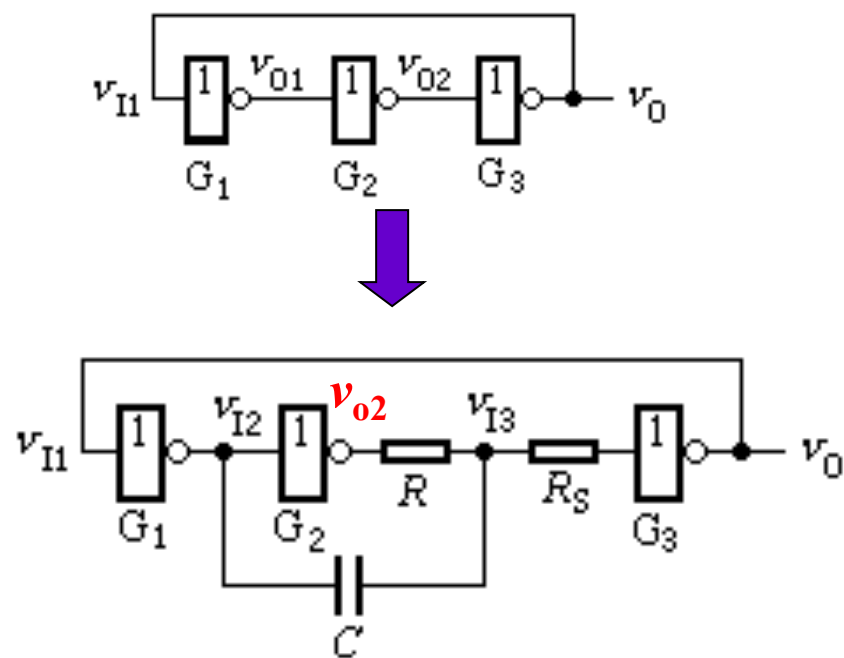
三级反相器组成的振荡器振荡周期： $T=2 \times 3 t_{pd} = 6 t_{pd}$

缺点： (1)振荡频率高； (2)频率不容易调节。

10.4.1 用门电路组成的多谐振荡器

1、环形多谐振荡器

增加了 RC （积分）定时的环形振荡器(cmos)



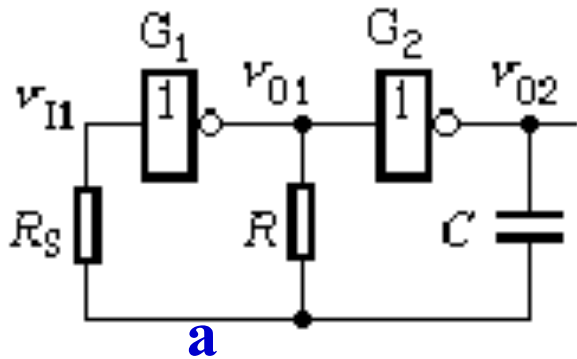
振荡周期: $T = T_1 + T_2 \approx 2RC \ln 3 \approx 2.2RC$

R_S 保护电阻

10.4.1 用门电路组成的多谐振荡器

1、环形多谐振荡器

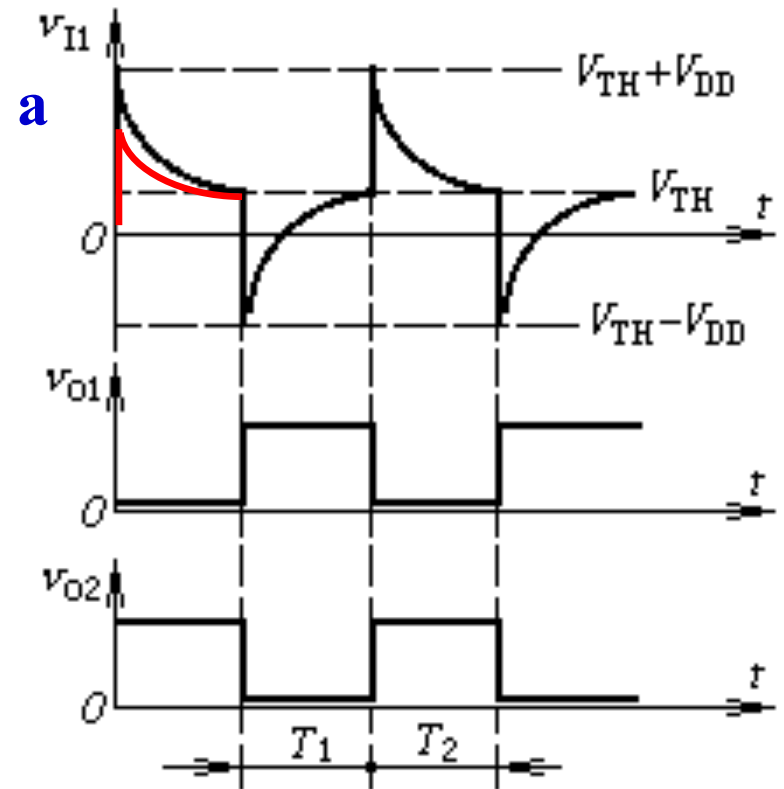
2、非对称式多谐振荡器(CMOS)



$$T_1 \approx RC \ln \frac{V_{DD} - (-V_{DD} + V_{th})}{V_{DD} - V_{th}} = RC \ln 3$$

$$T_2 \approx RC \ln \frac{0 - (V_{DD} + V_{th})}{0 - V_{th}} = RC \ln 3$$

$$T = T_1 + T_2 = 2RC \ln 3 \approx 2.2RC$$

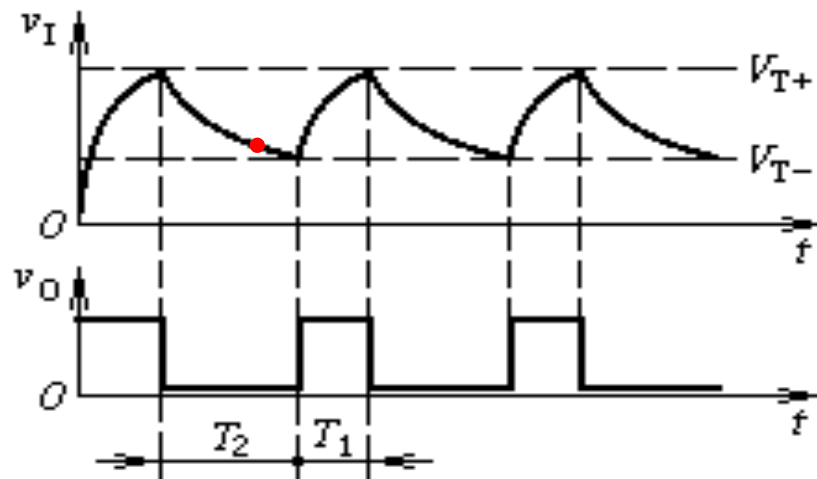
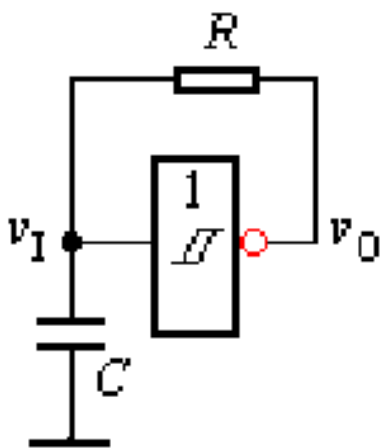


10.4.1 用门电路组成的多谐振荡器

1、环形多谐振荡器

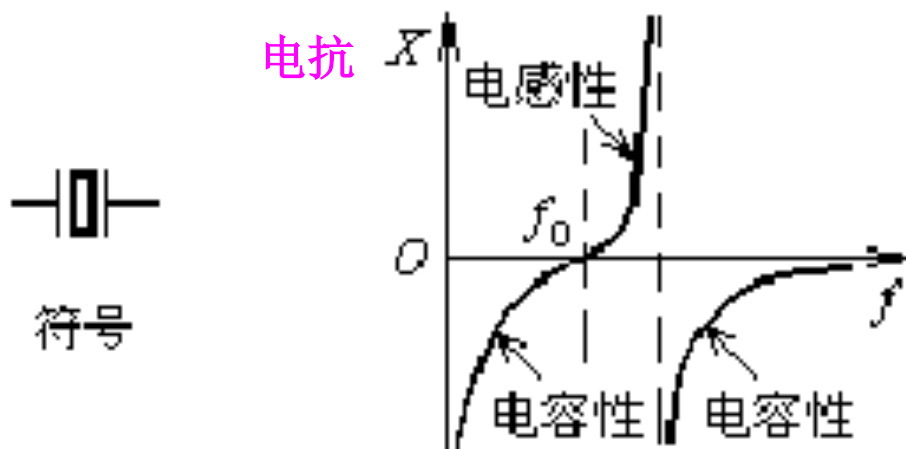
2、非对称式多谐振荡器

10.4.2 用施密特触发器构成的多谐振荡器

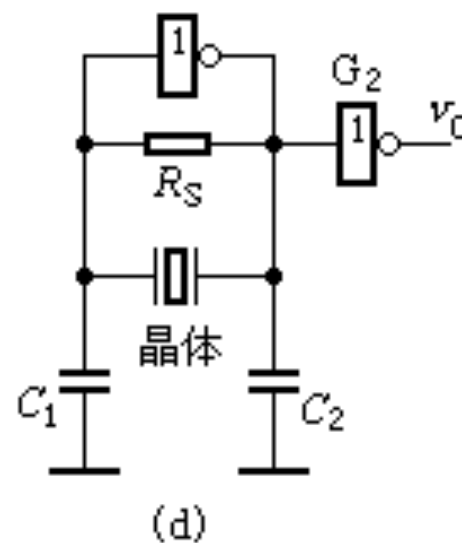
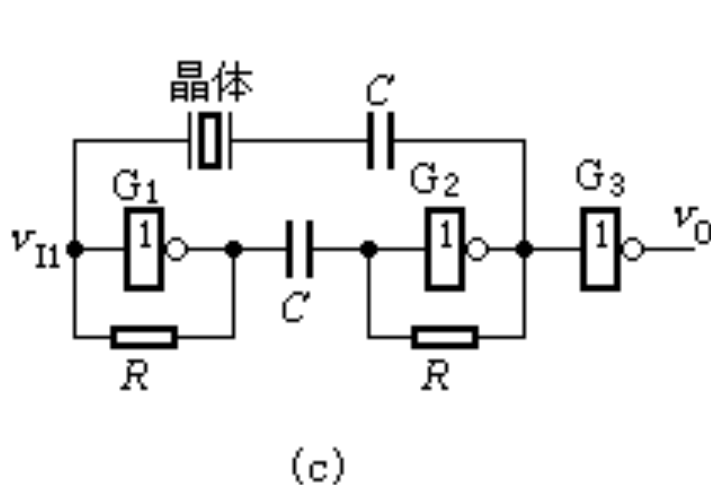


$$T = T_1 + T_2 = RC \ln \frac{V_{DD} - V_{T-}}{V_{DD} - V_{T+}} + RC \ln \frac{V_{T+}}{V_{T-}} = RC \ln \left(\frac{V_{DD} - V_{T-}}{V_{DD} - V_{T+}} \cdot \frac{V_{T+}}{V_{T-}} \right)$$

10.4.3 石英晶体多谐振振荡器



只允许频率
为 f_0 的谐波

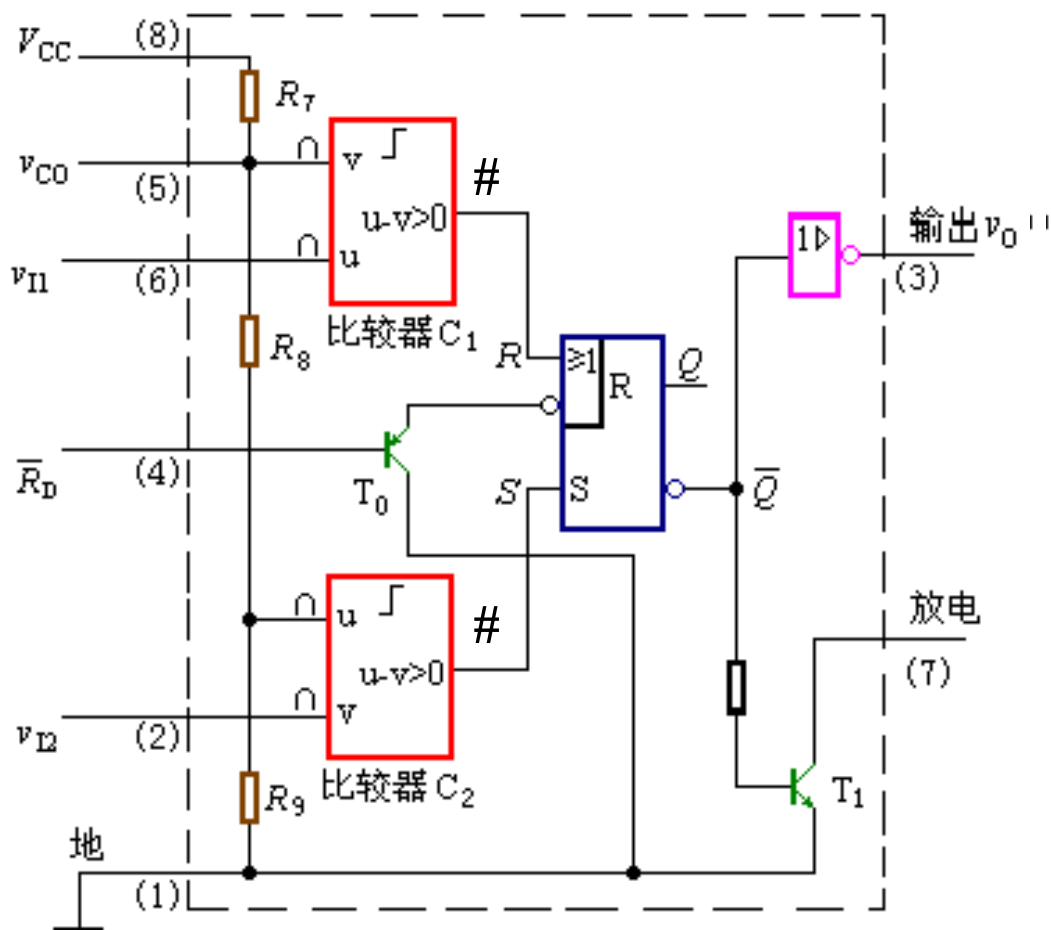


10.5 ~~555集成定时器~~

不求

555 定时器是将模拟电路和数字电路集成于一体的电子器件。可以很方便地实现多种脉冲电路的功能。

10.5.1 555 定时器的的工作原理



1、内部结构

电压比较器 C_1 、 C_2

RS 触发器

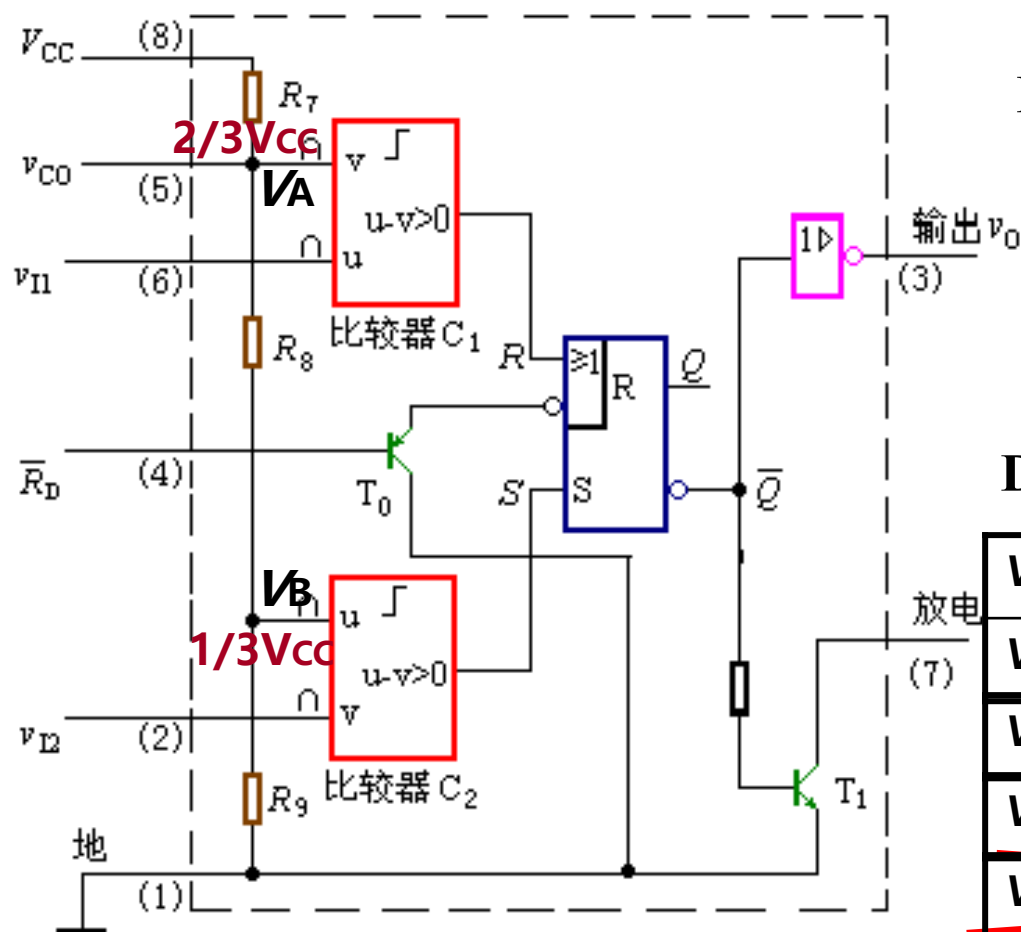
输出反相缓冲器

置 0 管 T_0 、OC 泄放三极管 T_1

电阻 $R_7 = R_8 = R_9 = 5k\Omega$

10.5.1 555 定时器的的工作原理

2、工作原理



A. $\because R_7=R_8=R_9=5k\Omega$

$\therefore V_A=2/3V_{CC}, V_B=1/3V_{CC}。$

B. 若控制电压输入端有输入电压 V_{CO} , 则 $V_A=V_{CO}$, $v_B=V_{CO}/2。$

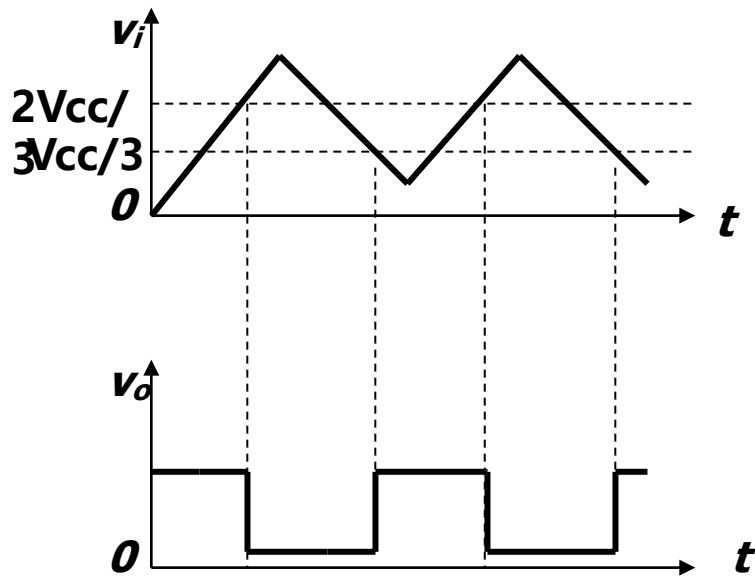
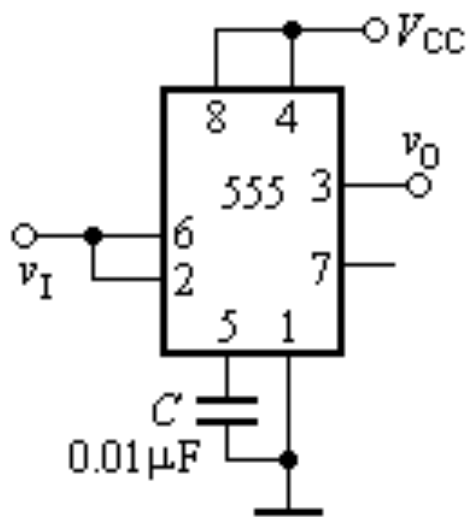
C. T_0 为 PNP 型三极管

D.

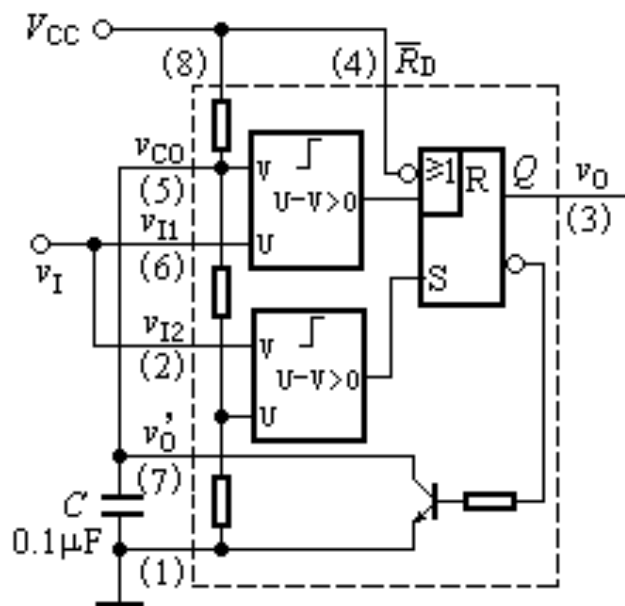
V_{I1}	V_{I2}	R	S	\bar{Q}	V_O
$V_{I1} < V_A$	$V_{I2} > V_B$	0	0	保持	保持
$V_{I1} < V_A$	$V_{I2} < V_B$	0	1	0	1
$V_{I1} > V_A$	$V_{I2} > V_B$	1	0	1	0
$V_{I1} > V_A$	$V_{I2} < V_B$	1	1	X	X

10.5.2 555集成定时器的应用举例

1、用555定时器构成施密特触发器



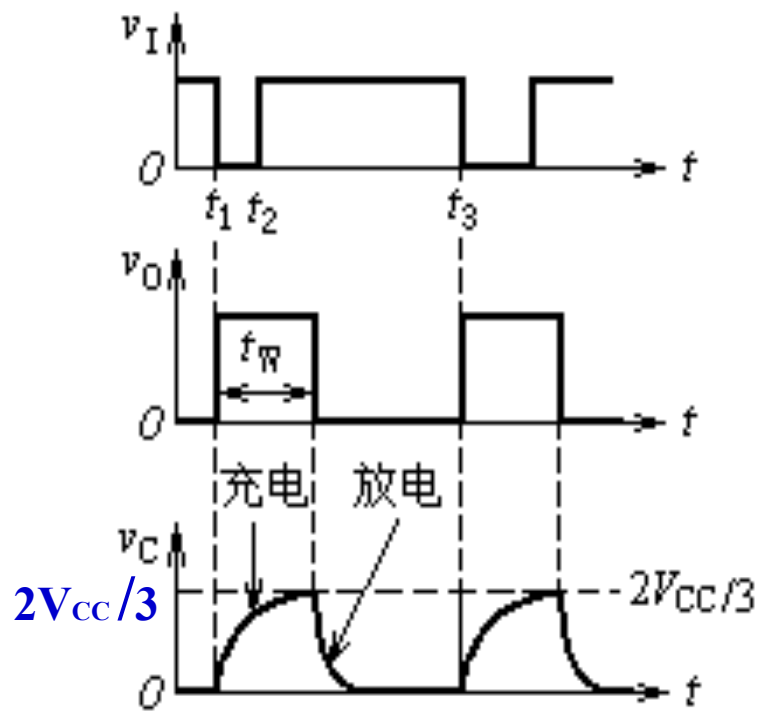
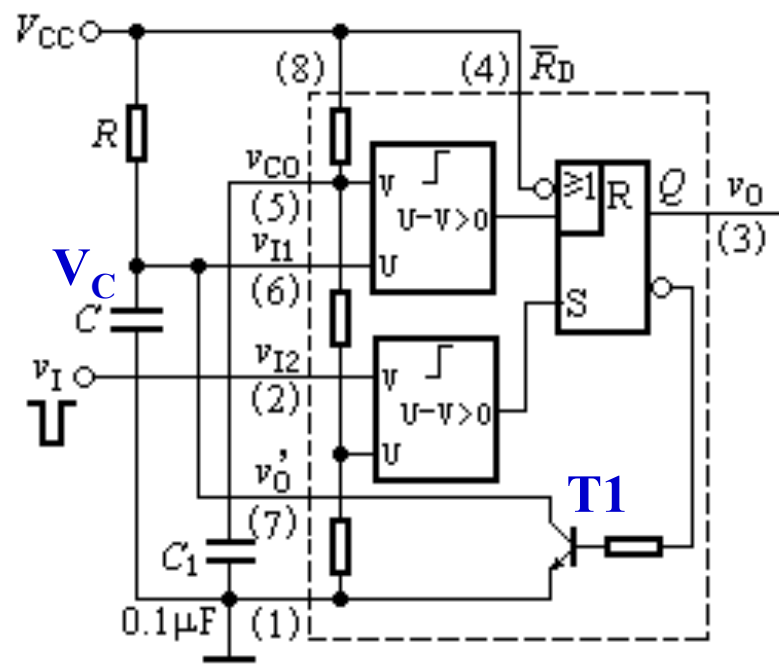
$V_A=2/3V_{CC}, V_B=1/3V_{CC}。$



$V_{I1}(TH)$	$V_{I2}(TR)$	V_O
$V_{I1} < V_A$	$V_{I2} > V_B$	不变
$V_{I1} < V_A$	$V_{I2} < V_B$	1
$V_{I1} > V_A$	$V_{I2} > V_B$	0

10.5.2 555集成定时器的应用举例

2、用555定时器构成单稳态触发器



稳态时： v_I = 高，所以 $S=0$ ， $Q=0$ ， $\overline{Q}=1$ ； $T1$ 导通，7脚 = 0 V

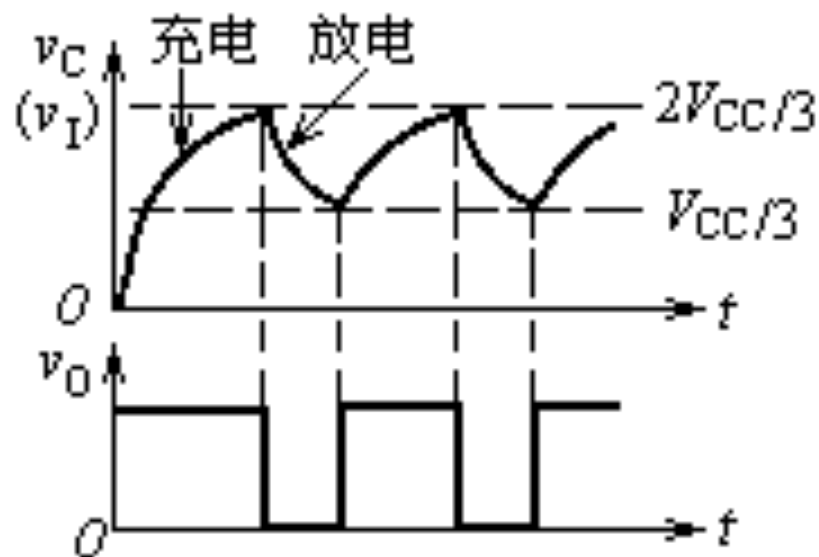
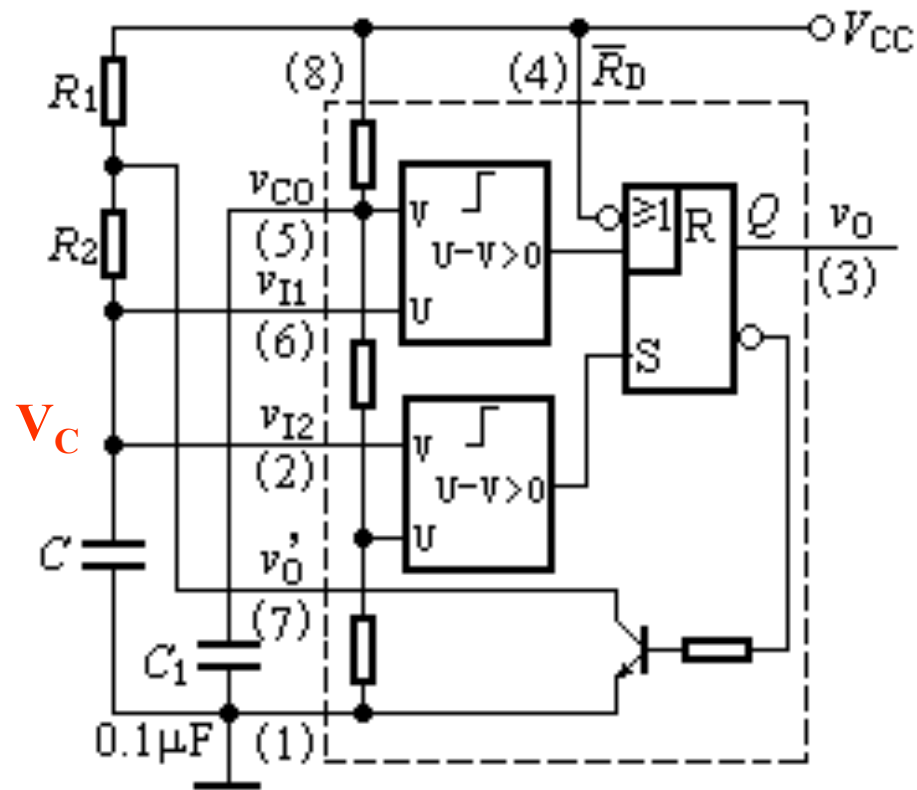
触发时： v_I = 低，所以 $R=0$ ， $S=1$ ； $Q=1$ ， $\overline{Q}=0$ ； 所以 $T1$ 截止， V_C 上升

V_C 上升至 $\frac{2}{3}V_{CC}$ 时，触发使 $R=1$ ， $Q=0$ ， $\overline{Q}=1$ ， $T1$ 通，通过7脚放电至 $V_C = 0$

$$t_W = RC \ln \frac{V_{CC} - 0}{V_{CC} - \frac{2}{3}V_{CC}} = RC \ln 3 = 1.1RC$$

10.5.2 555集成定时器的应用举例

3、用555定时器构成多谐振荡器

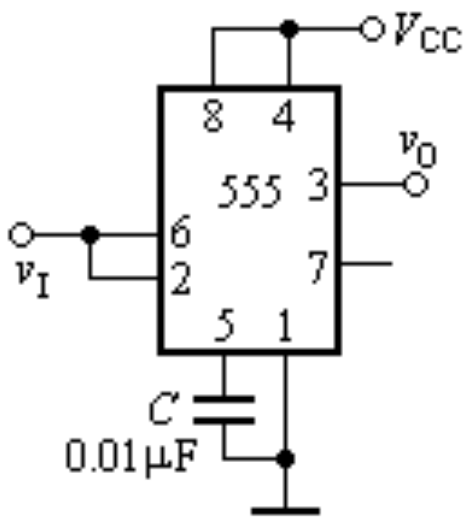


$$T = t_{w1} + t_{w2} = (R_1 + R_2)C \ln \frac{V_{CC} - V_{CC}/3}{V_{CC} - 2V_{CC}/3} + R_2C \ln \frac{0 - 2V_{CC}/3}{0 - V_{CC}/3}$$

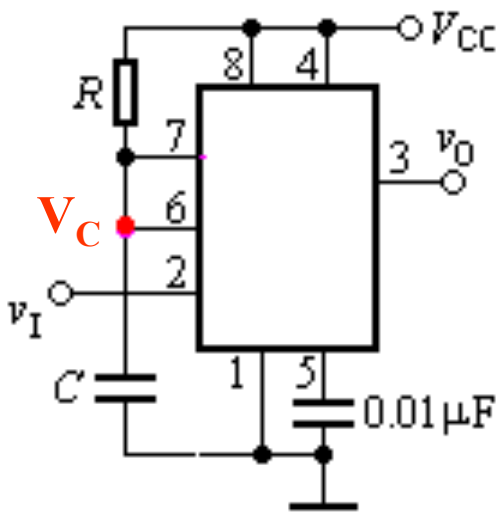
$$= (R_1 + R_2)C \ln 2 + R_2C \ln 2$$

$$= (R_1 + 2R_2)C \ln 2 = 0.7(R_1 + 2R_2)C$$

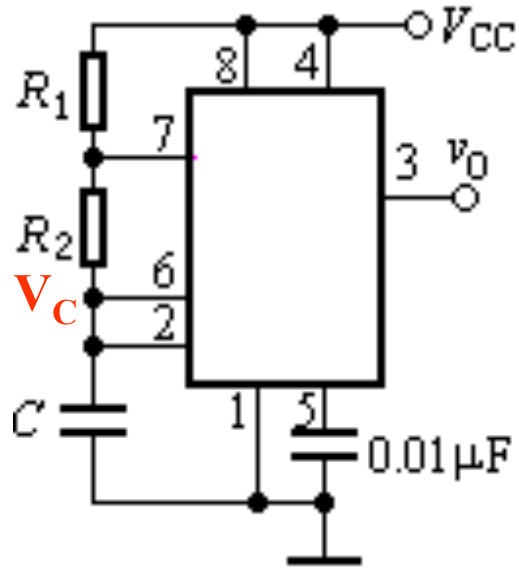
10.5.2 555集成定时器的应用举例



施密特

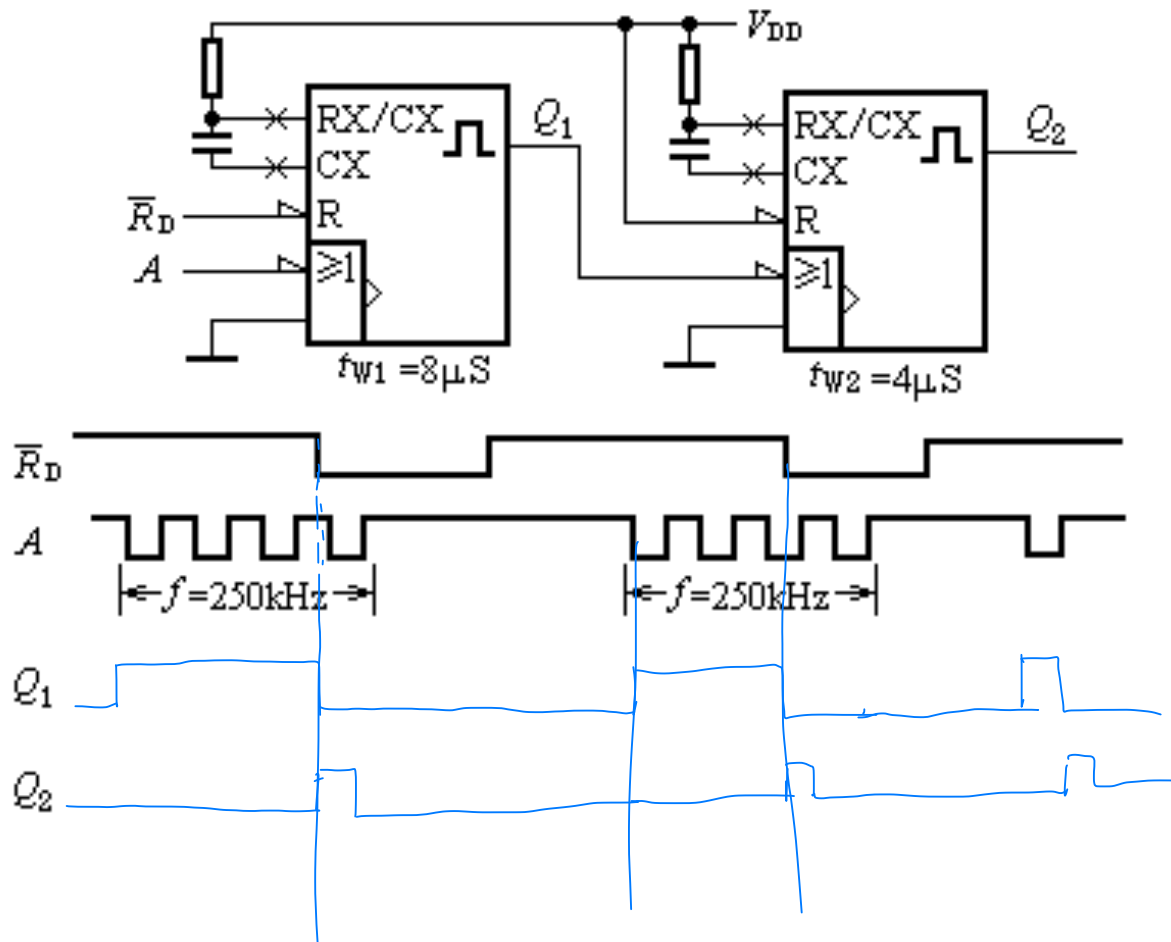


单稳

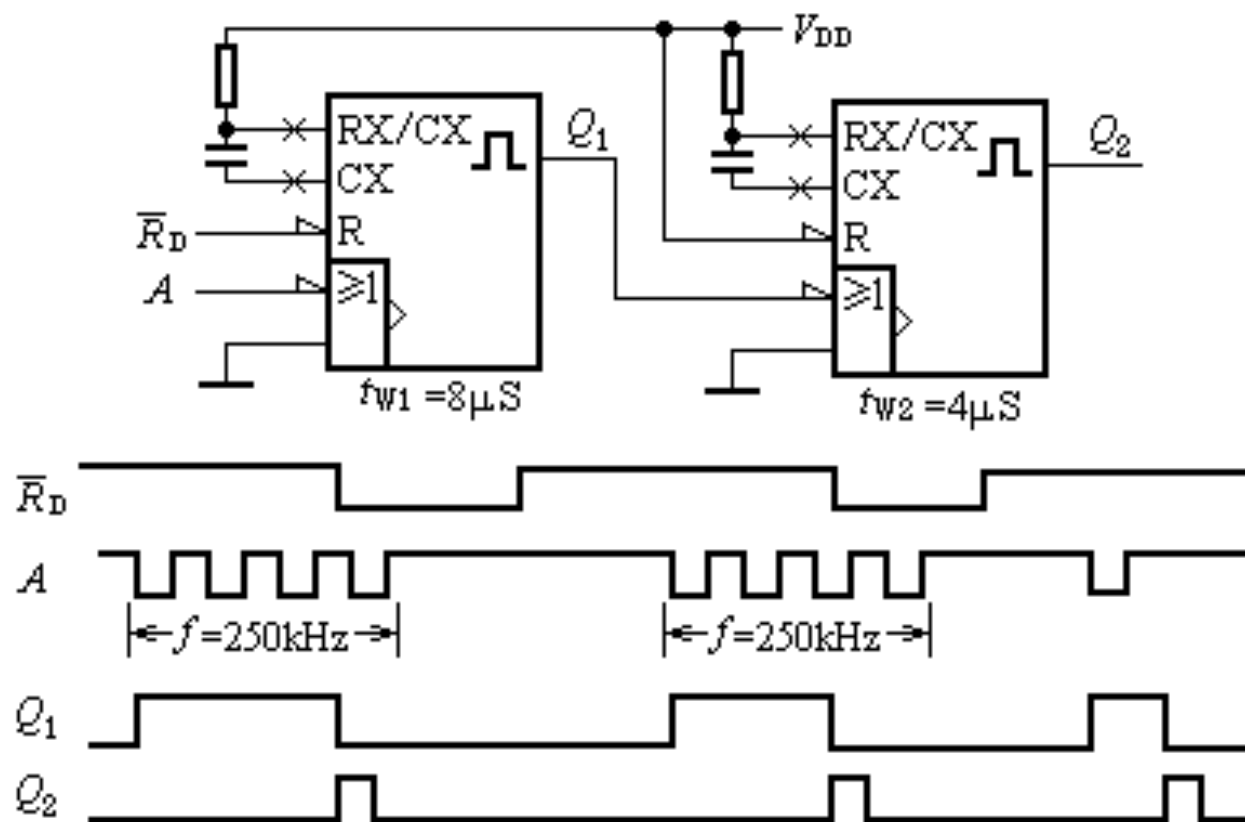


多谐振荡

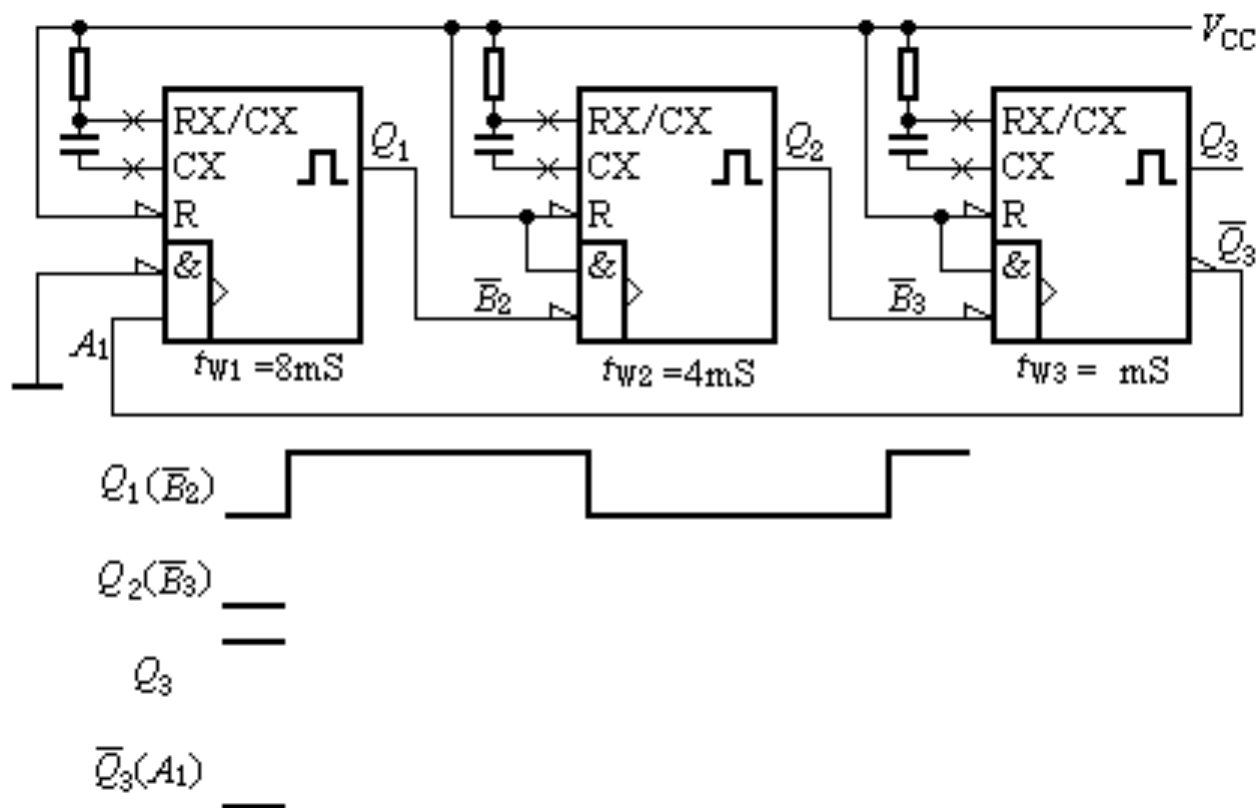
练习1：如图是用可重触发单稳集成芯片MC14528组成的延时电路，根据已知信号画出 Q_1 和 Q_2 的波形。（注意波形的宽度要按时间比例画，



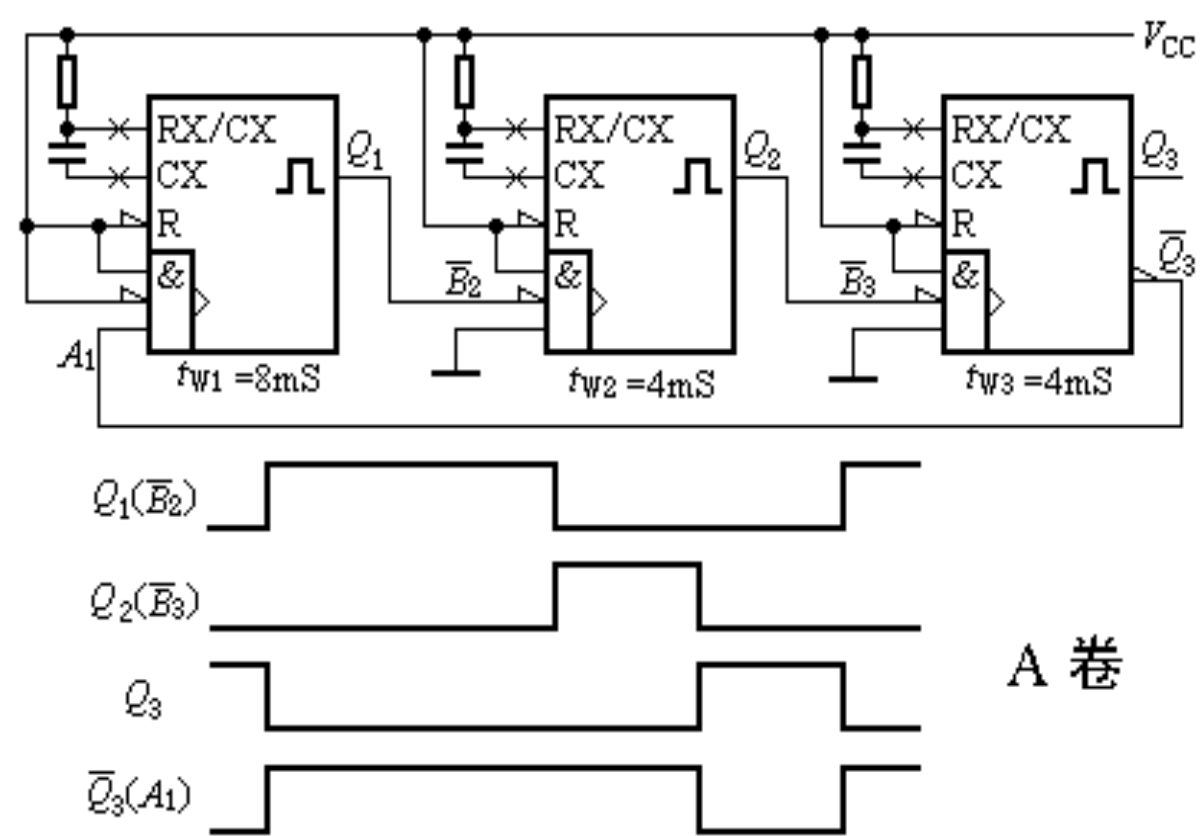
练习1答案



练习2：如图是用双单稳集成芯片SN74LS123组成的振荡电路，已知各单稳电路的输出脉冲宽度顺序为8mS、4mS和4mS，面画出 Q_1 、 Q_2 和 Q_3 的对应波形。



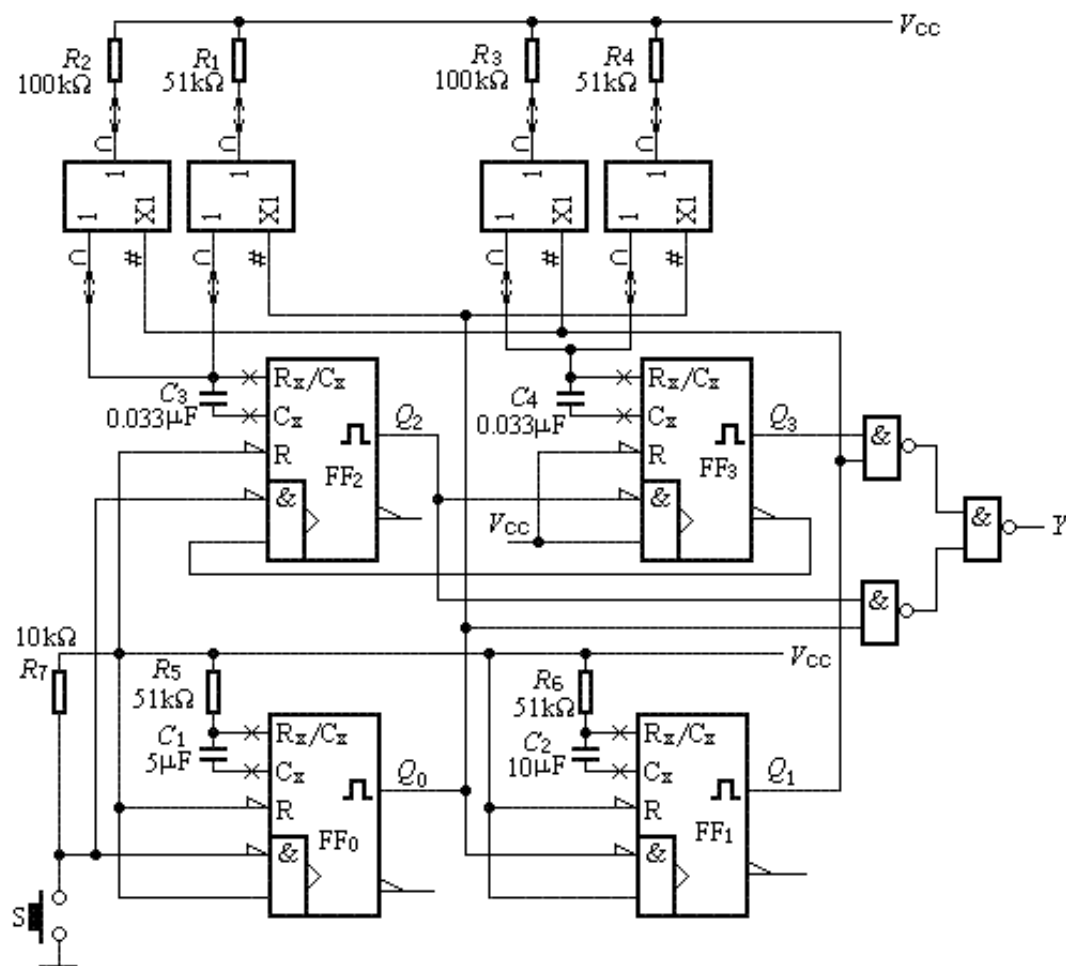
练习2答案：如图是用双单稳集成芯片SN74LS123组成的振荡电路，已知各单稳电路的输出脉冲宽度顺序为8mS、4mS和4mS，面画出 Q_1 、 Q_2 和 Q_3 的对应波形。



A 卷

练习3：如图所示电路有4个单稳态电路， $t_{W0} \approx 0.2s$ ， $t_{W1} \approx 0.4s$ ， t_{W2} 、 t_{W3} 由 C_3 、 C_4 、 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 的参数决定， R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 受 Q_0 、 Q_1 的控制， Y 为电路信号输出端。

- 1、计算暂态时间 t_{W2} 、 t_{W3} ，按计算式 $t_W \approx 0.6RC$ 计算。
- 2、输出 Y 在无按键按下时，处于什么电平状态。
- 3、请说明当按一次开关 S 后，信号输出端 Y 有怎样信号输出。



练习3答案:

1、当 $Q_0=1$ 时, $tw_2=0.6R_1C_3=1.02\text{ms}$; $tw_3=0.6R_4C_4=1.02\text{ms}$

当 $Q_1=1$ 时, $tw_2=0.6R_2C_3=2.00\text{ms}$; $tw_3=0.6R_3C_4=2.00\text{ms}$

2、低电平

3、当按下S后, 输出Y端将先输出一个频率约为500Hz方波信号, 持续时间0.2s, 后输出一个频率约为250Hz方波信号, 持续时间为0.4s, 然后处于低电平。

