

9 脉冲波形的变换与产生

9.1 单稳态触发器

9.2 施密特触发器

9.3 多谐振荡器

9.4 555定时器及其应用

1

9.1 单稳态触发器

9.1.1 用门电路组成的微分型单稳态触发器

9.1.2 集成单稳态触发器

9.1.3 单稳态触发器的应用

2

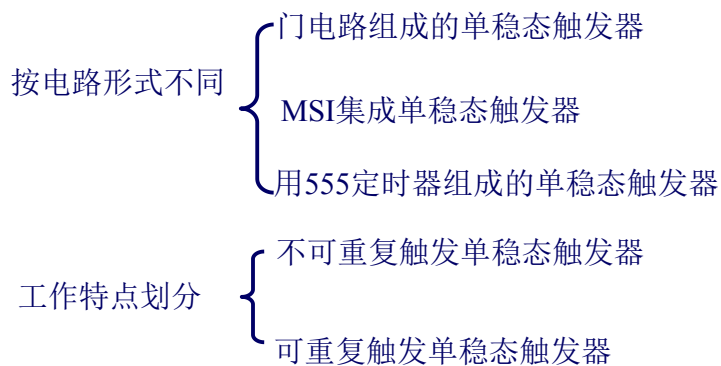
9.1单稳态触发器

单稳态触发器的工作特点：

- ① 电路在没有触发信号作用时处于一种稳定状态。
- ② 在外来触发信号作用下，电路由稳态翻转到暂稳态；
- ③ 由于电路中 RC 延时环节的作用，暂稳态不能长保持，经过一段时间后，电路会自动返回到稳态。暂稳态的持续时间仅取与 RC 参数值有关。

3

单稳态触发器的分类

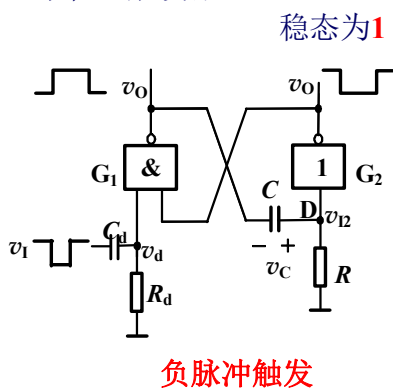


4

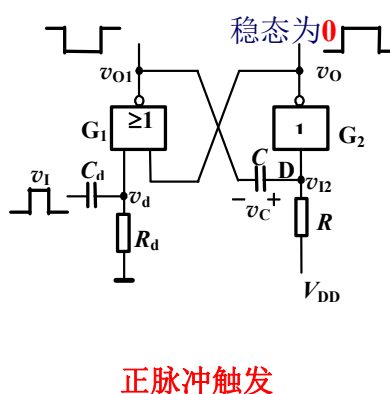
9.1.1 用CMOS门电路组成的微分型单稳态触发器

1. 电路

CMOS与非门构成的微分型单稳态触发器



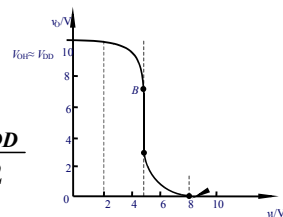
CMOS或非门构成的微分型单稳态触发器



5

工作原理:

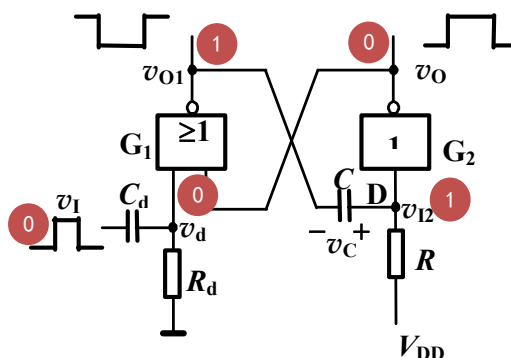
设定CMOS反相器的阈值电压 $V_{TH} \approx \frac{V_{DD}}{2}$



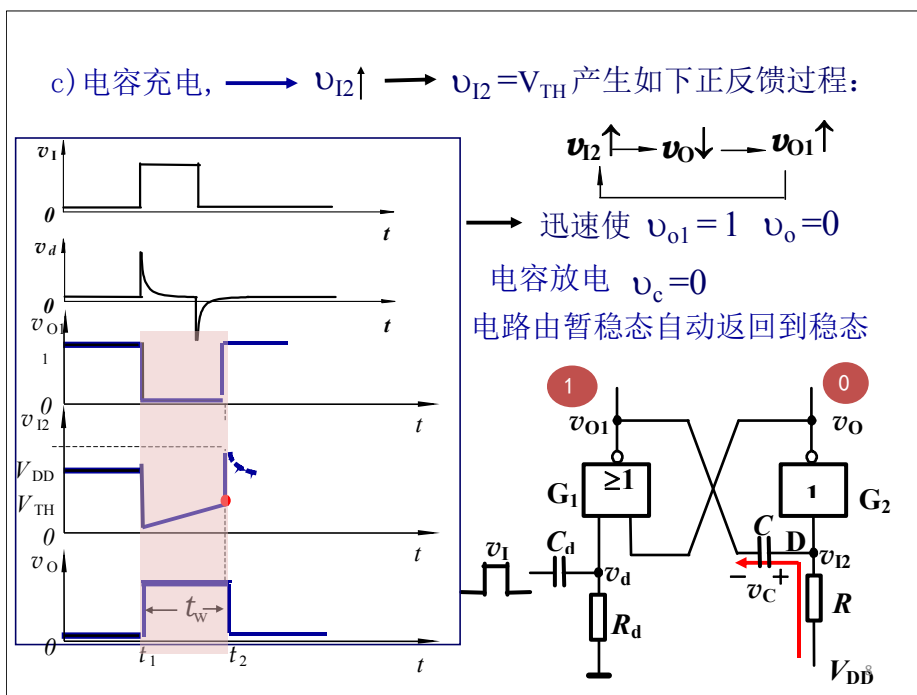
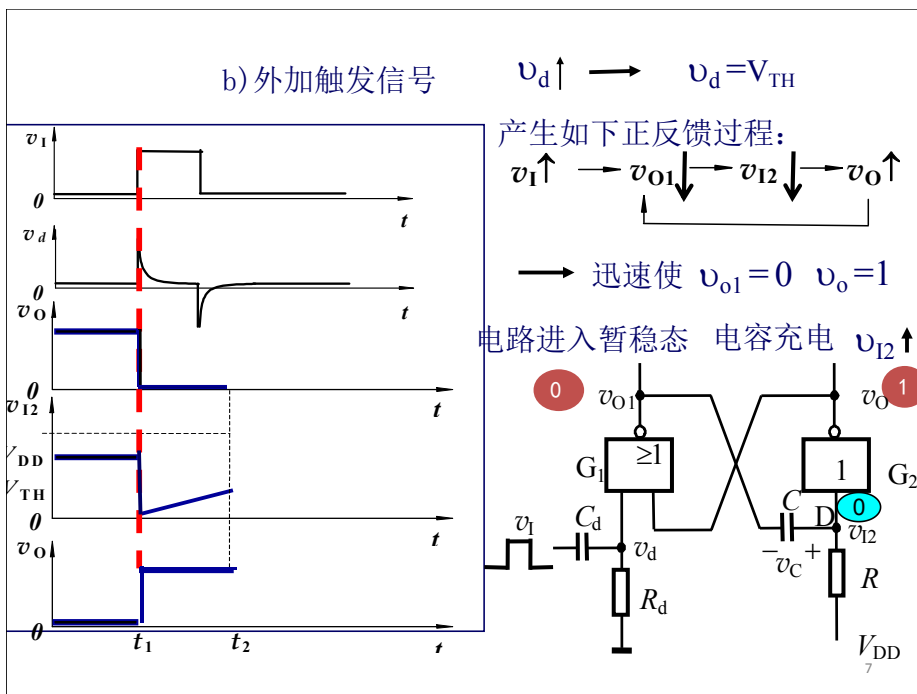
a) 没有触发信号时, $v_I = 0$

电路处于一种稳态:

$$v_O = 0 \quad v_C = 0$$



6



3、主要参数的计算

$$f(t) = f(\infty) + [f(0_+) - f(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}$$

(1) 输出脉冲宽度 t_w

$$t_w = RC \ln \frac{v_C(\infty) - v_C(0)}{v_C(\infty) - V_{TH}}$$

$$v_C(0) = 0; v_C(\infty) = V_{DD}$$

$$\tau = RC, V_{TH} = V_{DD}/2$$

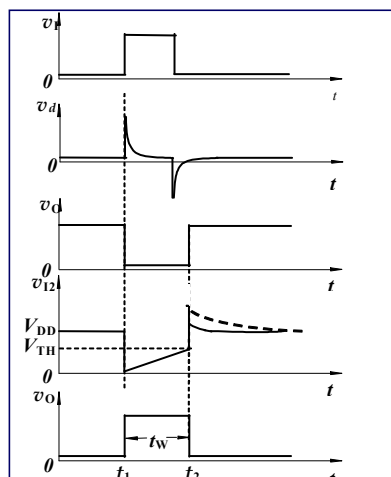
$$t_w = RC \ln \frac{V_{DD} - 0}{V_{DD} - V_{TH}} = RC \ln 2$$

$$t_w \approx 0.7RC$$

(2) 恢复时间 t_{re} $t_{re} \approx 3 \sim 5\tau$

(3) 最高工作频率 f_{max}

$$f_{max} = \frac{1}{T_{min}} < \frac{1}{t_w + t_{re}}$$

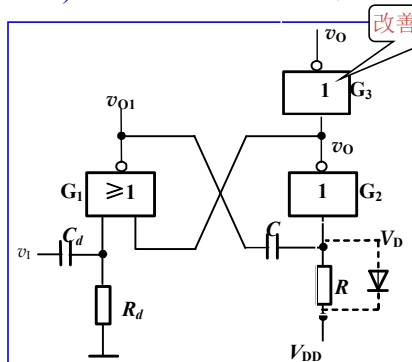


9

4. 讨论

a) 在暂稳态结束($t = t_2$)瞬间, 门 G_2 的输入电压 v_{i2} 达到 $V_{DD} + V_{TH}$, 可能损坏 G_2 门, 怎么办?

b) 用 TTL 门电阻 R 的取值可以是任意的吗?



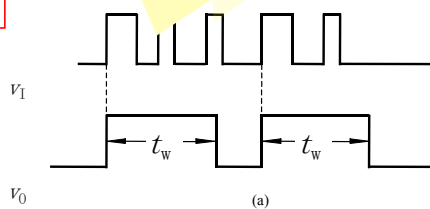
采用 TTL 与非门构成单稳电路时,
电阻 R 要小于 $0.7k\Omega$
电阻 R_d 要大于 $2k\Omega$

10

9.1.2 集成单稳态触发器

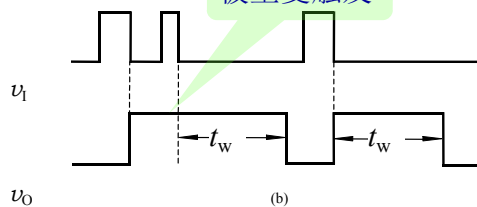
不可重复触发

没有被重复触发



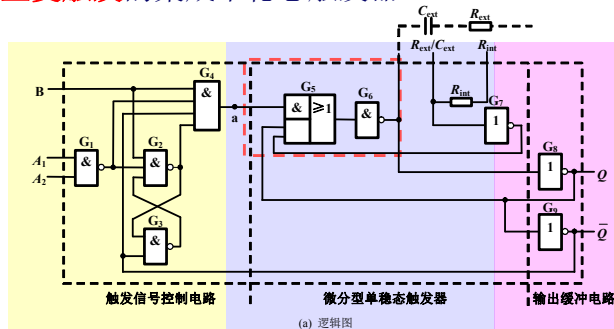
可重复触发

被重复触发



11

1. 不可重复触发的集成单稳态触发器 74121



触发信号控制电路 微分型单稳态触发器

电路的连接: C : 外接电阻容

R : 外接电阻或采用内部电阻

12

逻辑功能表

74121功能表

A_1	A_2	B	Q	\overline{Q}
L	\times	H	L	H
\times	L	H	L	H
\times	\times	L	L	H
H	H	\times	L	H
H	\downarrow	H	脉冲	脉冲
\downarrow	H	H	脉冲	脉冲
\downarrow	\downarrow	H	脉冲	脉冲
L	\times	\uparrow	脉冲	脉冲
\times	L	\uparrow	脉冲	脉冲

$$t_w \approx 0.7RC$$

不可触发，保持稳态不变

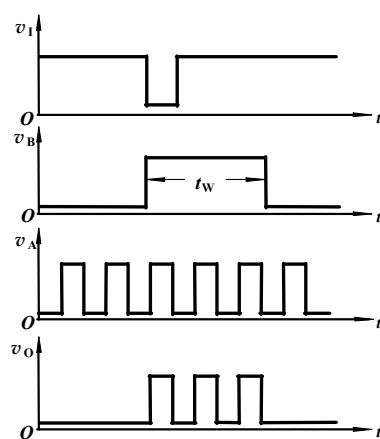
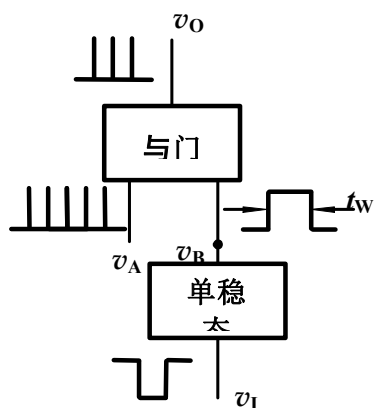
B 和 A_1 、 A_2 中有一个或两个为高电平，输入端 A_1 或 A_2 有一个或两个下降沿时电路被触发

A_1 、 A_2 中有一个或两个为低电平，在 B 端输入上升沿时电路被触发

13

9.1.3 单稳态触发器的应用

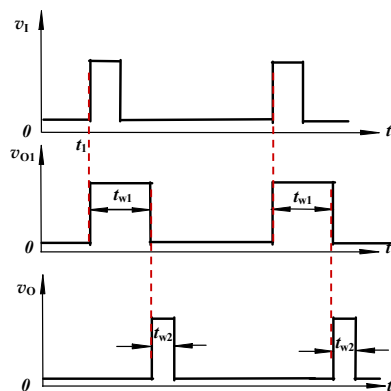
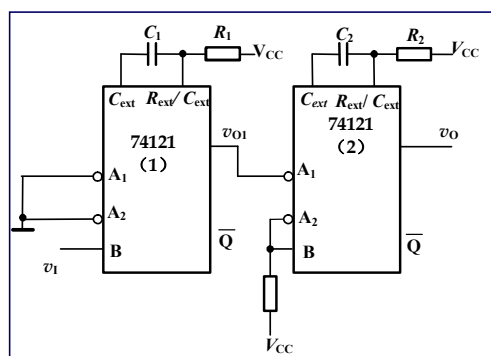
1. 定时



该电路可用于频率计：固定时间内计脉冲个数

14

2. 延时



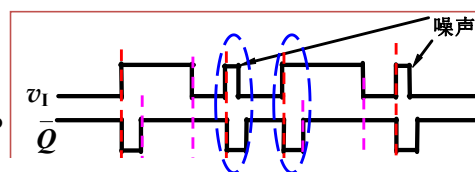
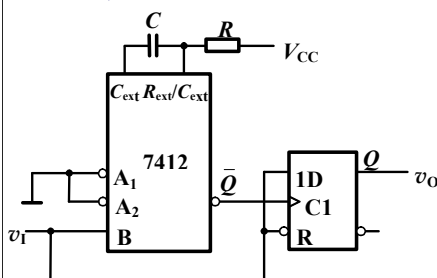
$$t_{w1} \approx 0.7 R_1 C_1$$

$$t_{w2} \approx 0.7 R_2 C_2$$

15

4. 组成噪声消除电路

如用 v_I 作为上升沿触发的计数器触发脉冲, 干扰加入, 就会造成计数错误.



单稳触发器的输出脉宽应大于噪声宽度而小于信号脉宽, 才可消除噪声。

16

9.2 施密特触发器

9.2.1 用门电路组成的施密特触发器

9.2.2 集成施密特触发器

9.2.3 施密特触发器的应用

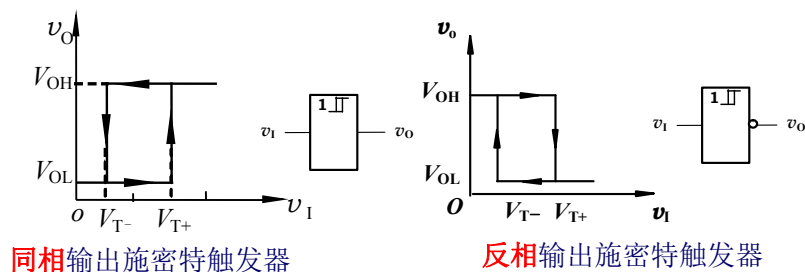
17

9.2 施密特触发器

1、施密特触发器电压传输特性及工作特点：

① 施密特触发器属于**电平**触发器件，当输入信号达到一定电压值时，输出电压会发生突变。

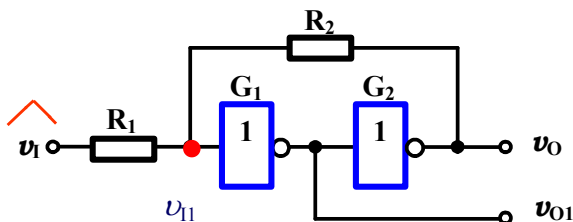
② 电路有两个阈值电压。输入信号增加和减少时，电路的阈值电压分别是**正向阈值电压**（ V_{T+} ）和**负向阈值电压**（ V_{T-} ）。



18

9.2.1 用门电路组成的施密特触发器

1、电路组成



2、工作原理

假定： $V_{TH} \approx \frac{V_{DD}}{2}$ $R_1 < R_2$ v_I 为三角波

$$v_{I1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot v_I + \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot v_O$$

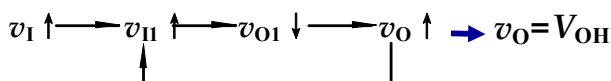
19

$$v_{I1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot v_I + \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot v_O$$

当 $v_{I1} = 0$, $v_O = 0V$

(1) v_I 上升 只要 $v_{I1} < V_{TH}$, 则保持 $v_O = 0V$

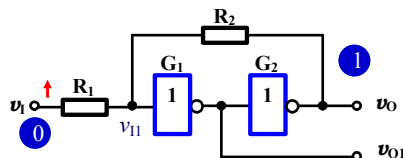
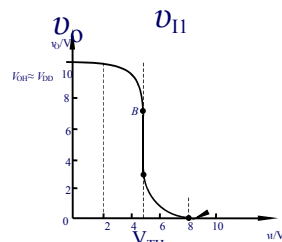
(2) 当 $v_{I1} = V_{TH}$, 电路发生正反馈：



正向阈值电压 (V_{T+}): v_I 值在增加过程中, 使输出电压产生跳变时所对应 v_I 的值 (此时, $v_O = 0$)。

$$v_{I1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot v_I + \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot v_O \quad v_{I1} = V_{TH} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{T+}$$

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

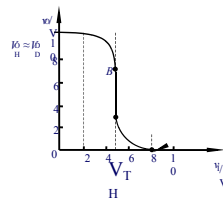


20

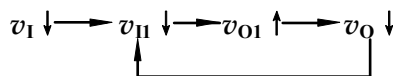
$$v_{i1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot v_1 + \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot v_o$$

(3) $v_{i1} > V_{TH}$ 电路, 维持 $v_o = V_{OH}$ 不变

(4) 当 v_1 下降, v_{i1} 也下降, 只要 $v_{i1} > V_{TH}$,
则保持 $v_o = V_{OH}$



当 $v_{i1} = V_{TH}$, 电路产生如下正反馈:



→ $v_o = V_{OL}$

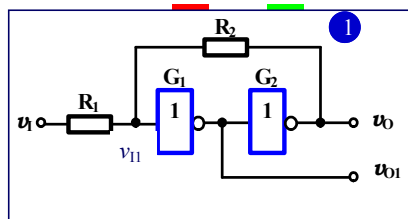
$$v_{i1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot v_1 + \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot v_o$$

$$v_{i1} \approx V_{TH} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{T-} + \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{DD} \quad (\text{跳变前瞬间, } v_o = 1)。$$

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

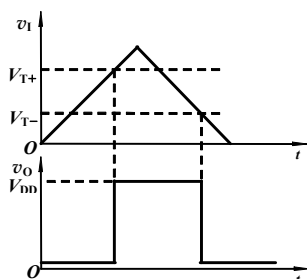
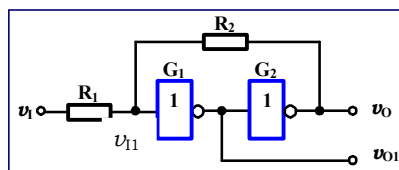
$$\Delta V_T = V_{T+} - V_{T-} \approx 2 \frac{R_1}{R_2} V_{TH} = \frac{R_1}{R_2} V_{DD}$$

21

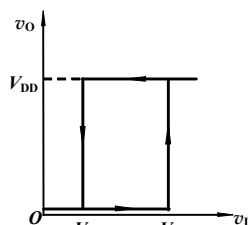


$$V_{T+} = (1 + \frac{R_1}{R_2}) V_{TH}$$

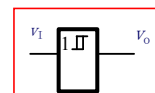
$$V_{T-} = (1 - \frac{R_1}{R_2}) V_{TH}$$



工作波形



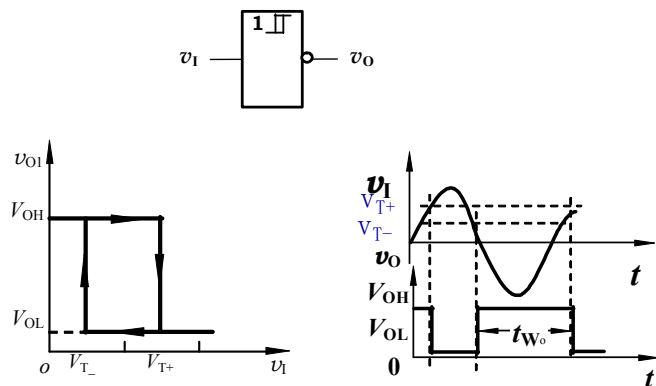
传特性曲线



22

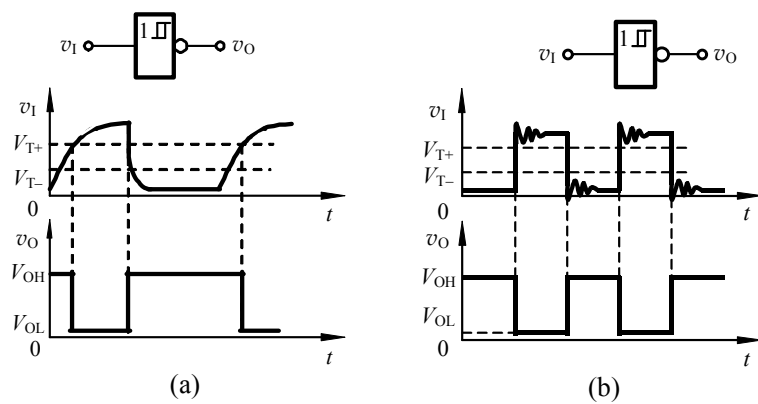
9.2.3 施密特触发器的应用

1. 波形变换



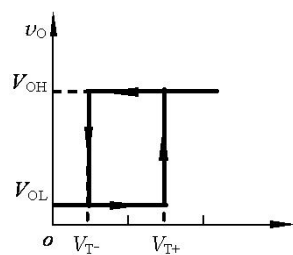
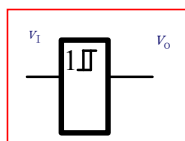
23

2. 波形的整形

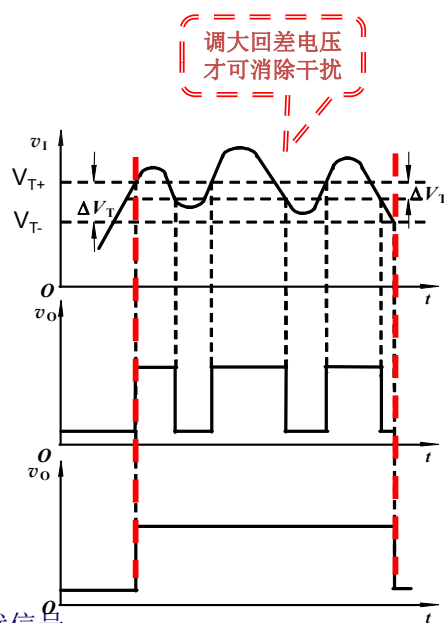


24

3. 消除干扰信号

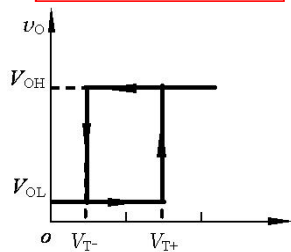
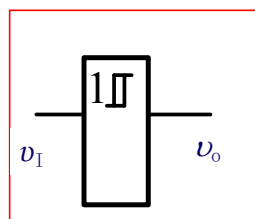


合理选择回差电压，可消除干扰信号。

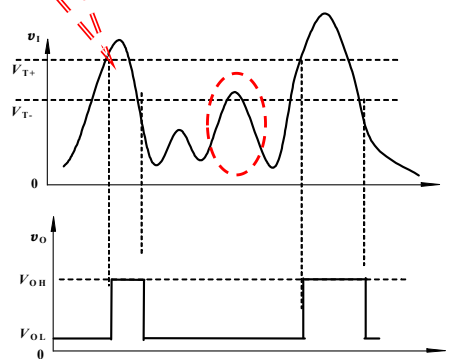


25

4. 幅度鉴别



只有幅度大于 V_{T+} 的脉冲
才会使施密特触发器翻转



26

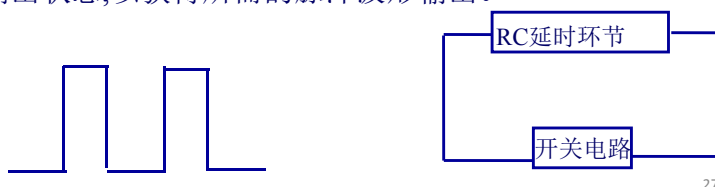
9.3 多谐振荡器

概述：上电后就能产生一定频率和一定幅值矩形波的**自激振荡器**。

多谐振荡器的基本组成：

开关器件：**产生高、低电平**

反馈延迟环节（ RC 电路）：利用 RC 电路的**充放电特性**实现延时，输出电压经延时后，**反馈**到开关器件**输入端**，改变电路的输出状态，以获得所需的脉冲波形输出。



27

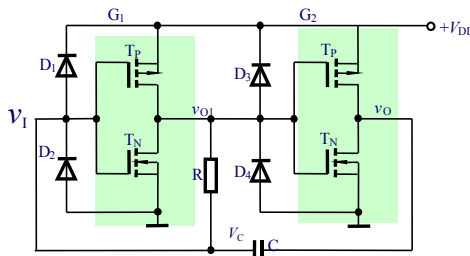
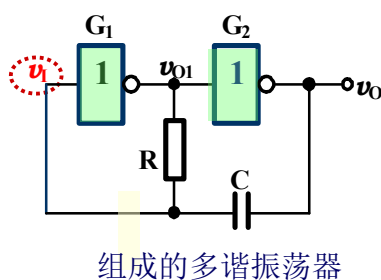
9.3.1 由CMOS门电路组成的多谐振荡器

1. 电路组成

v_{o1} 与 v_{o2} 反相,电容接在 v_o 与 v_i 之间:

$v_{o1}=1, v_o=0$ 时,电容**充电**, v_i 增加;

$v_{o1}=0, v_o=1$ 时,电容**放电**, v_i 下降;



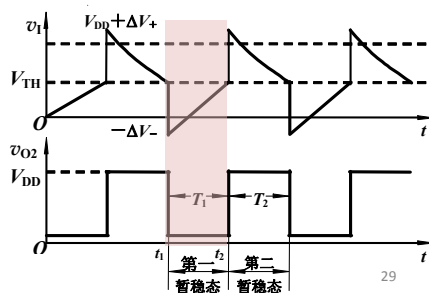
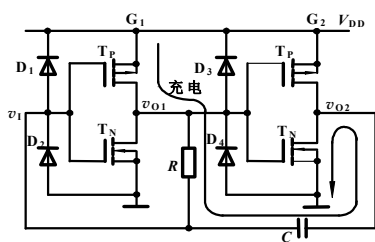
28

2. 工作原理

(1) 第一暂稳态（初态）电容充电，电路自动翻转到第二暂稳态

假定 $V_{TH} = V_{ON} = V_{OFF} = V_{DD}/2$ 电路初态: $v_{O1}=1$ $v_O=0$ $v_C=0V$

电容充电 $\rightarrow v_C \uparrow \rightarrow v_I \uparrow \rightarrow$ 当 $v_I = V_{TH}$ 时,
 $v_I \uparrow \rightarrow v_{O1} \downarrow \rightarrow v_O \uparrow$ 迅速使 G_1 导通、 G_2 截止

 $v_{O1}=0$ $v_{O2}=1$ 电路进入第二暂稳态 $v_{O1}=0$ $v_O=1$ 

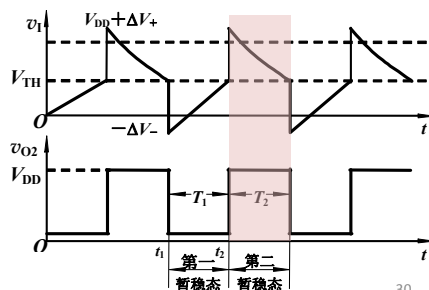
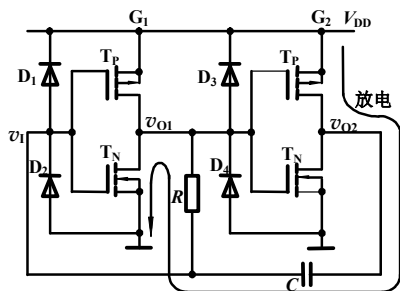
29

2. 工作原理

 $v_{O1}=0, v_O=1$

(2) 第二暂稳态电容放电，电路自动翻转到第一暂稳态

电容放电 $\rightarrow v_C \downarrow \rightarrow v_I \downarrow \rightarrow$ 当 $v_I = V_{TH}$ 时, \rightarrow
 $v_I \downarrow \rightarrow v_{O1} \uparrow \rightarrow v_O \downarrow$ 迅速使得 G_1 截止、 G_2 导通
 $v_{O1}=1$ $v_{O2}=0$ 电路返回第一暂稳态



30

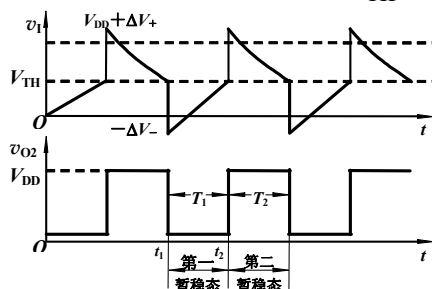
3. 振荡周期的计算 $t_W = RC \ln \frac{v_C(\infty) - v_C(0)}{v_C(\infty) - V_{TH}}$

T_1 : $v_1(0+) \approx 0$; $v_C(\infty) \approx V_{DD}$ $\tau = RC$, $T_1 = t_2 - t_1$

$$T_1 = RC \ln \frac{V_{DD}}{V_{DD} - V_{TH}}$$

T_2 : $v_1(0+) \approx V_{DD}$; $v_C(\infty) \approx 0$ $\tau = RC$, $T_2 = t_3 - t_2$

$$T_2 = RC \ln \frac{V_{DD}}{V_{TH}} \quad T = T_1 + T_2 = RC \ln \left[\frac{V_{DD}^2}{(V_{DD} - V_{TH}) \cdot V_{TH}} \right]$$



$$T = RC \ln 4 \approx 1.4RC$$

由门电路组成的多谐振荡器的振荡周期 T 取决于 R 、 C 电路和 V_{TH} ，当电源电压波动时，会使振荡频率不稳定(由其在 $V_{TH} \neq V_{DD}/2$ 时)。

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

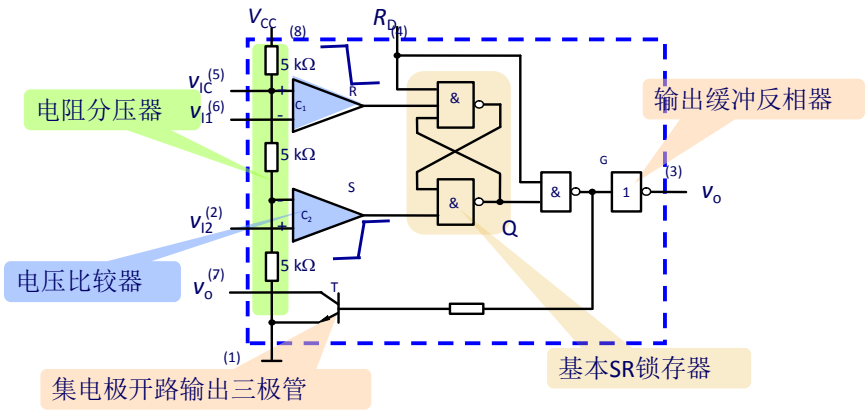
9.4.4 用555定时器组成多谐振荡器

9.4 555定时器及其应用

9.4.1 555定时器

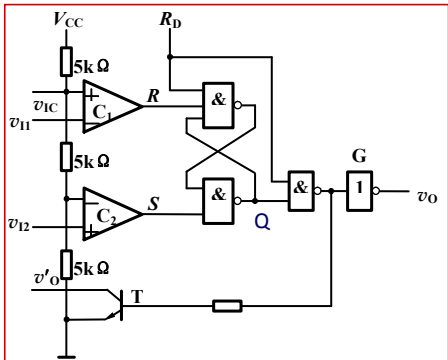
555定时器是一种应用方便的中规模集成电路, 广泛用于信号的产生、变换、控制与检测。

1、电路 结构



33

2、工作原理



输 入			输 出	
阈值输入(V _{I1})	触发输入(V _{I2})	复位(R _D)	输出(V _O)	放电管T
×	×	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	不变	不变
$> \frac{2}{3}V_{CC}$	$> \frac{1}{3}V_{CC}$	1	0	导通

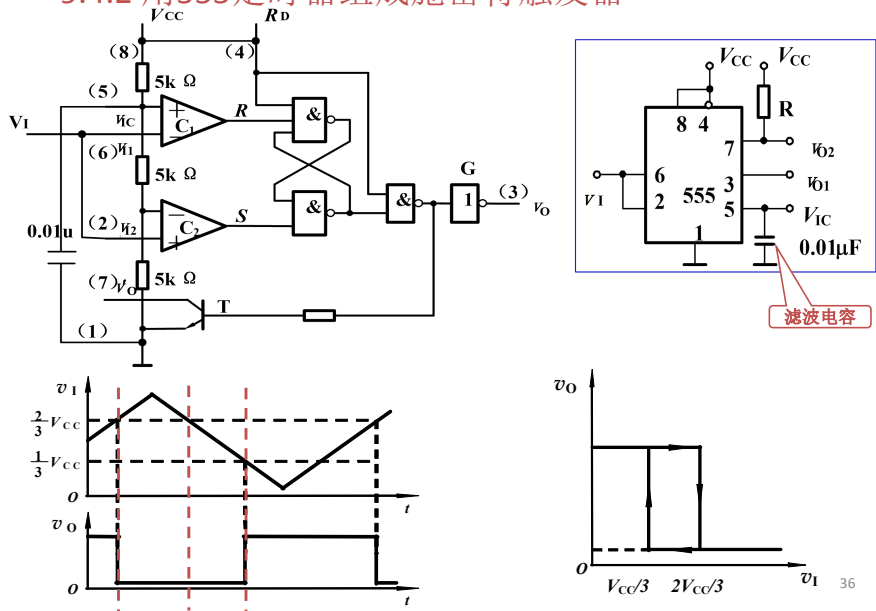
34

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(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	不变	不变
$> \frac{2}{3}V_{CC}$	$> \frac{1}{3}V_{CC}$	1	0	导通

35

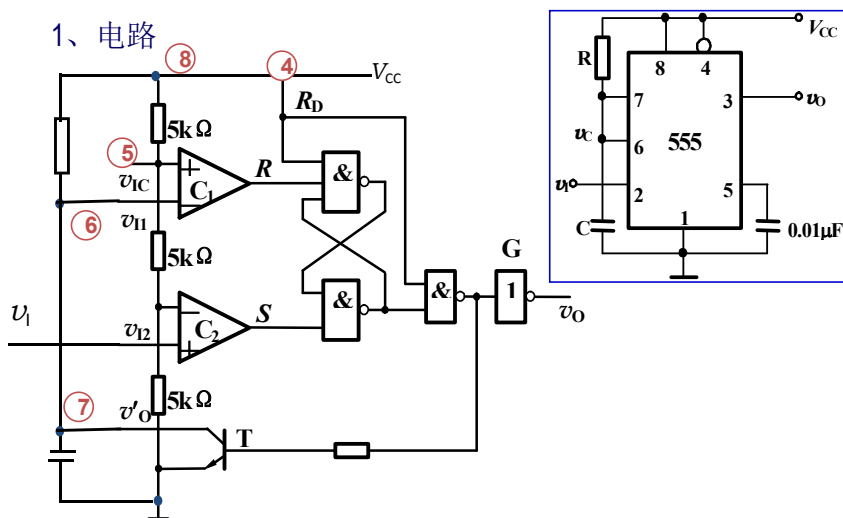
9.4.2 用555定时器组成施密特触发器



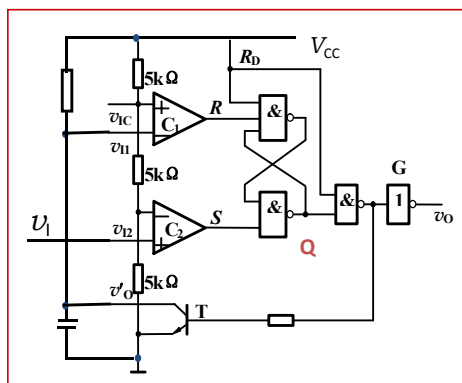
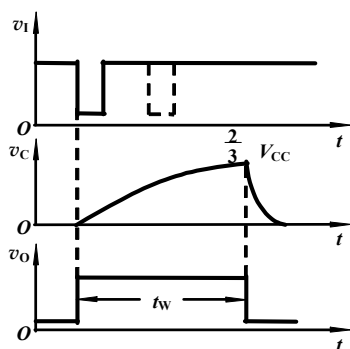
36

9.4.3 用555定时器组成单稳态触发器

1、电路



37



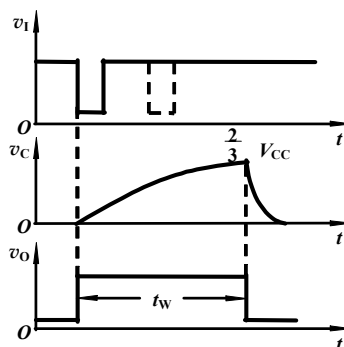
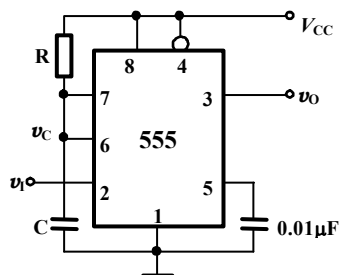
- ①没有触发信号时($u_i > \frac{1}{3}V_{CC}$)电路处于稳态, 输出为0
- ②外加触发信号, 电路转换到暂态, 输出为1
- ③触发信号消除后, 电容充电电路自动转换到稳态输出为0

38

4、) 工作波形及输出脉宽的计算

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

如果R是可变电阻?



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

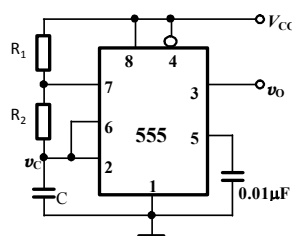
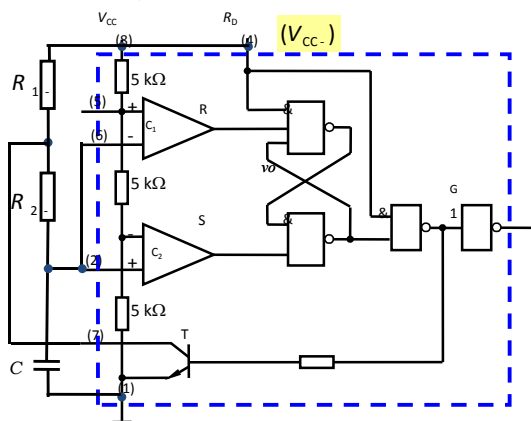
电路是不可重复触发的单稳态触发器

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?

39

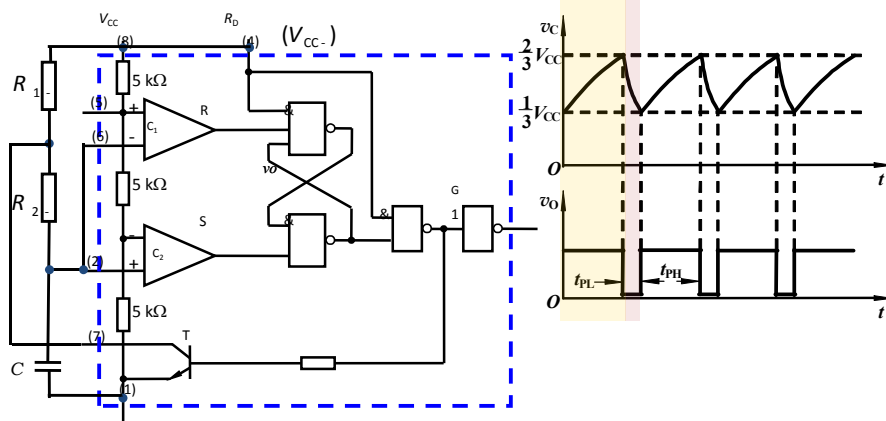
9.4.4 用555定时器组成多谐振荡器

1、电路组成



40

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

41

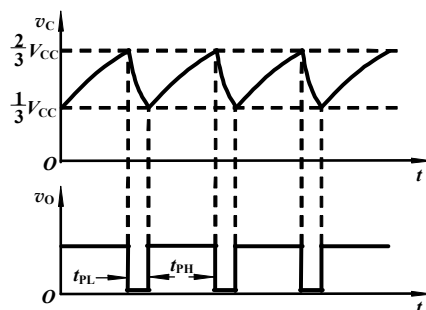
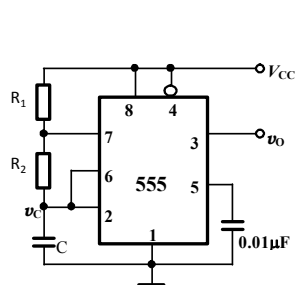
3、工作波形与振荡频率计算

$$tw = RC \ln \frac{Vc(\infty) - Vc(0)}{Vc(\infty) - Vc(tw)} = RC \ln 3$$

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

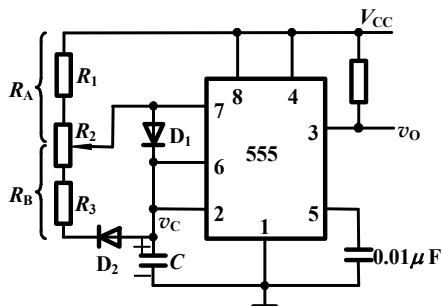
$$t_{PH} = (R_1 + R_2) C \ln 2 \approx 0.7 (R_1 + R_2) C$$

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



42

4、用555定时器组成占空比可调的调多谐振荡器



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

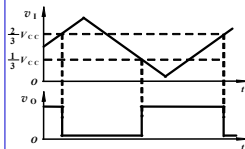
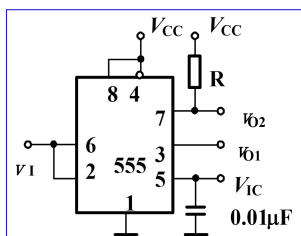
$$t_{pL} = R_B C \ln 2 \approx 0.7 R_B C$$

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

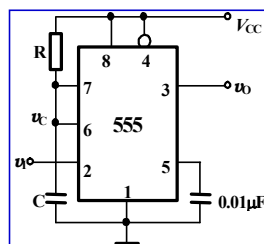
$$q(\%) = \frac{R_A}{R_A + R_B} \times 100\%$$

43

施密特触发器

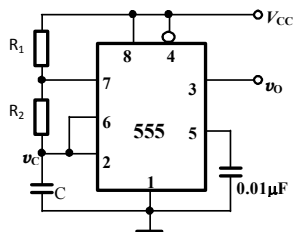


单稳态触发器



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

多谐振荡器



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

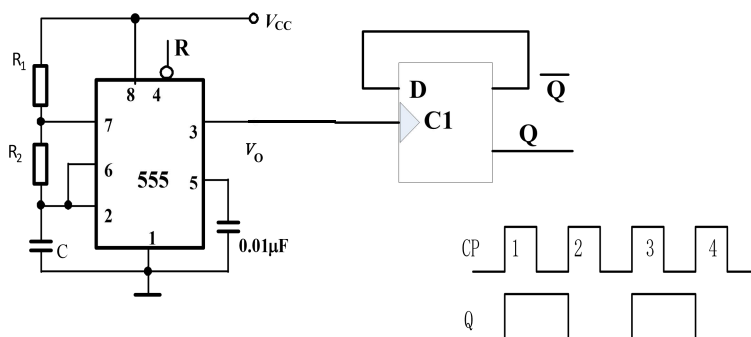
$$t_{pH} = (R_1 + R_2) C \ln 2 \approx 0.7 (R_1 + R_2) C$$

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

$$q = \frac{t_{pH}}{t_{pH} + t_{pL}} \times 100\%$$

44

练习1 R为何值时, 振荡器开始工作? 求输出信号 V_o 的频率, 占空比, 画出波形 V_o , Q .
 $R_1=100K, R_2=10K, C=5\mu$.



$$T = T_{PH} + T_{PL}$$

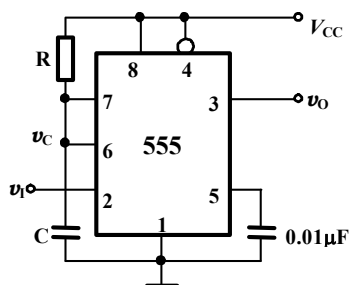
$$q = \frac{T_{PH}}{T_{PH} + T_{PL}} \times 100\%$$

$$T_{PH} = (R_1 + R_2)C \ln 2 \approx 0.7(R_1 + R_2)C$$

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

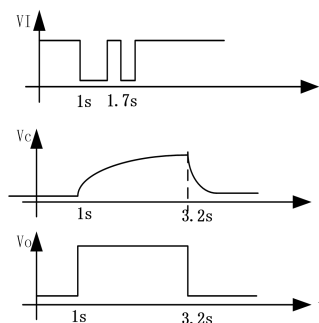
45

练习2 由555定时器组成的单稳态触发器如图, $R=100K, C=20\mu$.
 画出C上的电压及 V_o 波形, 求出输出脉冲宽度 t_w =?



$$t_w = RC \ln 3 \approx 1.1 RC = 2.2s$$

如果R是可变电阻: 50k-100k



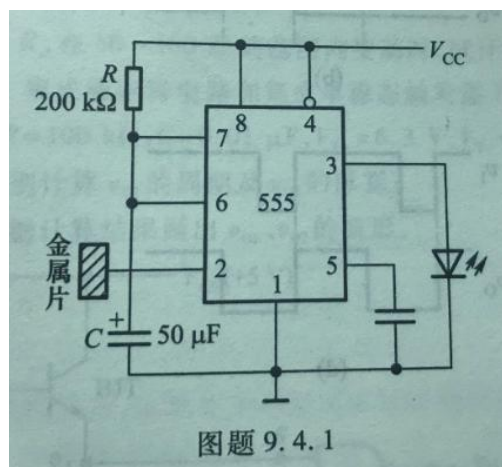
46

第九章作业

- 第9章:
- 9.4 (1、4 ()、6、7)

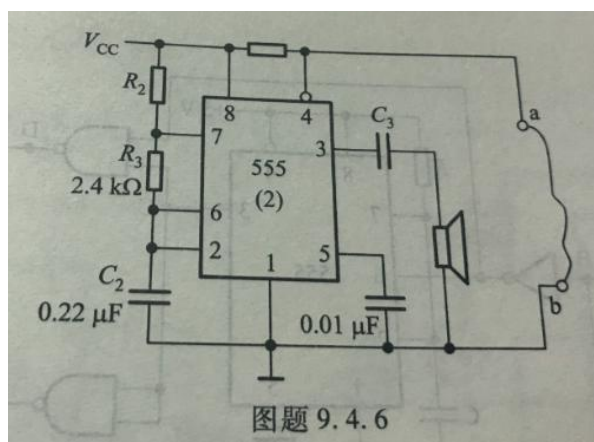
47

9.4.1 说明工作原理，计算发光二极管点亮时间？



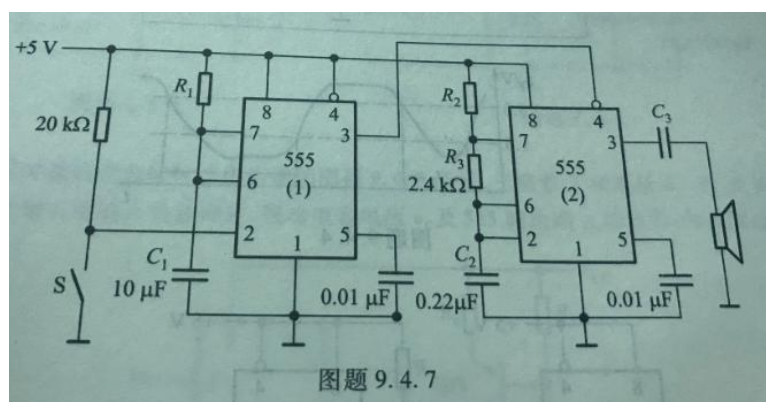
48

9.4.6 何种电路？工作原理



49

9.4.7 说明工作原理，S按下后以1.2Khz频率响10s，确定R1、R2值？



50