

第7章 习 题

7.1 在 555 定时器构成的施密特触发器电路中, 当控制输入 V_{co} 悬空, $V_{cc} = 15\text{ V}$ 时, V_{T+} 、 V_{T-} 、 ΔV 分别等于多少? 当 $V_{co} = 6\text{ V}$ 时, V_{T+} 、 V_{T-} 、 ΔV 分别等于多少?

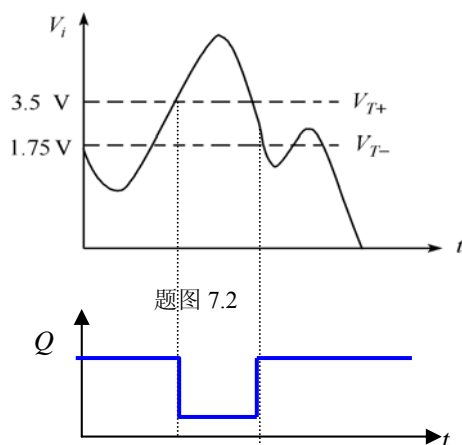
解: 当 V_{co} 悬空, $V_{cc} = 15\text{ V}$

$$V_{T+} = 10\text{ V}, V_{T-} = 5\text{ V}, \quad \Delta V = V_{T+} - V_{T-} = 10 - 5 = 5\text{ V}$$

当 $V_{co} = 6\text{ V}$,

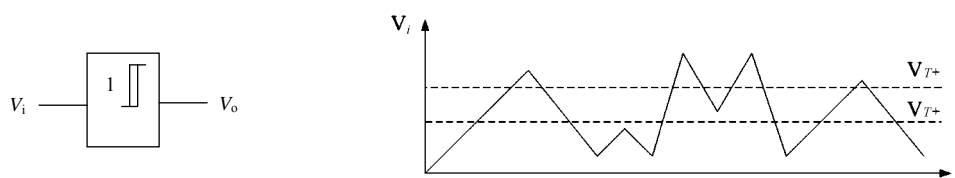
$$V_{T+} = 6\text{ V}, V_{T-} = 3\text{ V}, \quad \Delta V = V_{T+} - V_{T-} = 6 - 3 = 3\text{ V}$$

7.2 555 定时器构成的施密特触发器输入波形 V_i 如题图 7.2 所示, 试对应 V_i 画出 Q 端波形。



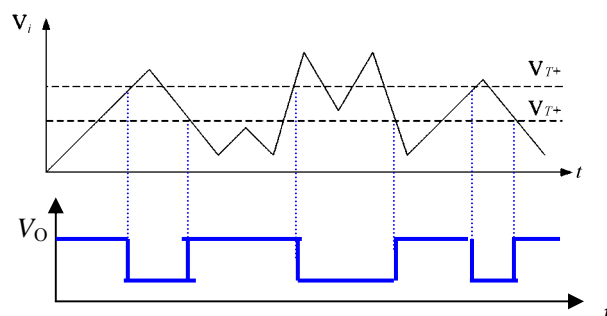
解:

7.3 已知 CMOS 反相器构成的施密特触发器的输入波形如题图 7.3 所示, 试对应画出触发器的输出波形。



题图 7.3

解: 输出波形如下图



7.4 门电路构成的施密特触发器如图 7.4(a)所示, 若 $V_{DD} = 10\text{ V}$, $R_1 = 3\text{ k}\Omega$, $R_2 = 6\text{ k}\Omega$, 计算电路的 V_{T+} 、 V_{T-} 和 ΔV 值。

解: $V_{th} = \frac{1}{2}V_{DD} = 2 \times 10 = 5 \text{ V}$

$$V_{T+} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)V_{th} = \left(1 + \frac{3}{6}\right) \times 5 = 7.5 \text{ V}$$

$$V_{T-} = \left(1 - \frac{R_1}{R_2}\right)V_{th} = \left(1 - \frac{3}{6}\right) \times 5 = 2.5 \text{ V}$$

$$\Delta V = V_{T+} - V_{T-} = 7.5 - 2.5 = 5 \text{ V}$$

7.5 在图 7.4(a)的施密特触发器电路中, 已知 $V_{DD} = 12 \text{ V}$, 若取 $R_1 = 5 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 8 \text{ k}\Omega$, 计算电路的 V_{T+} 、 V_{T-} 和 ΔV 值, 并画出其电压传输特性曲线 ($V_o \sim V_i$)。

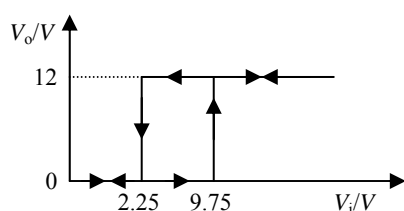
解: $V_{th} = \frac{1}{2}V_{DD} = 2 \times 12 = 6 \text{ V}$

$$V_{T+} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)V_{th} = \left(1 + \frac{5}{8}\right) \times 6 = 9.75 \text{ V}$$

$$V_{T-} = \left(1 - \frac{R_1}{R_2}\right)V_{th} = \left(1 - \frac{5}{8}\right) \times 6 = 2.25 \text{ V}$$

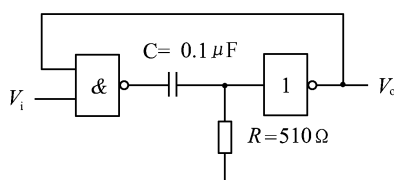
$$\Delta V = V_{T+} - V_{T-} = 9.75 - 2.25 = 7.5 \text{ V}$$

电压传输特性曲线如题解图 7.5



题解图 7.5

7.6 试计算题图 7.6 微分型单稳态触发器的最高工作频率。



题图 7.6

解: $T_W = 1.1RC = 1.1 \times 510 \times 0.1 \times 10^{-6} = 56.1 \text{ }\mu\text{s}$

$$T_R = (3 \sim 5)RC = (3 \sim 5) \times 510 \times 0.1 \times 10^{-6} = 153 \text{ }\mu\text{s} \sim 255 \text{ }\mu\text{s}$$

$$T_{\min} = T_W + T_R = 209 \text{ }\mu\text{s} \sim 311 \text{ }\mu\text{s}$$

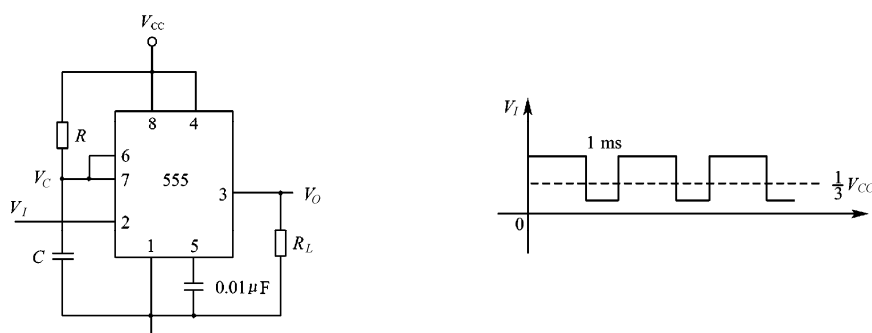
所以, $f_{\max} = 4.78 \text{ kHz} \sim 3.22 \text{ kHz}$

7.7 用 555 定时器组成的单稳态触发器对输入信号 V_i 的负脉冲宽度有何要求？为什么？若 V_i 的负脉冲宽度过大，应采取什么措施？

解：用 555 定时器组成的单稳态触发器要求输入信号 V_i 的负脉冲宽度小于暂稳态时间 T_w ，否则，暂稳态将不能正常的回到稳态。若 V_i 的负脉冲宽度过大，应在 V_i 和 555 的 TR 端之间加一级微分电路。

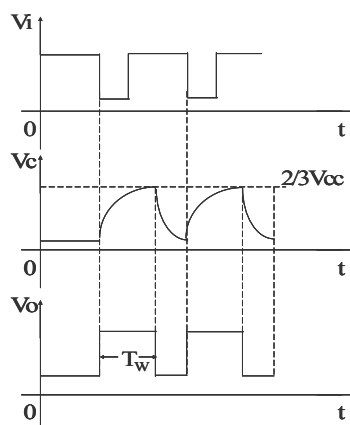
7.8 题图 7.8 是 555 定时器构成的单稳态触发器及输入 V_i 的波形，已知： $V_{cc} = 10\text{ V}$ ， $R = 33\text{ k}\Omega$ ， $C = 0.1\text{ }\mu\text{F}$ ，求：

- (1) 输出电压 V_o 的脉冲宽度 T_w ；
- (2) 对应 V_i 画出 V_c 、 V_o 的波形，并标明波形幅度。



题图 7.8

解：(1) $T_w = 1.1RC$
 $= 1.1 \times 33 \times 10^3 \times 0.1 \times 10^{-6}$
 $= 3.63\text{ ms}$
 (2) 波形如图



7.9 用 555 定时器设计一个单稳态触发器，要求输出脉冲宽度在 1~10 s 范围内连续可调（取定时电容 $C = 8\text{ }\mu\text{F}$ ）。

解：设计后的电路如解题图 7.9.

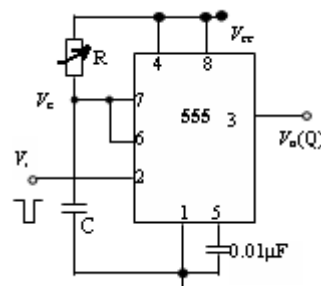
$$T_w = 1\text{ s 时, } T_w = 1.1RC = 1.1R \times 20 \times 10^{-6} = 1\text{ s}$$

$$R = 1/(1.1 \times 8 \times 10^{-6}) = 113.6\text{ k}\Omega$$

$$T_w = 10\text{ s 时, } T_w = 1.1 \times R' \times C = 1.1 \times R' \times 8 \times 10^{-6} = 10\text{ s}$$

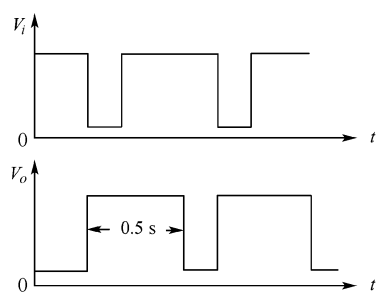
$$R' = 1136\text{ k}\Omega$$

所以，555 构成的单稳态触发器可用可变电阻为定时电阻。可变电阻阻值范围为 $113.6\text{ k}\Omega \sim 1136\text{ k}\Omega$ ，即在达到脉冲宽度 1~10 秒范围内连续可调。



解题图 7.9

7.10 用 555 定时器设计一个输入 V_i 和输出 V_o 对应波形如题图 7.10 所示的电路(设定电阻 $R = 500 \Omega$)。



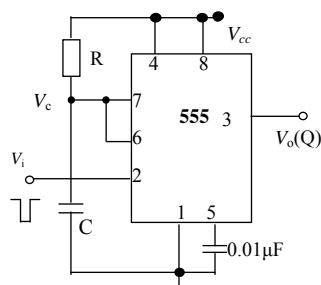
题图 7.10

解：根据题图 7.10 所示波形可知：

$$T_W = 0.5 \text{ s} = 1.1 \times 500 C$$

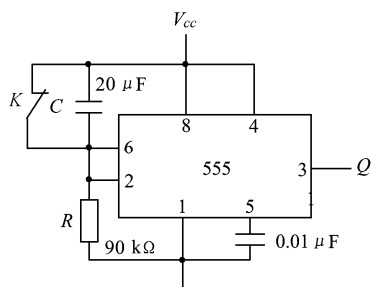
$$C = 0.5 / 1.1 \times 500 = 909 \mu\text{F}$$

所设计电路如解题图 7.10 所示。



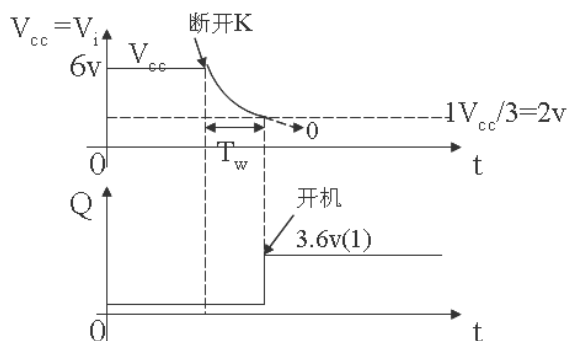
解题图 7.10

7.11 题图 7.11 是用 555 定时器组成的开机延时电路，若 $R = 90 \text{ k}\Omega$ ， $C = 20 \mu\text{F}$ ， $V_{cc} = 6 \text{ V}$ ，试计算常闭开关 K 断开后经过多长的延迟时间，输出端 Q 才由低电平到高电平跳变，实现开机。



题图 7.11

解：波形如下图所示。



K 断开前, $V_c = 0$, $V_6 = V_2 = V_{cc} > 2/3 V_{cc}$; K 断开后, $V_{cc} \rightarrow C \rightarrow R \rightarrow \text{地}$ 充电。

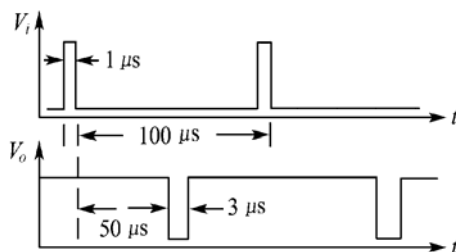
V_c 由 0 V 指数上升, V_R 由 V_{cc} 指数下降。

当 $V_c \geq 2V_{cc}/3$, $V_R \leq 1V_{cc}/3$ 时, Q 由 $0 \rightarrow 1$, $V_R = V_6 = V_2$, 开关 K 断开到实现开机的时间 T_W 由

下式求出:

$$T_W = RC \ln \frac{V_R(\infty) - V_R(0^+)}{V_R(\infty) - V_R(T_W)} = 90 \times 10^3 \times 20 \times 10^{-6} \ln \frac{0 - V_{cc}}{0 - \frac{1}{3}V_{cc}} = 730 \text{ ms}$$

7.12 利用 74121 设计脉冲电路, 要求输入、输出波形的对应关系如题图 7.12 所示, 画出所设计的电路, 计算器件参数。设 $C_1 = 5000 \text{ pF}$, $C_2 = 2000 \text{ pF}$ 。



题图 7.12

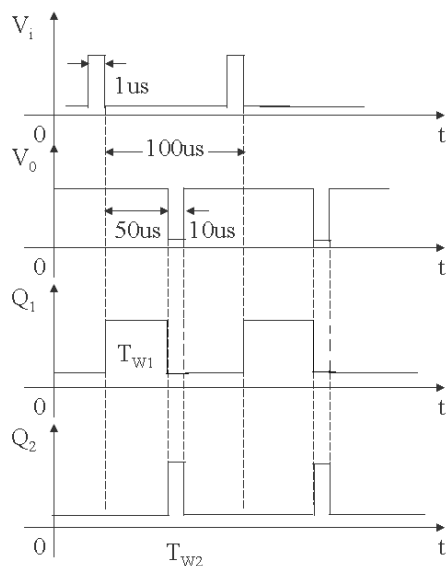
解: 画出 Q_1, Q_2 波形如解题图 7.12 (a)。

器件值计算如下:

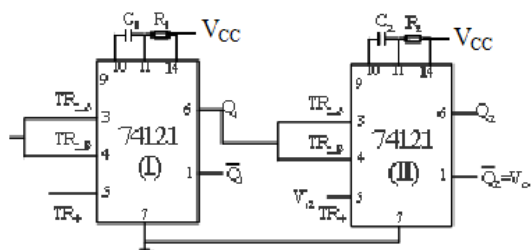
$$T_{W1} = 50 \mu\text{s} = 0.7R_1C_1, \text{ 取 } C_1 = 5000 \text{ pF}, \quad R_1 = \frac{50 \times 10^{-6}}{0.7 \times 5000 \times 10^{-9}} = 14.28 \times 10^3 \Omega$$

$$T_{W2} = 3 \mu\text{s} = 0.7R_2C_2, \text{ 取 } C_2 = 2000 \text{ pF}, \quad R_2 = \frac{3 \times 10^{-6}}{0.7 \times 2000 \times 10^{-9}} = 2.14 \times 10^3 \Omega$$

所设计的电路图如解题图 7.12 (b)。



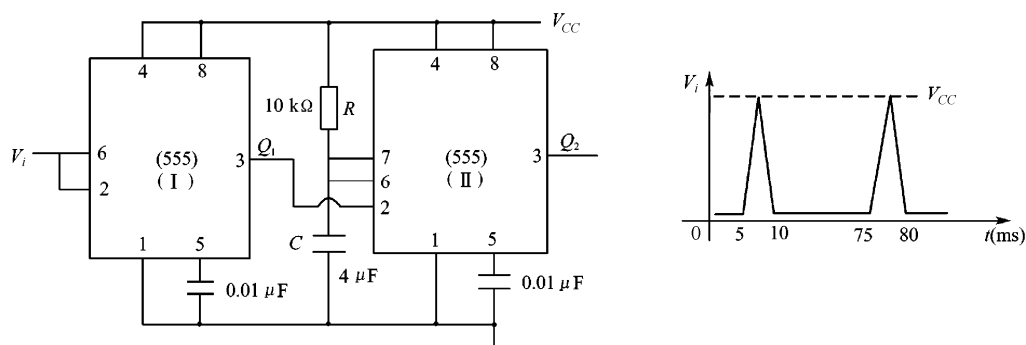
(a)



(b)

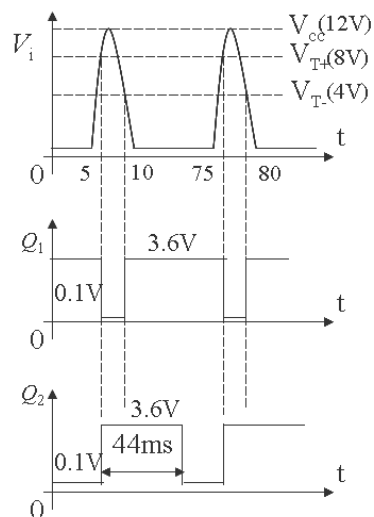
解题图 7.12

7.13 电路及输入波形 V_i 如题图 7.13 所示, 对应 V_i 画出 Q_1 、 Q_2 波形, 并计算 T_w 。



题图 7.13

解: Q_1, Q_2 的波形幅度: 高电平 3.6 V, 低电平 0.1 V
 Q_1 负脉冲宽度 < 5 ms, 周期 $T_1 = 70$ ms
 Q_2 正脉冲宽度 $T_W = 44$ ms, 周期 $T_2 = 70$ ms
 波形如解题图 7.13



解题图 7.13

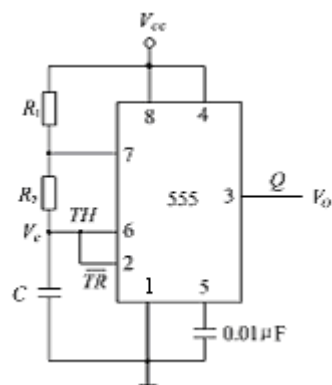
7.14 若需要使用振荡周期为 5 s, 占空比为 $\frac{3}{4}$ 的 CLK 脉冲, 试用 555 定时器设计满足需要的多谐振荡器。

解: 所设计的电路如解题图 7.14 所示,
 设定电容 $C = 10 \mu\text{F}$,
 须确定定时电阻 R_1 、 R_2 的值,

∵ 占空比为 $\frac{3}{4}$, 即 $q = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + 2R_2} = \frac{3}{4}$, 得 $R_1 = 2R_2$

$$\begin{aligned} T &= 0.7(R_1 + 2R_2)C \\ &= 0.7 \times 4R_2 \times 10 \times 10^{-6} \text{ s} \\ &= 5 \text{ s} \end{aligned}$$

$$\therefore R_2 = 179 \text{ k}\Omega, R_1 = 2R_2 = 358 \text{ k}\Omega$$



解题图 7.14

7.15 用 555 定时器设计一脉冲电路, 该电路振荡 0.2 s 停 0.1 s, 如此循环下去, 电路输出脉冲的振荡周期 $T = 8$ ms, 占空比 $q = \frac{1}{2}$, 两级电容均取 $C = 1 \mu\text{F}$, 画出电路并计算电路各元件参数。

解: 根据题意, 须设计一个 $T = 0.3$ s、每振荡 0.2 s 停 0.1 s 的多谐振荡器, 用 555 定时器的 R_D 来控

制不振荡, Q_1 高电平为 0.2 s, 低电平 0.1 s, 周期 $T=0.3$ s, 占空比 $q=0.2/0.3=2/3$

第(I)级. $\because q_1 = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + 2R_2} = \frac{2}{3}, \quad \therefore R_1 = R_2$ 取 $C_1 = 1 \mu F$

代入周期公式: $T_1 = 0.7(R_1 + 2R_2)C = 0.7 \times 3R_1 \times 1 \times 10^{-6} s = 0.3 s$

$\therefore R_1 = R_2 = 143 k\Omega$

第(II)级. $\because T_2 = 8 ms, C_2 = 1 \mu F$, 占空比 $q_2 = R_3 / (R_3 + R_4) = 1/2 \quad \therefore R_3 = R_4$

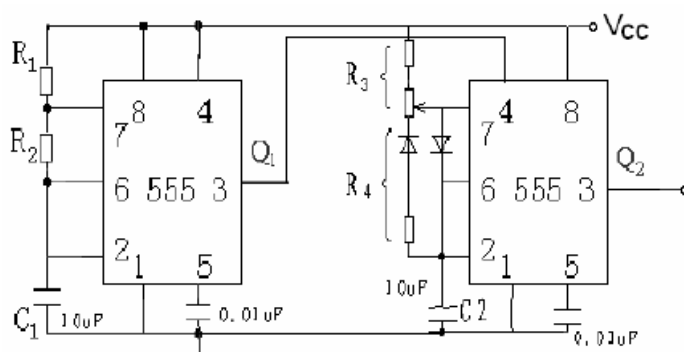
\therefore (II)级可用占空比可调的多谐振荡器, 带入周期公式

$T_2 = 0.7(R_3 + R_4)C_2 = 0.7 \times 2R_3 C_2$

$8 ms = 0.7 \times 2R_3 \times 1 \times 10^{-6}$

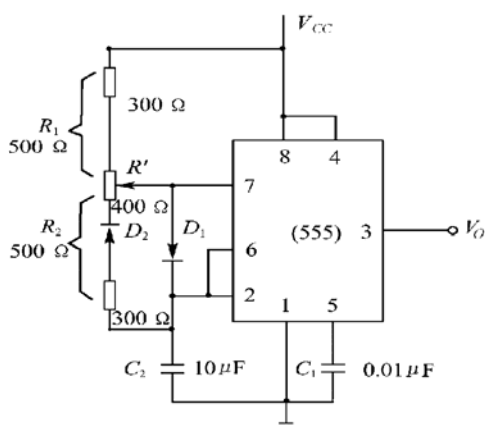
$\therefore R_3 = R_4 = 5.7 k\Omega$

根据以上设计, 画出的电路如解题图 7.15.



解题图 7.15

- 7.16 555 定时器组成的占空比可调的多谐振荡器如题图 7.16 所示, 电位器 R' 滑动触点位于中心点时, $R_1 = R_2 = 500 \Omega$, 求此时振荡输出波形的频率 f 以及占空比 q ; 当电位器 $R' = 400 \Omega$ 的滑动触点从上滑到下时, 占空比 q 的变化范围是多少?



题图 7.16

解: R' 触点位于中央时, $R_1 = R_2 = 500 \Omega$

$T = 0.7(R_1 + R_2)C = 0.7 \times 10^3 \times 10^{-5} = 0.7 \times 10^{-2} = 7 ms$

$f = 1/T = 143 Hz, \quad q = R_1 / (R_1 + R_2) = 1/2$

在 R' 触点在上时:

$$R_1 = 300 \Omega, \quad R_2 = 700 \Omega$$

$$q_1 = R_1 / (R_1 + R_2) = 300 / 1000 = 0.3$$

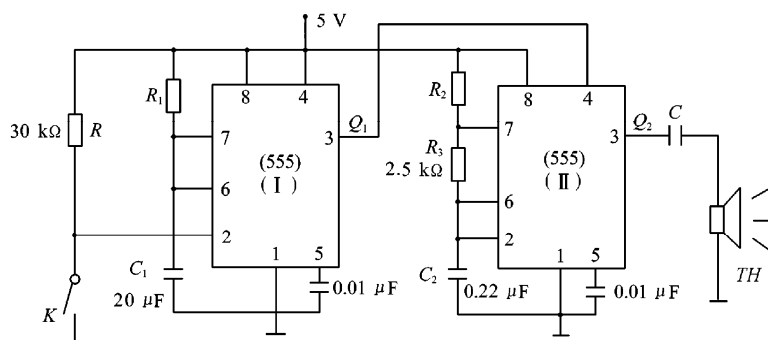
R' 触点在下时:

$$R_1 = 700 \Omega, \quad R_2 = 300 \Omega$$

$$q_2 = R_1 / (R_1 + R_2) = 700 / 1000 = 0.7$$

所以, 占空比的变化范围在 $0.3 \sim 0.7$

7.17 简述题图 7.17 所示电路的工作原理。若要求扬声器 TH 在开关 K 瞬间按下后以 $f = 0.2 \text{ kHz}$ 的频率响 3 s, 试计算图中 R_1 、 R_2 的值。



题图 7.17

解: 555(I)是单稳态触发器, 555(II)是多谐振荡器。

$Q_1=1$ 时, (II)片 R_D (4 脚) 为高电平, (II)振荡, TN 响;

$Q_1=0$ 时, (II)片停振, TN 不响。

开关 K 断开时, (I) 片 2 脚为高电平 V_{cc} , K 按下后, 2 脚由 $V_{cc} \rightarrow 0$, 即由 $1 \rightarrow 0$ 。此下降沿触发(I)片, Q_1 由 $0 \rightarrow 1$, (II)片起振, TN 发声, 经过时间 $T_W = 1.1R_1C_1 = 10 \text{ s}$ 后, Q_1 由 $1 \rightarrow 0$, (II)片停振。

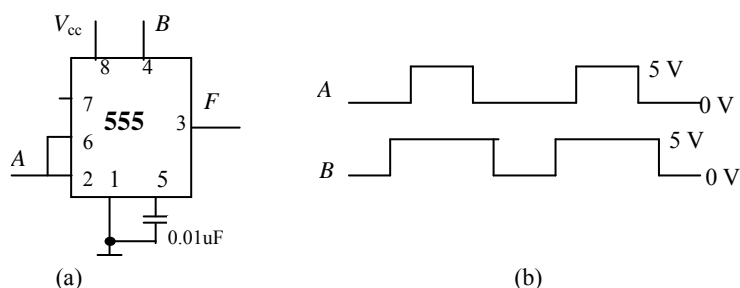
$$(I): T_W = 1.1R_1C_1,$$

$$3 = 1.1R_1 \times 20 \times 10^{-6} \quad R_1 = 136 \text{ k}\Omega$$

$$(II): f = 0.2 \text{ kHz}, \quad T = 1/f = 1/0.2 \text{ kHz} = 0.005 \text{ s}$$

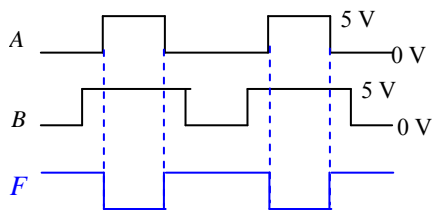
$$T = 0.7(R_2 + 2R_3)C; \quad 0.005 = 0.7(R_2 + 2 \times 2.5 \times 10^3) \times 0.22 \times 10^{-6}; \quad R_2 = 27.5 \text{ k}\Omega$$

7.18 已知 555 定时器的 6 脚和 2 脚连在一起作为输入端 A , 4 脚作为输入端 B , 3 脚为输出端 F , 如题图 7.18 (a)所示。 A 和 B 输入波形如题图 7.18 (b)所示, 对应画出输出端 F 的波形。



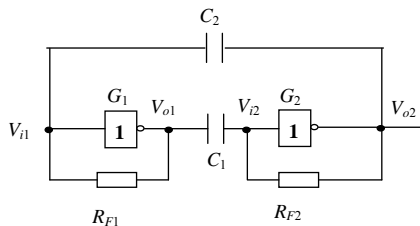
题图 7.18

解: 电路为施密特触发器。 F 的波形如解题图 7.18。



解题图 7.18

7.19 说明书中图 7.31 所示多谐振荡器电路的振荡频率 f 与哪些参量有关？



(图 7.31)

解：电路的振荡频率 f 与电阻 R_{F1} 、 R_{F2} 和电容 C_1 、 C_2 的值及非门的相关参数（如 R_1 、 V_{OH} 、 V_{IK} 、 V_{TH} 等）有关。

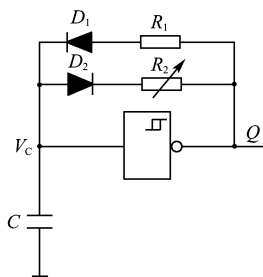
7.20 说明石英晶体振荡器电路的振荡频率 f 与哪些参量有关？电路的特点是什么？

解：石英晶体多谐振荡器的振荡频率取决于石英晶体的固有谐振频率 f_0 ，而与外接电阻、电容无关。

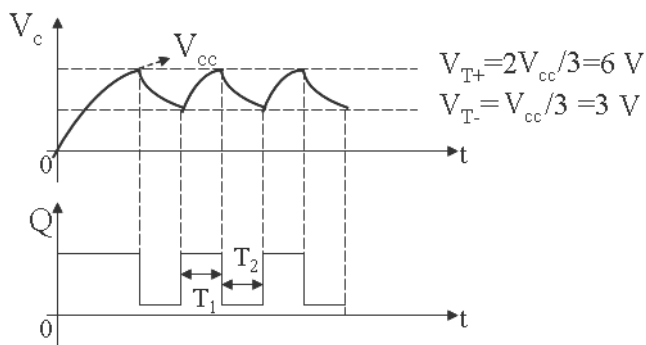
石英晶体的谐振频率由石英晶体的结晶方向和外形尺寸所决定。

电路的特点是频率稳定性好。其频率稳定度 ($\Delta f_0/f_0$) 可达 $10^{-11} \sim 10^{-10}$ 。

7.21 题图 7.21 示出了由施密特触发器组成的占空比可调的振荡器。已知： $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ ， $R_2 = 6 \text{ k}\Omega$ ， $C = 10 \text{ pF}$ ， $V_{T+} = 6 \text{ V}$ ， $V_{T-} = 3 \text{ V}$ ，画出 V_c 和 Q 的对应波形，并计算振荡周期 T 。



题图 7.21



解： $T_1 = 0.7R_1C = 0.7 \times 10 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-6} = 0.07 \text{ s} = 70 \text{ ms}$

解题图 7.21

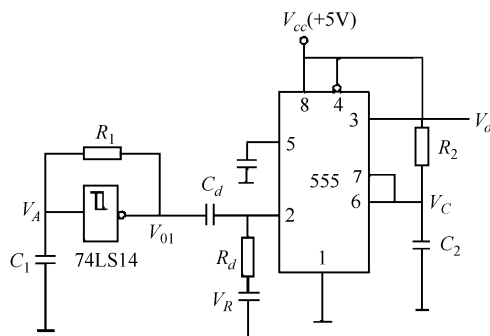
$T_2 = 0.7R_2C = 0.7 \times 6 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-6} = 0.042 \text{ s} = 42 \text{ ms}$

$T = T_1 + T_2 = 70 \text{ ms} + 42 \text{ ms} = 112 \text{ ms}$

波形如解题图 7.21 所示

7.22 555 定时器和 74LS14 组成题图 7.22 所示电路。已知 74LS14 的 $V_{T+}=1.7\text{ V}$, $V_{T-}=0.9\text{ V}$, $V_{OH}=3.6\text{ V}$, $V_{OL}=0.3\text{ V}$ 。电路元件参数为 $R_1=R_2=10\text{ k}\Omega$, $C_1=C_2=0.2\text{ }\mu\text{F}$, $V_R=3.6\text{ V}$ 。

- (1) 74LS14 和 R_1 、 C_1 组成何种功能电路？并求其电路主要参数。
- (2) 555 定时器组成何种功能电路？并求其电路主要参数。
- (3) 说明电路中 V_R 和 R_d 、 C_d 的作用。



题图 7.22

- 解：(1) 多谐振荡器， $T=2.39\text{ ms}$, $q=29.3\%$ ；
 (2) 555 定时器组成单稳态触发器， $T_w=2.2\text{ ms}$ ；
 (3) V_R 保证 \overline{TR} 稳态时为高电平， R_d 、 C_d 的作用 V_{O1} 宽脉冲变为窄脉冲（微分电路）。