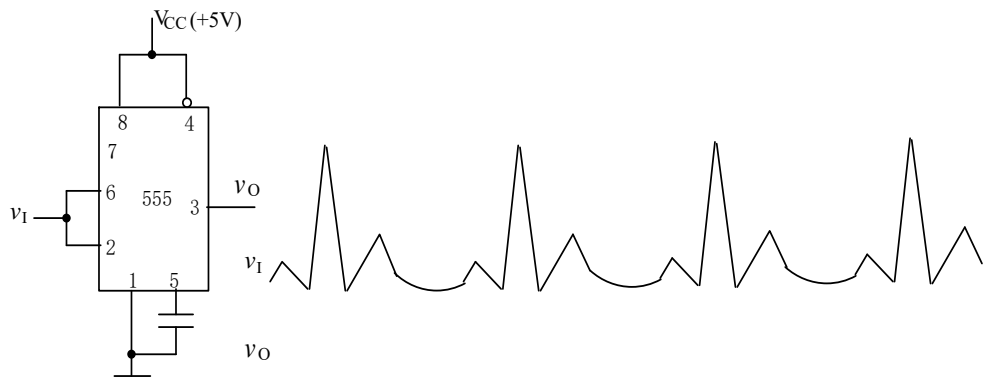


**[题 10-1]**图题 10-1 所示，555 构成的施密特触发器，当输入信号为图示周期性心电波形时，试画出经施密特触发器整形后的输出电压波形。



图题 10-1

经施密特触发器整形后的输出电压波形如图 T9.4 (a) 示。

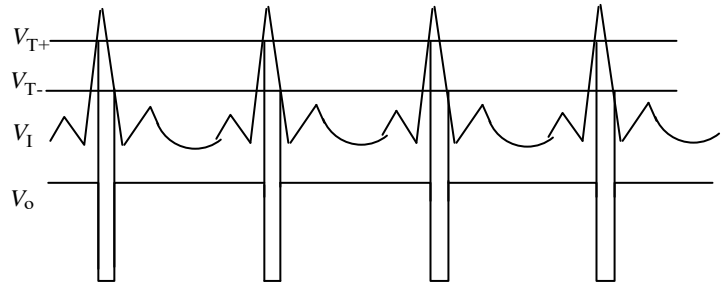
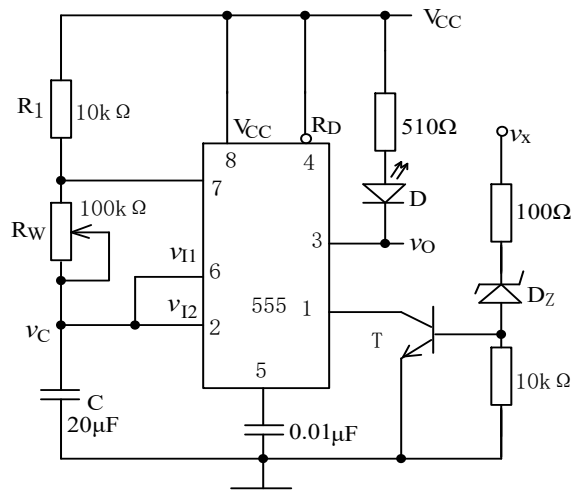


图 T10-1 (a)

**[题 10-2]** 一过压监视电路如图题 10-2 所示，试说明当监视电压  $v_x$  超过一定值时，发光二极管  $D$  将发出闪烁的信号。

提示：当晶体管  $T$  饱和时，555 的管脚 1 端可认为处于地电位。

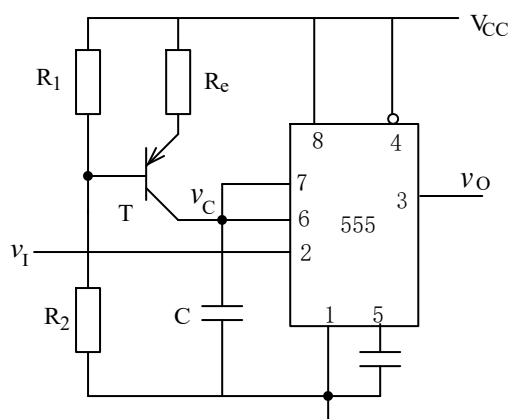


图题 10-2

图题 9.8 所示电路中，若 1 端接地，则 555 定时器构成一个多谐振荡器。但现在定时器的 1 端通过三极管  $T$  接地，而管子的状态由监视电压  $v_x$  决定。当  $v_x$  未超限时，稳压管  $D_Z$

截止，三极管  $T$  也截止，定时器的 1 端相当于开路，振荡器不工作，发光二极管  $D$  不闪烁；当  $v_x$  超限时，稳压管  $D_Z$  击穿，随之三极管  $T$  饱和导通，定时器的 1 端相当于接地，振荡器正常工作，在输出端得到脉冲信号，发光二极管  $D$  闪烁报警。

**[题 10-3]** 图题 10-3 所示电路是由 555 构成的锯齿波发生器，三极管  $T$  和电阻  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_e$  构成恒流源电路，给定时电容  $C$  充电，当触发输入端输入负脉冲后，画出触发脉冲、电容电压  $V_C$  及 555 输出端  $v_o$  的电压波形，并计算电容  $C$  的充电时间。



图题 10-3

画出触发脉冲  $V_I$ 、电容电压  $V_C$  及 555 输出端  $v_o$  的电压波形如图 T9.9 所示。

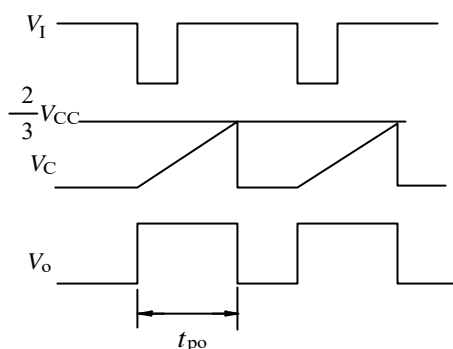


图 T10-3(a)

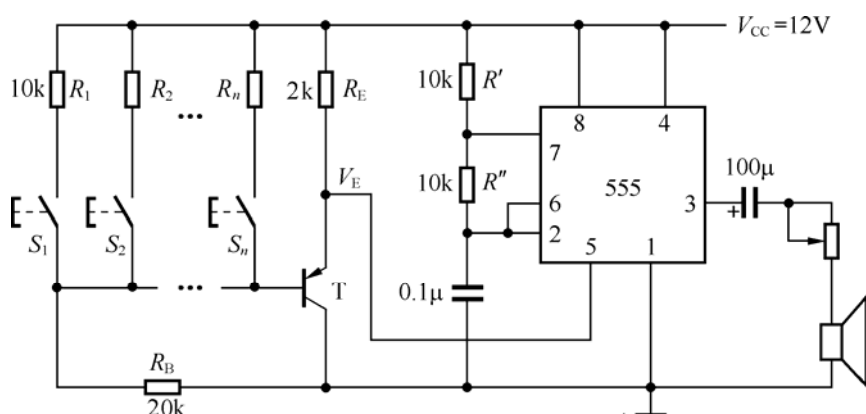
计算电容  $C$  的充电时间：

$$\text{充电电流: } I_E = \frac{\left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{CC} - 0.7\right)}{R_e}$$

$$\text{充电时间: } t_{po} = \frac{\frac{2}{3} V_{CC} C}{I_E}$$

[10-4] 题图 10-4 是一个简易电子琴电路。当琴键  $S_1 \sim S_n$  均未按下时，三极管  $T$  接近饱和

导通， $v_E$  约为  $0V$ ，使 555 定时器组成的振荡器停振；当按下不同琴键时，因  $R_1 \sim R_n$  阻值不等，扬声器发出不同的声音，三极管的电流放大系数  $\beta=150$ 。试计算按下琴键  $S_1$  时扬声器发出声音的频率。



**[解]** 当  $S_1$  按下时，可以认为  $R_1$  中流过电流近似等于  $R_B$  中流过电流，三极管基极电流  $I_B$  可忽略， $I_{R1} \approx I_{RB}$ ，因此  $R_1$  上电压

$$V_{R1} \approx \frac{R_1}{R_1 + R_B} V_{CC} = 4V$$

设  $T$  为锗管，导通时发射结电压  $\approx 0.2V$ ，则  $R_E$  上电压  $V_{RE} = V_{R1} - V_{EB} \approx 4V$ ，则

$$V_E = V_{CC} - V_{RE} = 8V$$

$$T = (R' + R'')C \ln \frac{V_{CC} - V_{T-}}{V_{CC} - V_{T+}} + R''C \ln \frac{0 - V_{T+}}{0 - V_{T-}}$$

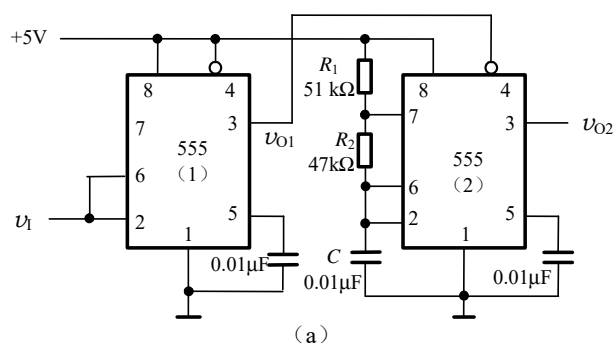
其中  $V_{T-} = \frac{1}{2}V_E = 4V$ ， $V_{T+} = V_E = 8V$

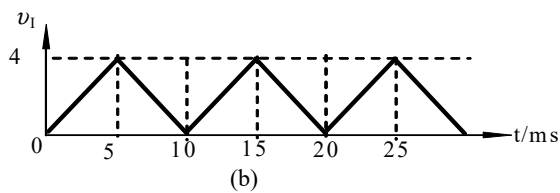
$$T = (10 + 10) \times 10^3 \times 0.1 \times 10^{-6} \ln \frac{12 - 8/2}{12 - 8} + 10^4 \times 0.1 \times 10^{-6} \ln \frac{-8}{-8/2} = 2.1ms$$

$$f = \frac{1}{T} \approx 476Hz$$

题图 10-4

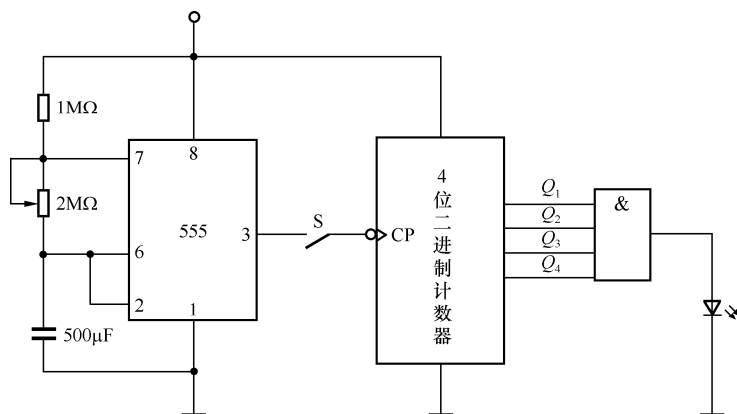
**[10-5]** 由 555 定时器组成的脉冲电路及参数如图 10-5 (a) 所示。已知  $v_1$  的电压波形如题 10-5 (b) 所示。试对应  $v_1$  画出图中  $v_{O1}$ 、 $v_{O2}$  的波形；





题图 10-5

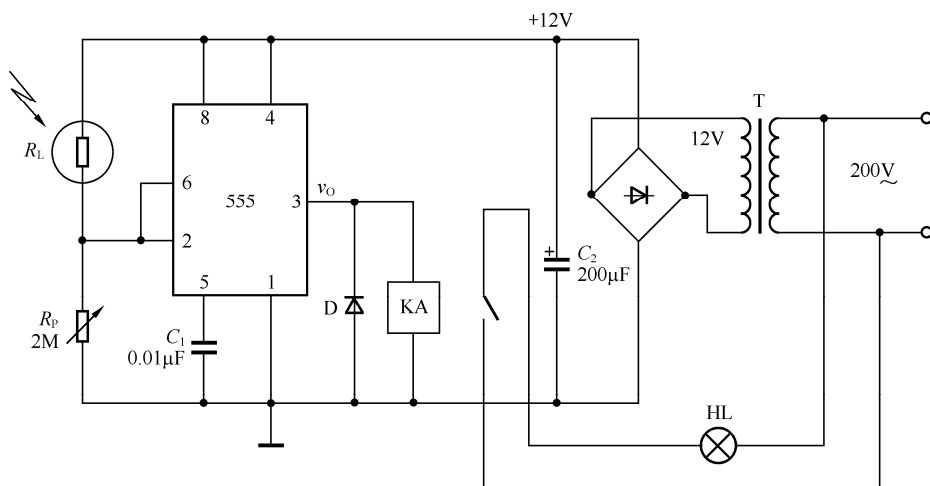
[10-6] 题图 10-5 为由一个 555 定时器和一个 4 位二进制加法计数器组成的可调计数式定时器原理示意图。试解答下列问题：



题图 10-6

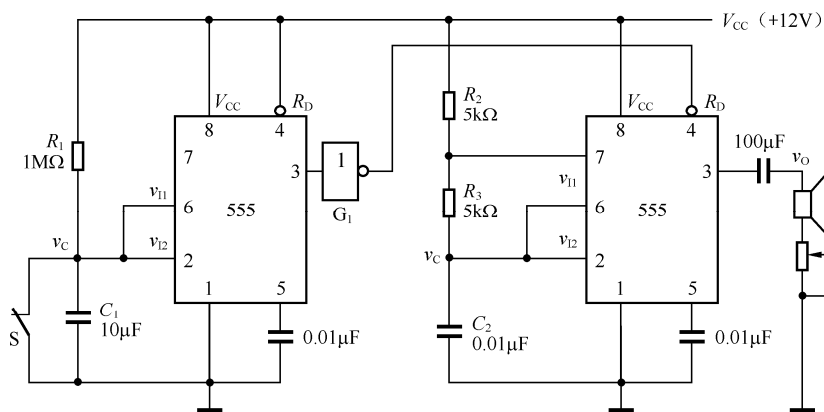
- (1) 电路中 555 定时器接成何种电路？
- (2) 若计数器的初态  $Q_4Q_3Q_2Q_1=0000$ ，当开关 S 接通后大约经过多少时间发光二极管 D 变亮（设电位器的滑片接在  $R_2$  的中间）。

[10-7] 题图 10-7 示出了 555 定时器构成的施密特触发器用作光控路灯开关的电路，分析其工作原理。



题图 10-7

[10-8] 题图 10-8 是用两个 555 定时器接成的延时报警器。当开关 S 断开后，经过一定的延迟时间后，扬声器开始发声。如果在延迟时间内开关 S 重新闭合，扬声器不会发出声音。在图中给定参数下，试求延迟时间的具体数值和扬声器发出声音的频率。图中  $G_1$  是 CMOS 反相器，输出的高、低电平分别为  $V_{OH}=12\text{ V}$ ， $V_{OL}\approx 0\text{ V}$ 。



题图 10-8

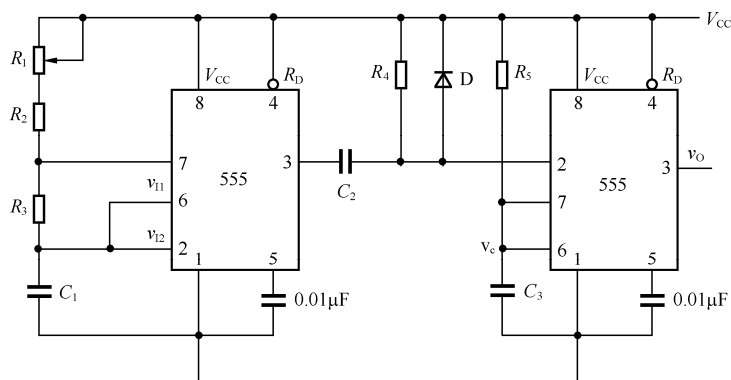
**[解]** 图 10-8 中左边一个 555 定时器接成了施密特触发器，右边一个 555 定时器接成了多谐振荡器。当开关 S 断开后电容 C 充电，充至  $V_{T+}=2/3V_{CC}$  时，反相器  $G_1$  输出高电平，多谐振荡器开始振荡。故延迟时间为

$$t_d = RC \ln \frac{V_{CC}}{V_{CC} - V_{T+}} = 1 \times 10^6 \times 10 \times 10^{-6} \ln \frac{12}{12 - 8} \approx 11\text{ s}$$

扬声器发声频率为

$$f = 1/(R_1 + 2R_2)C \ln 2 = 1/15 \times 10^3 \times 0.01 \times 10^{-6} \ln 2 \approx 9.62 \text{kHz}$$

[10-9] 题图 10-9 所示电路是由两个 555 定时器构成的频率可调而脉宽不变的方波发生器。试说明其工作原理；确定频率变化的范围和输出脉宽；解释二极管 D 在电路中的作用。



题图 10-9

解：1. 工作原理：

第一级 555 定时器构成多谐振荡器，第二级构成单稳态触发器，第一级的输出脉冲信号作为第二级电路的输入触发信号，使第二级输出  $V_O$  的频率与多谐振荡器输出信号的频率相同，所以调节可变电阻  $R_1$ ，就可以改变  $V_O$  的频率。但  $V_O$  的脉宽是由单稳的参数决定的，因单稳的参数不变，所以  $V_O$  的脉宽不变。于是，就可以得到频率可调而脉宽不变的脉冲波了。

2. 确定频率变化的范围和输出脉宽：

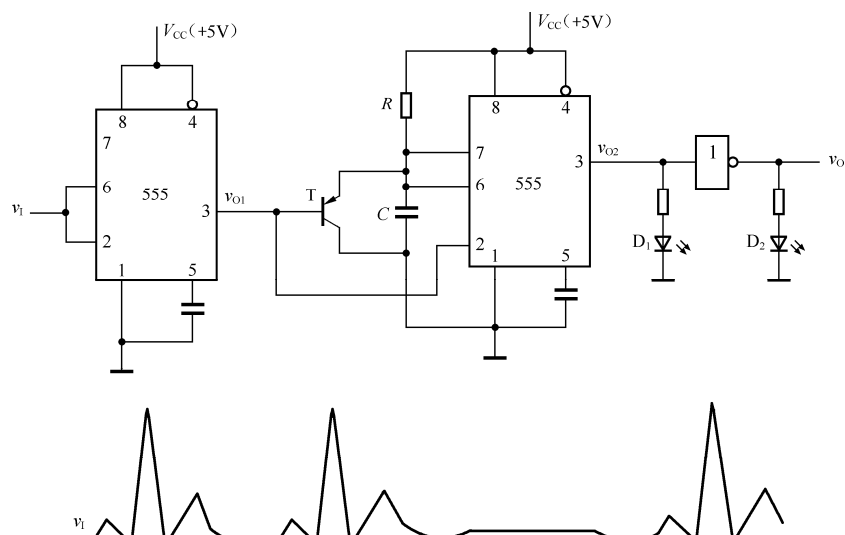
$$V_O \text{ 的频率变化范围为: } \frac{1}{0.7(R_1 + R_2 + 2R_3)C_1} \sim \frac{1}{0.7(R_2 + 2R_3)C_1}$$

$$\text{输出脉宽: } t_{po} = 1.1R_3 C_3$$

3. 二极管 D 在电路中的作用：

二极管 D 在电路中起限幅作用，避免过大的电压加于单稳的输入端，以保护定时器的安全。

[10-10] 题图 10-10 为一心律失常报警电路，图中  $v_i$  是经过放大后的心电信号，其幅值  $v_{im} = 4 \text{V}$ 。



题图 10-10

- (1) 对应  $v_i$  分别画出图中  $v_{o1}$ 、 $v_{o2}$ 、 $v_o$  三点的电压波形；
- (2) 说明电路的组成及工作原理。

解：(1) 对应  $v_i$  分别画出图题 9.3 中  $v_{o1}$ 、 $v_{o2}$ 、 $v_o$  三点的电压波形如图 T9.3 (a) 示。

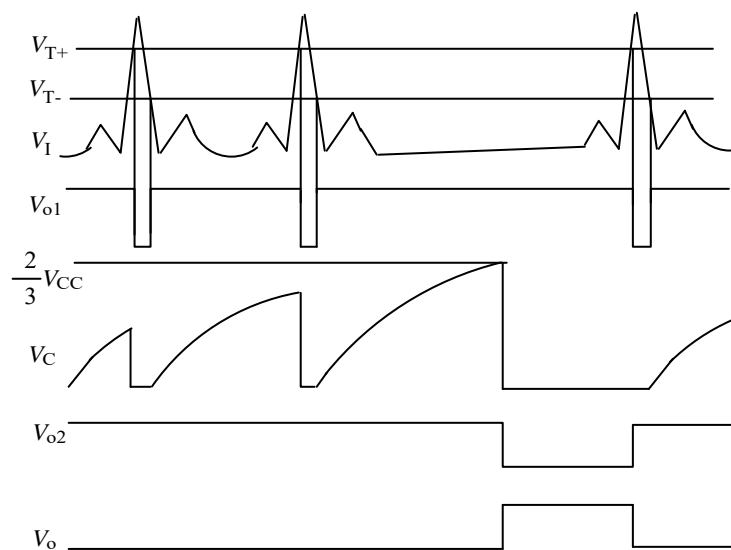
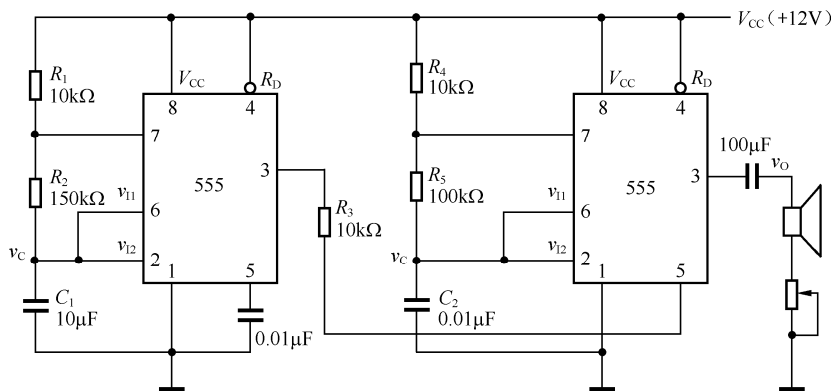


图 T10-9(a)

(2) 电路的组成及工作原理：

第一级 555 定时器构成施密特触发器，将心律信号整形为脉冲信号；第二级 555 定时器构成可重复触发的单稳态触发器，也称为失落脉冲检出电路。当心律正常时， $v_{o1}$  的频率较高，周期较短，使得  $v_c$  不能充电至  $\frac{2}{3}V_{CC}$ ，所以  $v_{o2}$  始终为高电平， $v_o$  始终为低电平，发光二极管  $D_1$  亮， $D_2$  不亮，表示心律正常；当心律异常时，脉冲间隔拉大， $v_{o1}$  的周期加长，可使  $v_c$  充电至  $\frac{2}{3}V_{CC}$ ， $v_{o2}$  变为低电平， $v_o$  变为高电平，发光二极管  $D_2$  亮， $D_1$  不亮，表示心律失常。

**[10-11]** 题图 10-11 是救护车扬声器发声电路。在图中给定的电路参数下, 设  $V_{CC}=12\text{V}$  时, 555 定时器输出的高、低电平分别为  $11\text{V}$  和  $0.2\text{V}$ , 输出电阻小于  $100\Omega$ , 试计算扬声器发出的高、低音的持续时间。



题图 10-11

**[解]** 图 P6.32 中两个 555 定时器均接成了多谐振荡器。

(1)  $v_{O1}$  的高电平持续时间为

$$t_H = (R_1 + R_2) C_1 \ln 2 = 160 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-6} \times 0.69 \text{s} = 1.1 \text{s}$$

这时  $v_{O1}=11\text{V}$ 。由图 A6.32 可以用叠加定理计算出, 加到右边 555 定时器 5 脚上的电压  $V_{CO}=8.8\text{V}$ 。因此,  $V_{T+}=8.8\text{V}$ 、 $V_{T-}=4.4\text{V}$ 。振荡器的振荡周期, 亦即扬声器声音的周期为

$$\begin{aligned} T_1 &= (R_4 + R_5) C_2 \ln \frac{V_{CC} - V_{T-}}{V_{CC} - V_{T+}} + R_5 C_2 \ln 2 \\ &= \left( 110 \times 10^3 \times 0.01 \times 10^{-6} \ln \frac{12 - 4.4}{12 - 8.8} + 100 \times 10^3 \times 0.01 \times 10^{-6} \times 0.69 \right) \text{s} \\ &= 1.63 \times 10^{-3} \text{s} \\ f_1 &= \frac{1}{T_1} = 611 \text{Hz} \end{aligned}$$

(2)  $v_{O1}$  的低电平持续时间为

$$t_L = R_2 C_1 \ln 2 = 150 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-6} \times 0.69 = 1.04 \text{s}$$

这时  $v_{O1}=0.2\text{V}$ , 由图 A6.32 可以算出, 加到右边一个 555 定时器 5 脚上的电压  $V_{CO}=6\text{V}$ , 故  $V_{T+}=6\text{V}$ 、 $V_{T-}=3\text{V}$ 。振荡周期为

$$\begin{aligned} T_2 &= \left( 110 \times 10^3 \times 0.01 \times 10^{-6} \ln \frac{12 - 3}{12 - 6} + 100 \times 10^3 \times 0.01 \times 10^{-6} \times 0.69 \right) \text{s} \\ &= 1.14 \times 10^{-3} \text{s} \\ f_2 &= \frac{1}{T_2} = 876 \text{Hz} \end{aligned}$$

至此可知, 高音频率为  $876\text{Hz}$ , 持续时间  $1.04\text{s}$ 。低音频率为  $611\text{Hz}$ , 持续时间  $1.1\text{s}$ 。



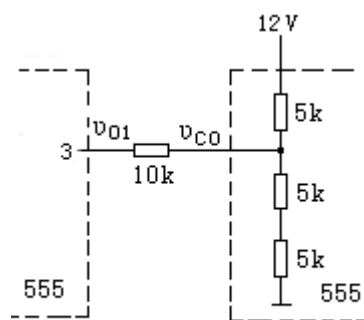
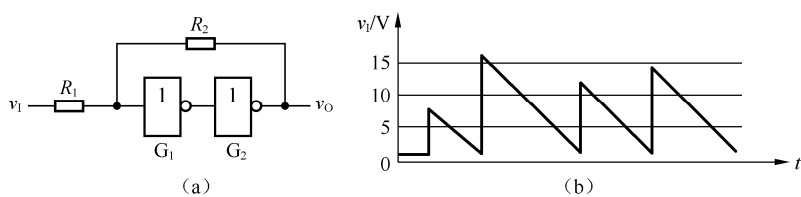


图 A6.32

[10-12] 在题图 10-12 (a) 所示的施密特触发器电路中, 已知  $R_1=10\text{ k}\Omega$ ,  $R_2=30\text{ k}\Omega$ 。  $G_1$  和  $G_2$  为 CMOS 反相器,  $V_{DD}=15\text{ V}$ 。



题图 10-12

- (1) 试计算电路的正向阈值电压  $V_{T+}$ 、负向阈值电压  $V_{T-}$  和回差电压  $\Delta V_T$ 。
- (2) 若将题图 10-12 (b) 给出的电压信号加到题图 10-12 (a) 电路的输入端, 试画出输出电压的波形。

[解]

$$(1) \quad V_{T+} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) V_{TH} = \left(1 + \frac{10}{30}\right) \times \frac{15}{2} \text{ V} = 10 \text{ V}$$

$$V_{T-} = \left(1 - \frac{R_1}{R_2}\right) V_{TH} = \left(1 - \frac{10}{30}\right) \times \frac{15}{2} \text{ V} = 5 \text{ V}$$

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

(2) 见图 A6.2。

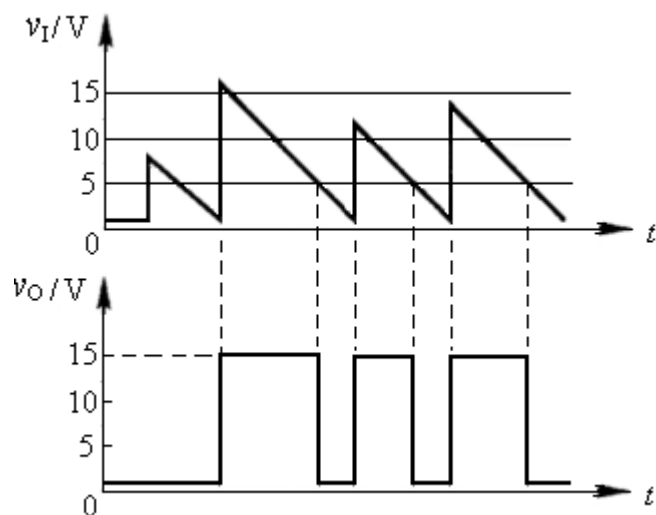
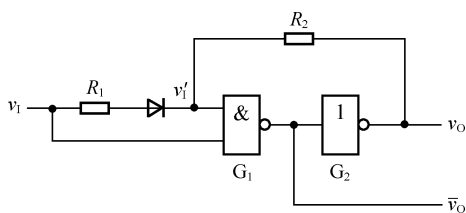


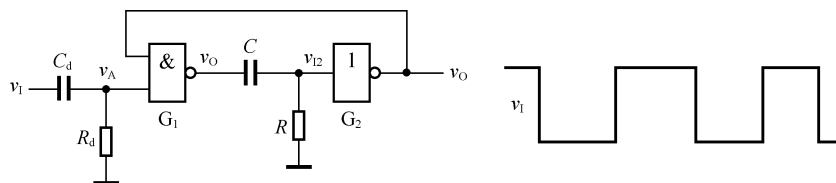
图 A6.2

[10-13] 在题图 10-13 施密特触发器电路中, 若  $G_1$  和  $G_2$  为 74LS 系列与非门和反相器, 它们的阈值电压  $V_{TH}=1.1\text{ V}$ ,  $R_1=1\text{ k}\Omega$ , 二极管的导通压降  $V_D=0.7\text{ V}$ , 试计算电路的正向阈值电压  $V_{T+}$ 、负向阈值电压  $V_{T-}$  和回差电压  $\Delta V_T$ 。



题图 10-13

[10-14] 题图 10-14 是用 TTL 门电路接成的微分型单稳态触发器, 其中  $R_d$  阻值足够大, 保证稳态时  $v_A$  为高电平;  $R$  的阻值很小, 保证稳态时  $v_{12}$  为低电平。试分析该电路在给定触发信号  $v_I$  作用下的工作过程; 画出  $v_A$ 、 $v_{01}$ 、 $v_{12}$  和  $v_O$  的电压波形;  $C_d$  的电容量很小, 它与  $R_d$  组成微分电路。



题图 10-14

[解] (1)  $v_I = 0$ ,  $\bar{v}_O = 1$ ,  $v_O = 0$ 。

$$v_I' = \frac{R_2}{R_1 + R_2}(v_I - V_D)$$

$v_I$  增加,  $v_I'$  也增加, 当  $v_I = V_{T+}$  时,  $v_I' = V_{TH} = 1.1\text{ V}$ , 即

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

$$V_{T+} = \frac{R_1 + R_2}{R_2} V_{TH} + V_D = \frac{1+2}{2} \times 1.1 + 0.7 = 2.35\text{ V}$$

所以

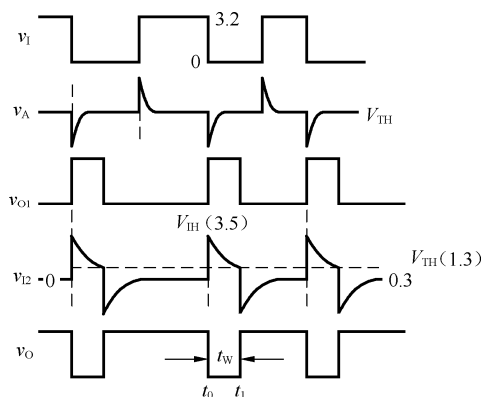
$$(2) \quad v_I = 1, \quad \bar{v}_O = 0, \quad v_O = 1$$

$v_I$  减小, D 截止,  $v_I' \approx v_O = 1$ , 当  $v_I = V_{T-} = V_{TH}$  时,  $\bar{v}_O = 1, v_O = 0$

$$\text{所以} \quad V_{T-} = V_{TH} = 1.1V$$

$$\Delta V_T = \frac{R_1}{R_2} V_{TH} + V_D = \frac{1}{2} \times 1.1 + 0.7 = 1.25V$$

[10-15] 在题图 10-15 中, 若  $G_1$ 、 $G_2$  为 TTL 门电路, 它们的  $V_{OH}=3.2V$ ,  $V_{OL}=0V$ ,  $V_{TH}=1.3V$ ,  $R=0.3k\Omega$ ,  $C=0.01\mu F$ , 试求电路输出负脉冲的宽度  $t_w$ 。



题图 10-15

解: 因为  $R=0.3k\Omega$ , 由 TTL 门电路输入负载特性知, 稳态时  $v_{I2} \approx 0.3V$ 。电路各点波形及幅值如图 A6.10 所示。电路输出负脉冲的宽度  $t_w$  即由  $V_{IH}$  ( $t_0$  时刻) 下降到  $V_{TH}$  ( $t_1$  时刻) 所需时间。

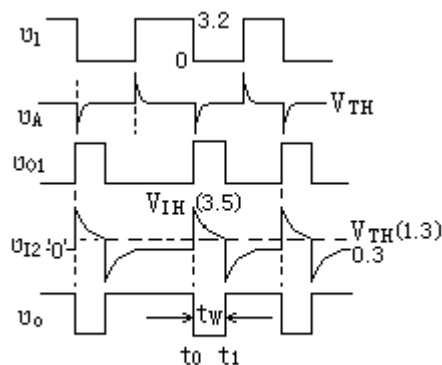


图 A6.10

根据电路暂态三要素法  
其中

$$v_{I2}(t) = v_{I2}(\infty) + [v_{I2}(0+) - v_{I2}(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$v_{I2}(\infty) = 0V, \quad v_{I2}(0+) = V_{IH} = 0.3 + (3.2 - 0) = 3.5V, \quad \tau = RC = 300 \times 10^{-8} = 3\mu s$$

$$\therefore t_w = RC \ln \frac{v_{I2}(0+)}{V_{TH}} = 3 \times \ln \frac{3.5}{1.3} \approx 3\mu s$$

[10-16]在题图 10-16 电路中, 已知 CMOS 集成施密特触发器的电源电压  $V_{DD}=15\text{ V}$ ,  $V_{T+}=9\text{ V}$ ,  $V_{T-}=4\text{ V}$ 。试问:

(1) 为了得到占空比  $q=50\%$  的输出脉冲,  $R_1$  与  $R_2$  的比值应取多少?

(2) 若给定  $R_1=3\text{ k}\Omega$ ,  $R_2=8.2\text{ k}\Omega$ , 电路的振荡频率为多少? 输出脉冲的占空比是多少?

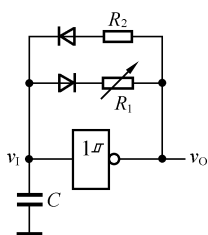
[解] (1)  $q=50\%$ , 则  $t_1/t_2=1$ , 即

$$\frac{R_2 C \ln \frac{V_{DD} - V_{T-}}{V_{DD} - V_{T+}}}{R_1 C \ln \frac{V_{T+}}{V_{T-}}} = 1 \quad \therefore \frac{R_1}{R_2} = \frac{\ln \frac{11}{6}}{\ln \frac{9}{4}} \approx \frac{3}{4}$$

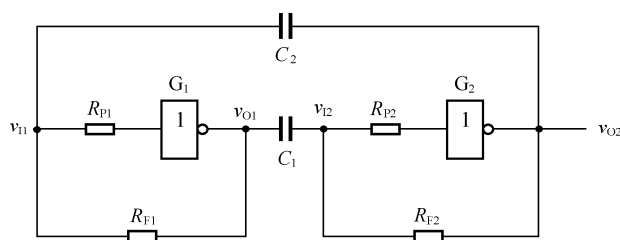
$$T = t_1 + t_2 = R_2 C \ln \frac{V_{DD} - V_{T-}}{V_{DD} - V_{T+}} + R_1 C \ln \frac{V_{T+}}{V_{T-}}$$

$$\begin{aligned} (2) \quad &= 8.2 \times 10^3 \times 0.05 \times 10^{-6} \ln \frac{11}{6} + 3 \times 10^3 \times 0.05 \times 10^{-6} \ln \frac{9}{4} \approx 0.37\text{ ms} \\ &f = 1/T \approx 2.7\text{ kHz}, \quad q = t_1/T \approx 0.67 \end{aligned}$$

[10-18] 题图 10-17 是用 COMS 反相器组成的对称式多谐振荡器。若  $R_{F1}=R_{F2}=10\text{ k}\Omega$ ,  $C_1=C_2=0.01\text{ }\mu\text{F}$ ,  $R_{P1}=R_{P2}=33\text{ k}\Omega$ , 试求电路的振荡频率, 并画出  $v_{I1}$ 、 $v_{O1}$ 、 $v_{I2}$ 、 $v_{O2}$  各点的电压波形。



题图 10-16



题图 10-17

[解] 在  $R_{P1}$ 、 $R_{P2}$  足够大的条件下, 反相器的输入电流可以忽略不计, 在电路参数对称的情况下, 电容的充电时间和放电时间相等, 据此画出的各点电压波形如图 A6.14(a)所示。图 A6.14 (b) 是电容充、放电的等效电路。由等效电路求得振荡周期为

$$T = 2R_F C \ln 3 = 2 \times 10 \times 10^3 \times 10^{-8} \times 1.1\text{ s} = 2.2 \times 10^{-4}\text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} = 4.55\text{ kHz},$$

故得振荡频率为

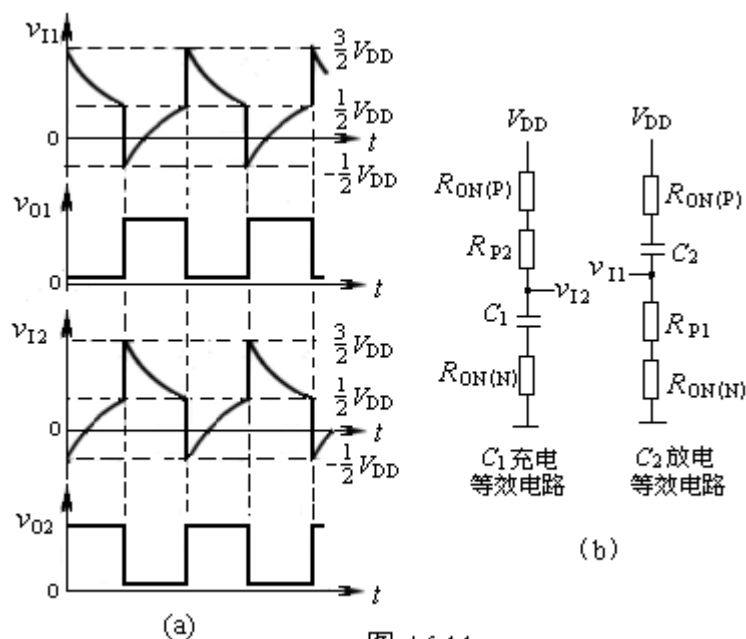


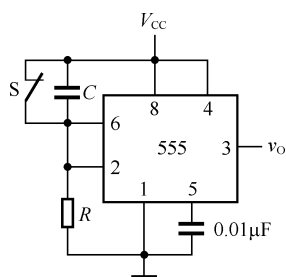
图 A6.14

[10-18] 题图 10-18 是用 555 定时器组成的开机延时电路。若给定  $C = 25 \mu\text{F}$ ,  $R = 91 \text{ k}\Omega$ ,  $V_{CC} = 12 \text{ V}$ , 试计算常闭开关 S 断开以后经过多长的延迟时间  $v_o$  才跳变为高电平。

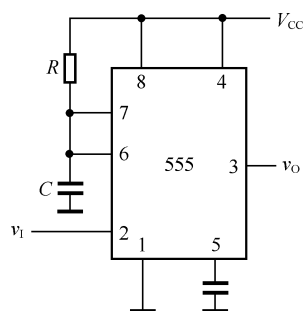
[解] 延迟时间等于从 S 断开瞬间到电阻  $R$  上的电压降至  $V_{T-} = \frac{1}{3}V_{CC}$  的时间, 即

$$T_D = RC \ln \frac{0 - V_{CC}}{0 - \frac{1}{3}V_{CC}} = RC \ln 3 = 1.1 \times 91 \times 10^3 \times 25 \times 10^{-6} = 2.5 \text{ s}$$

[10-20] 在使用题图 10-19 由 555 定时器组成的单稳态触发器电路时对触发脉冲的宽度有无限限制? 当输入脉冲的低电平持续时间过长时, 电路应作何修改?



题图 10-18



题图 10-19

[解] 对输入触发脉冲宽度有限制, 负脉冲宽度应小于单稳态触发器的暂态时间  $T_w$ , 当输入低电平时间过长时, 可在输入端加一微分电路, 将宽脉冲变为尖脉冲如图 A6.26 所示, 以  $v_i'$  做为单稳态电路触发器脉冲。

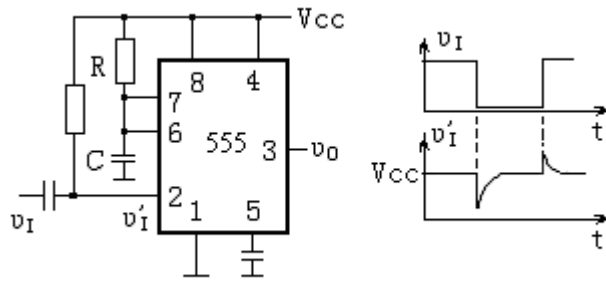
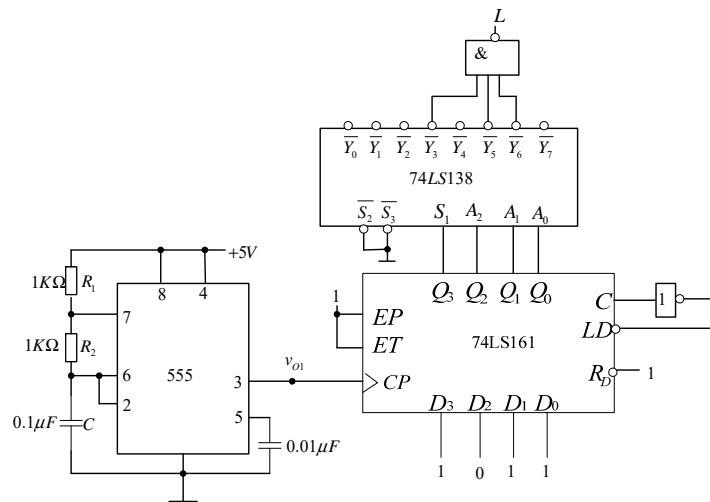


图 A6.26

**[10-21]** 由 555 定时器、3-8 线译码器 74LS138 和 4 位二进制加法器 74LS161 组成的电路如题图 10-20 所示。

1. 试问 555 定时器组成的是什么功能电路？计算  $v_{O1}$  输出信号的周期；
2. 试问 74LS161 组成什么功能电路？列出其状态转换图；
3. 用逻辑表达式表示  $L$  与  $Q_3$ 、 $Q_2$ 、 $Q_1$ 、 $Q_0$  的关系。
4. 画出图中  $v_{O1}$ 、 $Q_3$ 、 $Q_2$ 、 $Q_1$ 、 $Q_0$  及  $L$  的波形。



题图 10-20