

《数字电路》期末考试试卷（A 卷）**参考答案及评分标准**

一、**评分标准：每个 2 分**

- (1) 一片 ROM 有  $n$  根地址线输入,  $m$  根位线输出, 则其容量为  $m \times n$ 。.....( × )
- (2) 对于负逻辑而言, 某逻辑电路为与非门, 则对于正逻辑而言, 该电路为或非门。..... ( √ )
- (3) 某门电路在输入高电平时的噪声容限为 1.8 伏, 其标准逻辑高电平为 3.6 伏, 则其开门电平  $V_{ON} = 5.4$  伏。..... ( × )
- (4) 在某一逻辑电路中, 已知三变量 A、B、C 一致时, 输出为 1, 否则为 0, 其表达式为  $F = \overline{ABC} + \overline{ABC}$ 。..... ( × )
- (5) 现场可编程门阵列 FPGA 采用可编程的“与-或”阵列来实现逻辑函数。.....( × )

二、(10 分, 第一小题 6 分, 第二小题 4 分)

- (1) 电路原理图如图 1 所示, 若  $\overline{G}$  与  $DIR$  均为低电平时, 判断数据输入端是 B, 数据输出端是 A; 如果要求 A、B 之间不通,  $\overline{G}$  应该取 高 电平, 此时三态门工作在 高阻 ( 或 “悬空” ) 状态。

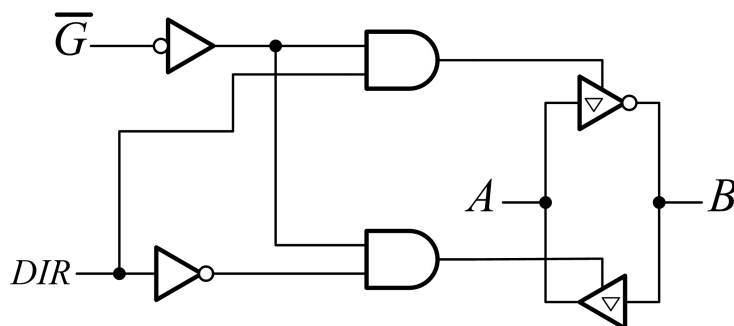


图 1 某电路原理图

(2) 分析如图 2 所示的组合逻辑电路，请写出输出 Y 的最简“或与”表达式：

$(\bar{A} + B)(A + \bar{B})(\bar{B} + \bar{C})$  (或者  $(\bar{A} + B)(A + \bar{B})(\bar{A} + \bar{C})$ ) 。 **评分标准：本题 4 分，**

**如果写对一个或项，可以得 1 分，全写对得 4 分。**

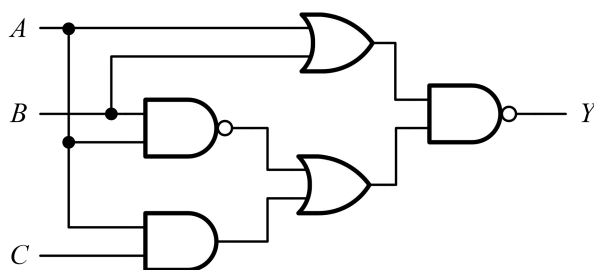


图 2 某组合逻辑电路的原理图

说明：

**评分标准：过程不写不扣分；如果答案完全不对，但有过程，且过程中有对的**

**成分，可以酌情给 1 分，但不可以超过 1 分。**

$Y = \overline{(A + B) \cdot (\bar{A} \cdot \bar{B} + AC)}$ ，所以

$$\bar{Y} = (A + B) \cdot (\bar{A} + \bar{B} + AC) = (A + B) \cdot (\bar{A} + \bar{B} + C) = A \cdot \bar{B} + AC + \bar{A} \cdot B + BC$$

$\bar{Y}$  的卡诺图

		$\bar{Y}$			
		$BC$			
$A$		00	01	11	10
	0			1	1
	1	1	1	1	

$\bar{Y}$  的最简与或式： $\bar{Y} = A \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot B + BC$  (或  $A \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot B + AC$ )

所以 Y 的最简或与式为：

$$Y = \overline{A \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot B + BC} = \overline{A \cdot \bar{B}} \cdot \overline{\bar{A} \cdot B} \cdot \overline{BC} = (\bar{A} + B)(A + \bar{B})(\bar{B} + \bar{C})$$

(或  $Y = (\bar{A} + B)(A + \bar{B})(\bar{A} + \bar{C})$ )

三、（15 分）

$$F = \bar{M}_1 \bar{M}_0 a + \bar{M}_1 M_0 (a\bar{b} + \bar{a}b) + M_1 \bar{M}_0 ab + M_1 M_0 (a + b)$$

$$= m_1 \bullet 1 + m_2 \bullet b + m_3 \bullet \bar{b} + m_5 \bullet b + m_6 \bullet b + m_7 \bullet 1$$

$$Y = \sum m_i D_i$$

$$D_1 = D_7 = 1, D_2 = D_5 = D_6 = b, D_3 = \bar{b}, D_0 = D_4 = 0$$

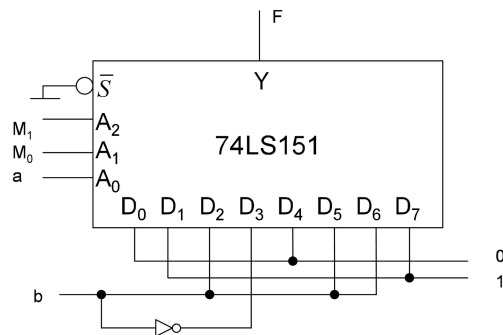
评分标准：正确写出第一个式子 5 分；写出第二个式子或是  $D_i$  的分配正确，5

分；

评分标准：如果没有第一个式子，只有第二个式子和分配，除非完全正确，可

以不扣第一个式子的分，否则分步给（扣）分。

评分标准：关于  $D_i$  的分配，错一个扣 1 分，扣完 5 分为止。



评分标准：一共 5 分，错 1 处扣 0.5，

四、(15 分) 电路原理图如图 3 所示,  $CP_1$ 、 $CP_2$  的波形如图 4 所示, 设触发器的初始状态均为 “0”, 请在图 4 中绘出  $Q_1$  和  $Q_2$  的波形。

注意: 需要考虑 “与门” 的延迟, 以及触发器  $R$  至  $Q$  的建立时间。

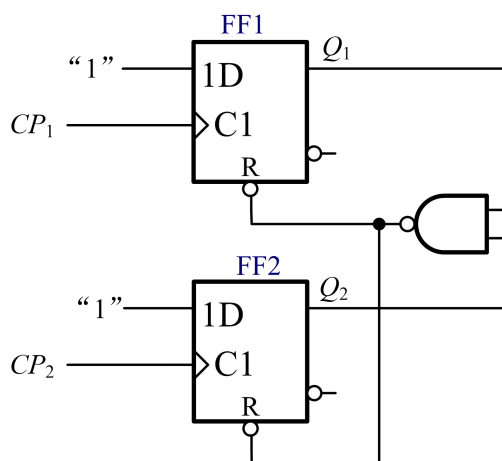


图 3 由两个 D 触发器和一个与门组成的电路

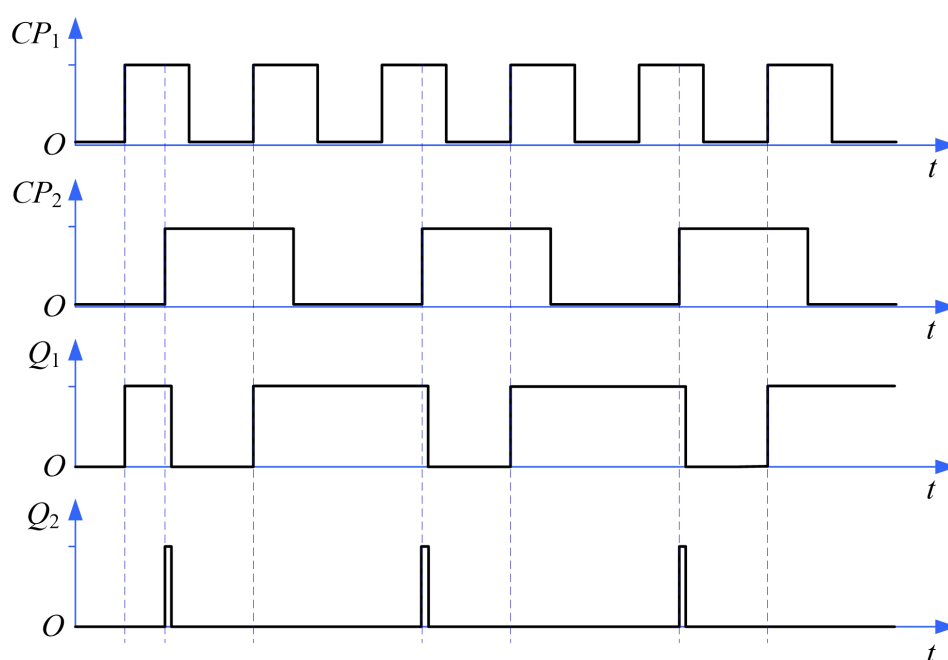


图 4 触发器电路的波形图

评分标准: 两个波形分开给分,  $Q_1$  波形 8 分,  $Q_2$  波形 7 分;

评分标准: 对于  $Q_1$  来说, 上升沿 2 分, 下降沿 2 分, 周期 2 分,

正脉冲宽度 2 分;

评分标准: 对于  $Q_2$  来说, 位置 3 分, 周期 2 分, 脉冲宽度是否考虑正确 2 分。

五、(15 分)

第(1)片 74LS161 采用置数法接成七进制计数器。 $Q_3Q_2Q_1Q_0 = 1111$ 时译出  $\overline{LD} = 0$  信号,

置入  $D_3D_2D_1D_0 = 1001$ 。

第(2)片 74LS161 采用置数法接成九进制计数器。

两片采用串行连接方式, 构成  $7 \times 9 = 63$  进制计数器。

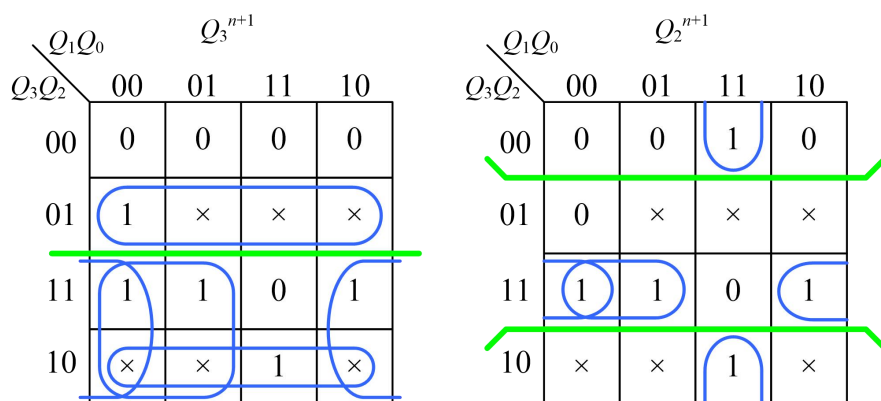
六、(20 分) 采用上升沿触发的 J-K 触发器，以及“与门”、“或门”和“非门”，设计并实现 2421BCD 码格式的同步十进制计数器。2421BCD 码的编码表和计数顺序如表 1 所示。请给出该电路的状态方程、驱动方程、输出方程，绘出原理图，并要求可以自启动。

表 1 2421BCD 码的编码方式和计数顺序

计数顺序	编码				进位输出
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0
2	0	0	1	0	0
3	0	0	1	1	0
4	0	1	0	0	0
5	1	0	1	1	0
6	1	1	0	0	0
7	1	1	0	1	0
8	1	1	1	0	0
9	1	1	1	1	1
10 (到下一循环)	0	0	0	0	0

解：

(1) 绘出卡诺图形式的状态转换表，化简得出状态方程、驱动方程和输出方程



$$Q_3^{n+1} = Q_2 \cdot \overline{Q_3} + (\overline{Q_2} + \overline{Q_1} + \overline{Q_0}) \cdot Q_3 \quad \begin{cases} J_3 = \overline{Q_2} \\ K_3 = \overline{Q_2 + Q_1 + Q_0} = Q_2 Q_1 Q_0 \end{cases}$$

$$Q_2^{n+1} = Q_1 Q_0 \cdot \overline{Q_2} + (Q_3 \overline{Q_1} + Q_3 \overline{Q_0}) \cdot Q_2 \quad \begin{cases} J_2 = \overline{Q_1 Q_0} \\ K_2 = \overline{Q_3 (\overline{Q_1} + \overline{Q_0})} = \overline{Q_3} + Q_1 Q_0 \end{cases}$$

$Q_1Q_0$		$Q_2^{n+1}$			
$Q_3Q_2$		00	01	11	10
00		0	1	0	1
01		1	×	×	×
11		0	1	0	1
10		×	×	0	×

$Q_1Q_0$		$Q_1^{n+1}$			
$Q_3Q_2$		00	01	11	10
00		1	0	0	1
01		1	×	×	×
11		1	0	0	1
10		×	×	0	×

$$Q_1^{n+1} = (Q_0 + \overline{Q_3}Q_2) \cdot \overline{Q_1} + \overline{Q_0} \cdot Q_1 \quad \begin{cases} J_1 = Q_0 + \overline{Q_3}Q_2 \\ K_1 = \overline{Q_0} = Q_0 \end{cases}$$

$$Q_0^{n+1} = \overline{Q_0} \quad \begin{cases} J_0 = 1 \\ K_0 = 1 \end{cases}$$

$Q_1Q_0$		$C$			
$Q_3Q_2$		00	01	11	10
00					
01			×	×	×
11				1	
10		×	×		×

$$C = Q_2Q_1Q_0$$

评分标准：状态方程每个 1 分，驱动方程每个 2 分，输出方程每个 1 分，

一共九个方程，共 13 分；

评分标准：状态方程没有化简，不扣分，但是必须正确，且驱动方程必须和状

态方程相互一致且正确。

(2) 检查是否可以自启动：

无关项  $0101 \rightarrow 1010$

无关项  $0110 \rightarrow 1011$  （进入有效循环状态）

无关项  $0111 \rightarrow 1000 \rightarrow 1001 \rightarrow 1010$

无关项  $1000 \rightarrow 1001 \rightarrow 1010$

无关项  $1010 \rightarrow 1011$  (进入有效循环状态)

评分标准：判断电路自启动部分共 3 分——原则上过程 1.5 分，结论 1.5 分；如

果没有过程（或过程完全错误），但判断正确，只能得 1.5 分；过程如果有

错，每个无关状态错了扣 0.5 分，1.5 分扣完为止。

评分标准：还有的同学采用将无关状态代入状态方程的方法判断，这种方法过

程也算对（只要他/她写出“将无关状态代入状态方程”字样，或者确实代

入演算), 过程的 1.5 分可以得到。

评分标准：共 4 分，批改时应该对应答题人求得的驱动方程；触发器的“脉冲”

触发”符号画错扣 1 分；不会画 JK 触发器再扣 1 分；其它，连线每错 1 处

**扣 0.5 分，扣完为止。**

第 8 页 共 14 页



		$Q_2^{n+1}$			
		$Q_1Q_0$			
$Q_3Q_2$		00	01	11	10
00		0	0	1	0
01		0	×	×	×
11		1	1	0	1
10		×	×	1	×

$$Q_2^{n+1} = Q_1Q_0 \cdot \overline{Q_2} + (\overline{Q_1}Q_0 + Q_3\overline{Q_0}) \cdot Q_2 \quad \begin{cases} J_2 = \overline{Q_1}Q_0 \\ K_2 = \overline{Q_1}Q_0 + Q_3\overline{Q_0} \end{cases}$$

判断无关项 0101 是否能自启动也受到影响：

无关项 0101 → 1110 （进入有效循环状态）

可以自启动的结论不变

上述作法也是对的。

### 七、(15 分) 脉冲波形的生成

如图 5 所示,该电路分为两部分,第 I 部分是采用 555 芯片构成的单稳态触发器,第 II 部分是带有启停控制的多谐振荡器(设均采用 CMOS 工艺门电路,),电路元件参数见表 2。

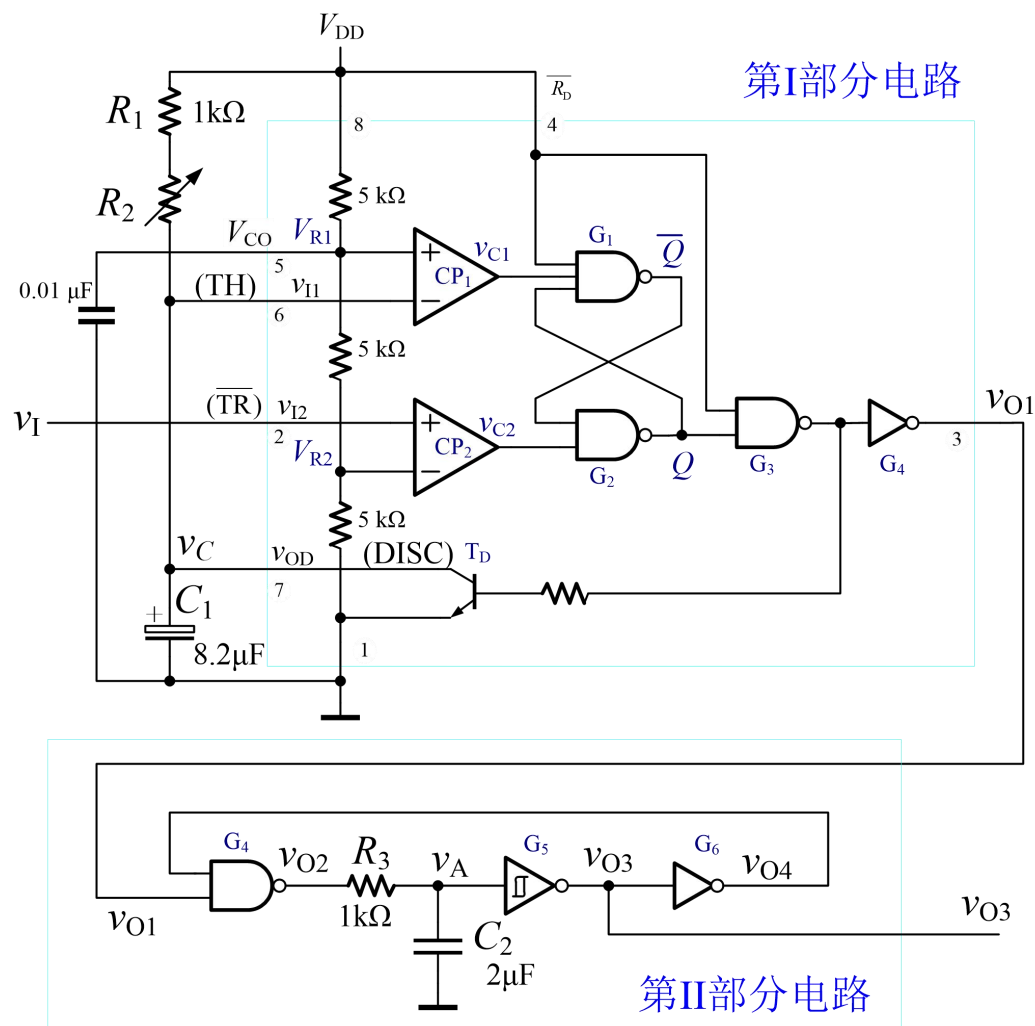


图 5 单稳态触发器和多谐振荡器电路

表 2 电路图图 5 中的元件参数

类型	元件名/参数名	单位	数值
电阻	$R_1$	$k\Omega$	1
	$R_2$		待求
	$R_3$		1
电容	$C_1$	$\mu F$	8.2
	$C_2$		2
施密特触发器	G5 的 $V_{T+}$	V	3.5
	G5 的 $V_{T-}$		1.5

(续表 2)

类型	元件名/参数名	单位	数值
电平	电源 $V_{DD}$	V	5
	$V_{OH}$		$\approx V_{DD}$
	$V_{OL}$		$\approx 0$
	门电路阈值 $V_{TH}$		$\frac{1}{2} V_{DD}$
常量 (不一定会用到)	$\ln 2$	无	0.7
	$\ln 3$		1.1
	$\ln 5$		1.6
	$\ln 7$		1.9

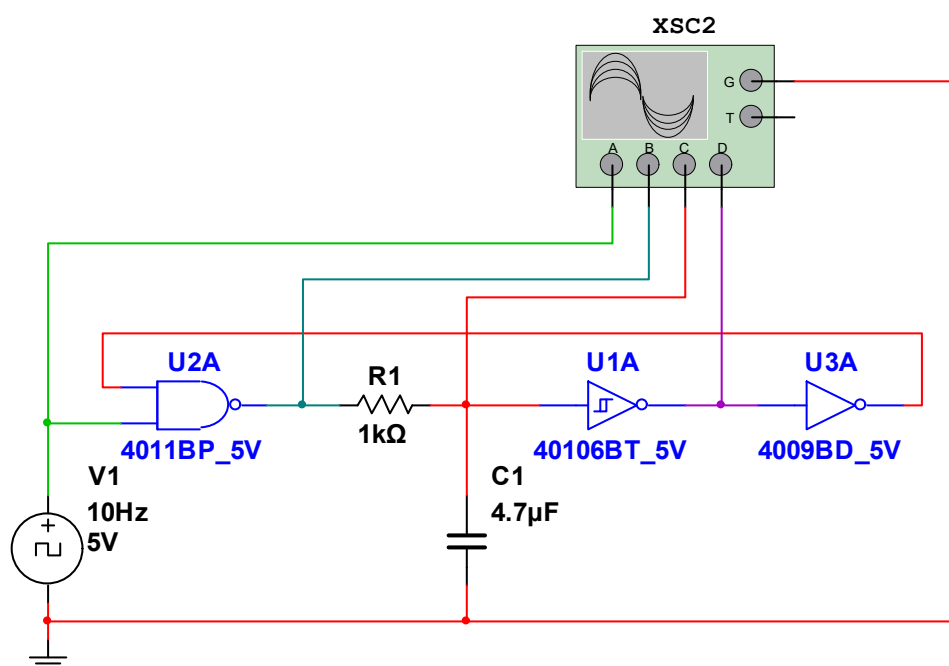
请解决如下问题：

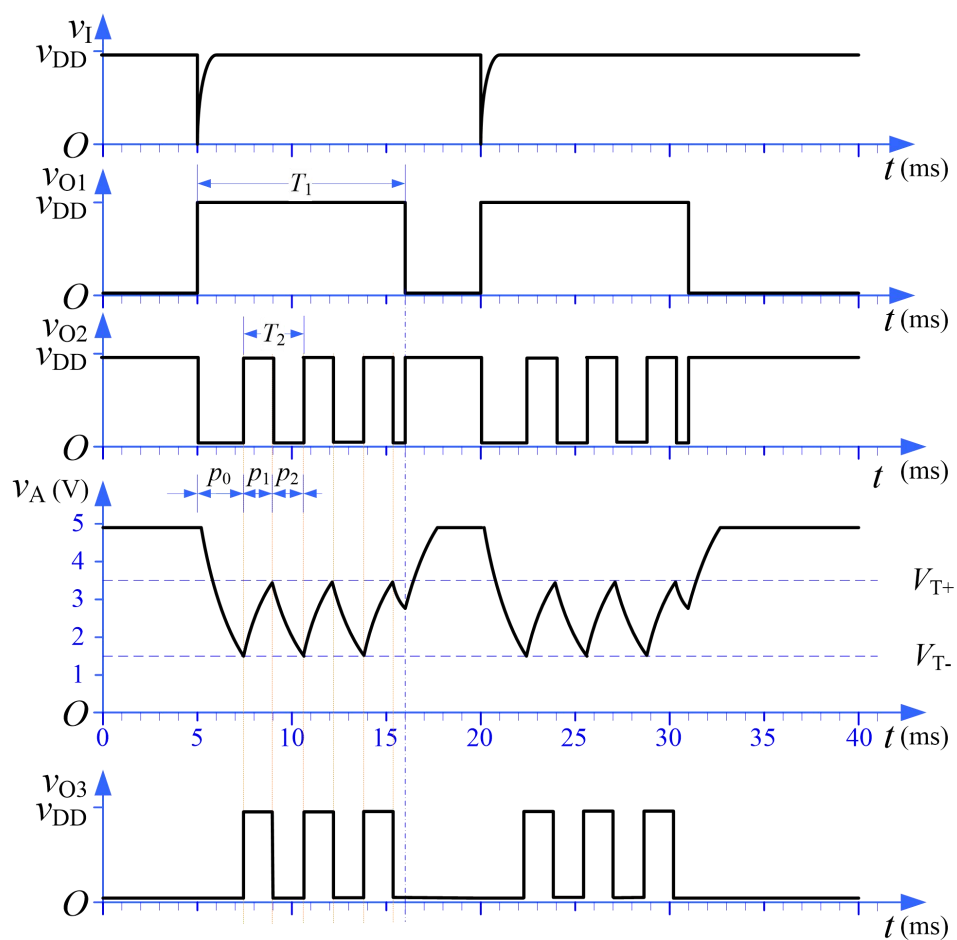
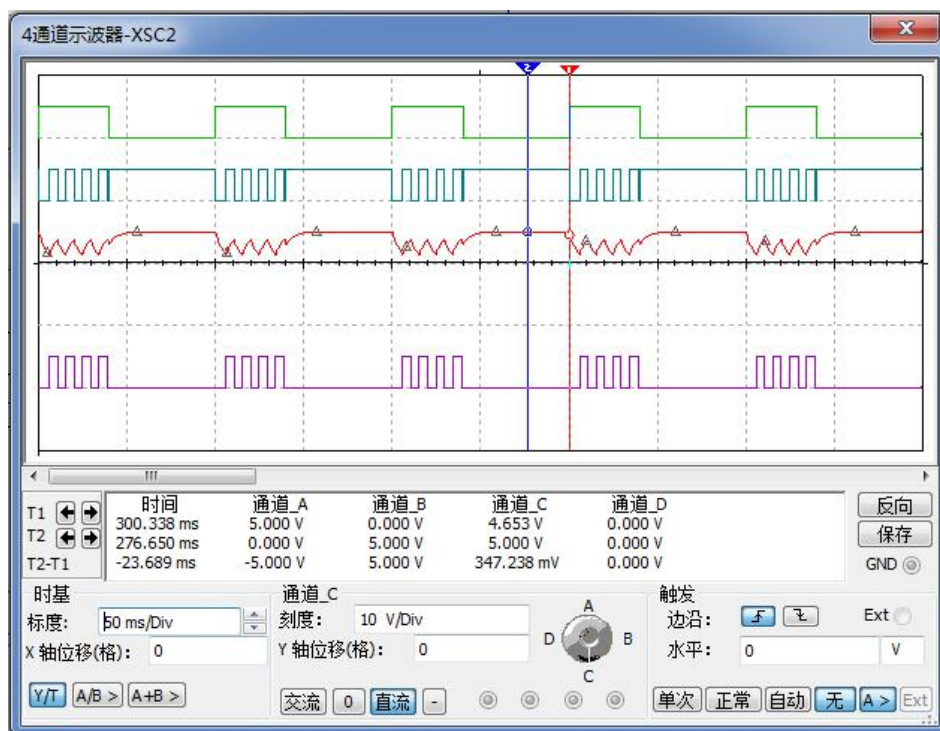
- (1) 根据  $v_1$  的输入及  $v_{O1}$  的波形，在图 6 中绘制  $v_{O2}$ 、 $v_A$  和  $v_{O3}$  的电压波形；
- (2) 分析并计算第 II 部分电路在稳定振荡时候的周期  $T_2$ ，并简要说明分析过程；
- (3) 如果希望第 I 部分电路的一次触发至少可以使第 II 部分电路的输出端  $v_{O3}$  输出 3 个完整的正脉冲，则  $R_2$  的阻值至少为多少？

解：

- (1) 波形已在图 6 中绘出。

**说明：**以下是用 MultiSim 仿真工具仿真得到的多谐振荡电路波形，可供参考。由于仿真中采用了成品施密特触发器，正向阈值和负向阈值不易调整，且当时电容选取  $4.7\mu\text{F}$ （而不是题中的  $2\mu\text{F}$ ），仿真中得到的脉冲宽度与图 6 答案中不同，仅供原理性参考。答案以图 6 为准。





注:  $v_A$  纵轴的比例尺与其它曲线图不同

图 6 各点电压波形

评分标准：第(1)问共 7 分， $v_{O2}$ 、 $v_{O3}$  曲线各 2 分， $v_A$  曲线 3 分；

评分标准：对于  $v_{O2}$ ——与  $v_{O1}$  和  $v_{O3}$  的极性关系和沿之间的关系如果画错一处扣

0.5 分，2 分扣完为止；

评分标准：对于  $v_A$ ——起振阶段放电没画对，扣 1 分；之后的充放电整体形状

（共有二个整体的形状）没画对，错一个扣 1 分；内部状态恢复的时候如果

没画对不单独扣分，3 分扣完为止；

评分标准：对于  $v_{O3}$ ——与  $v_{O2}$  和  $v_A$  的极性关系和沿之间的关系如果画错一处扣

0.5 分，2 分扣完为止；

评分标准：只要逻辑和充放电波形正确，就算没有按照定量画出  $v_{O3}$  的 3 个脉冲

（比如画了 2 个，或者 4 个），不单独扣分。

(2) 在稳定工作情况下，第 II 部分电路在稳定振荡的时候周期  $T_2$  对应电容的充电阶段（在图 6 中设为  $p_1$ ）和放电阶段（在图 6 中设为  $p_2$ ），其参数为：

	$\tau$	$v(0)$	$v(\infty)$	$v(t)$
充电阶段 $p_1$	$R_3 \times C_2$	$V_T=1.5V$	$V_{DD}=5V$	$V_{T+}=3.5V$
放电阶段 $p_2$	$R_3 \times C_2$	$V_{T+}=3.5V$	0	$V_T=1.5V$

$\therefore$

$$p_1 = R_3 \times C_2 \times \ln \frac{v(\infty) - v(0)}{v(\infty) - v(t)} = R_3 \times C_2 \times \ln \frac{5 - 1.5}{5 - 3.5} = (\ln 7 - \ln 3) \times R_3 C_2$$

$$p_2 = R_3 \times C_2 \times \ln \frac{v(\infty) - v(0)}{v(\infty) - v(t)} = R_3 \times C_2 \times \ln \frac{0 - 3.5}{0 - 1.5} = (\ln 7 - \ln 3) \times R_3 C_2$$

$$T_2 = p_1 + p_2 = 2 \times (\ln 7 - \ln 3) \times R_3 C_2 \approx 2 \times (1.9 - 1.1) \times 1 \times 2 = 3.2 \text{ (ms)}$$

评分标准：第(2)问共 4 分；

评分标准：公式和分析步骤对可以得 2 分；结果对得 2 分。

(3) 如果希望第 I 部分电路的一次触发至少可以使第 II 部分电路输出 3 个完整的正脉冲，则  $T_1$  的时间段内应至少包含起振放电阶段（在图 6 中设为  $p_0$ ）；以及在稳定振荡的时候，3 次充电阶段（在图 6 中设为  $p_1$ ）和 2 次放电阶段（在图 6 中设为  $p_2$ ）。即， $T_1 \geq p_0 + 3 \times p_1 + 2 \times p_2$ ，其中  $p_1 = p_2 = 1.6$  (ms)；而  $p_0$  为：

	$\tau$	$v(0)$	$v(\infty)$	$v(t)$
起振放电阶段 $p_0$	$R_3 \times C_2$	$V_{DD} = 5V$	0	$V_T = 1.5V$

$$p_0 = R_3 \times C_2 \times \ln \frac{v(\infty) - v(0)}{v(\infty) - v(t)} = R_3 \times C_2 \times \ln \frac{0 - 5}{0 - 1.5} = (\ln 2 + \ln 5 - \ln 3) \times R_3 C_2$$

$$\approx (0.7 + 1.6 - 1.1) \times 1 \times 2 = 2.4 \text{ (ms)}$$

$$\therefore T_1 \geq 2.4 + 3 \times 1.6 + 2 \times 1.6 = 10.4 \text{ (ms)}$$

根据 555 芯片单稳态触发器的脉冲宽度公式：

$$T_1 = (R_1 + R_2) \times C_1 \times \ln \frac{V_{DD} - 0}{V_{DD} - \frac{2}{3} V_{DD}} = \ln 3 \times (1 + R_2) \times 8.2 \geq 10.4$$

$$\therefore R_2 \approx 153 \Omega \quad (\text{约等于 } 150\Omega \text{ 或 } 160\Omega)$$

说明：如果认为  $T_1 \geq p_0 + 3 \times p_1 + 3 \times p_2 = 12$  (ms)，则  $R_2 \approx 330 \Omega$ ，这虽然与实际情况有一定的偏差，但也是可以接受的答案；但如果忽略  $p_0$ ，则答案不完全正确，此时会得到错误结论“无解”或  $R_2 \approx 64\Omega$ 。

**评分标准：第(3)问共 4 分；**

**评分标准：先看思路是否正确，正确可得 2 分；再看援引的单稳态公式是否正**

**确，正确可得 1 分；最后看计算是否准确，规定：150Ω、160Ω和 330 Ω及其**

**误差范围以内（±20Ω）都算正确，可得 1 分；**

**评分标准：如果是求得是 64Ω及其误差范围以内的数值，计算部分暂不扣分，**

**但是思路不完全正确，思路部分扣 1 分；**

**评分标准：如果思路正确，计算只是数值错误，计算部分扣 0.5 分。**