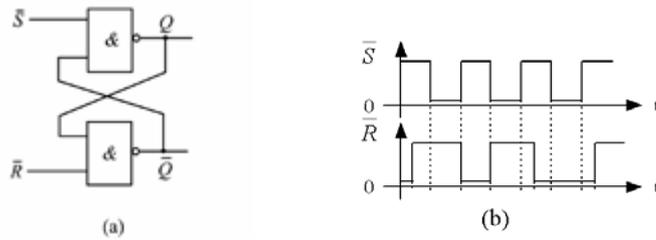


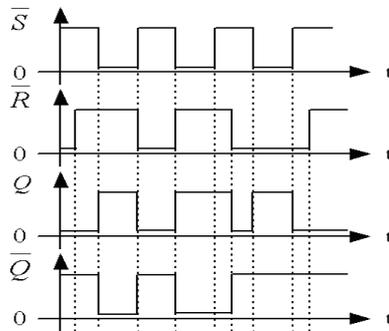
第五章 触发器

5.1 画出如题图 5.1 所示的基本 RS 触发器输出端 Q 、 \bar{Q} 的电压波形图。 \bar{S} 和 \bar{R} 的电压波形如图 5.1(b) 所示。

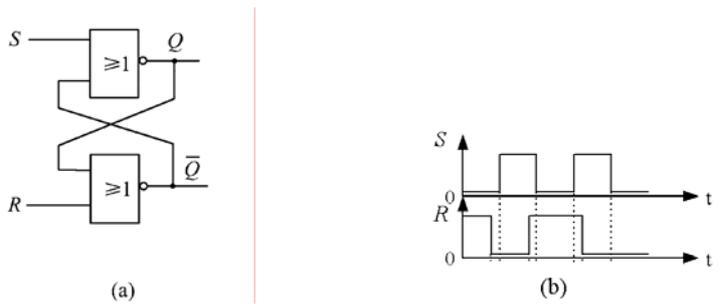


题图 5.1

解：波形如图：

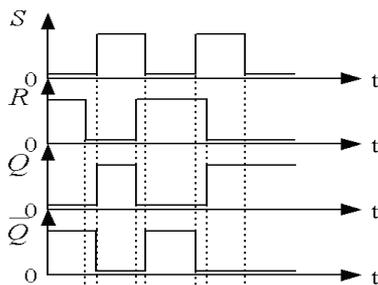


5.2 或门组成的基本 RS 触发器电路如题图 5.2(a) 所示，已知 S 和 R 的波形如题图 5.2(b) 所示。试画出 Q 、 \bar{Q} 的波形图。设触发器的初态 $Q=0$ 。

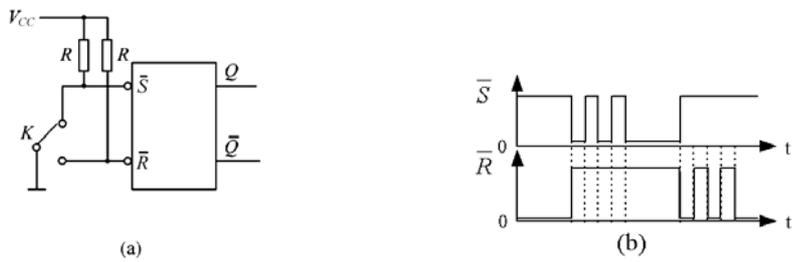


题图 5.2

解：波形如图：

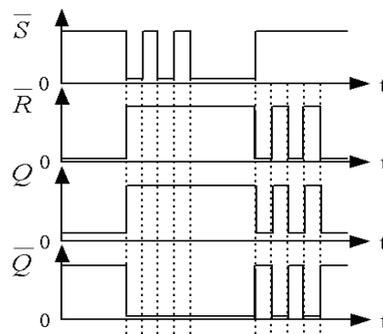


5.3 题图 5.3 所示为一个防抖动输出开关电路。当拨动开关 K 时,由于开关接通瞬间发生振颤, \bar{R} 和 \bar{S} 的波形如图中所示, 请画出 Q 和 \bar{Q} 端的对应波形。

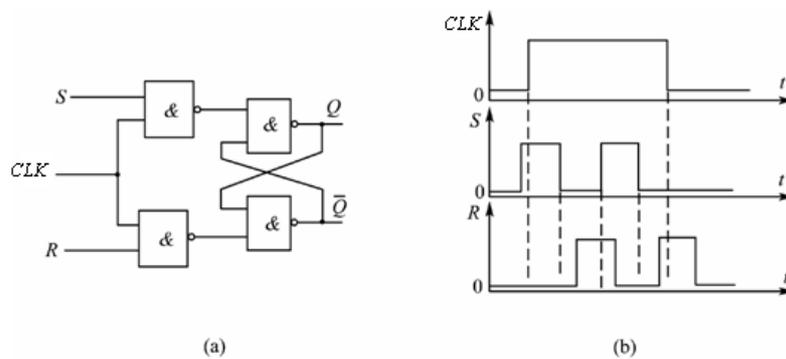


题图 5.3

解：波形如图：

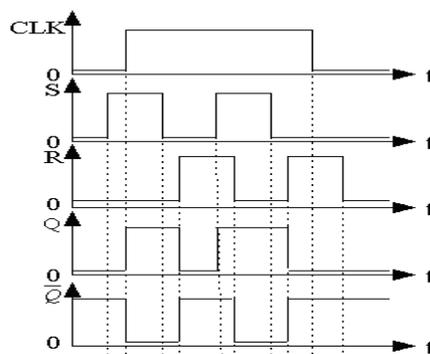


5.4 有一时钟RS触发器如题图 5.4 所示, 试画出它的输出端 Q 的波形。初态 $Q = 0$ 。

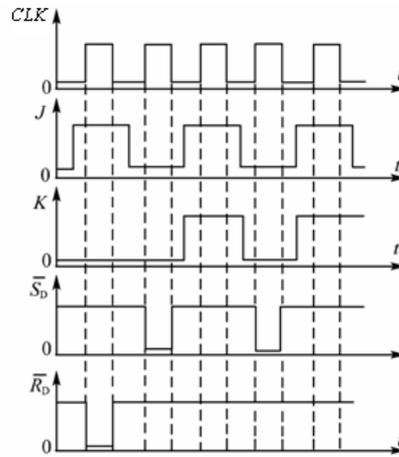


题图 5.4

解：波形如图：

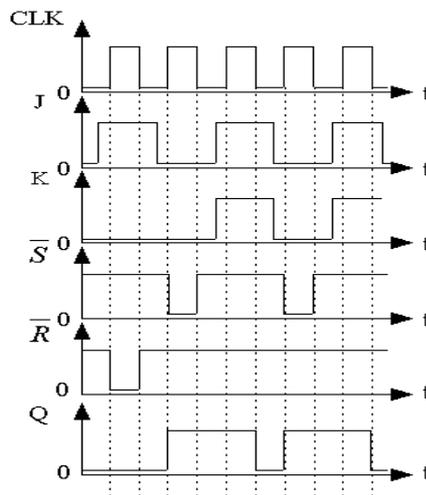


5.5 设具有异步端的主从JK触发器的初始状态 $Q = 0$ ，输入波形如题图 5.5 所示，试画出输出端 Q 的波形。

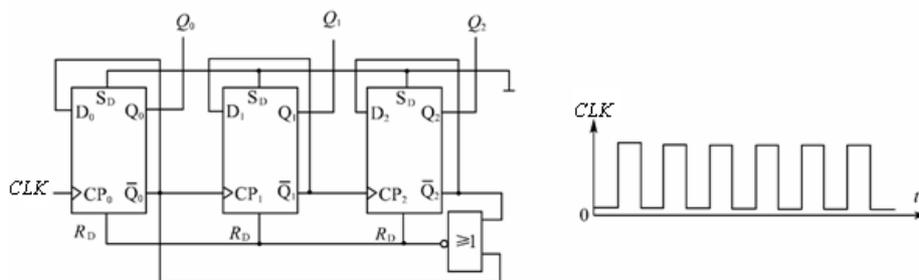


题图 5.5

解：波形如图：

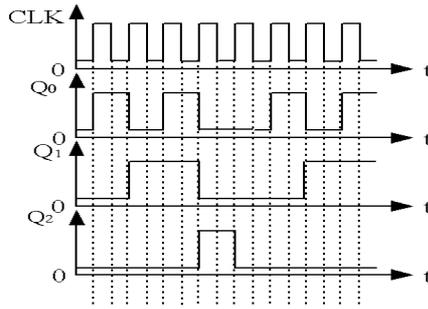


5.6 设题图 5.6 的初始状态为 $Q_2 Q_1 Q_0 = 000$ ，在脉冲 CLK 作用下，画出 Q_0 、 Q_1 、 Q_2 的波形（所用器件都是 CD4013）。 S_D 、 R_D 分别是 CD4013 高电平有效的异步置 1 端，置 0 端。

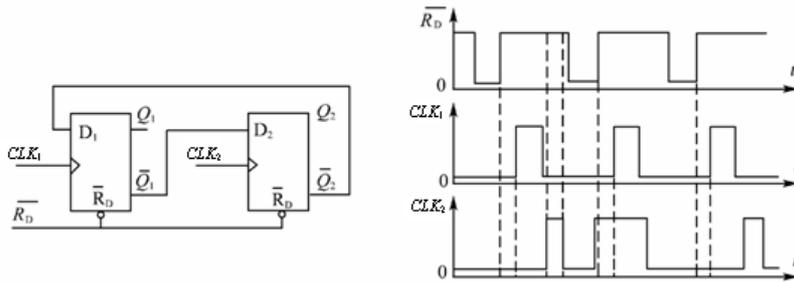


题图 5.6

解：波形如图：

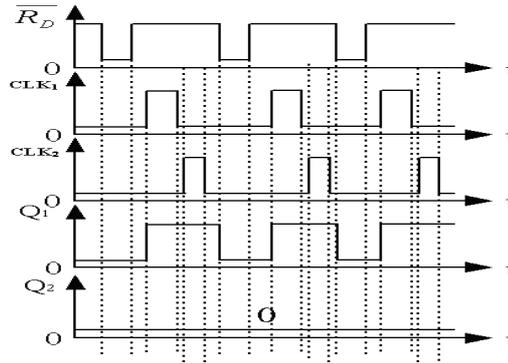


5.7 设题图 5.7 电路两触发器初态均为 0，试画出 Q_1 、 Q_2 波形图。

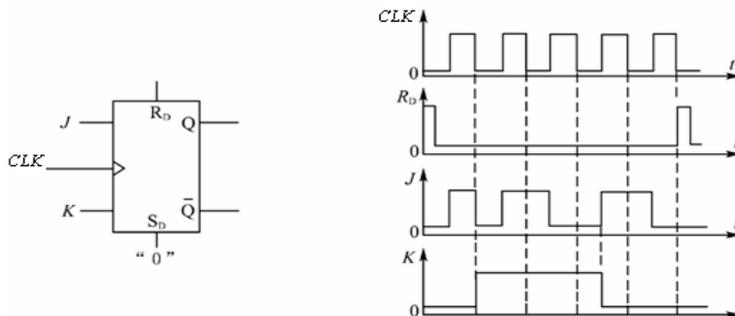


题图 5.7

解：波形如图：

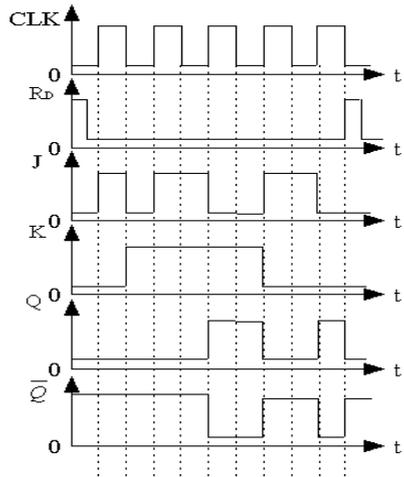


5.8 已知CMOS边沿触发结构JK触发器CD4207 各输入端的波形如题图 5.8 所示，试画出 Q 、 \bar{Q} 端的对应波形，设初态 $Q = 0$ 。 S_D 为高电平置 1 端， R_D 为高电平置 0 端，电路为 CLK 上升沿触发。

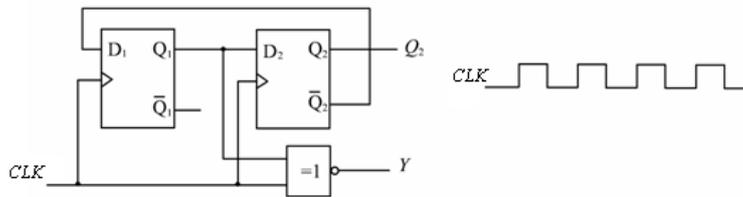


题图 5.8

解：波形如图：

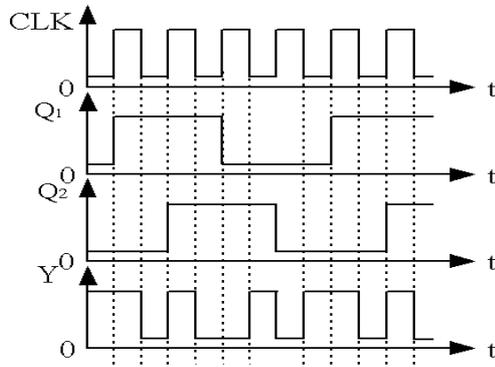


5.9 如题图 5.9 所示,利用 CMOS 边沿触发器和同或门组成的脉冲分频器。试分析它在一系列 CLK 脉冲作用下的 Q_1 、 Q_2 和 Y 的波形 (初始状态 $Q_1 = Q_2 = 0$)。

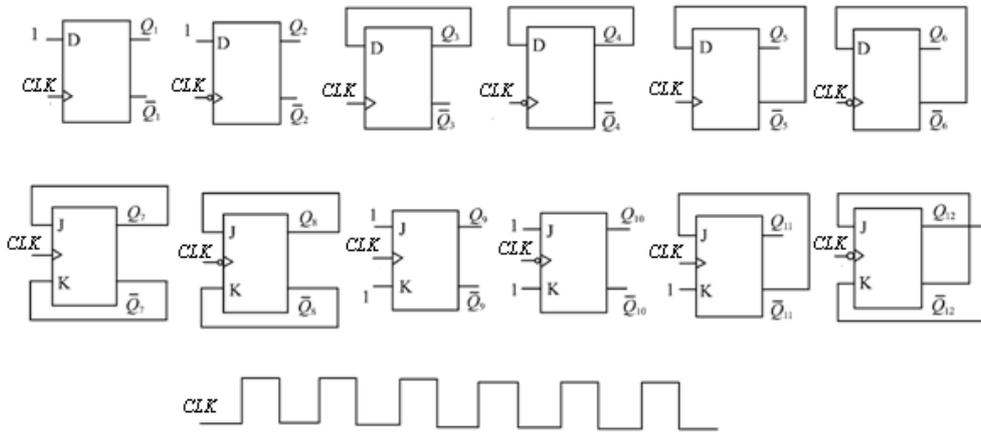


题图 5.9

解：波形如图：

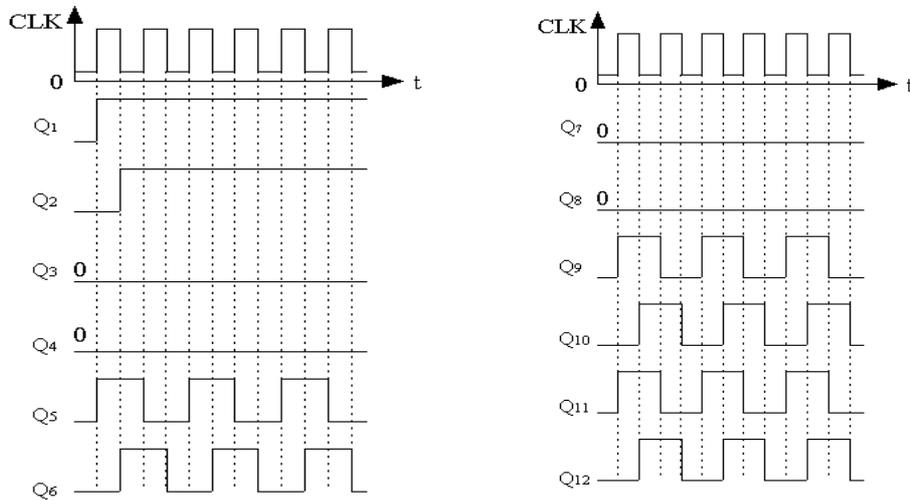


5.10 设题图 5.10 中各个触发器的初始状态皆为 $Q=0$ ，试画出每个触发器 Q 端波形。

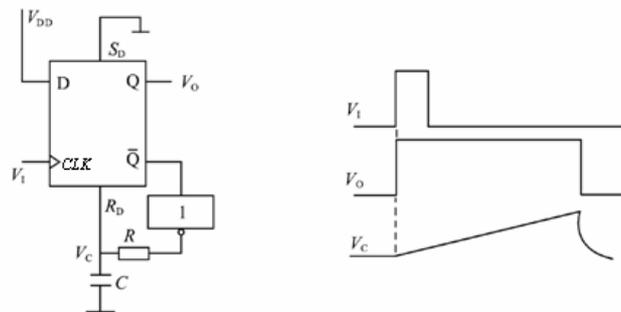


题图 5.10

解：波形如图：



5.11 题图 5.11 示出了一个单稳态电路和它的工作波形，试分析其工作原理（初态 $Q=0$ ）（ S_D 、 R_D 分别为高电平置 1 端、置 0 端。）



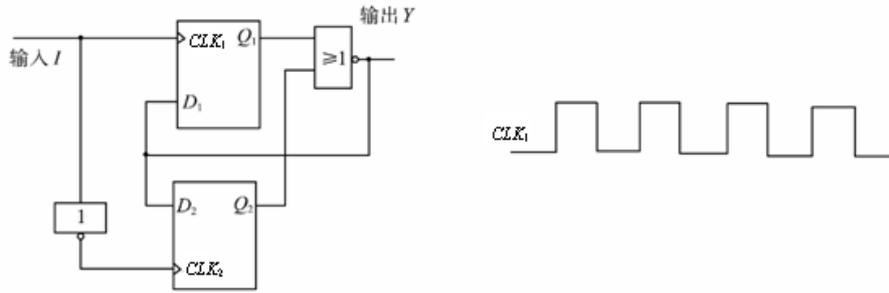
题图 5.11

解： $V_i=0$ ，D-FF 未触发， $Q=0, \bar{Q}=1, V_c=R_D=0$ 等待触发。 V_i 由 0 \rightarrow 1（上升沿）

$D=V_{DD}=1, Q_{n+1}=D \quad Q=V_0=1, \bar{Q}=0, Q \rightarrow R \rightarrow C \rightarrow$ 地，充电。

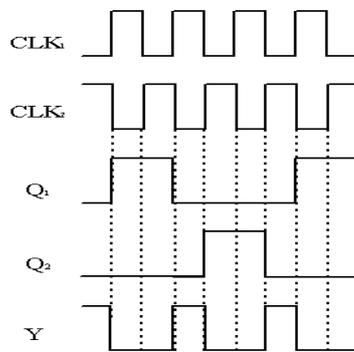
当 $V_c=R_D=1$ 时 Q 端异步置零， $Q=V_0=0, C \rightarrow R \rightarrow Q \rightarrow$ 放电， $V_c=0$ 等待下一次触发。

5.12 电路如题图 5.12 所示。试对应 CLK_1 画出 CLK_2 、 Q_1 、 Q_2 和 Y 的波形（初态 $Q_1 = Q_2 = 0$ ）， CLK_1 为连续脉冲。



题图 5.12

解：波形如图：



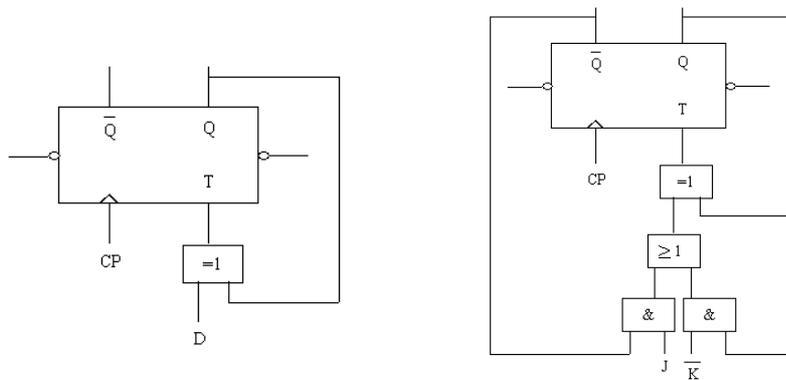
5.13 试将 T 触发器分别转换成 D 触发器和 JK 触发器。

解：1) $T \rightarrow D$ $Q^{n+1} = T \oplus Q^n$ $Q^{n+1} = D$
 $T \oplus Q^{n+1} = D$ $T = D \oplus Q^n$

2) $T \rightarrow JK$ $Q^{n+1} = T \oplus Q^n$ $Q^{n+1} = J\overline{Q^n} + \overline{K}Q^n$

$$T \oplus Q^n = J\overline{Q^n} + \overline{K}Q^n \qquad T = (J\overline{Q^n} + \overline{K}Q^n) \oplus Q^n = JQ^n + K\overline{Q^n}$$

电路如图：

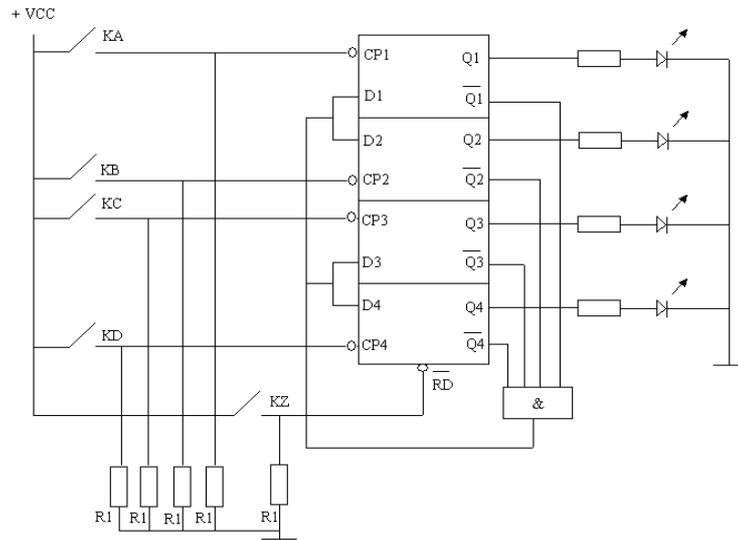


5.14 设计一个四人抢答电路，要求如下：

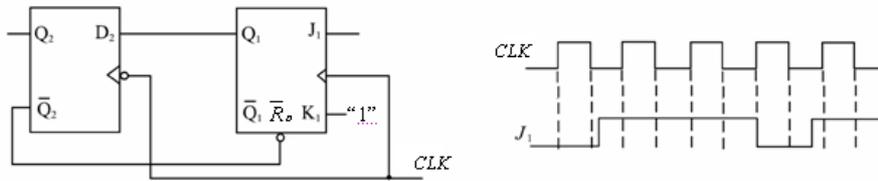
(1) 每个参加者控制一个按键，用其发出抢答信号。

- (2) 主持人有一个控制按键，用于将电路复位。
- (3) 开始后，先按动按钮者将其对应的发光二极管点亮，其他三人对该电路不起作用。

解：设计电路如图：

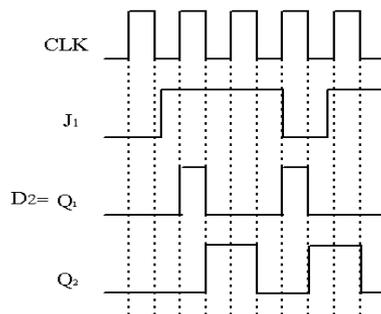


5.15 电路如题图 5.15 所示，初态 $Q_1 = Q_2 = 0$ ，试根据 CLK 、 J_1 的波形画出 Q_1 、 Q_2 的波形。



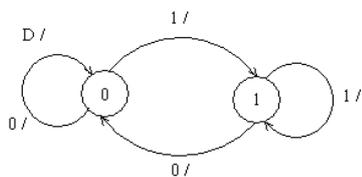
题图 5.15

解：波形如图：

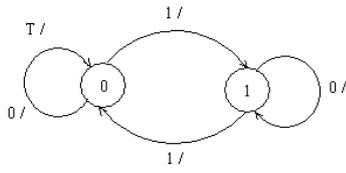


5.16 试画出 JK、D、T 三种触发器的状态图。

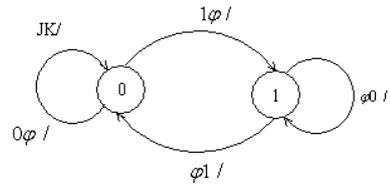
解：D-FF 状态图



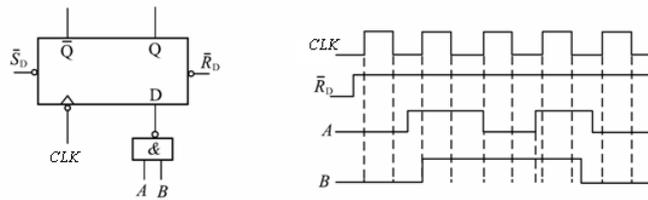
T-FF 状态图



JK-FF 状态图

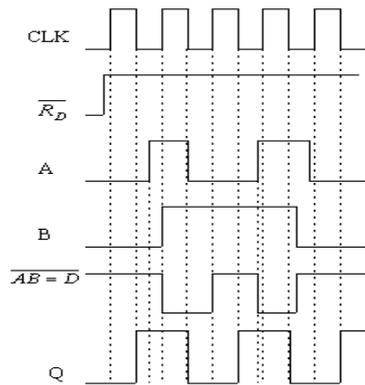


5.17 电路如题图 5.17 所示，试根据 CLK 、 \overline{R}_D 、 A 、 B 波形画出 Q 端波形。

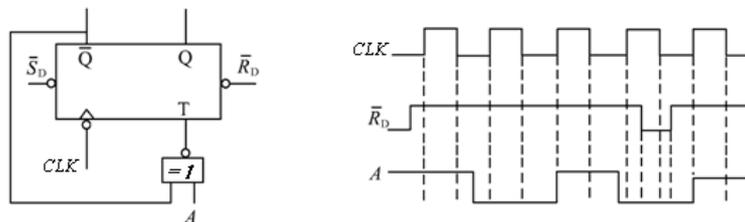


题图 5.17

解：波形如图：

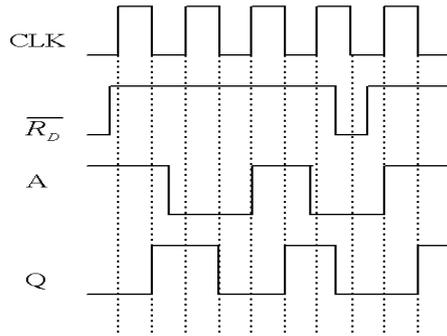


5.18 电路图如题图 5.18 所示，试根据 CLK 、 \overline{R}_D 、 A 端的波形画出 Q 端的波形。

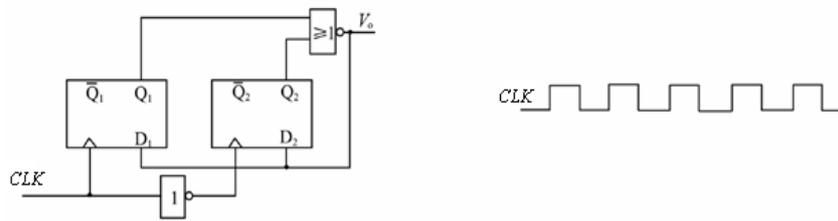


题图 5.18

解：波形如图：

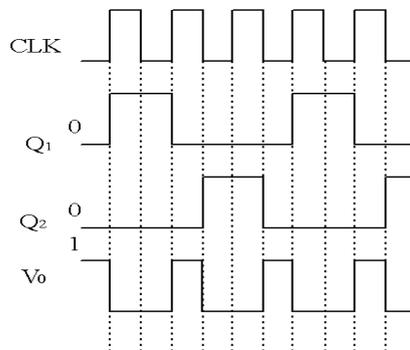


5.19 电路图如题图 5.19 所示，触发器的初态 $Q_1=Q_2=0$ ，试画出 CLK 信号下 Q_1 、 Q_2 、 V_o 的对应波形。

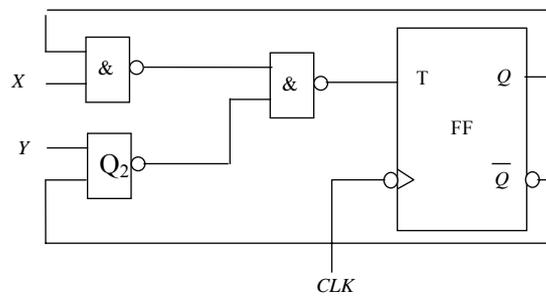


题图 5.19

解：波形如图：



5.20 T 触发器组成题图 5.20 所示电路。分析电路功能，写出电路的状态方程，并画出状态转换图。



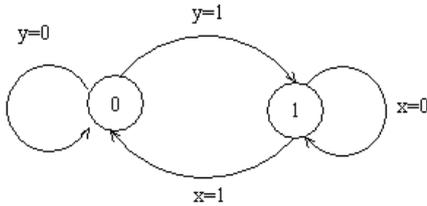
题图 5.20

解：

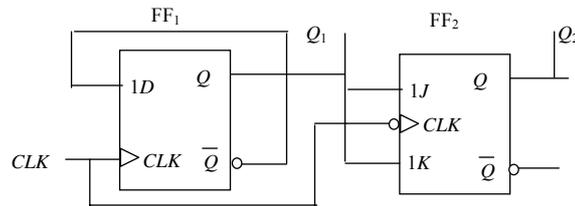
$$T = \overline{\overline{XQ^n} \cdot \overline{YQ^n}} = XQ^n + Y\overline{Q^n}$$

$$\text{状态方程: } Q^{n+1} = Q^n \oplus T = Q^n \oplus (XQ^n + Y\overline{Q^n}) = \overline{X}Q^n + Y\overline{Q^n}$$

状态转移图:



5.21 触发器组成题图 5.21 所示电路。图中FF₁为维持-阻塞D触发器，FF₂分别为边沿JK触发器和主从JK触发器（图中未画出），试画出在时钟CLK作用下Q₁、Q₂的波形。



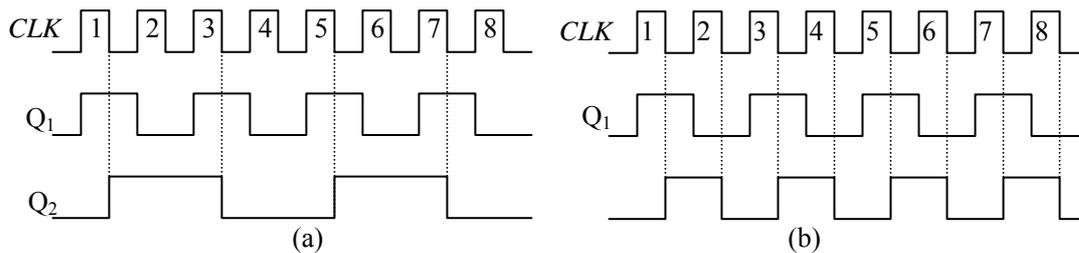
题图 5.21

解:

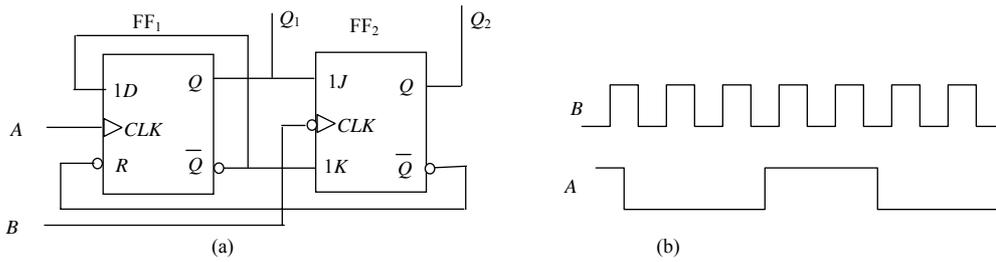
由T'触发器的特性可知，Q₁将随CLK的上升沿而翻转；由T触发器的特性可知，Q₂状态是否改变与Q₁状态有关。若Q₁=1，Q₂在CLK下降沿处翻转，而当Q₁=0时，Q₂状态维持不变。

当FF₂为边沿J-K触发器时，Q₁、Q₂（设Q₁、Q₂初态均为0）和CLK的波形见图（a）。图中Q₁状态在CLK上升处翻转，Q₂状态仅在Q₁=1情况下且有CLK下降沿处翻转。

当FF₂为主从J-K触发器时，Q₁、Q₂和CLK的波形见图（b）。Q₁状态和图(a)相同。Q₂状态由1变0出现在CLK₂，CLK₄，CLK₆，CLK₈的下降沿处，而不象图(a)中出现在CLK₃，CLK₇的下降沿处。其理由是从主从J-K触发器存在一次变化问题。当CLK₂上升到达时，Q₁=1不会马上回0，而是要经过一个D触发器的延迟时间（约为2—3个门的t_{pd}），在这段时间内JK触发器的K端为1，因此主触发器接收K=1的信号而使主触发器的Q'=0，Q-bar'=1，尽管K端为1的信号只保留短暂的瞬间便很快回到0，但主触发器的状态不再发生变化，因而在CLK₂下降沿到达时，电路状态Qⁿ⁺¹也由1变0。CLK₄，CLK₆，CLK₈的情况和CLK₂相同。



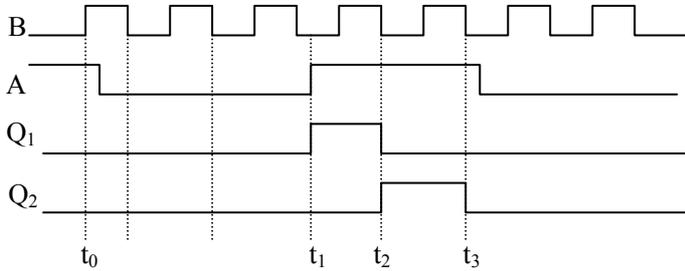
5.22 题图 5.22(a)电路的输入波形如图 5.22(b)所示，试画输出 Q_1 、 Q_2 波形。设初始状态均为 0。



题图 5.22

解：

由图(a)电路可见，触发器 FF_1 是一个T触发器，其时钟脉冲是A波形，上升边触发；触发器 FF_2 是一个由JK触发器构成的D触发器，其输入是 Q_1 ，其时钟脉冲是B波形，下降边沿触发。由此可得触发器的输出波形如图所示。



说明如下：

- (1) $t = t_0$ 时， $Q_1 = Q_2 = 0$ ，处于初始状态
- (2) $t < t_1$ 时，因A波形没有上升边沿存在， Q_1 继续为 0 状态；因为 $Q_1 = 0$ ， Q_2 也保持 0 状态。
- (3) $t = t_1$ 时，A上升边沿到达，由于 $Q_2 = 0$ ， $\bar{Q}_2 = 1$ ，即 FF_1 的 \bar{R}_D 端的信号为 1，复位不起作用，触发器 FF_1 翻转为 1 状态；因 $t = t_1$ 时 $Q_1 = 0$ ，故 Q_2 仍为 0 状态。
- (4) $t = t_2$ 时，B波形下降边沿到达，触发器 FF_1 的 1 状态被移入触发器 FF_2 中，使 $Q_2 = 1$ ，同时将触发器 FF_1 复位为 $Q_1 = 0$ 。
- (5) $t = t_3$ 时，B波形下降沿又到达，因此时 $Q_1 = 0$ ，所以 Q_2 变为 0 状态；而触发器 FF_1 因没有时钟脉冲上升边沿出现而保持 0 状态。以下类同。

5.23 试画出JK 触发器转换成 AB 触发器的逻辑图。AB 触发器的特性表如题表 5.23 所示。要求写出设计过程。

题表 5.23

A	B	Q^{n+1}
0	0	\bar{Q}^n
0	1	1
1	0	Q^n
1	1	0

解：

将 AB 触发器的特性表转换成卡诺图，如图(a)。由卡诺图求出 AB 触发器的状态方程。考察并化简卡诺图，得 AB 触发器的特性方程为

$$Q^{n+1} = \bar{A} \bar{Q}^n + \bar{A} B Q^n + A \bar{B} Q^n = \bar{A} \bar{Q}^n + (\bar{A} B + A \bar{B}) Q^n$$

将 AB 触发器的特性方程同 JK 触发器的特性方程相比较：

$$Q^{n+1} = J \bar{Q}^n + \bar{K} Q^n$$

得 JK 触发器的驱动方程为

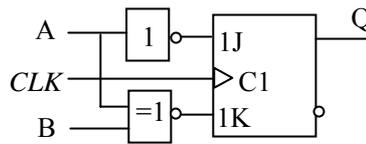
$$J = \bar{A}$$

$$K = A \oplus B$$

所以转换电路如图(b)所示

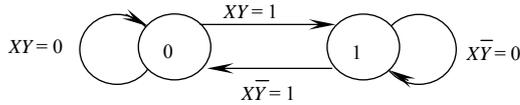
	BQ ⁿ			
A	00	01	11	10
0	1	0	1	1
1	0	1	0	0

(a)



(b)

5.24 题图 5.24 所示为 XY 触发器的状态转换图。根据状态图中状态及其次态间的激励条件，写出 XY 触发器的特性方程，并写出其功能表。



题图 5.24

解：

功能表：

X	Y	Q ⁿ	Q ⁿ⁺¹	功能
0	0	0	0	保持
0	0	1	1	保持
0	1	0	0	保持
0	1	1	1	保持
1	0	0	0	保持
1	0	1	0	置 0
1	1	0	1	置 1
1	1	1	1	保持

$$\begin{aligned} Q^{n+1} &= XY + XQ^n \\ &= XYQ^n + XQ^n + XY\bar{Q}^n \\ &= (X + Y)Q^n + XY\bar{Q}^n \end{aligned}$$

5.25 若已知 XY 触发器的特性方程为 $Q^{n+1} = (\bar{X} + \bar{Y})\bar{Q}^n + (X + Y)Q^n$ ，试据其画出这个触发器的状态转换图和特性表。

解：

特性表：

X	Y	Q^n	Q^{n+1}	功能
0	Φ	0	1	置 1
Φ	0	0	1	置 1
0	0	1	0	置 0
1	1	0	0	置 0
1	Φ	1	1	保持
Φ	1	1	1	保持

状态转移图：

