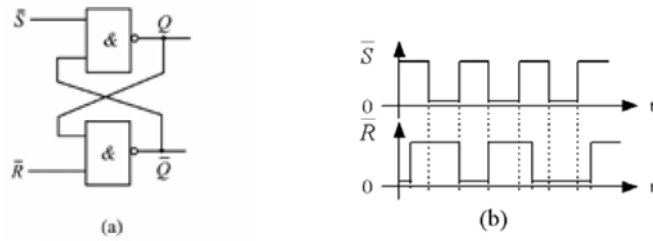


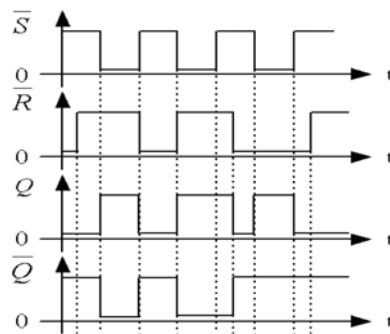
第五章 触发器

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。

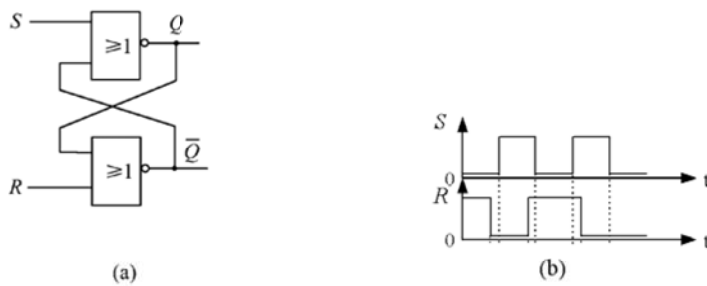


题图 5.1

解：波形如图：

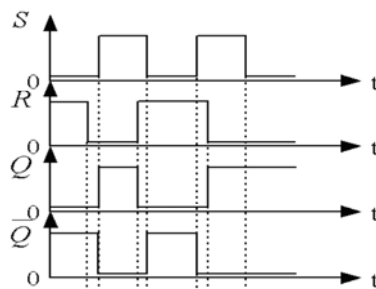


5.2 或门组成的基本 RS 触发器电路如题图 5.2(a)所示，已知 S 和 R 的波形如题图 5.2(b)所示。试画出 Q 、 \bar{Q} 的波形图。设触发器的初态 $Q=0$ 。

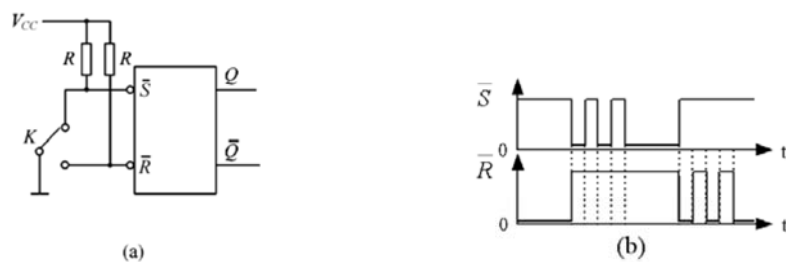


题图 5.2

解：波形如图：

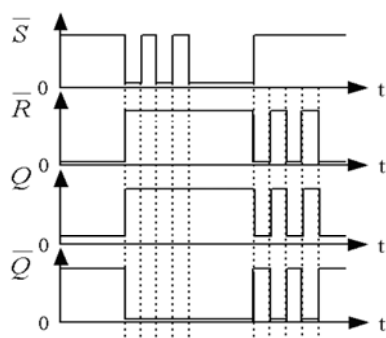


5.3 题图 5.3 所示为一个防抖动输出开关电路。当拨动开关 K 时，由于开关接通瞬间发生振颤， \bar{R} 和 \bar{S} 的波形如图中所示，请画出 Q 和 \bar{Q} 端的对应波形。

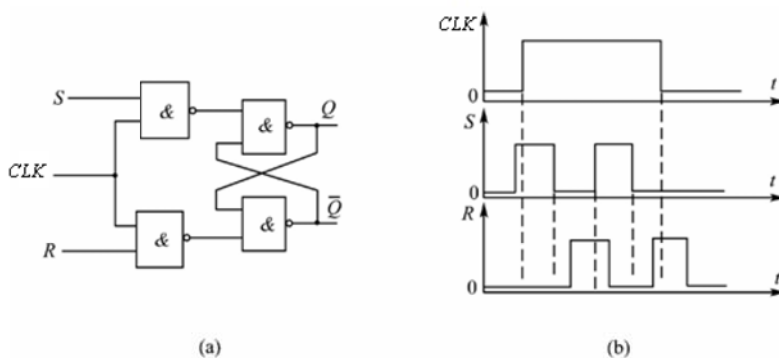


题图 5.3

解：波形如图：

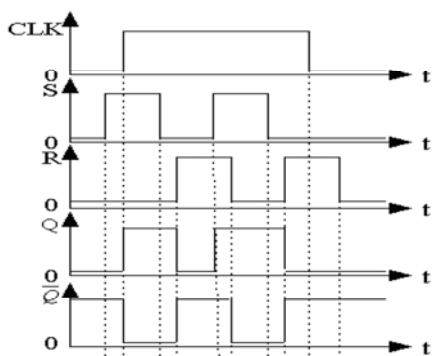


5.4 有一时钟 RS 触发器如题图 5.4 所示，试画出它的输出端 Q 的波形。初态 $Q = 0$ 。

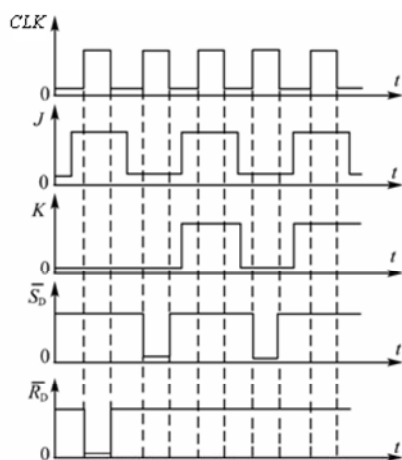


题图 5.4

解：波形如图：

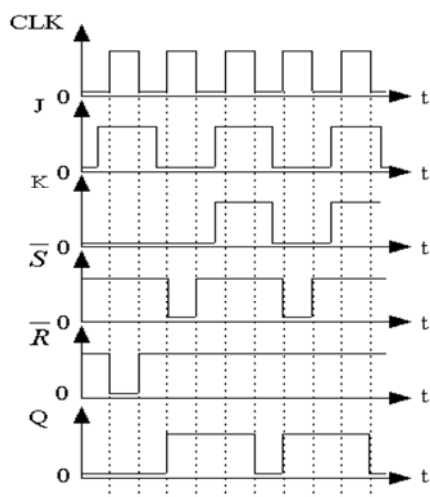


5.5 设具有异步端的主从 JK 触发器的初始状态 $Q = 0$ ，输入波形如题图 5.5 所示，试画出输出端 Q 的波形。

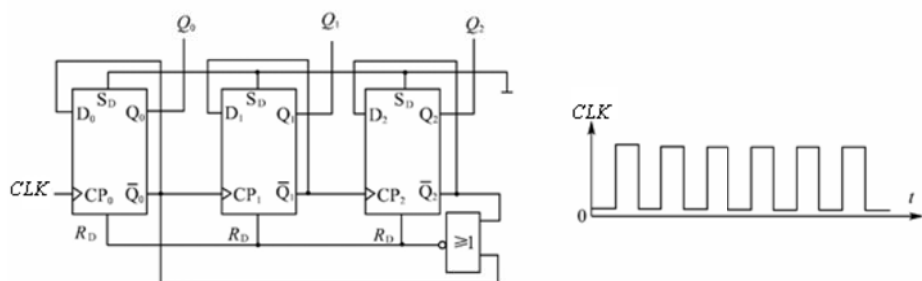


题图 5.5

解：波形如图：

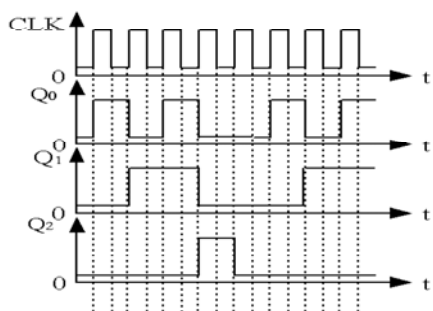


5.6 设题图 5.6 的初始状态为 $Q_2 Q_1 Q_0 = 000$ ，在脉冲 CLK 作用下，画出 Q_0 、 Q_1 、 Q_2 的波形（所用器件都是 CD4013）。 S_D 、 R_D 分别是 CD4013 高电平有效的异步置 1 端，置 0 端。

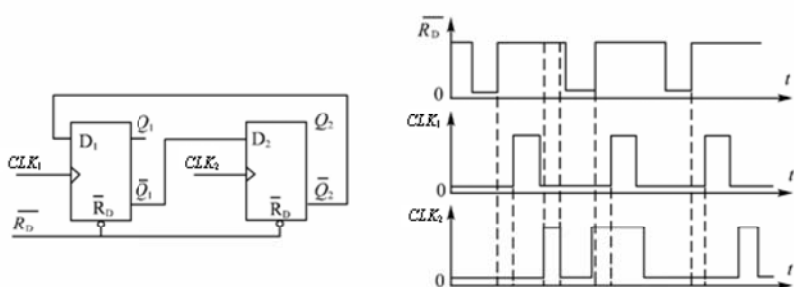


题图 5.6

解：波形如图：

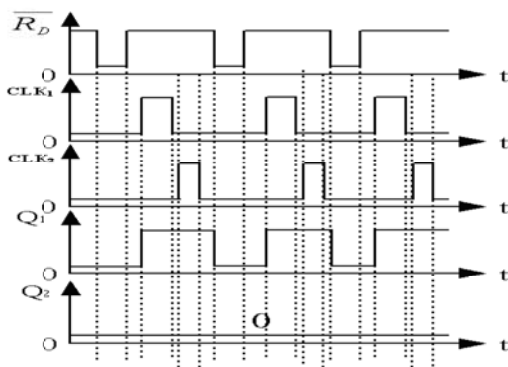


5.7 设题图 5.7 电路两触发器初态均为 0，试画出 Q_1 、 Q_2 波形图。

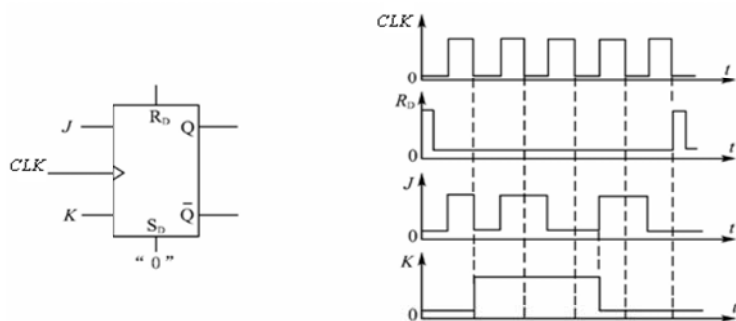


题图 5.7

解：波形如图：

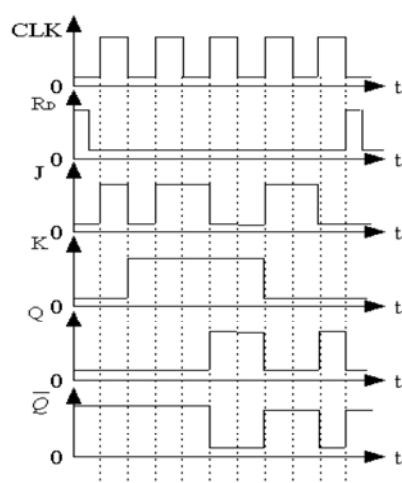


5.8 已知 CMOS 边沿触发结构 JK 触发器 CD4207 各输入端的波形如题图 5.8 所示，试画出 Q 、 \bar{Q} 端的对应波形，设初态 $Q = 0$ 。 S_D 为高电平置 1 端， R_D 为高电平置 0 端，电路为 CLK 上升沿触发。

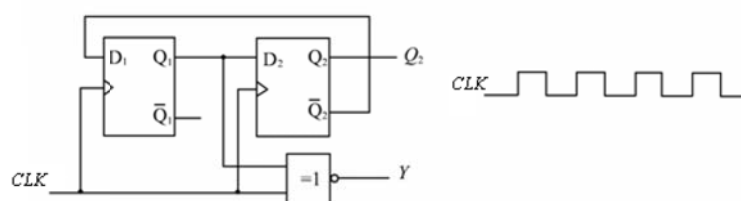


题图 5.8

解：波形如图：

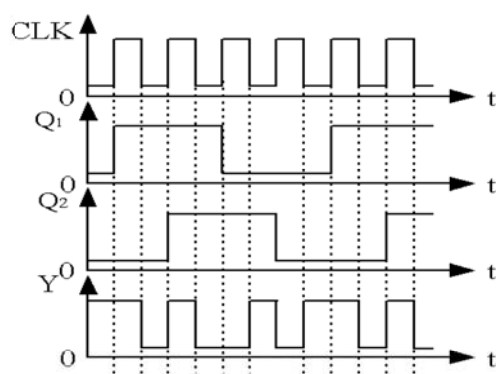


5.9 如题图 5.9 所示，利用 CMOS 边沿触发器和同或门组成的脉冲分频器。试分析它在一系列 CLK 脉冲作用下的 Q_1 、 Q_2 和 Y 的波形（初始状态 $Q_1 = Q_2 = 0$ ）。

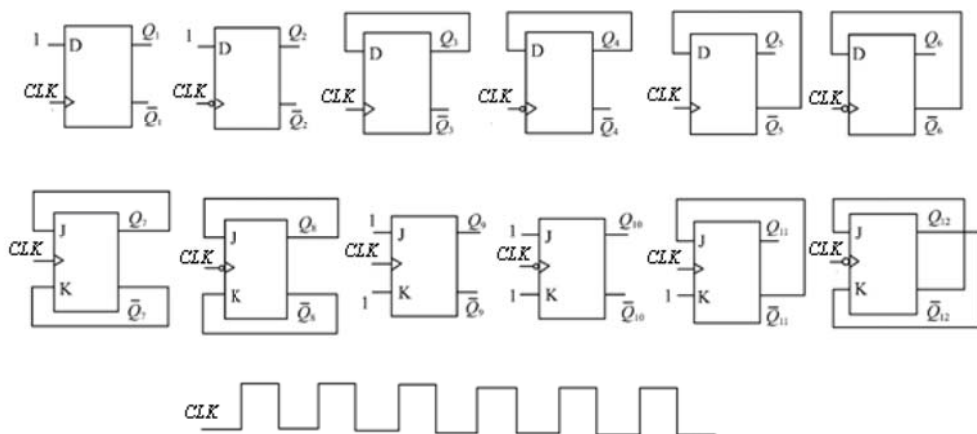


题图 5.9

解：波形如图：

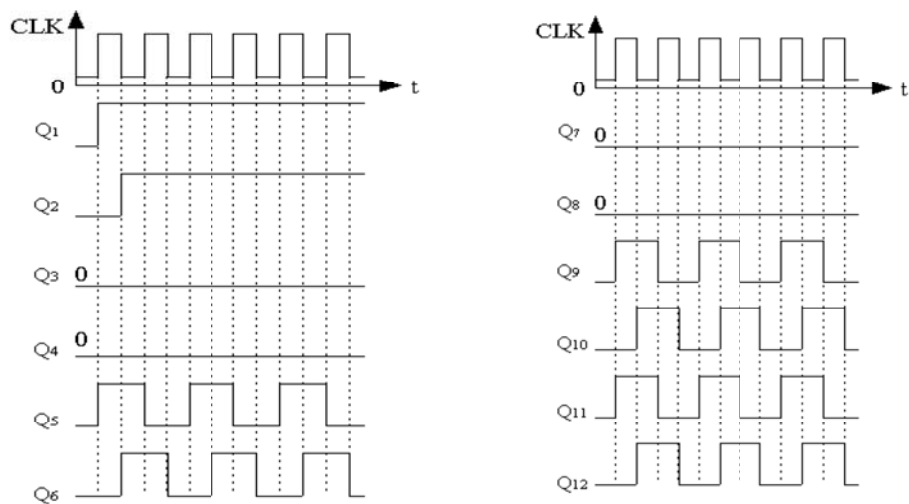


5.10 设题图 5.10 中各个触发器的初始状态皆为 $Q=0$ ，试画出每个触发器 Q 端波形。

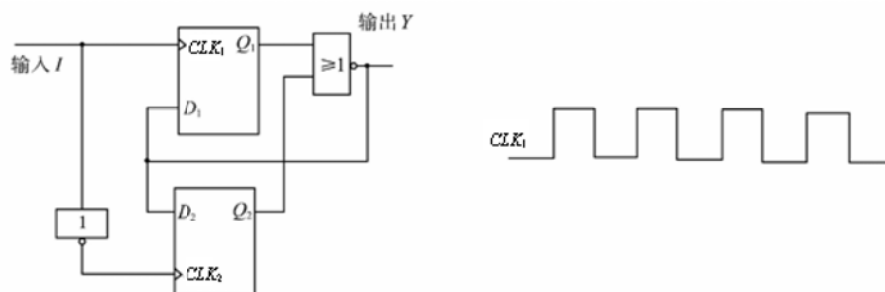


题图 5.10

解：波形如图：

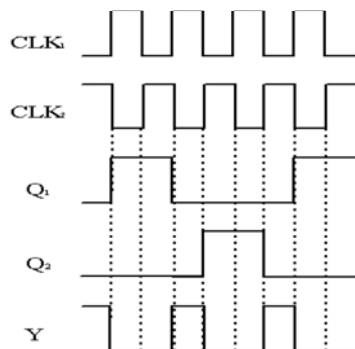


5.11 电路如题图 5.11 所示。试对应 CLK_1 画出 CLK_2 、 Q_1 、 Q_2 和 Y 的波形（初态 $Q_1 = Q_2 = 0$ ）。
 CLK_1 为连续脉冲。



题图 5.11

解：波形如图：



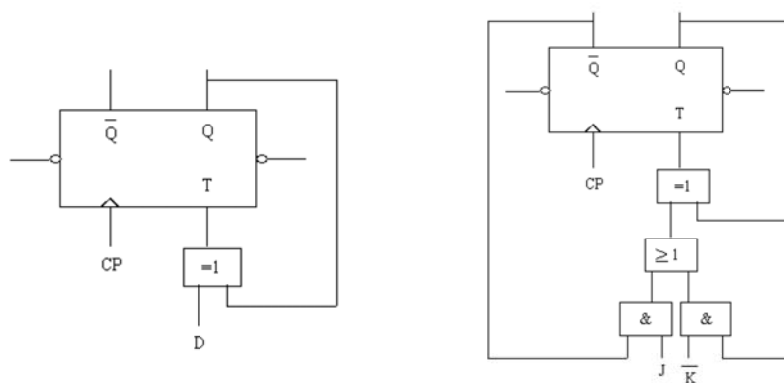
5.12 试将 T 触发器分别转换成 D 触发器和 JK 触发器。

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

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

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

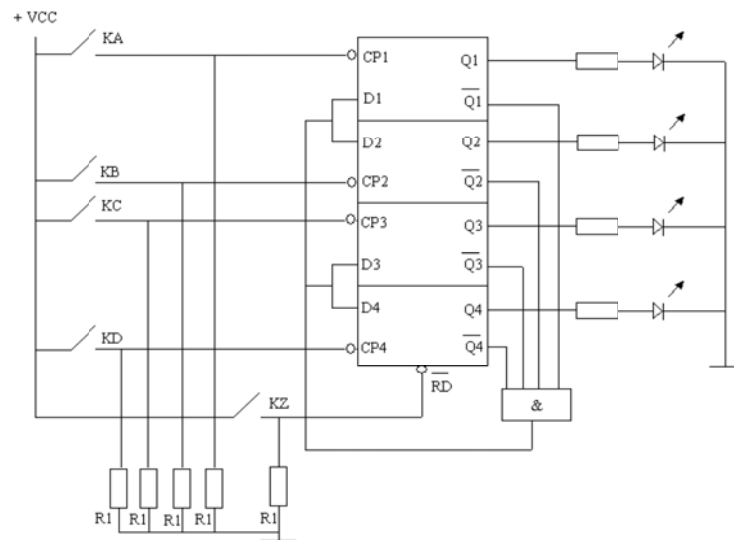
电路如图：



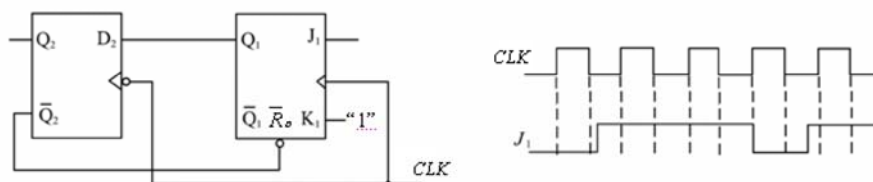
5.13 设计一个四人抢答电路，要求如下：

- (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：

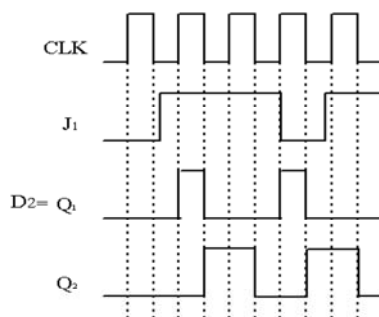


5.14 电路如题图 5.14 所示，初态 $Q_1=Q_2=0$ ，试根据 CLK 、 J_1 的波形画出 Q_1 、 Q_2 的波形。



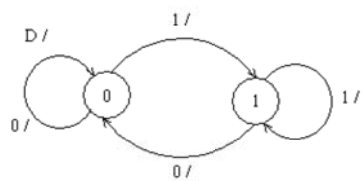
题图 5.14

解：波形如图：



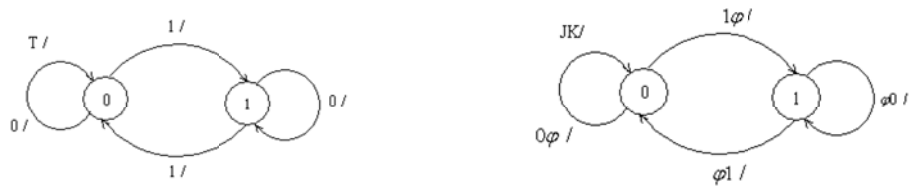
5.15 试画出 JK、D、T 三种触发器的状态图。

解：D-FF 状态图

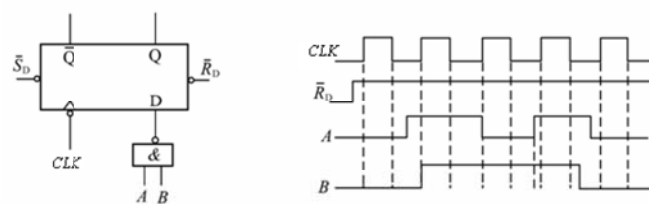


T-FF 状态图

JK-FF 状态图

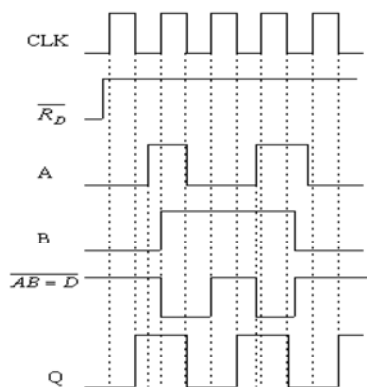


5.16 电路如题图 5.16 所示，试根据 CLK 、 $\overline{R_D}$ 、 A 、 B 波形画出 Q 端波形。

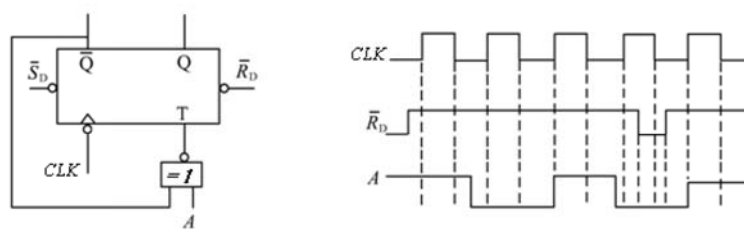


题图 5.16

解：波形如图：

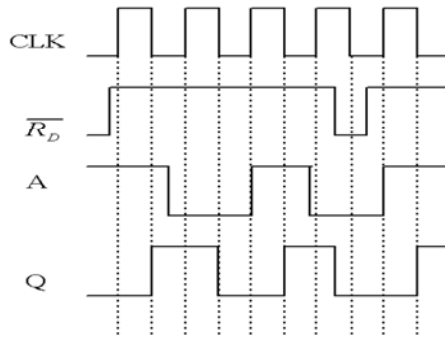


5.17 电路图如题图 5.17 所示，试根据 CLK 、 $\overline{R_D}$ 、 A 端的波形画出 Q 端的波形。

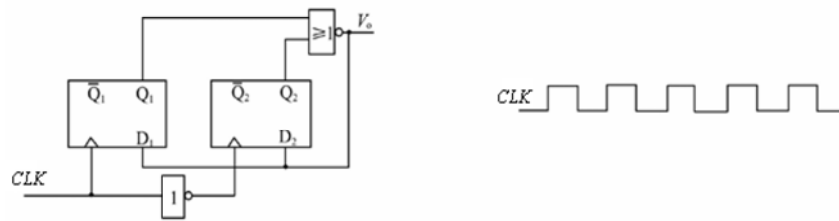


题图 5.17

解：波形如图：

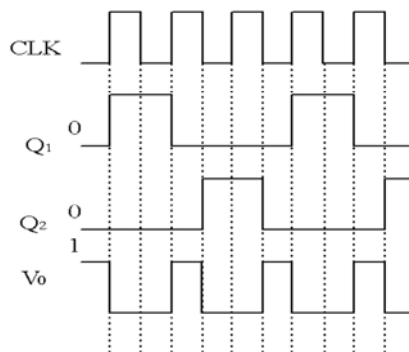


5.18 电路图如题图 5.18 所示，触发器的初态 $Q_1=Q_2=0$ ，试画出 CLK 信号下 Q_1 ， Q_2 ， V_o 的对应波形。

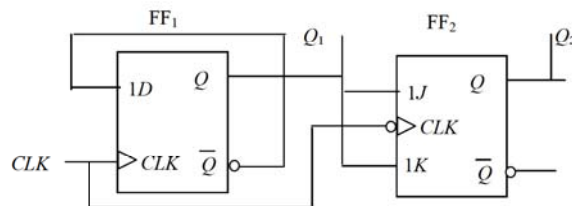


题图 5.18

解：波形如图：



5.19 触发器组成题图 5.19 所示电路。图中 FF_1 为维持-阻塞 D 触发器， FF_2 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 Q_1 、 Q_2 的波形。



题图 5.19

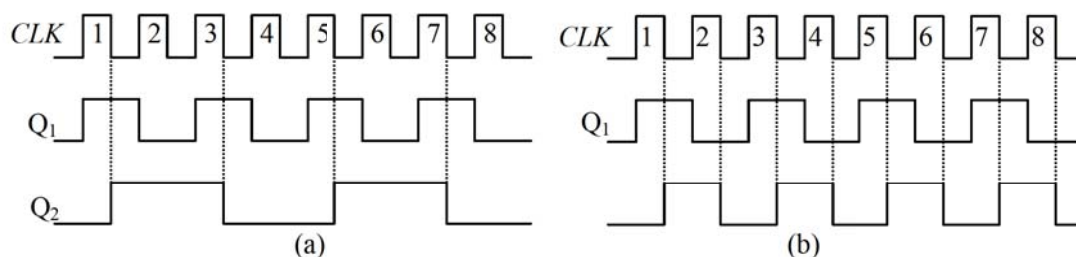
解：

由触发器的特性可知， Q_1 将随 CLK 的上升沿而翻转；由 JK 触发器的特性可知， Q_2 状态是否改

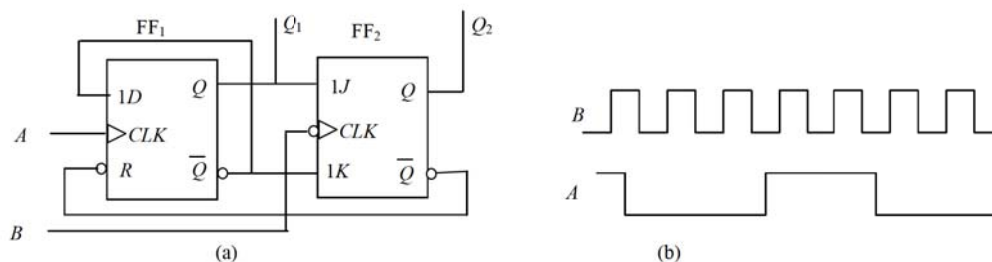
变与 Q_1 状态有关。若 $Q_1=1$, Q_2 在 CLK 下降沿处翻转, 而当 $Q_1=0$ 时, Q_2 状态维持不变。

当 FF_2 为边沿 J-K 触发器时, Q_1 、 Q_2 (设 Q_1 、 Q_2 初态均为 0) 和 CLK 的波形见图 (a)。图中 Q_1 状态在 CLK 上升处翻转, Q_2 状态仅在 $Q_1=1$ 情况下且有 CLK 下降沿处翻转。

当 FF_2 为主从 J-K 触发器时, Q_1 、 Q_2 和 CLK 的波形见图 (b)。 Q_1 状态和图(a)相同。 Q_2 状态由 1 变 0 出现在 CLK_2 , CLK_4 , CLK_6 , CLK_8 的下降沿处, 而不象图(a)中出现在 CLK_3 , CLK_7 的下降沿处。其理由是主从 J-K 触发器存在一次变化问题。当 CLK_2 上升到达时, $Q_1=1$ 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 $Q'=0$, $\bar{Q}'=1$, 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 CLK_2 下降沿到达时, 电路状态 Q^{n+1} 也由 1 变 0。 CLK_4 , CLK_6 , CLK_8 的情况和 CLK_2 相同。



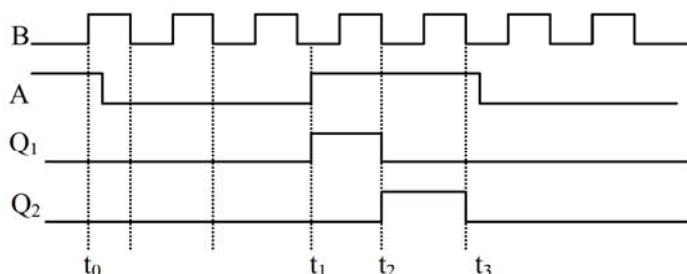
5.20 题图 5.20(a)电路的输入波形如图 5.20(b)所示, 试画输出 Q_1 、 Q_2 波形。设初始状态均为 0。



题图 5.20

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) $t \leq t_0$ 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 波形下降边沿又到达, 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。

5.21 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 5.21 所示。要求写出设计过程。

题表 5.21

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:

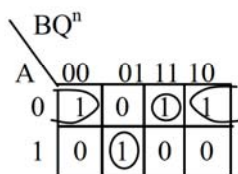
$$Q^{n+1} = J \bar{Q}^n + \bar{K} Q^n$$

得 JK 触发器的驱动方程为

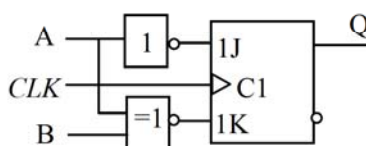
$$J = \bar{A}$$

$$K = A \odot B$$

所以转换电路如图(b)所示

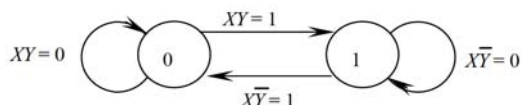


(a)



(b)

5.22 题图 5.22 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 5.22

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

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