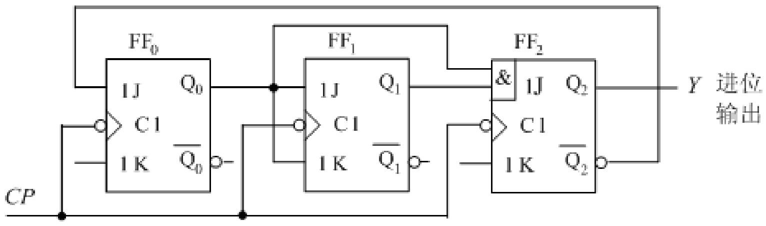
# 第 7 章 作业答案

［题 7.1］分析如图所示时序电路的逻辑功能，写出电路驱动方程、状态转移方程和输出方程，画出状态转换图，并说明时序电路是否具有自启动性。

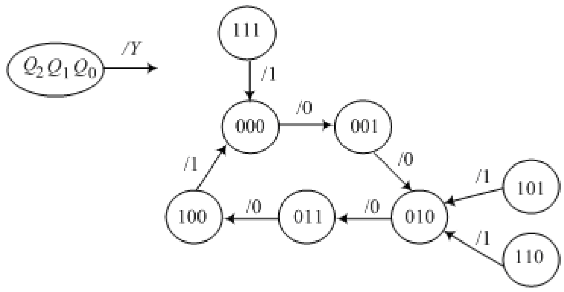



解：触发器的驱动方程 $\begin{cases} J_0 = \overline{Q}_2 \\ K_0 = 1 \end{cases}$ $\begin{cases} J_1 = Q_0 \\ K_1 = Q_0 \end{cases}$ $\begin{cases} J_2 = Q_1 Q_0 \\ K_2 = 1 \end{cases}$

触发器的状态方程 $\begin{cases} Q_0^{n+1} = \overline{Q}_2 \overline{Q}_0 \\ Q_1^{n+1} = \overline{Q}_1 Q_0 + Q_1 \overline{Q}_0 \\ Q_2^{n+1} = \overline{Q}_2 Q_1 Q_0 \end{cases}$

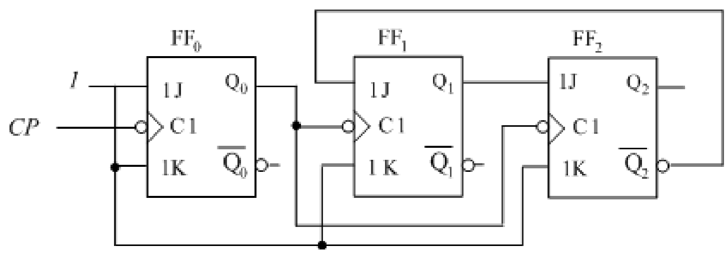
输出方程 $Y = Q_2$

状态转换图:



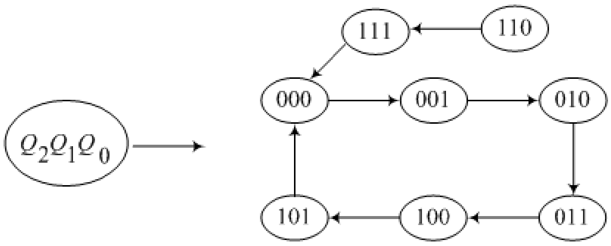

功能：能自启动的同步五进制加法计数器。

[题 7.4] 分析如图时序电路的功能，写出电路的驱动方程和状态方程，画出电路的状态转换图，并检查电路能否自启动。



解：驱动方程 $\begin{cases} J_0 = K_0 = 1 \\ J_1 = \overline{Q}_2 \qquad K_1 = 1 \\ J_2 = Q_1 \qquad K_2 = 1 \end{cases}$ 　　状态方程 $\begin{cases} Q_0^{n+1} = \overline{Q}_0 \qquad CP\downarrow \\ Q_1^{n+1} = \overline{Q}_2\overline{Q}_1 \qquad Q_0\downarrow \\ Q_2^{n+1} = \overline{Q}_2 Q_1 \qquad Q_0\downarrow \end{cases}$

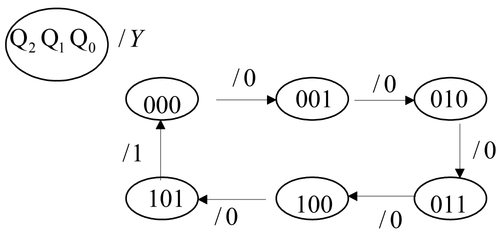
状态转换图:




功能：能自启动的异步六进制加法计数器。

［题 7.6］试用 $JK$ 触发器和门电路设计一个同步六进制加法计数器。

解：采用 3 个 $JK$ 触发器，用状态 000 到 101 构成六进制计数器，设电路的输出为 $Y$ 。根据题意可列出电路的状态转换图：




方法一：由状态图得次态和输出的卡诺图（状态 110、111 作任意项处理，用×表示）。

| $Q_2$ \ $Q_1Q_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | × | × |

$$Q_2^{n+1} = Q_1Q_0\overline{Q}_2 + \overline{Q}_0Q_2$$

| $Q_2$ \ $Q_1Q_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | × | × |

$$Q_1^{n+1} = \overline{Q}_2Q_0\overline{Q}_1 + \overline{Q}_0Q_1$$

| $Q_2$ \ $Q_1Q_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | × | × |

$$Q_0^{n+1} = \overline{Q}_0$$

| $Q_2$ \ $Q_1Q_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | × | × |

$$Y = Q_2Q_0$$

由状态方程可得电路的驱动方程

$$\begin{cases} J_2 = Q_1 Q_0 \\ K_2 = Q_0 \end{cases} \quad \begin{cases} J_1 = \overline{Q}_2 Q_0 \\ K_1 = Q_0 \end{cases} \quad \begin{cases} J_0 = 1 \\ K_0 = 1 \end{cases}$$

从上面的卡诺图也可判断出电路能自启动。

电路图略。

注：在上面卡诺图化简中，并不是圈越大越好，而是以方程越接近 JK 触发器特性方程越好，比如：

| $Q_2$ \ $Q_1Q_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | × | × |

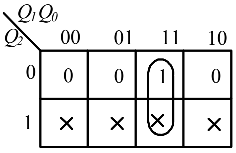
$$Q_2^{n+1} = Q_1 Q_0 + \overline{Q}_0 Q_2$$

卡诺图中每圈都是最大，但 $Q_2^{n+1} = Q_1 Q_0 + \overline{Q}_0 Q_2$ 跟 JK 触发器特性方程不匹配，还要进行配项：

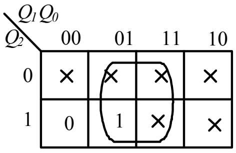
$$Q_2^{n+1} = Q_1 Q_0 + \overline{Q}_0 Q_2 = Q_1 Q_0 Q_2 + Q_1 Q_0 \overline{Q}_2 + \overline{Q}_0 Q_2 = (Q_1 Q_0 + \overline{Q}_0) Q_2 + Q_1 Q_0 \overline{Q}_2 = (Q_1 + \overline{Q}_0) Q_2 + Q_1 Q_0 \overline{Q}_2$$

则 $\begin{cases} J_2 = Q_1 Q_0 \\ K_2 = \overline{Q}_1 Q_0 \end{cases}$ 可以发现 $K_2$ 与上面结果也不一样。

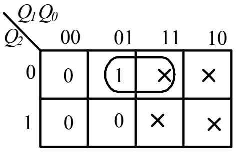
方法二：由状态图直接画出驱动信号的卡诺图。



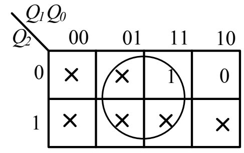

$J_2 = Q_1Q_0$



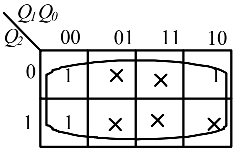

$K_2 = Q_0$



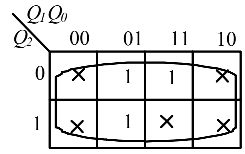

$J_1 = \bar{Q}_2Q_0$




$K_1 = Q_0$




$J_0 = 1$

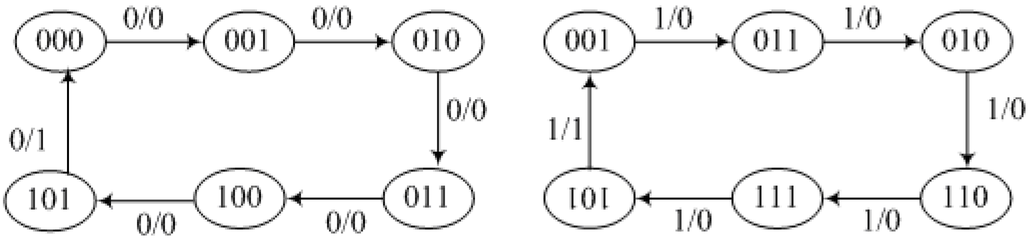



$K_0 = 1$

［题 7.8］试用 $JK$ 触发器设计一个可控型计数器，其状态转换图如图所示，$A=0$，实现

8421

码六进制计数；$A=1$，实现循环码六进制计数，并检验电路能否自启动。




解：本题所设计的计数器有一控制变量存在，设计时将控制变量作为一个逻辑变量画入卡诺图中。设电路的进位输出为$Y$（需用 3 个 $JK$ 触发器）。

方法一：

| $AQ_2 \backslash Q_1Q_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 00 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 01 | 1 | 0 | × | × |
| 11 | × | 0 | 1 | 1 |
| 10 | × | 0 | 0 | 1 |

$$Q_2^{n+1}=\bar{A}Q_1Q_0\bar{Q}_2+A\bar{Q}_0\bar{Q}_2+\bar{Q}_0Q_2+Q_1Q_2$$

| $AQ_2 \backslash Q_1Q_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 00 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 01 | 0 | 0 | × | × |
| 11 | × | 0 | 0 | 1 |
| 10 | × | 1 | 1 | 1 |

$$Q_1^{n+1}=\bar{Q}_2Q_0\bar{Q}_1+A\bar{Q}_2Q_1+\bar{Q}_0Q_1$$

| $AQ_2 \backslash Q_1Q_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 00 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 01 | 1 | 0 | × | × |
| 11 | × | 1 | 1 | 1 |
| 10 | × | 1 | 0 | 0 |

$$Q_0^{n+1}=\bar{A}\bar{Q}_0+Q_2\bar{Q}_0+Q_2Q_1Q_0+A\bar{Q}_1Q_0$$

| $AQ_2 \backslash Q_1Q_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 00 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01 | 0 | 1 | × | × |
| 11 | × | 1 | 0 | 0 |
| 10 | × | 0 | 0 | 0 |

$$Y=Q_2\bar{Q}_1Q_0$$

由状态方程可得驱动方程:

$$\begin{cases}J_2=\bar{A}Q_1Q_0+A\bar{Q}_0\\K_2=\bar{Q}_1Q_0\end{cases}\quad\begin{cases}J_1=\bar{Q}_2Q_0\\K_1=\overline{A\bar{Q}_2Q_0}\end{cases}\quad\begin{cases}J_0=\overline{A\bar{Q}_2}\\K_0=\overline{AQ_1+Q_2Q_1}\end{cases}$$

从上面的卡诺图也可判断出电路能自启动。

电路图略。

注：若圈取最大，则结果如下：

| $AQ_2$ \ $Q_1Q_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 00 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 01 | 1 | 0 | × | × |
| 11 | × | 0 | 1 | 1 |
| 10 | × | 0 | 0 | 1 |

$$Q_2^{n+1} = \bar{A}Q_1Q_0 + A\bar{Q}_0 + \bar{Q}_0Q_2 + Q_1Q_2$$

| $AQ_2$ \ $Q_1Q_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 00 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 01 | 0 | 0 | × | × |
| 11 | × | 0 | 0 | 1 |
| 10 | × | 1 | 1 | 1 |

$$Q_1^{n+1} = \bar{Q}_2Q_0\bar{Q}_1 + A\bar{Q}_2 + \bar{Q}_0Q_1$$

| $AQ_2$ \ $Q_1Q_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 00 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 01 | 1 | 0 | × | × |
| 11 | × | 1 | 1 | 1 |
| 10 | × | 1 | 0 | 0 |

$$Q_0^{n+1} = \bar{A}\bar{Q}_0 + Q_2\bar{Q}_0 + Q_2Q_1 + A\bar{Q}_1$$

状态方程经过配项后可得驱动方程：

$$\begin{cases} J_2 = \bar{A}Q_1Q_0 + A\bar{Q}_0 \\ K_2 = \bar{Q}_1Q_0 \end{cases} \quad \begin{cases} J_1 = \bar{Q}_2Q_0 + A\bar{Q}_2 \\ K_1 = \overline{A\bar{Q}_2Q_0} \end{cases} \quad \begin{cases} J_0 = \overline{A\bar{Q}_2Q_1} \\ K_0 = \overline{A\bar{Q}_1 + Q_2Q_1} \end{cases}$$

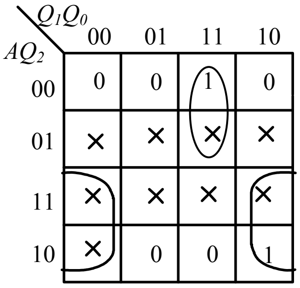
补充：对于 $Q_0$ 还有下列圈法

| $AQ_2$ \ $Q_1Q_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 00 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 01 | 1 | 0 | × | × |
| 11 | × | 1 | 1 | 1 |
| 10 | × | 1 | 0 | 0 |

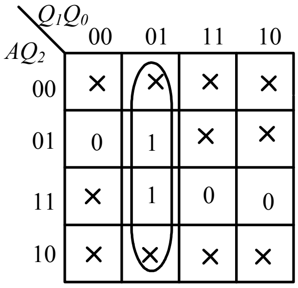
$$Q_0^{n+1} = \bar{A}\bar{Q}_0 + Q_2\bar{Q}_0 + AQ_2 + A\bar{Q}_1$$

则 $$\begin{cases} J_0 = \overline{A\bar{Q}_2Q_1} \\ K_0 = \overline{A\bar{Q}_1 + AQ_2} \end{cases}$$

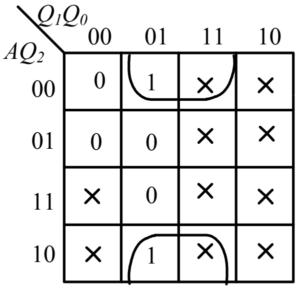
方法二：由状态图直接画出驱动信号的卡诺图。



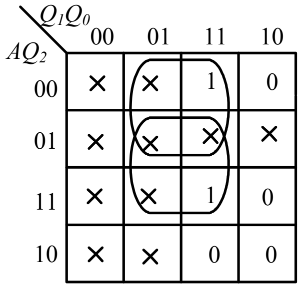
$$J_2 = \bar{A}Q_1Q_0 + A\bar{Q}_0$$



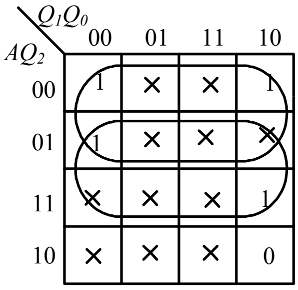
$$K_2 = \bar{Q}_1Q_0$$



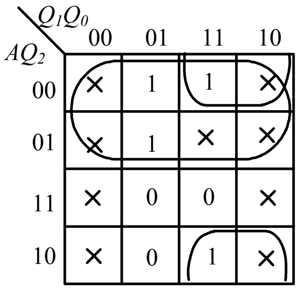
$$J_1 = \bar{Q}_2Q_0$$



$$K_1 = \bar{A}Q_0 + Q_2Q_0$$



$$J_0 = \bar{A} + Q_2$$



$$K_0 = \bar{A} + \bar{Q}_2Q_1$$

［题 7.9］设计一个串行数据检测电路。当连续出现四个和四个以上的 1 时，检测输出信号为 1，其余情况下输出信号为 0。

**解**：该电路有一个输入端 X，接收被检测的二进制序列串行输入，有一个输出端 Y。根据检测要求，当输入的二进制序列连续输入 4 个 1（以及 4 个以上 1）时，Y 输出 1，否则 Y 输出 0。

设定状态：

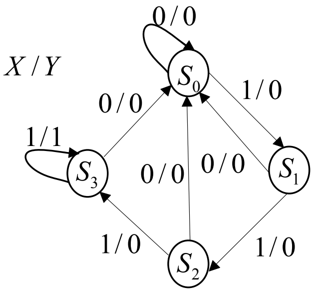
$S_0$——初始状态或没有收到 1 时的状态；

$S_1$——收到一个 1 后的状态；

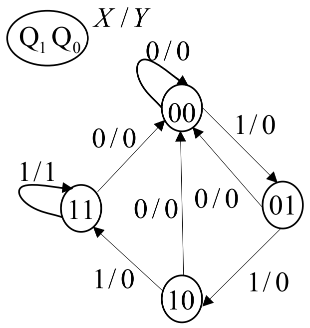
$S_2$——连续收到两个 1 后的状态；

$S_3$——连续收到 3 个 1（以及 3 个以上 1）后的状态。

根据题意可画出原始状态图（a）。从图(a)中看出已最简。




$(a)$




$(b)$

因为电路工作过程中有 4 个状态，所以需要用 2 个触发器。若以两个触发器的 00、01、10、11 状态分别表示 $S_0$、$S_1$、$S_2$、$S_3$，得状态图（b）。下面选用 JK 触发器实现。

方法一：直接得驱动方程。

| $X$ \ $Q_1Q_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | × | × |
| 1 | 0 | 1 | × | × |

$J_1 = XQ_0$

| $X$ \ $Q_1Q_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 0 | × | × | 1 | 1 |
| 1 | × | × | 0 | 0 |

$K_1 = \bar{X}$

| $X$ \ $Q_1Q_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |

$Y = XQ_1Q_0$

| $X$ \ $Q_1Q_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | × | × | 0 |
| 1 | 1 | × | × | 1 |

$J_0 = X$

| $X$ \ $Q_1Q_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 0 | × | 1 | 1 | × |
| 1 | × | 1 | 0 | × |

$K_0 = \bar{X} + \bar{Q}_1$

方法二：先求得状态方程，再得到驱动方程。

| $X$ \ $Q_1Q_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |

$Q_1^{n+1} = XQ_0\bar{Q}_1 + XQ_1$

| $X$ \ $Q_1Q_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |

$Q_0^{n+1} = X\bar{Q}_1\bar{Q}_0 + XQ_1Q_0$

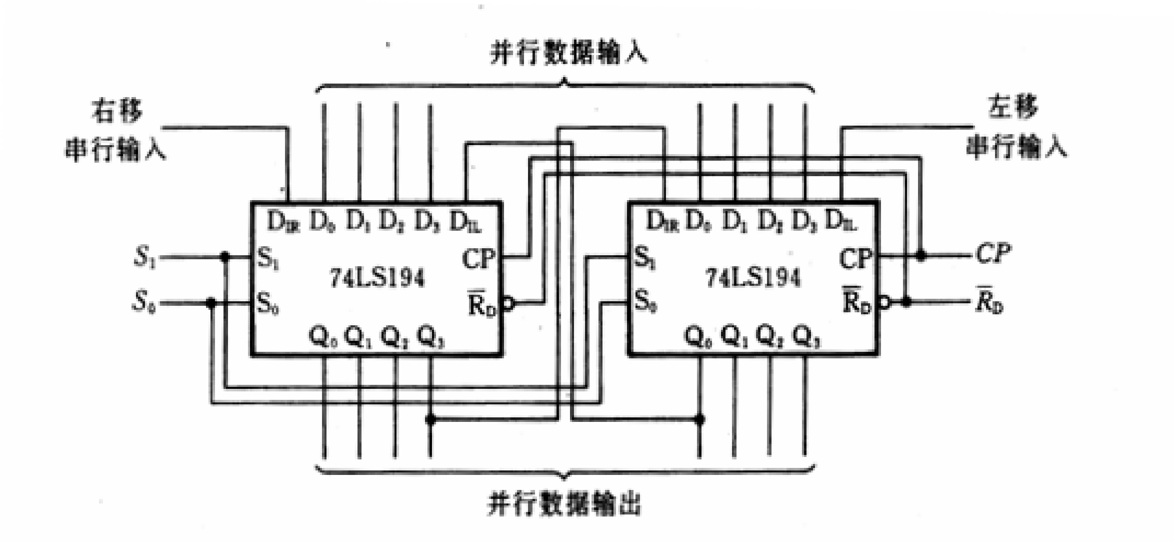
$$\begin{cases} J_1 = XQ_0 \\ K_1 = \bar{X} \end{cases} \qquad \begin{cases} J_0 = X \\ K_0 = \overline{X\bar{Q}_1} \end{cases}$$

电路图略。

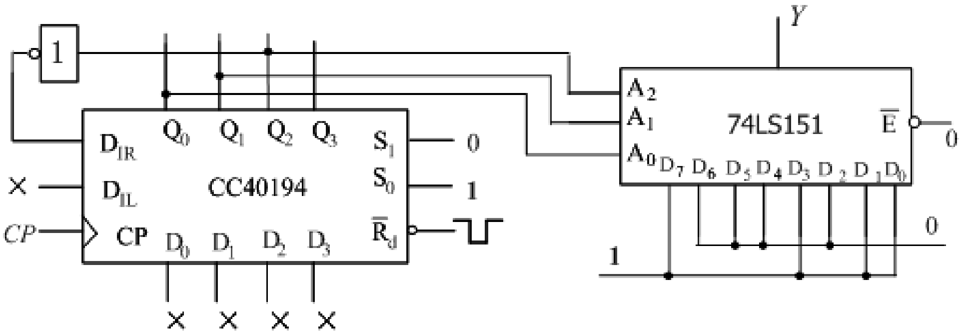
## 第 8 章 作业答案

［题 8.1］试画出用 2 片 74LS194A 组成 8 位双向移位寄存器的逻辑图。74LS194A 的功能表见表 8.1.4。

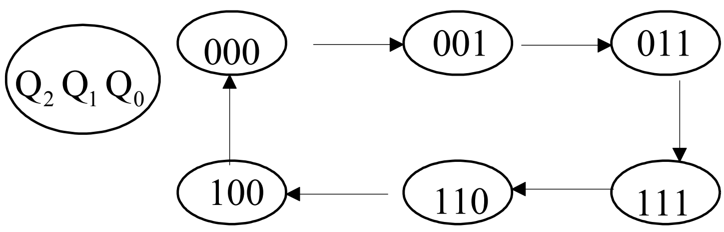
解：




［题 8.2］如图电路是用 8 选 1 数据选择器 74LS151 和移位寄存器 CC40194 组成的序列信号发生器。试分析在 $CP$ 脉冲作用下电路的输出序列信号（$Y$）。

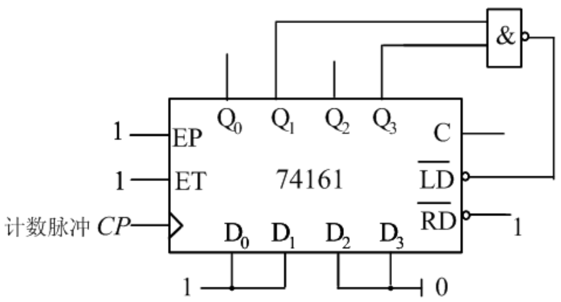



解：CC40194 组成 3 位扭环形计数器



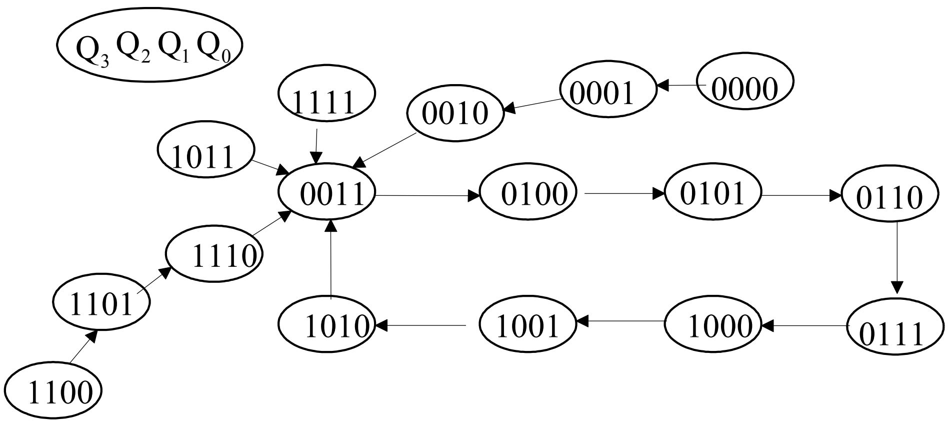

因此 74LS151 输出 $Y = D_0D_1D_3D_7D_6D_4 \cdots$=111100…。

［题 8.3］分析如图计数器电路，画出电路的状态转换图，说明这是多少进制计数器。十六进制计数器 74161 的功能表如表 8.2.2 所示。

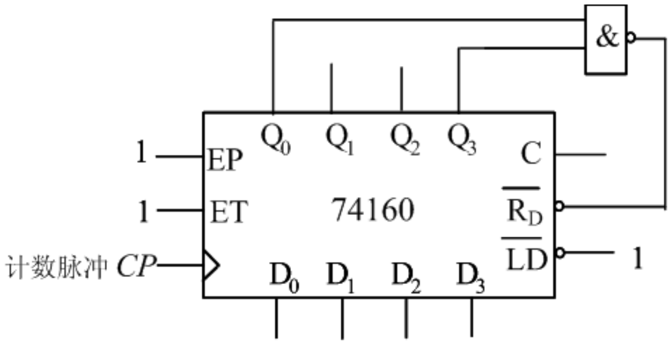



解：74161 为同步预置，$\overline{LD}=\overline{Q_3Q_1}$，计数器起始状态为 0011，结束状态为 1010，所以该计数器为八进制加法计数器。

状态转换图：



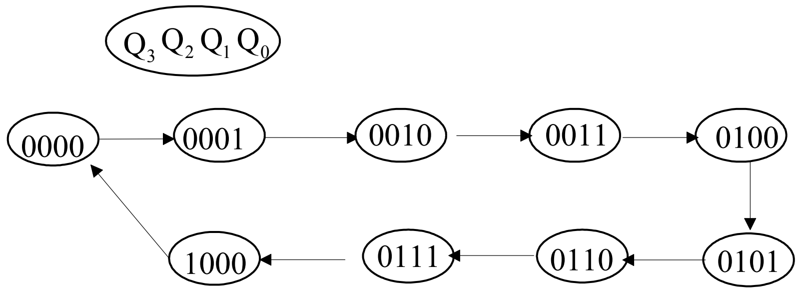

［题 8.4］分析图 P8.4 的计数器电路，说明这是多少进制的计数器，并画出电路的状态转换图。十进制计数器 74160 的功能表如表 8.2.6 所示。



解：74160 为异步清零，$\overline{R}_D = \overline{Q_3 Q_0}$ 。

计数器起始状态为 0000，结束状态为 1000（状态 1001 只是维持瞬间），所以该计数器为九进制加法计数器。

状态转换图：




［题 8.12］试用同步 4 位二进制计数器 74LS161 芯片和必要的门电路来组成一个 125 进制加法计数器。要求标出计数器的输入端和进位输出端；画出逻辑连接图。

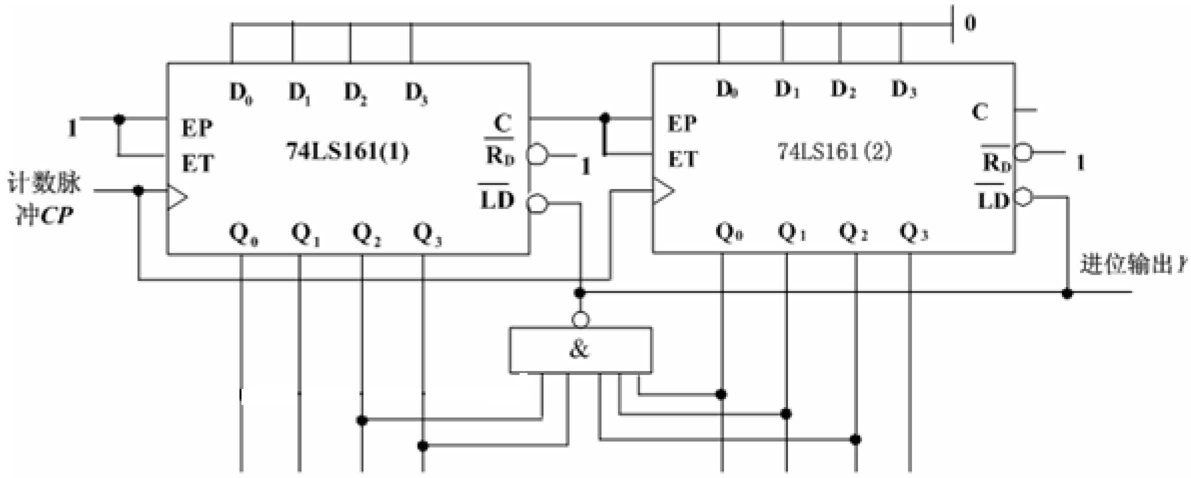
解：首先用 2 片 4 位二进制计数器 74LS161 构成 8 位二进制计数器，即 256 进制计数器，然后再用反馈置零法或反馈置数法实现 125 进制计数器。

74LS161 异步清零、同步置数

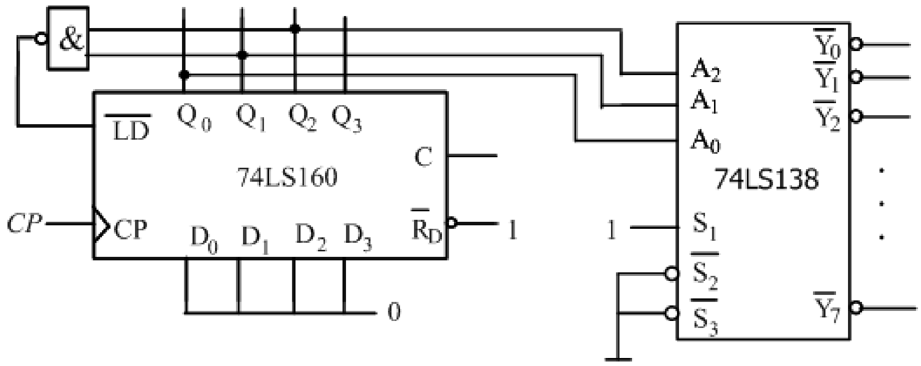
（125）$_{10}$＝（01111101）$_2$ 若采用清零法：$\overline{R}_D = \overline{Q_6 Q_5 Q_4 Q_3 Q_2 Q_1}$

（124）$_{10}$＝（01111100）$_2$ 若采用置数法：$\overline{LD} = \overline{Q_6 Q_5 Q_4 Q_3 Q_2}$；

下图为用反馈置数法实现的电路图。

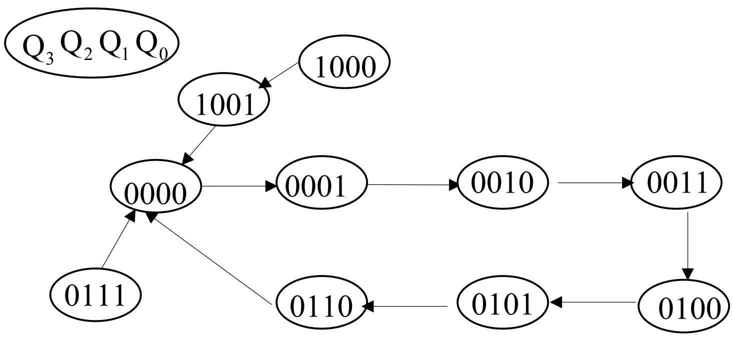


[题 8.14]如图是由同步十进制计数器 74160 和 3 线-8 线译码器 74LS138 组成的电路。分析电路功能，画出 74160 的状态转换图和电路输出 $\overline{Y}_i$ ~ 的波形图。

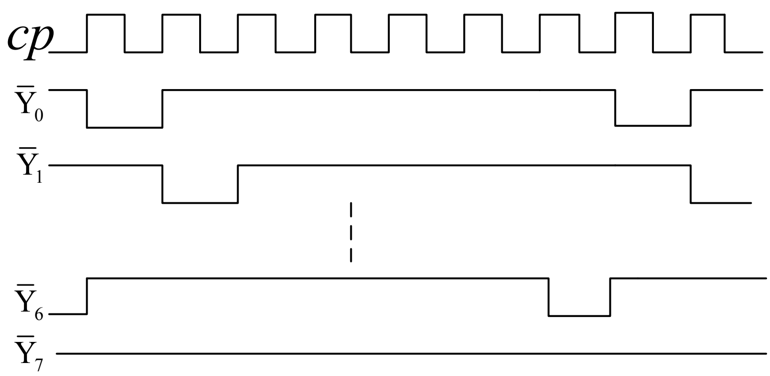



解：74160 为同步置数，图中：$\overline{LD}=\overline{Q_2Q_1}$，所以 74160 接成七进制加法。

计数器状态转换图：




即起始状态为 0000，结束状态为 0110。所以译码器从 $\overline{Y}_0$ ~ 依次输出低电平，重复进行。



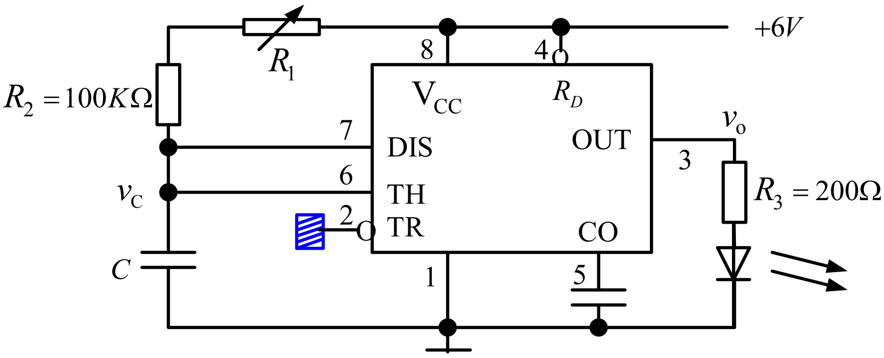
# 第 9 章 作业答案

［题 9.2］如图所示电路为一简单触摸开关电路。用手摸一下金属片，发光二极管亮；经过一段时间，发光二极管熄灭（已知 $C=50uF, R_2=100k\Omega$）。

试：（1）说明其工作原理。

（2）如何控制二极管的发光时间？

（3）发光二极管能亮多久？




解：（1）工作原理

此电路为单稳态触发器，当手没有接触金属片时，$\overline{TR}$ 端悬空，相当于接高电平，电路处于稳态，输出低电平，发光二极管截止。当手与金属片接触时，相当于 $\overline{TR}$ 端加了一个低电平触发信号，电路从稳态变到暂稳态，输出高电平，发光二极管亮，亮的时间为电路的暂稳态时间，所以亮一段时间后发光二极管又熄灭。

（2）二极管的发光时间就是暂稳态的时间，也就是 $RC$ 电路的充电时间，通过调 $R_1$ 的大小可改变点亮灯的时间。

（3）$RC$ 充电电路的三要素：$V_C(o)=0$　　$V_C(\infty)=6V$　　$\tau=RC$，其中 $R=R_1+R_2$

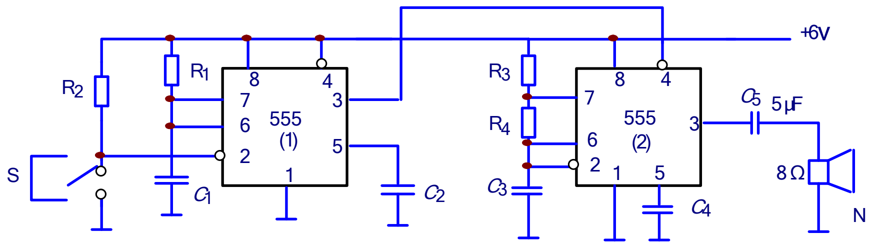
$$V_C(t)=V_C(\infty)-[V_C(\infty)-V_C(o)]e^{-\frac{t}{\tau}} \qquad t=RC\ln\frac{V_C(\infty)-V_C(o)}{V_C(\infty)-V_C(t)}$$

$$T_W=RC\ln\frac{6-0}{6-4}=RC\ln 3=1.1RC$$

当 $R_1=0$ 时，点亮时间最短，

最短时间　　$T_W=1.1\times100\times10^3\times50\times10^{-6}=5.5\text{s}$，即触摸一下发光二极管可亮 5.5s，它可应用于楼道开关。

［题 9.3］图 P9.3 所示的电路是由两个 555 定时器构成的电子门铃，当按下 S 时，可使门铃以 1.2 $k$Hz 的频率响 10 S 。




(1) 说明 555 (1) 和 555 (2) 分别构成什么电路，并分析整个电路的工作原理

(2) 要改变铃响持续时间，需改变电路中什么参数?

(3) 要改变铃响音调高低，需改变电路中什么参数?

解：(1)由 555(1)构成单稳态触发器，当其 2 端出现负触发脉冲时，其 3 端将输出一定宽度的高电平脉冲，脉冲宽度为 $T_W = 1.1\,R_1C_1$。由 555(2)构成多谐振荡器，可产生一定频率的脉冲信号，当开关 S 未按下时，555(1)的 3 端输出低电平，使 555(2)不能工作；当 S 按下后，555(1) 2 端受到触发后，其 3 端输出高电平脉冲。此时，555(2)工作，扬声器发出声音，直到 555(1)输出信号回到低电平，铃响结束.

(2)若改变铃响持续时间，需改变 $R_1$ 或 $C_1$ 的大小。

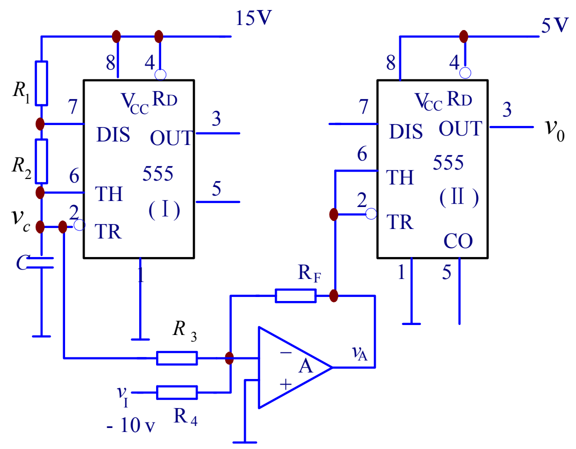
(3)若改变铃响音调高低，需改变 $R_3$ 或 $R_4$ 或 $C_3$ 的大小。

［题 9.7］在图 P9.7 所示电路中，$R_1 = R_2 = 50\mathrm{K\Omega}, C = 0.01\mu\mathrm{F}, \mathrm{R}_3 = R_4 = R_\mathrm{F} = 5\mathrm{K\Omega}$

(1) 说明此电路各部分的功能。

(2) 画出 $v_C$ 、 $v_A$ 和 $v_o$ 的波形

(3) 求电路的振荡频率



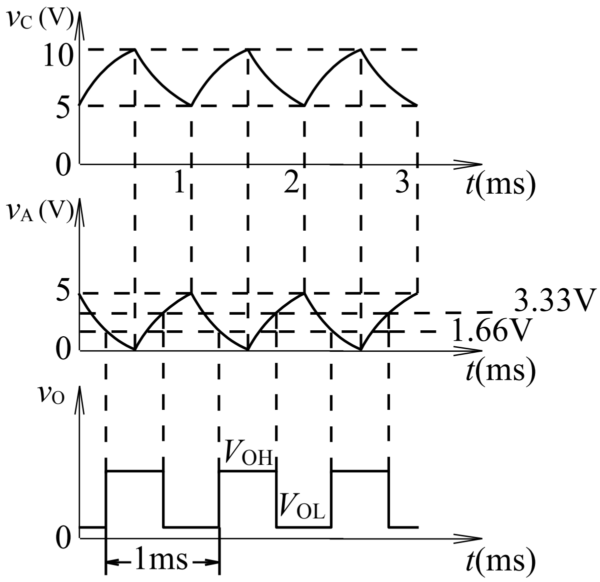

。

解：(1)（Ⅰ）多谐振荡器，（Ⅱ）施密特触发器

（2）集成运放构成反相比例运算电路

$$v_{\mathrm{A}} = -(\frac{R_{\mathrm{F}}}{R_3} v_{\mathrm{C}} + \frac{R_{\mathrm{F}}}{R_4} v_{\mathrm{I}}) = -(v_{\mathrm{C}} - 10) = 10 - v_{\mathrm{C}}$$

$v_{\mathrm{C}}$、$v_{\mathrm{A}}$ 和 $v_{\mathrm{o}}$ 的波形：




（3）输出的周期与多谐振荡器输出波形周期相同

$$T_{\text{充}} = 0.7(R_1 + R_2)C$$
$$T_{\text{放}} = 0.7R_2C$$
$$T = T_{\text{充}} + T_{\text{放}} = 0.7(R_1 + R_2)C + 0.7R_2C$$
$$= 0.7(R_1 + 2R_2)C = 0.7 \times 3 \times 50 \times 10^3 \times 0.01 \times 10^{-6} \approx 1\text{ms}$$

$$f = \frac{1}{T} \approx 1\text{KHZ}$$