

第 8 章 时序逻辑电路

本章讨论了数字电路的另一类单元电路——时序逻辑电路。首先介绍具有存储记忆功能的单元电路触发器，它是构成各种计数器和寄存器等时序电路的单元。然后介绍数字系统中常用的一些时序电路的组成和工作原理以及 555 定时器的应用。

本章基本要求

- 了解时序逻辑电路的共同特点；
- 熟练掌握 R-S、J-K、D、T 触发器的逻辑功能；
- 熟练掌握时序电路分析方法，基本的设计方法；
- 掌握计数器的分类及特点；
- 了解常用的时序逻辑电路的功能及应用；
- 了解 555 定时器的典型应用。

本章习题解析

8-5 在图 8-6 中，设每个触发器的初始状态为“0”，试画出在时钟脉冲 CP 作用下 Q 的波形。

解：

(a) 图中：

$$Q_1^{n+1} = J\bar{Q}_1^n + \bar{K}Q_1^n = \bar{Q}_1^n$$

(b) 图中：

$$Q_2^{n+1} = J\bar{Q}_2^n + \bar{K}Q_2^n = 0$$

(c) 图中：

$$Q_3^{n+1} = J\bar{Q}_3^n + \bar{K}Q_3^n = \bar{Q}_3^n$$

(d) 图中：

$$Q_4^{n+1} = D = 0$$

(e) 图中： $Q_5^{n+1} = D = Q_5^n$

(f) 图中： $Q_6^{n+1} = J\bar{Q}_6^n + \bar{K}Q_6^n = \bar{Q}_6^n$

各触发器的波形图如下图 8-7 所示：

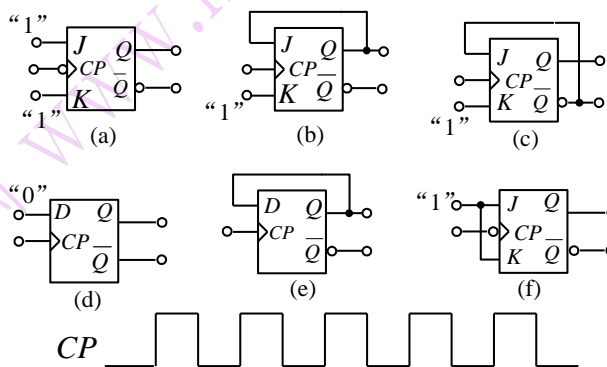


图 8-6

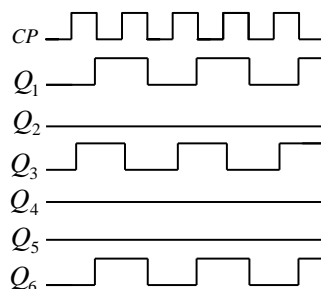


图 8-7

8-6 电路如图 8-8 所示，设初始状态为 $Q_1 = Q_2 = 0$ ，试画出在 CP 作用下 Q_1 、 Q_2 的波形。

解: $Q_1^{n+1} = J\overline{Q_1^n} + \overline{K}Q_1^n = \overline{Q_2^n}Q_1^n + Q_2^n \cdot Q_1^n = Q_1^n Q_2^n$

$Q_2^{n+1} = D = Q_1^n$

波形图如图 8-9 所示:

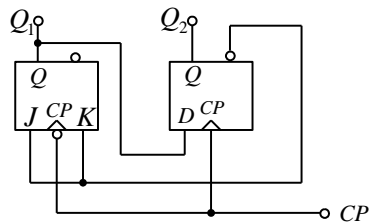


图 8-8

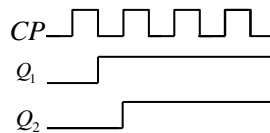


图 8-9

8-7 电路如图 8-10 所示, 设初始状态为 $Q_1 = Q_2 = 0$, 试画出在 CP 作用下 Q_1 、 Q_2 的波形。

解: $Q_1^{n+1} = D_1 = \overline{Q_1^n}$

$Q_2^{n+1} = D_2 = \overline{Q_2^n}$

波形图如下图 8-11 所示:

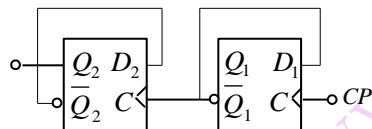


图 8-10

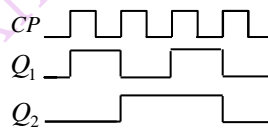


图 8-11

8-8 图 8-12 所示为 TTL 维持阻塞 D 触发器, 试分析其逻辑功能, 列出真值表, 并说明图中①~④连线的作用。

解:

工作原理分析:

R_D S_D 接至基本 RS 触发器的输入端, 分别是

清零和预置数端, 低电平有效。当 $S_D = R_D = 1$ 时, 工作过程如下:

① $CP=0$ 时, 触发器状态不变。此时 $Q_5 = \overline{D}$,

$Q_6 = D$

② CP 由 0 变 1 时触发器翻转, $Q = D$

③ $CP=1$ 时输入信号被封锁, 触发器保持, 其中反馈线①使触发器维持在 0 状态和阻止触发器为 1 状态称为置 0 维持线, 置 1 阻塞线。

反馈线②使 $CP=0$, $Q_5 = D$ 时, $Q_6 = \overline{D}$

反馈线③使 $CP=1$ 时, 触发器维持 1 状态即置 1 维持线。

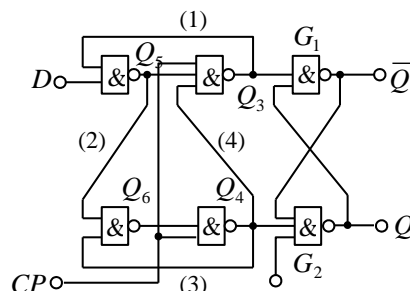


图 8-12

反馈线④使 $CP=1$ 时起到阻止触发器置 0 的作用，称为置 0 阻塞线。

8-9 试用主从 $J-K$ 触发器组成一个三位异步减法计数器，并画出 CP 、 Q_0 、 Q_1 、 Q_2 的波形。

解 电路图如下 8-13 所示：

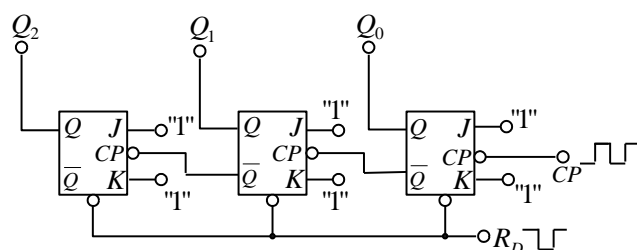


图 8-13

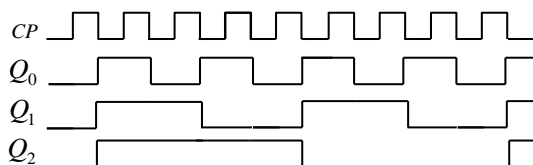


图 8-14

8-10 试列出图 8-15 所示计数器的状态表，说明它是几进制计数器。

解：列驱动方程

$$J_0 = \overline{Q_1^n} \overline{Q_2^n} \quad K_0 = 1 \quad J_1 = Q_0^n \quad K_1 = \overline{Q_2^n} \overline{Q_0^n}$$

脉冲方程

$$CP_1 = CP_0 = CP \quad CP_2 = Q_1$$

状态方程

$$Q_0^{n+1} = J_0 \overline{Q_0^n} + \overline{K_0} Q_0^n = \overline{Q_1^n} \cdot \overline{Q_2^n} \cdot \overline{Q_0^n}$$

$$Q_1^{n+1} = J_1 \overline{Q_1^n} + \overline{K_1} Q_1^n = Q_0^n \overline{Q_1^n} + \overline{Q_2^n} \overline{Q_0^n} Q_1^n$$

$$Q_2^{n+1} = \overline{Q_2^n}$$

状态表如下表 8-2 所示：

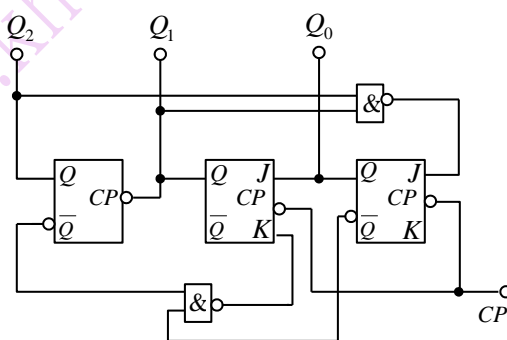


图 8-15

表 8-2

Q_2^n	Q_1^n	Q_0^n	Q_2^{n+1}	Q_1^{n+1}	Q_0^{n+1}	CP	Q_1
0	0	0	0	0	1	↓	不变
0	0	1	0	1	0	↓	↑
0	1	0	0	1	1	↓	不变
0	1	1	1	0	0	↓	↓
1	0	0	1	0	1	↓	不变
1	0	1	1	1	0	↓	↑
1	1	0	0	0	0	↓	↓
1	1	1	0	0	0	↓	↓

该计数器为七进制加法计数器。

8-11 分析图 8-16 所示逻辑电路的逻辑功能，并说明其用途。设初始状态为

“0000”，画出 CP 、 Q_0 、 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 的波形。

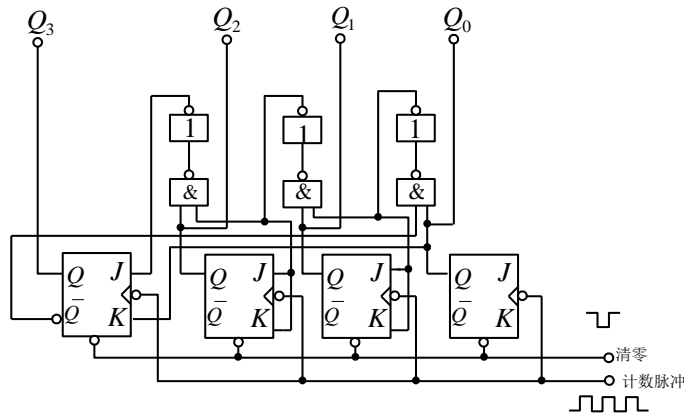


图 8-16

解：列驱动方程

$$J_0 = K_0 = 1$$

$$J_1 = K_1 = Q_0^n \cdot \overline{Q_3^n}$$

$$J_2 = K_2 = Q_1^n \cdot Q_0^n \cdot \overline{Q_3^n}$$

$$J_3 = Q_2^n \cdot Q_1^n \cdot Q_0^n \cdot \overline{Q_3^n} \quad K_3 = Q_0^n$$

状态方程为

$$Q_0^{n+1} = J_0 \overline{Q_0^n} + \overline{K_0} Q_0^n = \overline{Q_0^n}$$

$$Q_1^{n+1} = J_1 \overline{Q_1^n} + \overline{K_1} Q_1^n = Q_0^n \overline{Q_3^n} \overline{Q_1^n} + \overline{Q_0^n} \cdot Q_3^n \cdot Q_1^n$$

$$Q_2^{n+1} = J_2 \overline{Q_2^n} + \overline{K_2} Q_2^n = Q_1^n \cdot Q_0^n \cdot \overline{Q_3^n} \overline{Q_2^n} + Q_1^n \overline{Q_0^n} \cdot Q_3^n \cdot Q_2^n$$

$$Q_3^{n+1} = J_3 \overline{Q_3^n} + \overline{K_3} Q_3^n = Q_2^n \cdot Q_1^n \cdot Q_0^n \cdot \overline{Q_3^n} + \overline{Q_0^n} \cdot Q_3^n$$

状态转换表如下表 8-3 所示：

画出状态转换图可得该电路为一十进制加法计数器，且能自启动。

表 8-3

Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	Q_3^{n+1}	Q_2^{n+1}	Q_1^{n+1}	Q_0^{n+1}
0	0	0	0	0	1	0	1
0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	0	0	1	1	1
0	0	1	1	0	0	0	0
0	1	0	0	0	1	0	1
0	1	0	1	0	0	1	0
0	1	1	0	0	0	1	1
0	1	1	1	1	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	1
1	0	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	1	0	1	1
1	0	1	1	0	0	1	0
1	1	0	0	1	1	0	1
1	1	0	1	0	1	0	0
1	1	1	0	1	1	1	1
1	1	1	1	0	1	1	0

8-12 用 CT74LS290 构成下列各计数器。

- (1) 用一片 CT74LS290 构成一个 7 进制计数器。
- (2) 用二片 CT74LS290 构成一个 24 进制计数器。

解：(1) 先将 Q_0 与 CP_1 相连，脉冲由 CP 输入，构成码异步十进制计数器，其电路如图 8-17 所示。

(2) 用两片构成一个 24 进制计数器，如下图 8-18。

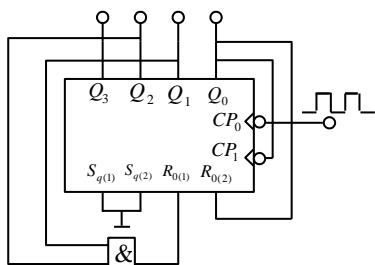


图 8-17

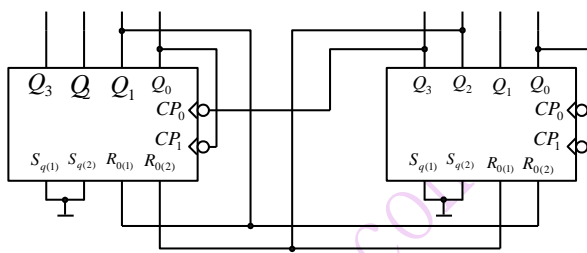


图 8-18

8-13 试分析如图 8-19 所示时序电路的功能。

解：列驱动方程

$$D = X \oplus Q$$

状态方程

$$Q^{n+1} = D = X \oplus Q^n$$

输出方程

$$Z = \overline{X \cdot Q^n}$$

列状态转换表可得表 8-4:

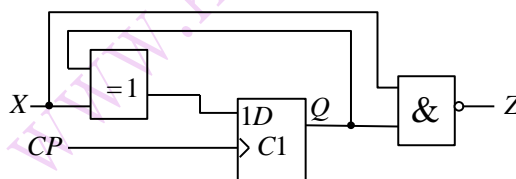


图 8-19

表 8-4

$Q^n \backslash Q^{n+1} / Z$	$X = 0$	$X = 1$
0	0 / 1	1 / 1
1	1 / 1	0 / 0

8-14 试分析图 8-20 所示时序电路的功能。

解：列驱动方程

$$D_0 = \overline{Q_0^n}, \quad D_1 = Q_0^n \oplus Q_1^n$$

输出方程

$$F = Q_0^n \cdot Q_1^n$$

状态方程

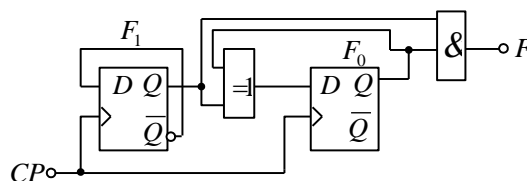


图 8-20

$$Q_0^{n+1} = \overline{Q_0^n}, \quad Q_1^{n+1} = Q_0^n \oplus Q_1^n$$

其状态表为表 8-5:

Q_1^n	Q_0^n	Q_1^{n+1}	Q_0^{n+1}	F
0	0	0	1	0
0	1	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	1

此电路可同步二位二进制加法计数器，F 为进位输出端。

8-15 图 8-21 所示是一个防盗报警电路。a、b 两端被一铜丝接通，此铜丝置于认为盗窃者必经之处。当盗窃者闯入室内将铜丝碰断后，扬声器即发出报警声(扬声器电压为 1.2V，通过电流为 40mA)。

(1) 试问 555 定时器接成何种电路?

(2) 说明本报警电路的工作原理。

解: (1) 555 定时器接成了多谐振荡器。

(2) 间接一铜丝，即将 555 定时器仍复位端 4 接地即使定时器输出为 0，当铜丝断开后，即输出方波信号，其大小满足扬声器工作电压、电流所以扬声器发出报警信号。

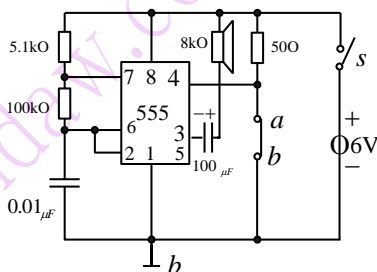


图 8-21

8-16 单稳态电路如图 8-22 所示，已知

$U_{DD} = 12V$ ， $R = 10K\Omega$ ， $C = 0.1\mu F$ 。求输出脉

冲宽度 T_W ，并定性画出 u_i 、 u_o 、 u_c 的波形。

解: $T_W = R C \ln 3 = 1.1RC = 1.1 \times 10 \times 10^3 \times 0.1 \times 10^{-6} = 1.1 \times 10^{-3} S$

u_i 、 u_o 、 u_c 的波形如下图 8-23 所示:

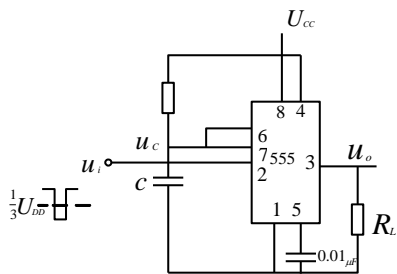


图 8-22

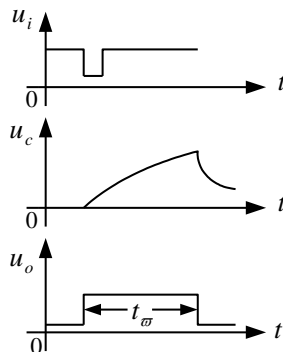


图 8-23

第9章 模-数和数-模转换电路

A/D 转换器和 D/A 转换器是组成现代数字系统的重要部件，应用非常广泛。本章从模-数和数-模转换的基本基本概念入手，重点介绍了 T 型电阻网络数-模转换器和逐次逼近模-数转换器的工作原理以及几种典型 D/A、A/D 芯片的应用。

本章基本要求

- (1) 理解 D/A 转换器、A/D 转换器电路的工作原理；
- (2) 掌握 D/A 转换器、A/D 转换器的电路组成；
- (3) 掌握常用的 D/A、A/D 器件类型及其特点。
- (4) 了解 D/A 转换器、A/D 转换器的应用。

本章习题解析

9-1 有一个八位 T 型解码网络 DAC，已知 $U_{REF} = +5\text{V}$ ， $R_F = 2R$ 。试求：当输入的二进制数码分别为 10101010、10000000、00000001 时，输出电压 U_o 分别是多少？（结果精确到小数点后 8 位）

解：型解码网络数模转换器的输出

$$U_o = -I_\varepsilon R_F = -\frac{U_{REF} \cdot R_F}{2^n R} (S_{n-1} 2^{n-1} + S_{n-2} 2^{n-2} + \cdots + S_1 2^1 + S_0 2^0)$$

当输入的二进制码为 10101010 时

$$U_{o1} = -\frac{5 \times 2R}{2^8 \times R} (2^7 + 2^5 + 2^3 + 2) \approx 6.640625\text{V}$$

当输入的二进制码为 10000000 时

$$U_{o2} = -\frac{5 \times 2R}{2^8 \times R} \times 2^7 \approx -5\text{V}$$

当输入的二进制码为 00000001 时

$$U_{o3} = -\frac{5 \times 2R}{2^8 \times R} \times 1 \approx -0.0390625\text{V}$$

9-2 有一个八位 T 型电阻网络 D/A 转换器， $R_F = 3R$ ，当输入的数字量 $d_7 \sim d_0 = 00000001$ 时， $U_o = -0.04\text{V}$ ，若输入的数字量变为 00010110，试求 $U_o = ?$ 该转换器的满量程输出电压为多大？

解：由题意可知当输入数字量 $d_7 + d_6 + d_5 + d_4 + d_3 + d_2 + d_1 + d_0 = 0000000$ 时，

$$U_o = -0.04\text{V}$$

$$\text{又} \because U_o = -\frac{U_{REF} \cdot R_F}{2^n R} (S_{n-1} 2^{n-1} + S_{n-2} 2^{n-2} + \cdots + S_1 2^1 + S_0 2^0)$$

$$\therefore -\frac{U_{REF} \cdot 3R}{2^0 \cdot R} = -0.04\text{V}$$

即当 $d_7 + d_6 + d_5 + d_4 + d_3 + d_2 + d_1 + d_0 = 0001011$ 时

$$U_o = -\frac{U_{REF} \cdot 3R}{2^8 R} (2^4 + 2^2 + 2^1) = -0.88\text{V}$$

即当 $d_7 + d_6 + d_5 + d_4 + d_3 + d_2 + d_1 + d_0 = 1111111$ 时达到理论的最大输出电压

$$\text{此时 } U_0 = -\frac{U_{REF} \cdot 3R}{2^8 R} (2^7 + 2^6 + \dots + 2^0) = -10.2 \text{ V}$$

9-3 一个八位 D/A 转换器，若满量程输出电压为 -12V ，当输入的数字量最低位变化一个码时，输出电压变化多少？如果要求当输入的数字量最低位变化一个码时，输出电压变化量小于 12mV ，问至少应选用分辨率为多少的 D/A 转换器？

解：由题意可得

$$-\frac{U_{REF} \cdot 3R}{2^8 R} (2^7 + 2^6 + \dots + 2^0) = -12 \text{ V}$$

当输入的数字量最低位变化一个码时

$$\Delta U = -\frac{U_{REF} \cdot R_F}{2^8 \cdot R} = -\frac{12}{255} \text{ V}$$

如果要求输出电压变化量小于 12mV 则

$$-\frac{U_{REF} \cdot R_F}{2^n \cdot R} < 12 \text{ mV}$$

$$\therefore n \geq 10$$

所以至少选用分辨率为 10 位的转换器。

9-4 对于图 9-2 所示的四位逐次逼近式 A/D 转换器，已知 $U_{REF} = 5\text{V}$ 。现假设 $U_i = 2.8125 \text{ V}$ ，试仿照图 9-3 画出转换过程示意图，并写出转换结果 $D_3 D_2 D_1 D_0 = ?$

解：输入电压 $U_i = 2.8125 \text{ V} = \frac{9}{16} U_{REF}$

转换过程示意图略。

$$\therefore D_3 D_2 D_1 D_0 = 1001$$

9-5 现有 8 位、10 位、12 位的 A/D 转换器各一块，它们的满量程输入电压均为 5V 。现有一电路需要使用对输入模拟电压分辨能力达 5mV 以下的 A/D 转换器（ $|\Delta U_i| \geq 5\text{mV}$ 就能使输出数字量的最低位发生变化）。问：哪一种 A/D 转换器能满足要求？

解：10 位、12 位的 A/D 转换器能满足要求。