

浙江大学 实验报告

专业： 电子信息工程

姓名： _____

学号： _____

课程名称： 电路与电子技术实验 II

指导老师： 张伟

地点： 紫金港东三 406

实验名称： 时序电路

同组学生： _____

日期： 2024 年 5 月 21 日

1 实验目的

1. 加深理解时序电路的工作原理。
2. 学习时序电路的设计与调试。
3. 了解时序集成电路的应用。

2 实验原理

2.1 同步十进制加法计数器

2.1.1 基本电路结构确定

- 采用 4 个 JK 触发器
- 列出状态表，得到 JK 输入要求

2.1.2 逻辑功能确定

J_3		Q_2, Q_0			
		00	01	11	10
Q_3, Q_1	00	0	0	0	0
	01	0	0	1	0
	11	X	X	X	X
	10	X	X	X	X

K_3		Q_2, Q_0			
		00	01	11	10
Q_3, Q_1	00	X	X	X	X
	01	X	X	X	X
	11	X	X	X	X
	10	0	1	X	X

$$J_3 = Q_2 Q_1 Q_0, K_3 = Q_0 \quad (1)$$

J_2		Q_2, Q_0			
		00	01	11	10
Q_3, Q_1	00	0	0	X	X
	01	0	1	X	X
	11	X	X	X	X
	10	0	0	X	X

K_2		Q_2, Q_0			
		00	01	11	10
Q_3, Q_1	00	X	X	0	0
	01	X	X	1	0
	11	X	X	X	X
	10	X	X	X	X

$$J_2 = K_2 = Q_1 Q_0 \quad (2)$$

J_1		Q_2, Q_0			
	Q_3, Q_1	00	01	11	10
	00	0	1	1	0
	01	X	X	X	X
	11	X	X	X	X
	10	0	0	X	X

K_1		Q_2, Q_0			
	Q_3, Q_1	00	01	11	10
	00	X	X	X	X
	01	0	1	1	0
	11	X	X	X	X
	10	X	X	X	X

$$J_1 = \bar{Q}_3 Q_0, K_1 = Q_0 \quad (3)$$

J_0		Q_2, Q_0			
	Q_3, Q_1	00	01	11	10
	00	1	X	X	1
	01	1	X	X	1
	11	X	X	X	X
	10	1	X	X	X

K_0		Q_2, Q_0			
	Q_3, Q_1	00	01	11	10
	00	X	1	1	X
	01	X	1	1	X
	11	X	X	X	X
	10	X	1	X	X

$$J_0 = K_0 = 1 \quad (4)$$

2.1.3 自启动功能验证

未被分配状态是 10-15，现验证在上述输入的下，这些功能的状态能够指向已有状态 0-9:

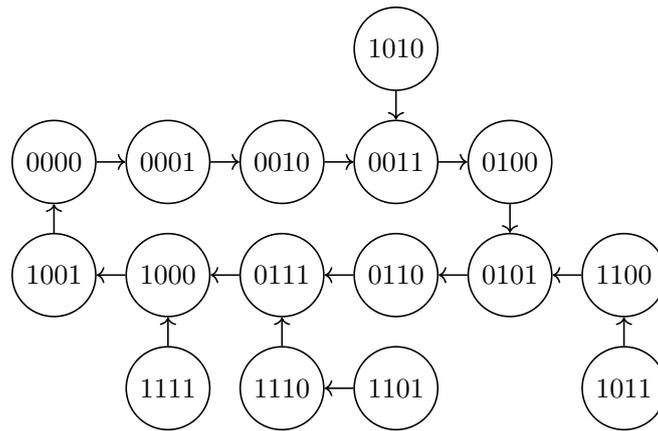
$$Q_0^{n+1} = \bar{Q}_0 \rightarrow XXX0$$

$$Q_1^{n+1} = \bar{Q}_3 \bar{Q}_1 Q_0 + Q_1 \bar{Q}_0 \rightarrow 0X01 \quad XX10$$

$$Q_2^{n+1} = \bar{Q}_2 Q_1 Q_0 + Q_2 \bar{Q}_1 + Q_2 \bar{Q}_0 \rightarrow X011 \quad X10X \quad X1X0$$

$$Q_3^{n+1} = \bar{Q}_3 Q_2 Q_1 Q_0 + Q_3 Q_0 \rightarrow 0111 \quad 1XX1$$

则在该表达式下，电路的状态转移图为:



由上图可知，该电路每一个状态都能够指向已有状态，因此具有自启动功能。

2.1.4 电路图如下

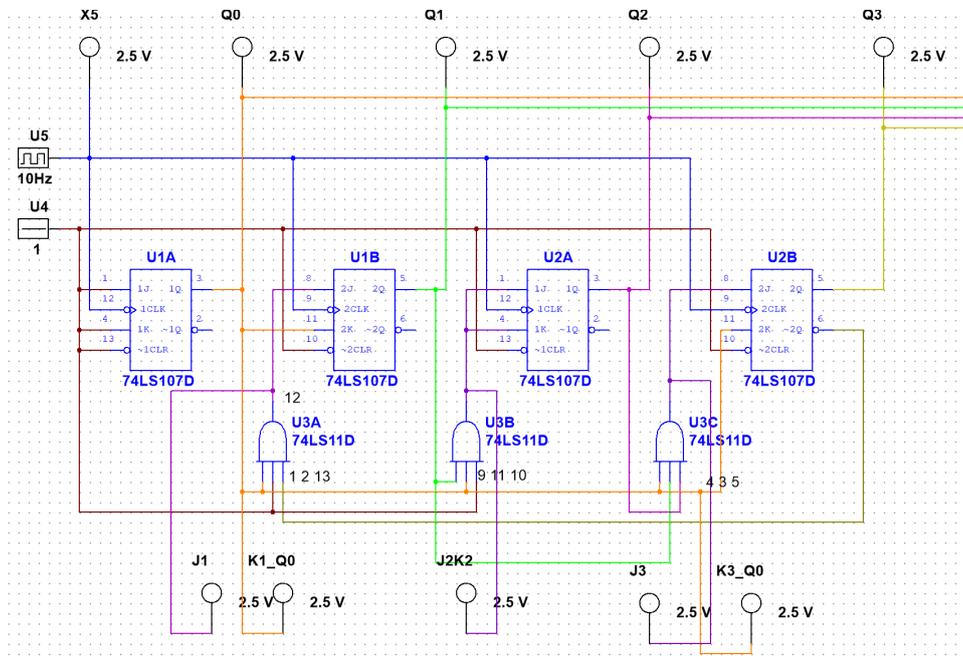


图 1: 同步十进制加法计数器

2.2 脉冲分配器

2.2.1 基本电路结构确定

- 采用 3 个 D 触发器
- 列出状态表，得到对 D 的输入要求

2.2.2 逻辑功能确定

D_A		Q_A, Q_C			
		00	01	11	10
X, Q_B	00	X	0	0	1
	01	1	0	X	1
	11	0	0	X	0
	10	X	1	1	1

D_B		Q_A, Q_C			
		00	01	11	10
X, Q_B	00	X	1	0	0
	01	1	1	X	0
	11	1	0	X	1
	10	X	0	0	1

D_C		Q_A, Q_C			
		00	01	11	10
X, Q_B	00	X	1	1	1
	01	0	0	X	0
	11	1	1	X	0
	10	X	1	0	0

$$D_A = \overline{XQ_B} + \overline{X}Q_C$$

$$D_B = \overline{XQ_C} + \overline{X}Q_A$$

$$D_C = \overline{XQ_A} + \overline{X}Q_B$$

2.2.3 自启动功能验证

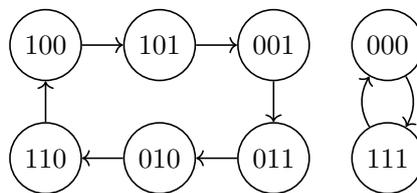
当 $X=0$ 时:

$$Q_A^{n+1} = D_A = \overline{Q_C}$$

$$Q_B^{n+1} = D_B = \overline{Q_A}$$

$$Q_C^{n+1} = D_C = \overline{Q_B}$$

则在该表达式下，电路的状态转移图为：



由上图可知，000 和 111 状态，不能够进入原有循环状态，因此不具备自启动功能。现通过 D 触发器的置位功能，使其具备自启动功能。

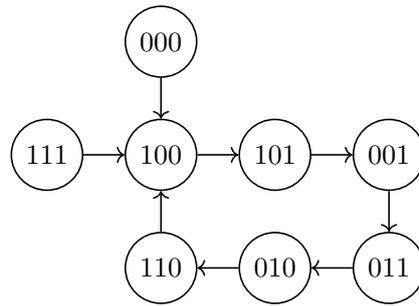
当电路输出 000 时，将电路重新置位为 100；当电路输出 111 时，将电路重新置位为 100。

则：

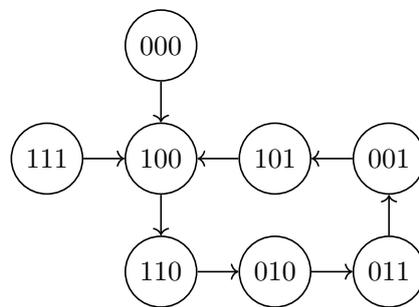
$$\overline{S}_A = \overline{Q_A Q_B Q_C}$$

$$\overline{R}_B = \overline{R}_B = \overline{Q_A Q_B Q_C}$$

重新绘制状态转移图：



当 $X=1$ 时 状态转移图如下：



2.2.4 电路图如下

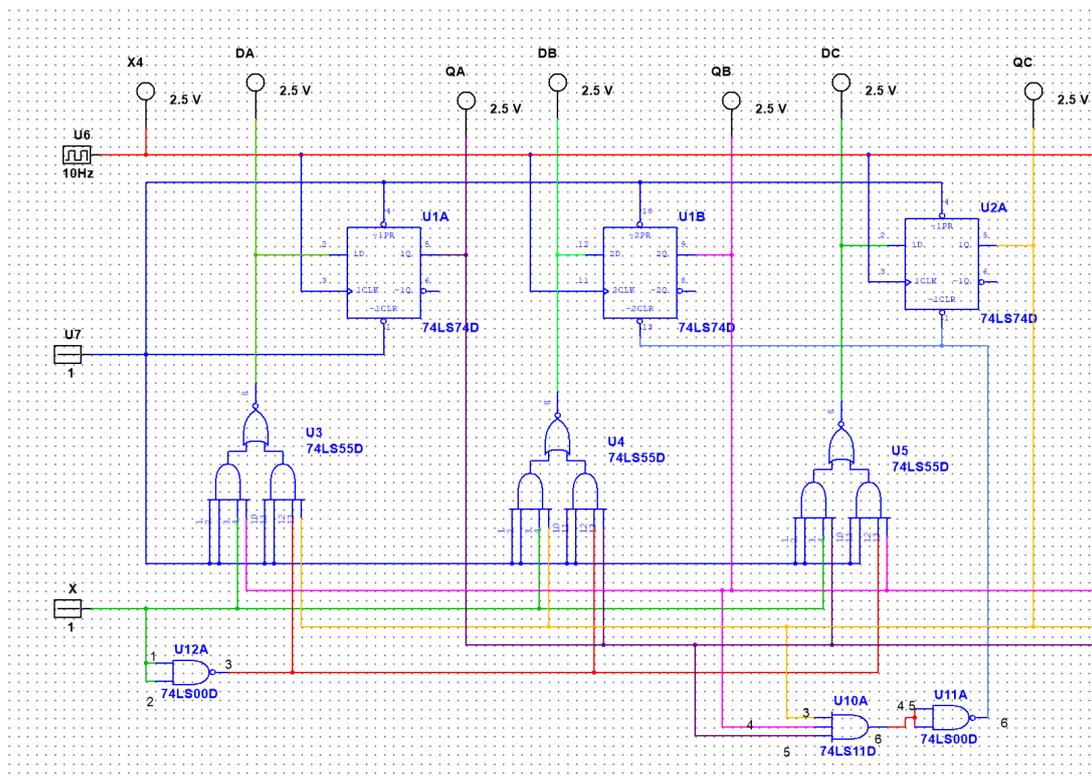


图 2: 脉冲分配器

3 实验步骤

3.1 同步十进制加法计数器

3.1.1 实验过程与结果

1. 按照理论中展示的电路连接好电路，输出连发光管，用手控脉冲作为计数脉冲进行调试。观察到每次将脉冲输入从 1 置为 0 时，最终显示结果 +1。
2. 输出连数码管模块的 D、C、B、A，计数脉冲用 1Hz 信号，观察显示结果符合预期每秒加 1，到 9 后归零。
3. 加入 1024Hz 的方波作为计数脉冲，用示波器观察 CP 及 4 个输出端的波形。



图 3: 同步十进制加法计数器示波器输出结果

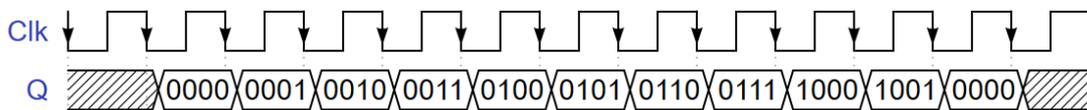


图 4: 电路工作时序图

观察得到最后结果和预期一致，说明电路搭建正确。

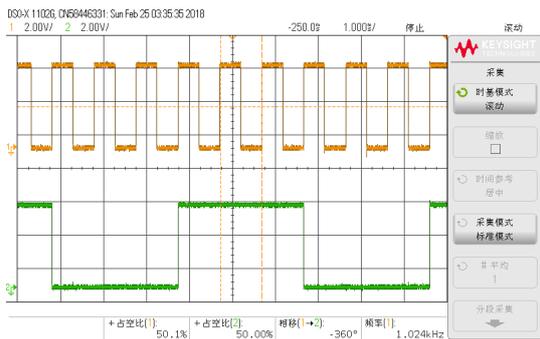
4. 检查电路能否自启动。先将输出置成无效态，然后再加入计数脉冲。
 - 停止输入脉冲，将原电路拆卸后，将输入置为 1111（通过 J=1, K=0 的放式）。
 - 观察输出波形按照理论中的状态转移图，跳变进 0-9 的循环过程。

3.1.2 实验过程中出现的问题

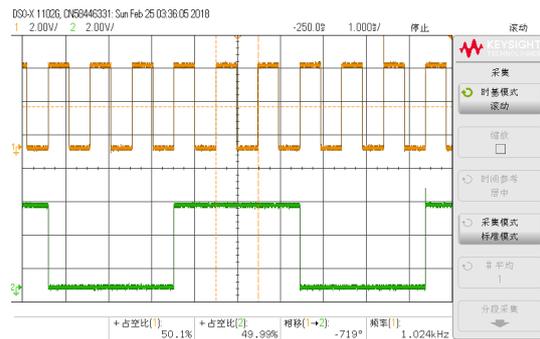
1. 一开始使用试验箱 1Hz 脉冲直接作为时钟信号输入，发现电路无法正常工作，后由于试验箱的脉冲信号带载能力不足，导致电路无法正常工作。将输入信号通过 00 芯片输入后，电路正常工作。
2. 电路连接的过程中，由于电路较为复杂，容易出现连接错误，导致电路无法正常工作。经过多次检查，最后将电路连接正确，输出结果正常。
3. 芯片运作不稳定，示波器使用不同的接线会影响输出得结果，使用质量较高的示波器测试线时，最终结果正常，但是普通接线时，电路无法工作。

3.2 脉冲分配器

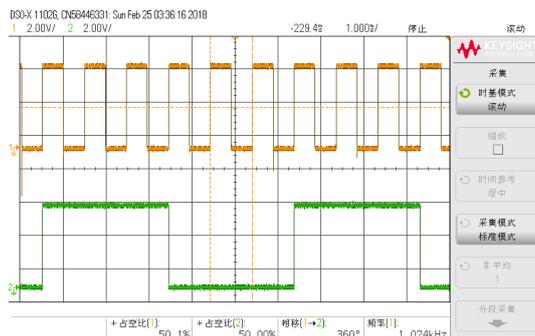
1. 连接好电路，用手控脉冲作为计数脉冲进行调试。
 - 当 $X=1$ 时，观察到输出结果为 100-110-010-011-...，符合预期。
 - 当 $X=0$ 时，观察到输出结果为 100-101-001-011-...，符合预期。
 - 通过 D 触发器的置位功能，输入 000/111，发现电路均能跳转到 100，具备自启动功能。
2. 加入 1kHz 的方波作为计数脉冲，用示波器观察 CP, Q_A, Q_B, Q_C 的波形。



(a) Q_A 输出结果

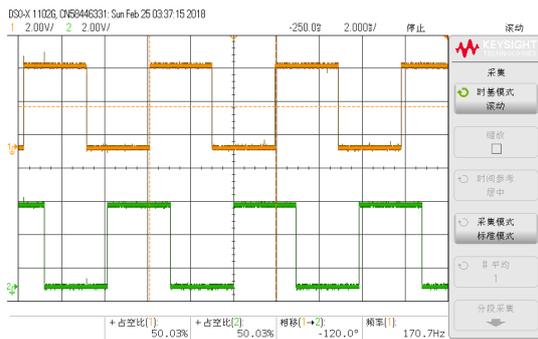


(b) Q_B 输出结果

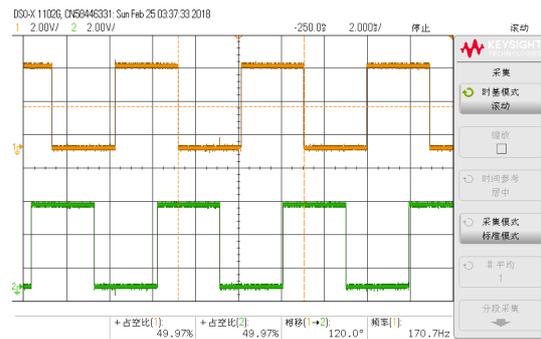


(c) Q_C 输出结果

图 5: 脉冲分配器示波器输出结果



(a) Q_A, Q_B 在 $X = 0$ 下的输出结果



(b) Q_A, Q_B 在 $X = 1$ 下的输出结果

图 6: 对比在 $X = 0, 1$ 下的输出结果

- 可以看到, Q_A, Q_B, Q_C 的输出波形均符合预期, 说明电路工作正常。
- 通过观察 CP 的波形, 和 Q 的波形, 可以发现频率为原来的 $1/3$ 。
- 由上升沿触发。
- $X = 0, 1$ 亮灯顺序相反。