

上海大学 计算机学院

《数字逻辑实验》报告五

姓名 翟博豪 学号 24122233

时间 周五 1-2 机位 25 指导教师 顾惠昌

实验名称: 记忆元件测试

一、实验目的

- 熟悉基本 RS、同步 RS、JK, T, D 触发器的电路结构。
- 掌握上述触发器的逻辑功能。
- 掌握触发器之间的相互转换

二、实验原理

触发器有两个稳定的状态，可用来表示数字 0 和 1。按结构的不同可分为，没有时钟控制的基本触发器和有时钟控制的门控触发器。

在数字系统中，为了协调一致地工作，常常要求触发器有一个控制端，在此控制信号的作用下，各触发器的输出状态有序地变化。具有该控制信号的触发器称为门控触发器。门控触发器按触发方式可分为电位触发、主从触发和边沿触发三类；按逻辑功能可分为 RS 触发器、D 触发器、JK 触发器、T 触发器等四种类型。触发器的重点是它的逻辑功能和触发方式。

1. 基本 RS 触发器

基本 RS 触发器是最基本的触发器，它由两个与非门交叉耦合而成。如图所示：

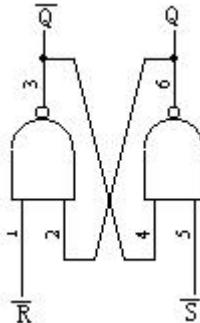


图 1 RS 触发器逻辑电路图

基本 RS 触发器的逻辑符号。如图 3 所示：

图 2 为 RS 基本触发器真值表。

R	S	Q _n	逻辑功能
0	1	0	置 0
1	0	1	置 1
1	1	Q _n	保持
0	0	不定	不允许

图 2

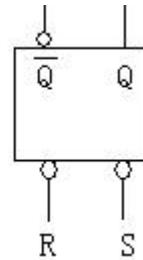


图 3

- 基本 RS 触发器的特性方程。

$$Q_{n+1} = S + \bar{R}Q_n$$

$$\bar{R} + \bar{S} = 1 \quad (\text{结束条件})$$

2. 同步 RS 触发器

同步 RS 触发器，在外加的 R、S 信号加到 R 端及 S 端后，并不引起触发器的翻转，只有在时钟脉冲配合下，才能使触发器由原状态翻转到新的状态。这样使状态的转换在时钟信号 CP 的控制下，有条不紊地顺序进行。

- 同步 RS 触发器逻辑符号，如图 5 所示：

R	S	Q _{n+1}	逻辑功能
0	1	0	置 0
1	0	1	置 1
1	1	Q _n	保持
0	0	不定	不允许

图 4

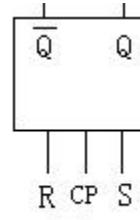


图 5

- 图 4 为同步 RS 触发器真值表
- 同步 RS 触发器特性方程

$$Q_{n+1} = S + \bar{R}Q_n$$

$$SR = 0 \quad (\text{约束条件})$$

3.D 触发器

D 触发器的逻辑功能是：当时钟信号未到来时，无论触发器的输入端 D 是 0 还是 1，触发器状态保持不变。当时钟信号到来时，若输入 D=0，则触发器输出 Q=0，即触发器置 0；若输入 D=1，则触发器输出 Q=1，即触发器置 1。

下图为 D 触发器的逻辑符号和真值表。

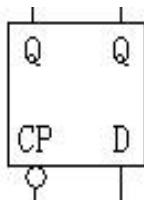


图 6

D	Q _{n+1}
0	0
1	1

图 7

D 触发器的特性方程为：

$$Q^{n+1}=D$$

4.T 触发器

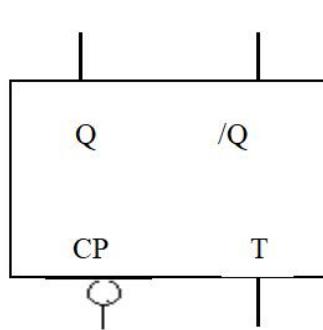


图 8 T 触发器逻辑电路图

T	Q _n	Q _{n+1}	功能
0	0	0	保持
0	1	1	
1	0	1	翻转
1	1	0	

图 9 T 触发器真值表

T 触发器的特性方程为: $Q^{n+1}=\overline{T}\overline{Q^n}+\overline{T}Q^n$

5.JK 触发器

J-K 触发器的逻辑功能是: 当时钟信号未到来时, 无论触发器的 J、K 输入端怎样变换, 触发器状态保持不变。当时钟信号到来时, 若输入 J=0、K=0, 触发器状态保持原来状态不变; 若输入 J=0、K=1, 无论触发器的现态如何, 其次态总为 0; 若输入 J=1、K=0, 无论触发器的现态如何, 其次态总为 1;; 若输入 J=1、K=1, 触发器必将发生状态发生变化。

图 10 是 J-K 触发器的逻辑符号, 其中 J、K 是控制输入端, S、R 分别是异步置“1”和异步置“0”端。图 11 为 J-K 触发器的特性表。

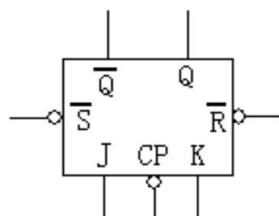


图 10

J	K	Q^n	Q^{n+1}	说明
0	0	0	0	保持 $Q^{n+1}=Q^n$
		1	1	
0	1	0	0	置 0
		1	0	
1	0	0	1	置 1
		1	1	
1	1	0	1	翻转 $Q^{n+1}=\overline{Q^n}$
		1	0	

图 11

图 12 是双下降沿 J-K 触发器（有预置、清除端）74LS112。

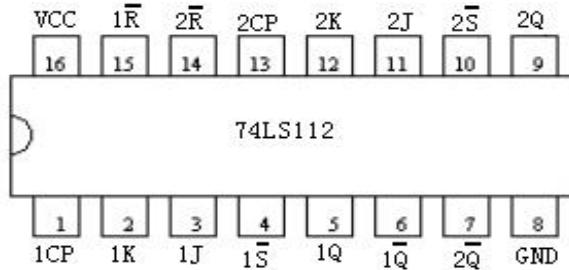


图 12

如图：74LS112 包含两个下降沿 J-K 触发器，在控制端 CP 的下降沿输出后发生变化。其中非同步输入端 $\overline{S_d}$ 叫做预置端，和 $\overline{R_d}$ 叫做清除端。能将 J-K 触发器预置为“1”或清除为“0”，而与 CP 及输入的 J-K 无关。

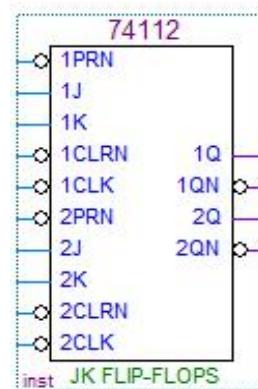


图 13

PRE (S)	CLR (R)	CLK	J	K	Q
0	1	X	X	X	1
1	0	X	X	X	0
0	0	X	X	X	*
1	1	↓	0	0	不变
1	1	↓	0	1	0
1	1	↓	1	0	1
1	1	↓	1	1	翻转
1	1	↑	X	X	不变

图 14

J-K 触发器的特性方程为:

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

三、实验内容

1. 实验任务一：74LS112 功能测试

(1) 实验步骤

1. 按照图 12 的引脚图连接好电路
2. 按照图 14 真值表依次拨动开关观察数码管变化

(2) 实验现象

当 RS=00 时，触发器状态不确定；

当 RS=01 时，数码管显示 0；

当 RS=10 时，数码管显示 1；

当 RS=11 时，触发器的次态 Q_{n+1} 与 J、K 和现态 Q_n 有关：

JK=00，数码管数字不变；

JK=01，数码管数字为 0；

JK=10，数码管数字为 1；

JK=11，数码管上的数字在 0 和 1 之间不断切换。

(3) 数据记录、分析与处理

RS	Q_{n+1}
00	不确定
01	0

10	1
11	与现态 Q_n 有关

图 15

JK	Q_{n+1}
00	不变
01	0
10	1
11	0->1、1->0（翻转）

图 16

记录结果与真值表一致

(4) 实验结论

成功测试了 74LS112 的功能

2. 实验任务二. JK、D 触发器测试二

(1) 实验步骤

用 Quartus II 中的软件仿真操作，用 D 触发器转换为 JK 触发器，推导过程如下：

$$Q^{n+1} = D , \quad Q^{n+1} = J \overline{Q^n} + K \overline{Q^n}$$

$$\rightarrow D = J \overline{Q^n} + K \overline{Q^n}$$

$$\rightarrow D = \overline{J \overline{Q^n}} + \overline{K \overline{Q^n}}$$

$$\rightarrow D = \overline{\overline{J \overline{Q^n}}} \cdot \overline{\overline{K \overline{Q^n}}}$$

(2) 实验现象

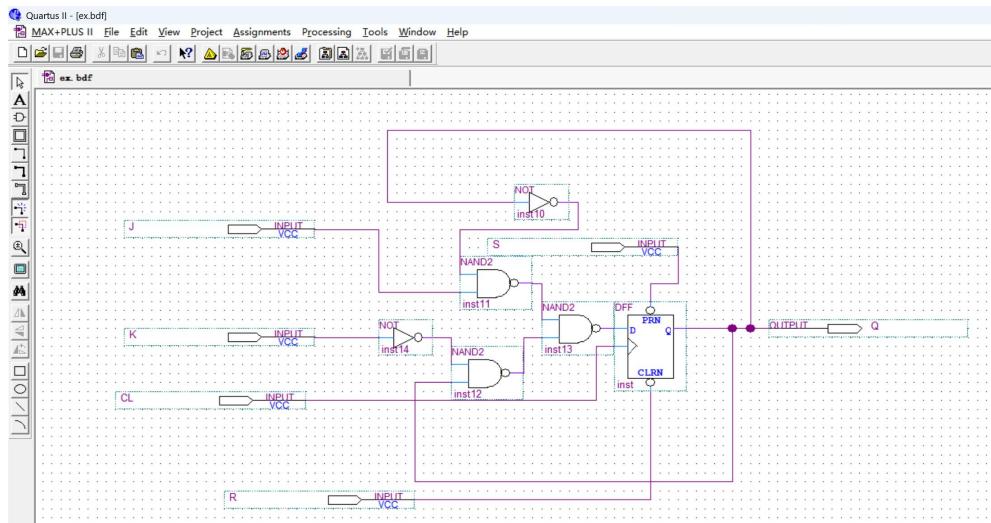


图 17 D 触发器转为 JK 触发器逻辑电路图设计

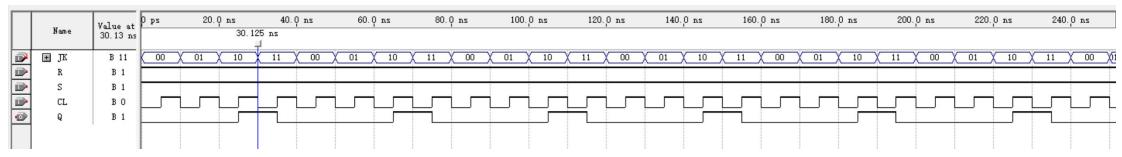
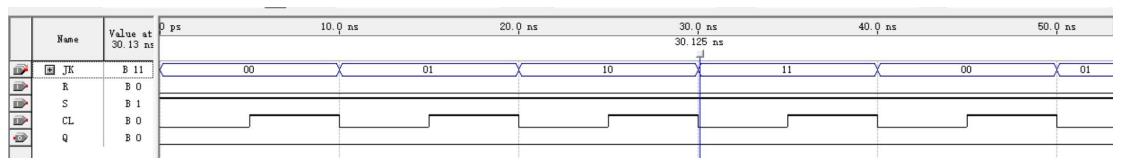
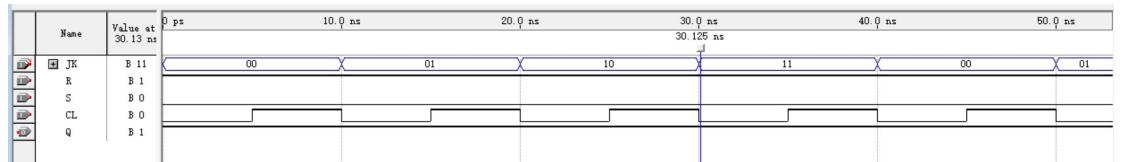


图 18 仿真波形图

(3) 数据记录、分析与处理

当 RS=00 时，触发器状态不确定；

当 RS=01 时，数码管显示 0；

当 RS=10 时，数码管显示 1；

当 RS=11 时，触发器的次态 Q_{n+1} 与 J、K 和现态 Q_n 有关：

JK=00，数码管数字不变；

JK=01，数码管数字为 0；

JK=10，数码管数字为 1；

JK=11，数码管上的数字在 0 和 1 之间不断切换。

RS	Q_{n+1}
00	不确定

01	0
10	1
11	与现态 Qn 有关

图 19

JK	Qn+1
00	不变
01	0
10	1
11	0->1、1->0（翻转）

图 20

(4) 实验结论

成功利用 D 触发器实现 JK 触发器的功能，并对其功能进行了验证。

四、建议和体会

五、思考题

1. 用 D 触发器实现 RS 触发器的功能。

对于 D 触发器， $Q_{n+1}=D$ ，对于 RS 触发器 $Q_{n+1}=S+\bar{R}Q_n$ ，所以 $D=S+\bar{R}Q_n$

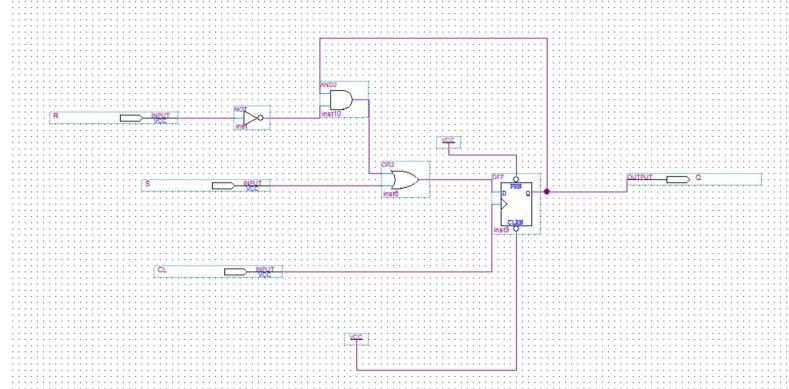


图 21

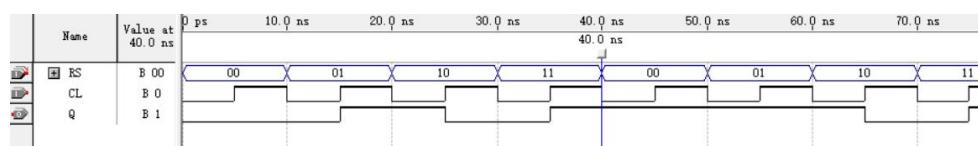


图 22

3. 用 D 触发器实现 T 触发器的功能。

对于 T 触发器， $Q_{n+1}=\bar{T}Q + T\bar{Q}$ ，则 $D = \bar{T}Q + T\bar{Q}$

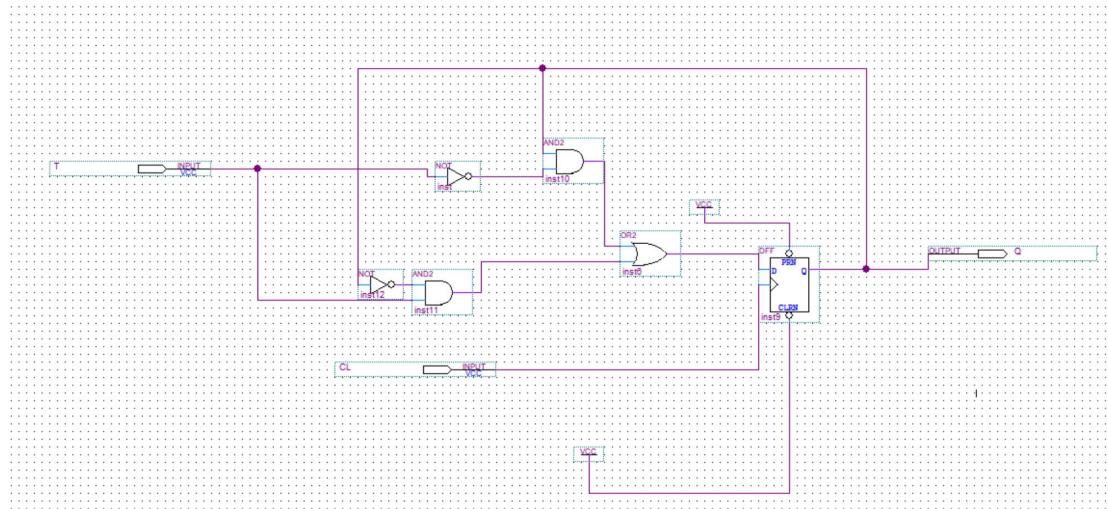


图 23

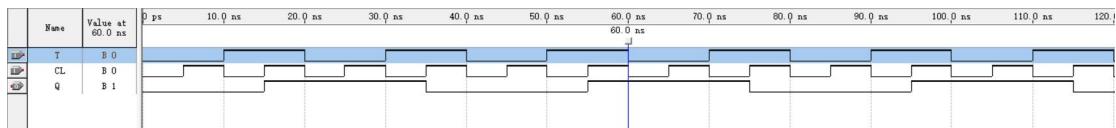


图 24

用 JK 触发器实现 D 触发器的功能。

$$D = J, \quad D = \bar{K}$$

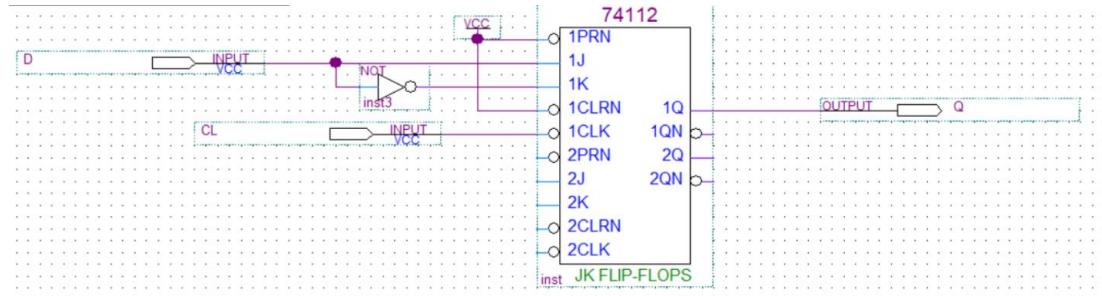


图 25

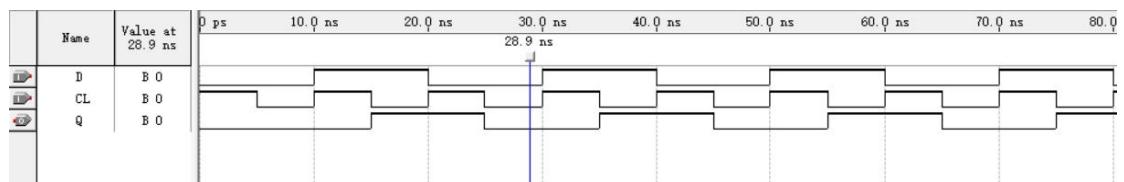


图 26

4. 用 JK 触发器实现 RS 触发器的功能

对于 JK 触发器, $Q_{n+1} = J\bar{Q}_n + \bar{K}Q_n$, 对于 RS 触发器 $Q_{n+1} = S + \bar{R}Q_n$

$$J = S, \quad K = R\bar{S}$$

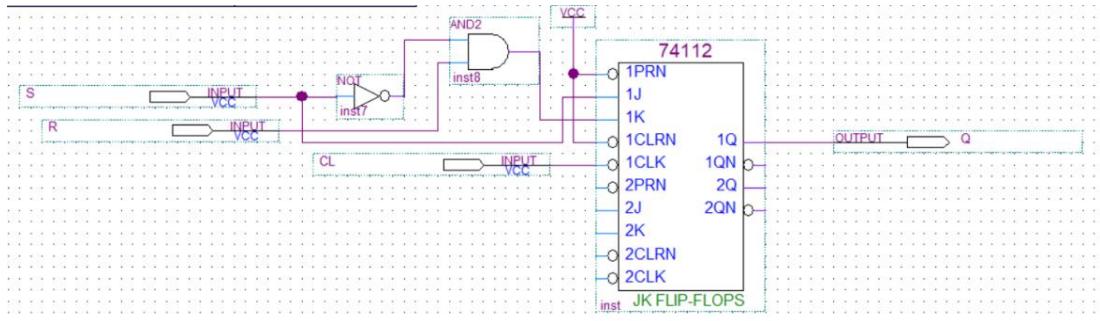


图 27

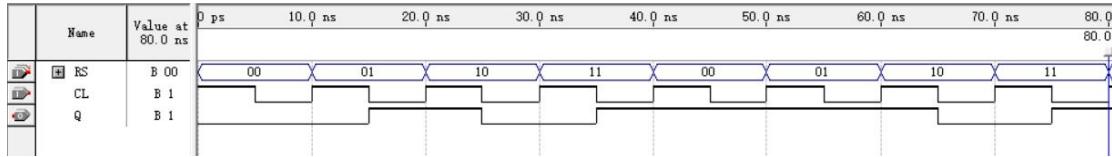


图 28

5. 用 JK 触发器实现 T 触发器的功能。

当 $J=K=0$, 此时, Q 不变; 当 $J=K=1$, 此时 Q 翻转, 因此 $J=K=T$ 。

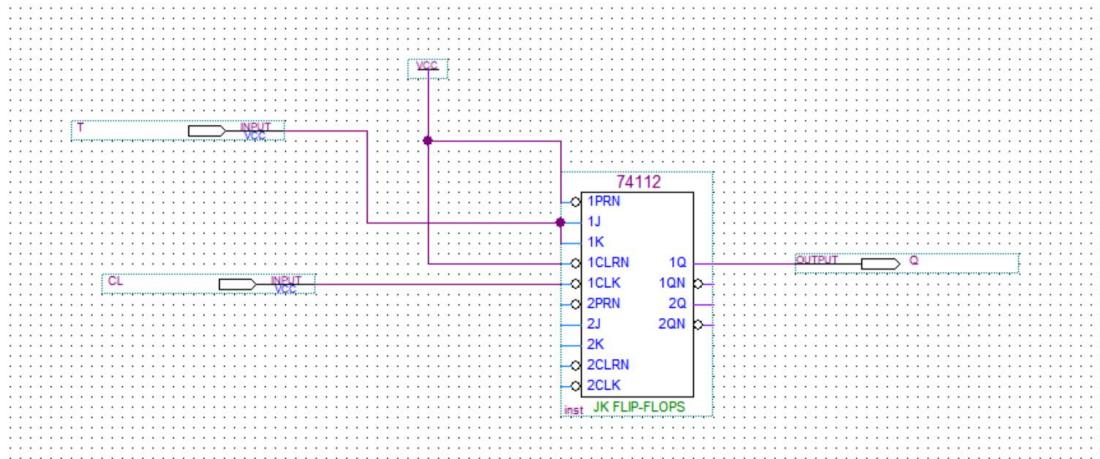


图 29

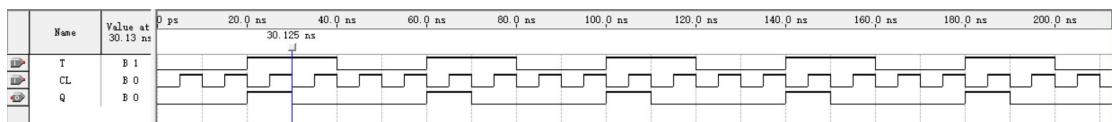


图 30