

# 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

1. 熟悉基本 RS、同步 RS、JK、T、D 触发器的电路结构。
2. 掌握上述触发器的逻辑功能。
3. 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：

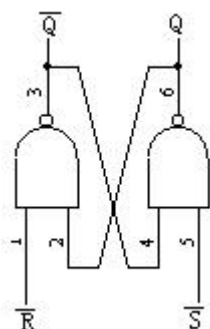


图 1 RS 触发器逻辑电路图

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

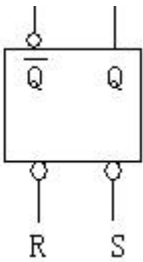


图 3

- 基本 RS 触发器的特性方程。

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

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

## 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

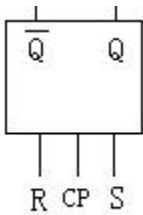


图 7-3

图 5

- 图 4 为同步 RS 触发器真值表
- 同步 RS 触发器特性方程

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

$$SR = 0 \quad (\text{约束条件})$$

## 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。

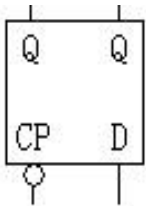


图 6

| 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

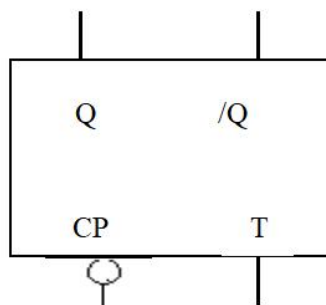


图 8 T 触发器逻辑电路图

| 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： $Q^{n+1} = \overline{T}Q^n + T\overline{Q}^n$

#### 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。

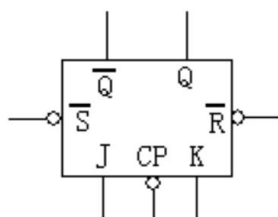


图 10

| J | K | $Q^n$ | $Q^{n+1}$ | 说明                             |
|---|---|-------|-----------|--------------------------------|
| 0 | 0 | 0     | 0         | 保持<br>$Q_{n+1}=Q_n$            |
|   |   | 1     | 1         |                                |
| 0 | 1 | 0     | 0         | 置 0                            |
|   |   | 1     | 0         |                                |
| 1 | 0 | 0     | 1         | 置 1                            |
|   |   | 1     | 1         |                                |
| 1 | 1 | 0     | 1         | 翻转<br>$Q_{n+1}=\overline{Q_n}$ |
|   |   | 1     | 0         |                                |

图 11

图 12 是双下降沿 J-K 触发器（有预置、清除端）74LS112。

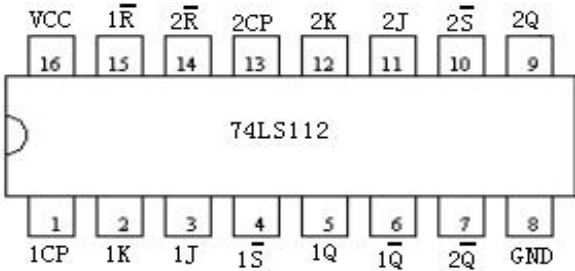


图 12

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  $\overline{Sd}$  叫做预置端，和  $\overline{Rd}$  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。

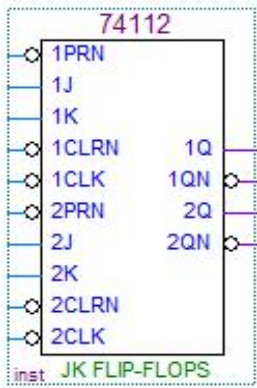


图 13

| PRE<br>(S) | CLR<br>(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：

$$Q^{n+1} = J\overline{Q^n} + KQ^n$$

### 三、实验内容

#### 1. 实验任务一：74LS112 功能测试

##### (1) 实验步骤

- 按照图 12 的引脚图连接好电路
- 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：

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

$$\Rightarrow D = J\overline{Q}^n + KQ^n$$

$$\Rightarrow D = \overline{\overline{J\overline{Q}^n + KQ^n}}$$

$$\Rightarrow D = \overline{J\overline{Q}^n} \cdot \overline{KQ^n}$$

(2) 实验现象

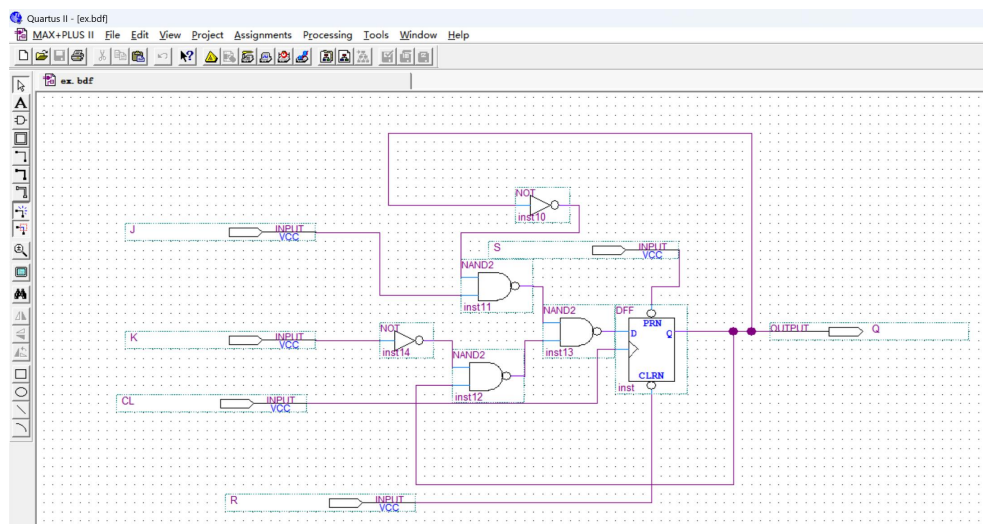


图 17 D 触发器转为 JK 触发器逻辑电路图设计

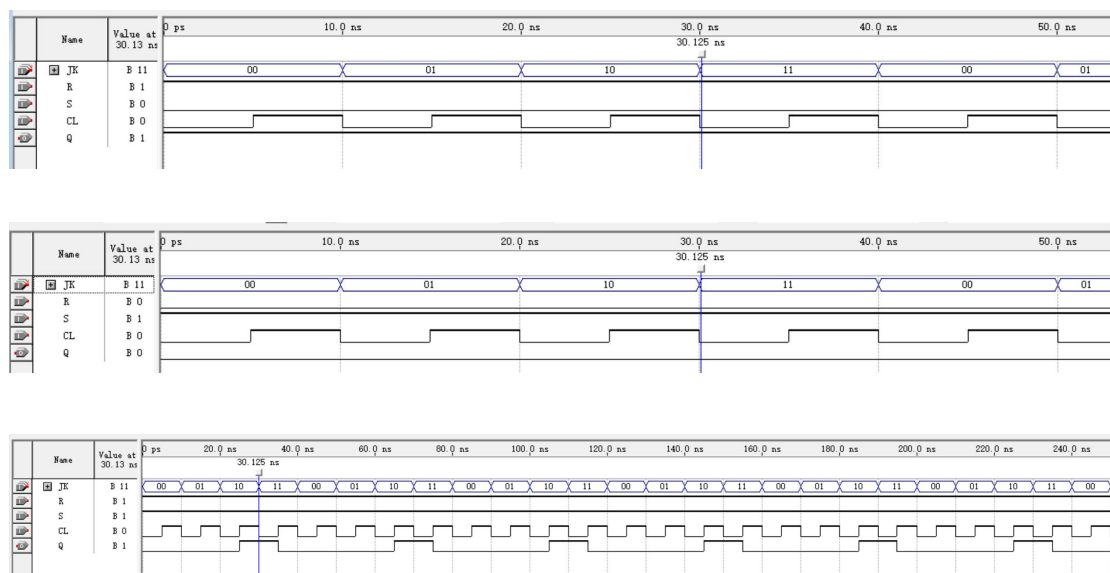


图 18 仿真波形图

### (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 $Q_n$ 有关 |

图 19

| JK | $Q_{n+1}$   |
|----|-------------|
| 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  $D=S+\bar{R}Q_n$

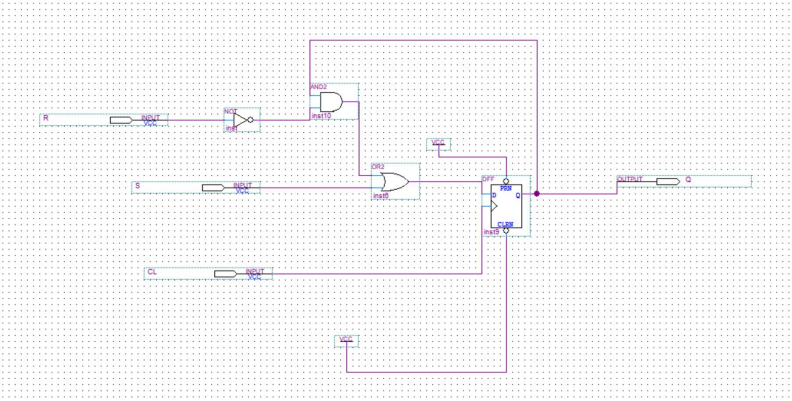


图 21

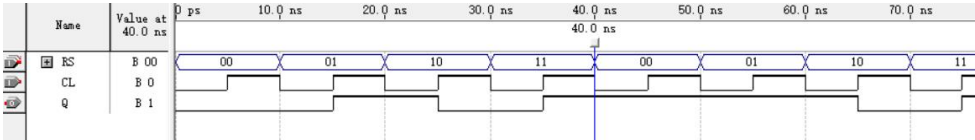


图 22

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  $D = \bar{T}Q + T\bar{Q}$



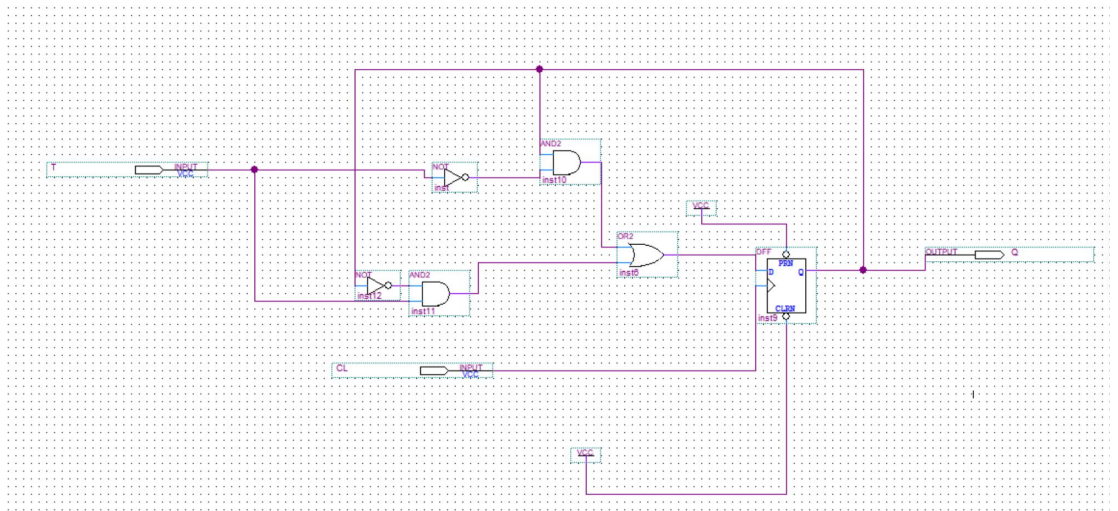


图 23

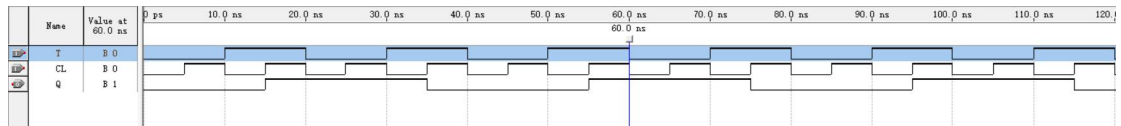


图 24

用 JK 触发器实现 D 触发器的功能。

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

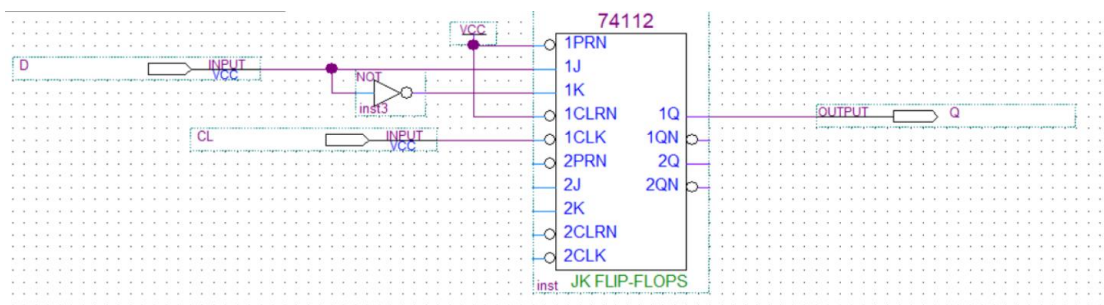


图 25

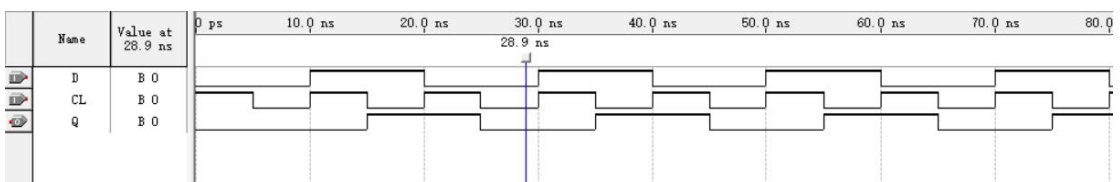


图 26

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

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

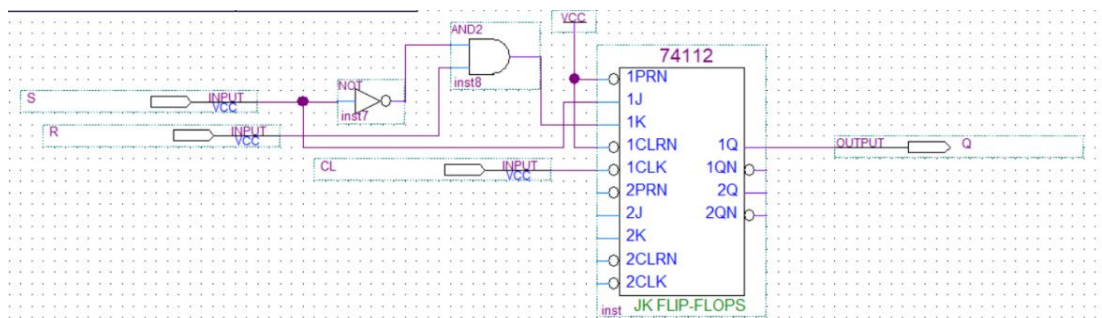


图 27

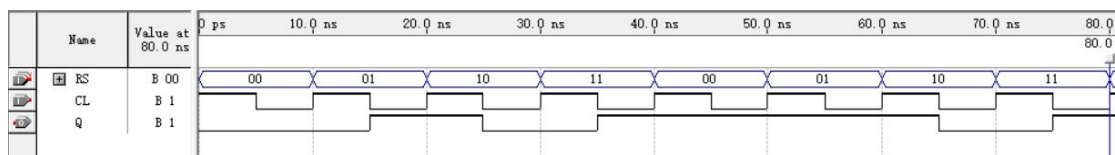


图 28

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  $J=K=T$ 。

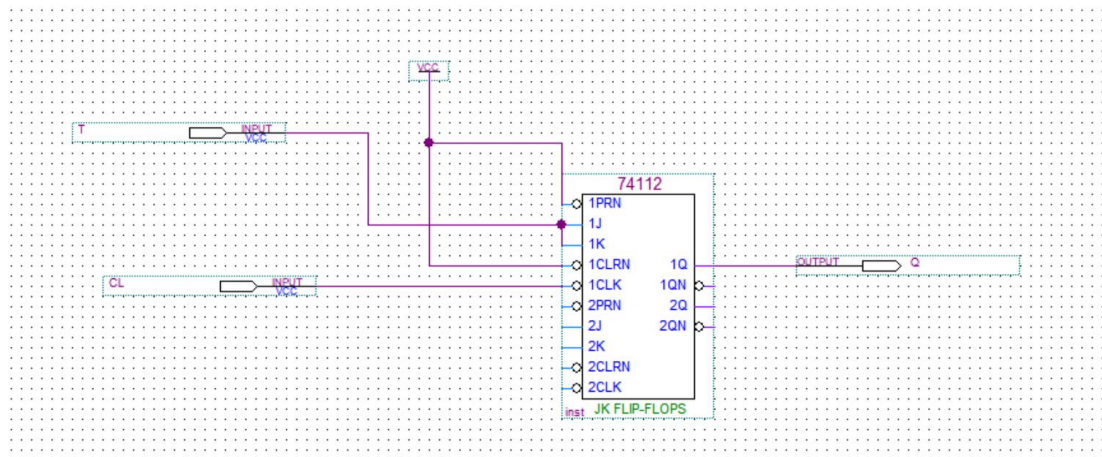


图 29

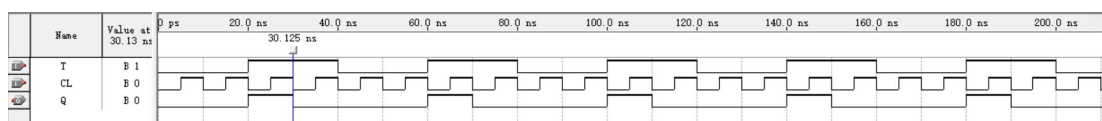


图 30