



任务4.1 二进制计数器设计功能仿真



4.1.1 二进制计数器

- 一、二进制计数器的概念
- 二、二进制计数器的分类
- 三、3位二进制加法计数器的设计
- 四、3位二进制加法计数器功能演示

一、二进制计数器的概念

二进制计数器是按二进制规则进行计数的计数器。

二进制计数器触发器的个数为 n ,

模为 $M=2^n$ 。

二、二进制计数器的分类

1. 按时钟控制方式

同步二进制计数器
异步二进制计数器

2. 按计数时数字的增减

二进制加法计数器
二进制减法计数器
二进制可逆计数器

三、3位二进制加法计数器的设计

1. 加法计数器的设计方法

2. 3位二进制加法计数器的设计步骤

三、3位二进制加法计数器的设计

1.加法计数器的方法

(1) 确定有效状态

(2) 画状态转换图

(3) 列状态转换表

(4) 列方程

(5) 画逻辑图



2. 3位二进制加法计数器的设计步骤

(1) 确定有效状态

- ✓ 3位二进制加法计数器状态分别是 S_0 、 S_1 、...、 S_7 ，共计8个状态，并且都属于有效状态。
- 

2. 3位二进制加法计数器的设计步骤

(2) 画状态转换图

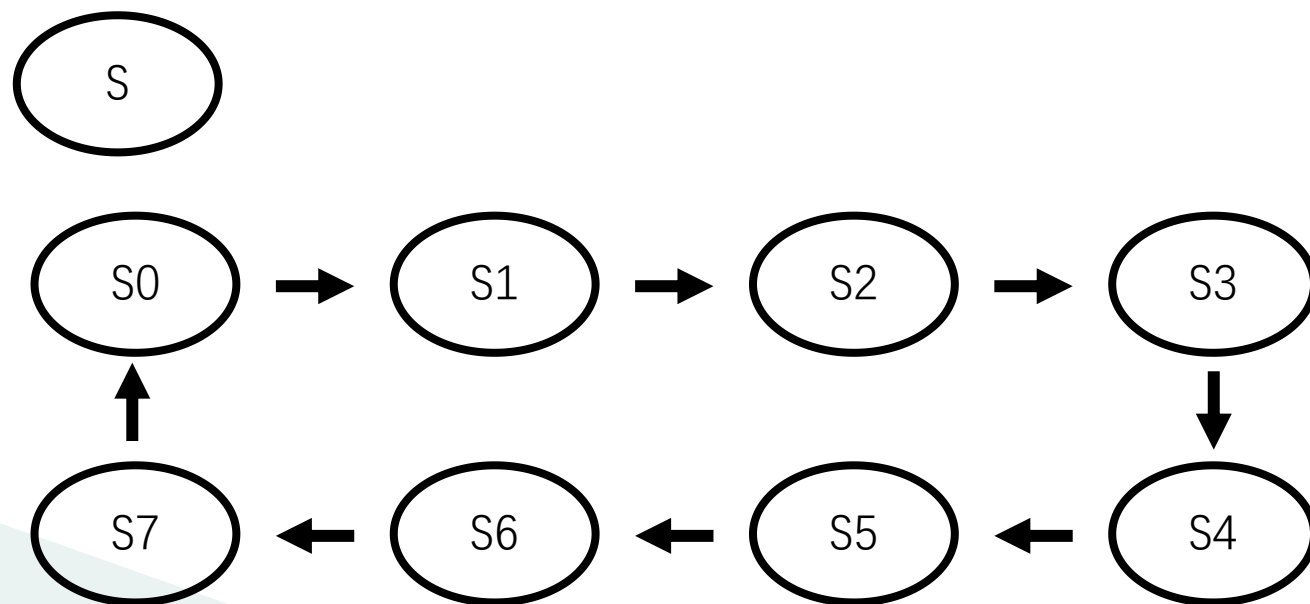


图1 3位二进制加法计数器状态转换图

2. 3位二进制加法计数器的设计步骤

(3) 列状态转换表

✓ 状态编码

计数器8个状态分别是000、001、...111。

✓ 状态分配

触发器的组合状态与计数器的8个有效状态一一对应。

✓ 确定逻辑变量

输入变量： $Q_2^n Q_1^n Q_0^n$

输出变量： $Q_2^{n+1} Q_1^{n+1} Q_0^{n+1}$

2. 3位二进制加法计数器的设计步骤

(3) 列状态转换表

表1 3位二进制加法计数器状态转换表

输入脉冲数	触发器状态	触发器状态	输出
CP	$Q_2^n Q_1^n Q_0^n$	$Q_2^{n+1} Q_1^{n+1} Q_0^{n+1}$	C
0	0 0 0	0 0 1	0
1	0 0 1	0 1 0	0
2	0 1 0	0 1 1	0
3	0 1 1	1 0 0	0
4	1 0 0	1 0 1	0
5	1 0 1	1 1 0	0
6	1 1 0	1 1 1	0
7	1 1 1	0 0 0	1

2. 3位二进制加法计数器的设计步骤

(4) 列方程

✓ 列出触发器状态方程

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

$Q_1^n Q_0^n$				
	00	01	11	10
Q_2^n				
0	0	0	1	0
1	1	1	0	1

图1 Q_2 次态卡诺图

表1 3位二进制加法计数器状态转换表

输入脉冲数	触发器状态	触发器状态	输出
CP	$Q_2^n Q_1^n Q_0^n$	$Q_2^{n+1} Q_1^{n+1} Q_0^{n+1}$	C
0	0 0 0	0 0 1	0
1	0 0 1	0 1 0	0
2	0 1 0	0 1 1	0
3	0 1 1	1 0 0	0
4	1 0 0	1 0 1	0
5	1 0 1	1 1 0	0
6	1 1 0	1 1 1	0
7	1 1 1	0 0 0	1

2. 3位二进制加法计数器的设计步骤

(4) 列方程

$Q_1^n Q_0^n$					
		00	01	11	10
Q_2^n	0	0	0	1	0
	1	1	1	0	1

(a) Q_2 次态卡诺图

$Q_1^n Q_0^n$					
		00	01	11	10
Q_2^n	0	0	1	0	1
	1	0	1	0	1

(b) Q_1 次态卡诺图

$Q_1^n Q_0^n$					
		00	01	11	10
Q_2^n	0	1	0	0	1
	1	1	0	0	1

(c) Q_0 次态卡诺图

$Q_1^n Q_0^n$					
		00	01	11	10
Q_2^n	0	0	0	0	0
	1	0	0	1	0

(d) 输出变量C的卡诺图

图2 $Q_2^{n+1}Q_1^{n+1}Q_0^{n+1}/C$ 卡诺图

2. 3位二进制加法计数器的设计步骤

(4) 列方程

✓ 触发器状态方程

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

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

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

✓ 输出方程

$$C = Q_2^n Q_1^n Q_0^n$$

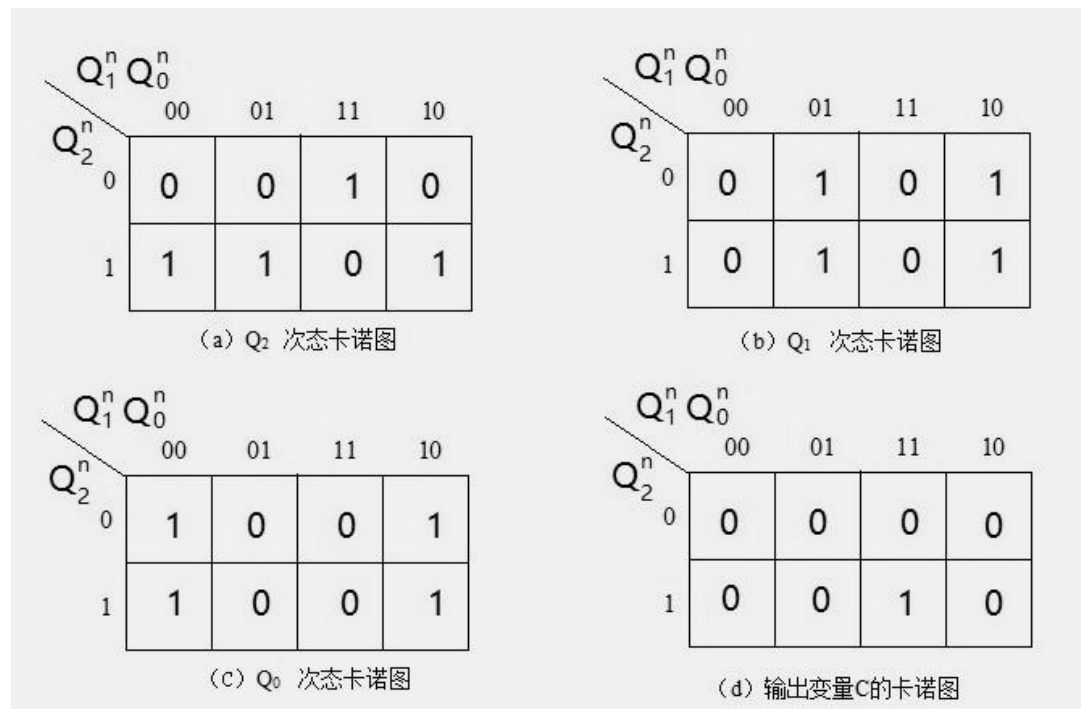


图2 $Q_2^{n+1}Q_1^{n+1}Q_0^{n+1}/C$ 卡诺图

2. 3位二进制加法计数器的设计步骤

(4) 列方程

✓ 触发器状态方程

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

$$Q_1^{n+1} = \underline{Q_0^n} \overline{Q_1^n} + \overline{\underline{Q_0^n}} Q_1^n$$

$$Q_0^{n+1} = \overline{Q_0^n} = \underline{1} \cdot \underline{Q_0^n} + \underline{1} \cdot \overline{Q_0^n}$$

✓ JK触发器特性方程

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

✓ JK触发器驱动方程

$$K_2 = J_2 = Q_1^n Q_0^n$$

$$K_1 = J_1 = Q_0^n$$

$$K_0 = J_0 = 1$$

✓ 输出方程

$$C = Q_2^n Q_1^n Q_0^n$$

2. 3位二进制加法计数器的设计步骤

(5) 画逻辑图

✓ JK触发器驱动方程

$$K_2 = J_2 = Q_1^n Q_0^n$$

$$K_1 = J_1 = Q_0^n$$

$$K_0 = J_0 = 1$$

✓ 输出方程

$$C = Q_2^n Q_1^n Q_0^n$$

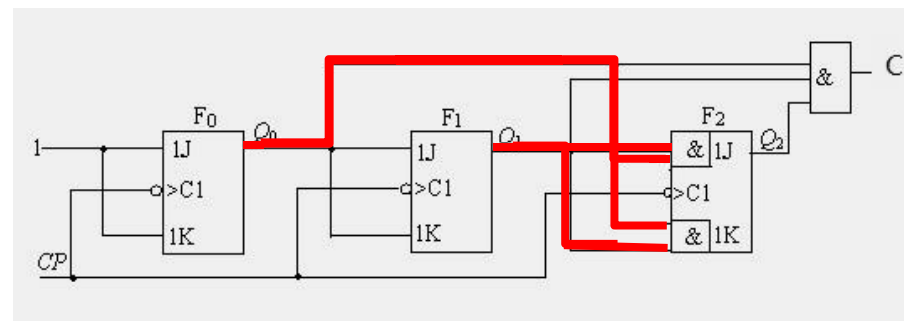
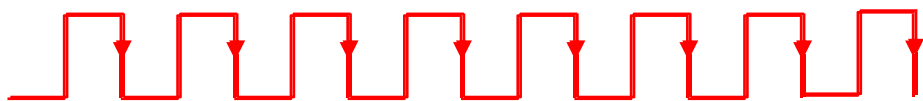


图3 3位二进制加法计数器逻辑图

四、3位二进制加法计数器功能演示

一个计数周期CP脉冲



0 0 0

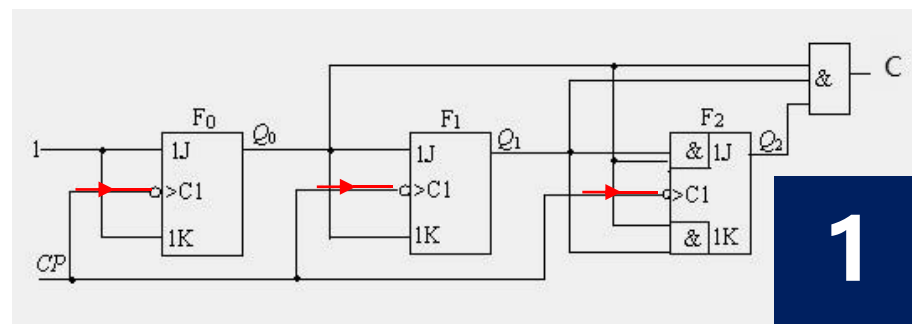


图3 3位二进制加法计数器逻辑图

4.1.2 4位二进制加法计数器的设计

设计要求：请用4个JK触发器设计一个二进制计数器。

4位二进制加法计数器的设计

(1) 确定有效状态

✓ 4位二进制加法计数器，其状态分别是 S_0 、 S_1 、...、 S_{15} ，共计16个状态，并且都属于有效状态。

4位二进制加法计数器的设计

(2) 画状态转换图

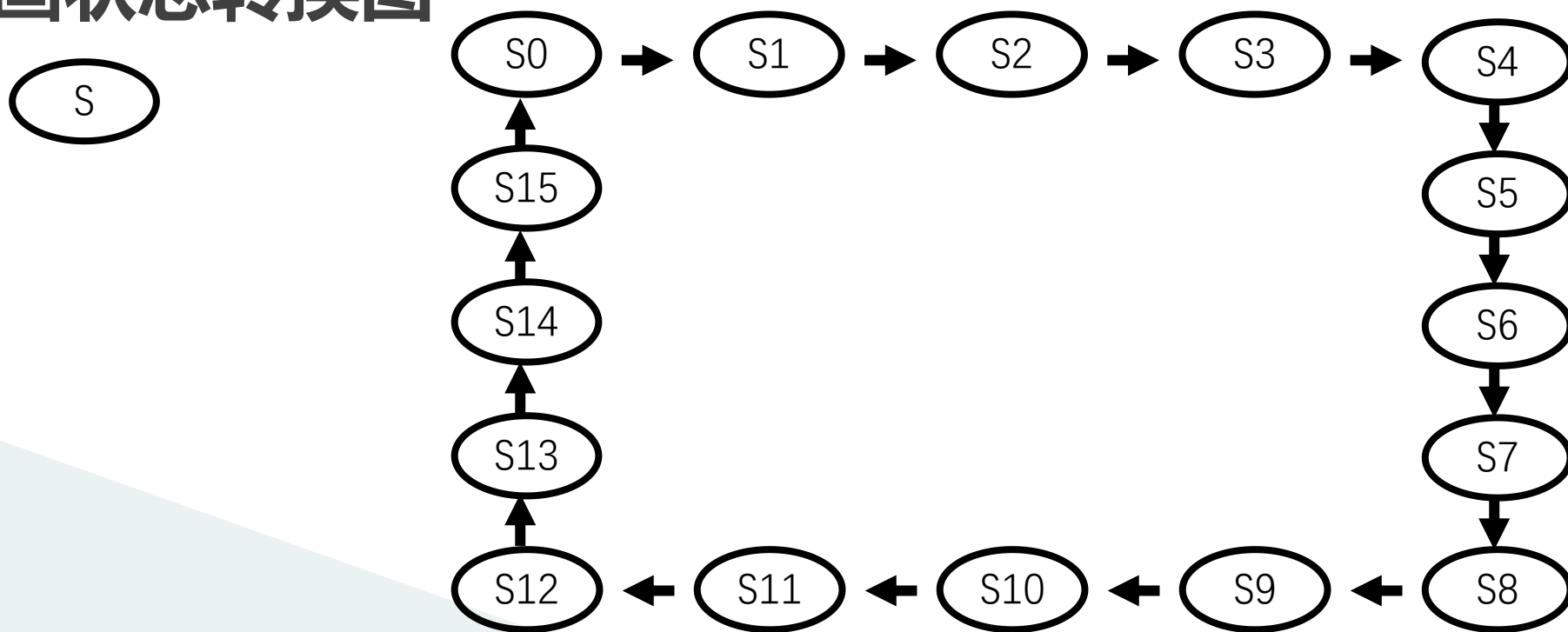


图1 二进制加法计数器74ls163状态转换图

4位二进制加法计数器的设计

(3) 列状态转换表

✓ 状态编码

计数器16个状态分别是0000、0001、...1111。

✓ 状态分配

4个JK触发器的组合状态与计数器的16个有效状态一一对应。

✓ 确定逻辑变量

输入变量： $Q_3^n Q_2^n Q_1^n Q_0^n$

输出变量： $Q_3^{n+1} Q_2^{n+1} Q_1^{n+1} Q_0^{n+1}$

4位二进制加法计数器的设计

(3) 列状态转换表

表1 4位二进制加法计数器状态转换表

输入脉冲数	触发器状态	触发器状态
CP	$Q_3^n Q_2^n Q_1^n Q_0^n$	$Q_3^{n+1} Q_2^{n+1} Q_1^{n+1} Q_0^{n+1}$
0	0 0 0 0	0 0 0 1
1	0 0 0 1	0 0 1 0
2	0 0 1 0	0 0 1 1
3	0 0 1 1	0 1 0 0
4	0 1 0 0	0 1 0 1
5	0 1 0 1	0 1 1 0
6	0 1 1 0	0 1 1 1
7	0 1 1 1	1 0 0 0
8	1 0 0 0	1 0 0 1
9	1 0 0 1	1 0 1 0
10	1 0 1 0	1 0 1 1
11	1 0 1 1	1 1 0 0
12	1 1 0 0	1 1 0 1
13	1 1 0 1	1 1 1 0
14	1 1 1 0	1 1 1 1
15	1 1 1 1	0 0 0 0

4位二进制加法计数器的设计

(4) 列方程

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

		$Q_1^n Q_0^n$			
		00	01	11	10
$Q_3^n Q_2^n$	00	0	0	0	0
	01	0	0	1	0
	11	1	1	0	1
	10	1	1	1	1

a) Q_3 次态卡诺图

图1 Q_3 次态卡诺图

表1 4位二进制加法计数器状态转换表

输入脉冲数	触发器状态	触发器状态
CP	$Q_3^n Q_2^n Q_1^n Q_0^n$	$Q_3^{n+1} Q_2^{n+1} Q_1^{n+1} Q_0^{n+1}$
0	0 0 0 0	0 0 0 1
1	0 0 0 1	0 0 1 0
2	0 0 1 0	0 0 1 1
3	0 0 1 1	0 1 0 0
4	0 1 0 0	0 1 0 1
5	0 1 0 1	0 1 1 0
6	0 1 1 0	0 1 1 1
7	0 1 1 1	1 0 0 0
8	1 0 0 0	1 0 0 1
9	1 0 0 1	1 0 1 0
10	1 0 1 0	1 0 1 1
11	1 0 1 1	1 1 0 0
12	1 1 0 0	1 1 0 1
13	1 1 0 1	1 1 1 0
14	1 1 1 0	1 1 1 1
15	1 1 1 1	0 0 0 0

4位二进制加法计数器的设计

卡诺图化简

$Q_3^n Q_2^n$		$Q_1^n Q_0^n$			
		00	01	11	10
00	0	0	0	0	0
01	0	0	1	0	0
11	1	1	0	1	1
10	1	1	1	1	1

a) Q_3 次态卡诺图

$Q_3^n Q_2^n$		$Q_1^n Q_0^n$			
		00	01	11	10
00	0	0	1	0	0
01	1	1	0	1	1
11	1	1	0	1	1
10	0	0	1	0	0

b) Q_2 次态卡诺图

$Q_3^n Q_2^n$		$Q_1^n Q_0^n$			
		00	01	11	10
00	0	1	0	1	1
01	0	1	0	1	1
11	0	1	0	1	1
10	0	1	0	1	1

c) Q_1 次态卡诺图

$Q_3^n Q_2^n$		$Q_1^n Q_0^n$			
		00	01	11	10
00	1	0	0	1	1
01	1	0	0	1	1
11	1	0	0	1	1
10	1	0	0	1	1

d) Q_0 次态卡诺图

图2 $Q_3^{n+1} Q_2^{n+1} Q_1^{n+1} Q_0^{n+1}$ 卡诺图

4位二进制加法计数器的设计

(4) 列方程

✓ 触发器状态方程

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

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

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

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

$Q_1^n Q_0^n$		00	01	11	10
$Q_3^n Q_2^n$	00	0	0	0	0
	01	0	0	1	0
	11	1	1	0	1
	10	1	1	1	1

a) Q_3 次态卡诺图

$Q_1^n Q_0^n$		00	01	11	10
$Q_3^n Q_2^n$	00	0	0	1	0
	01	1	1	0	1
	11	1	1	0	1
	10	0	0	1	0

b) Q_2 次态卡诺图

$Q_1^n Q_0^n$		00	01	11	10
$Q_3^n Q_2^n$	00	0	1	0	1
	01	0	1	0	1
	11	0	1	0	1
	10	0	1	0	1

c) Q_1 次态卡诺图

$Q_1^n Q_0^n$		00	01	11	10
$Q_3^n Q_2^n$	00	1	0	0	1
	01	1	0	0	1
	11	1	0	0	1
	10	1	0	0	1

d) Q_0 次态卡诺图

图2 $Q_3^{n+1} Q_2^{n+1} Q_1^{n+1} Q_0^{n+1}$ 卡诺图

4位二进制加法计数器的设计

(4) 列方程

✓ 触发器状态方程

$$Q_3^{n+1} = \underline{Q_2^n Q_1^n Q_0^n} \overline{Q_3^n} + \overline{\underline{Q_2^n Q_1^n Q_0^n}} Q_3^n$$

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

$$Q_1^{n+1} = \underline{Q_0^n} \overline{Q_1^n} + \overline{\underline{Q_0^n}} Q_1^n$$

$$Q_0^{n+1} = \underline{Q_0^n} = \underline{1 \cdot Q_0^n} + \underline{1 \cdot Q_0^n}$$

✓ JK触发器特性方程

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

✓ JK触发器特性方程

$$J_3 = K_3 = Q_2^n Q_1^n Q_0^n$$

$$K_2 = J_2 = Q_1^n Q_0^n$$

$$K_1 = J_1 = Q_0^n$$

$$K_0 = J_0 = 1$$

4位二进制加法计数器的设计

(5) 画逻辑图

✓ JK触发器特性方程

$$J_3 = K_3 = \underline{Q_2^n Q_1^n Q_0^n}$$

$$K_2 = J_2 = Q_1^n Q_0^n$$

$$K_1 = J_1 = Q_0^n$$

$$K_0 = J_0 = 1$$

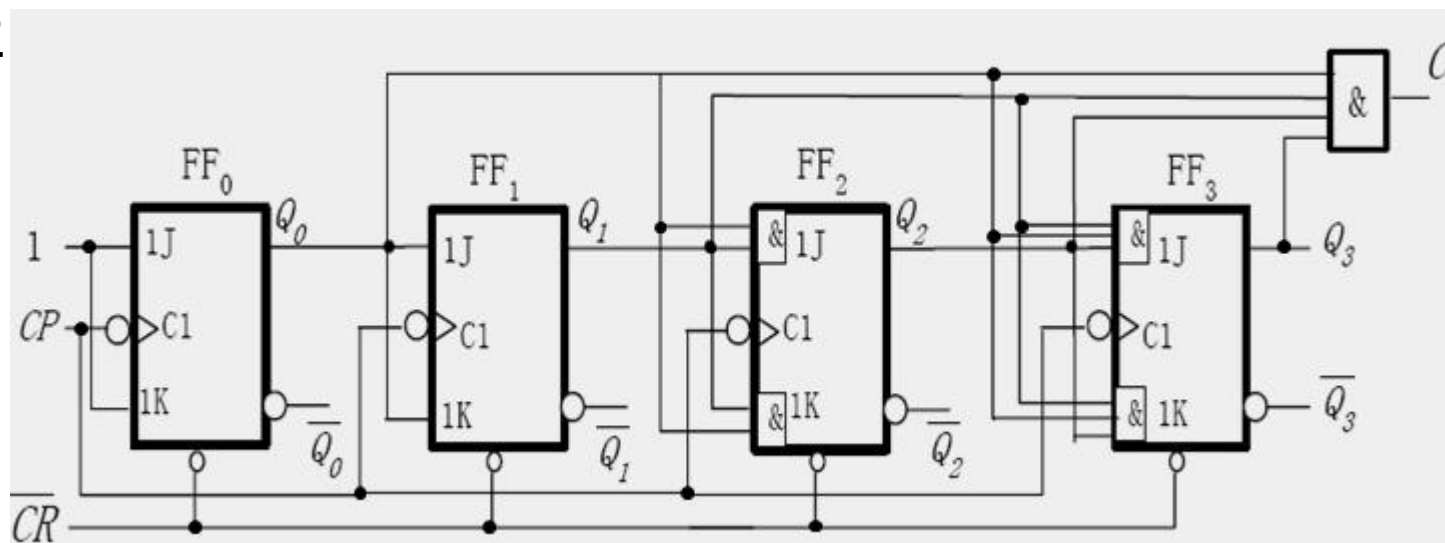


图3 4位二进制加法计数器逻辑图

4.1.3 二进制加法计数器74LS163

74LS163是4位同步二进制加法计数器。它可以用4个下降沿JK触发器构成，也可以用上升沿D触发器构成，具有同步清零，同步置数功能。

1. 74LS163逻辑图

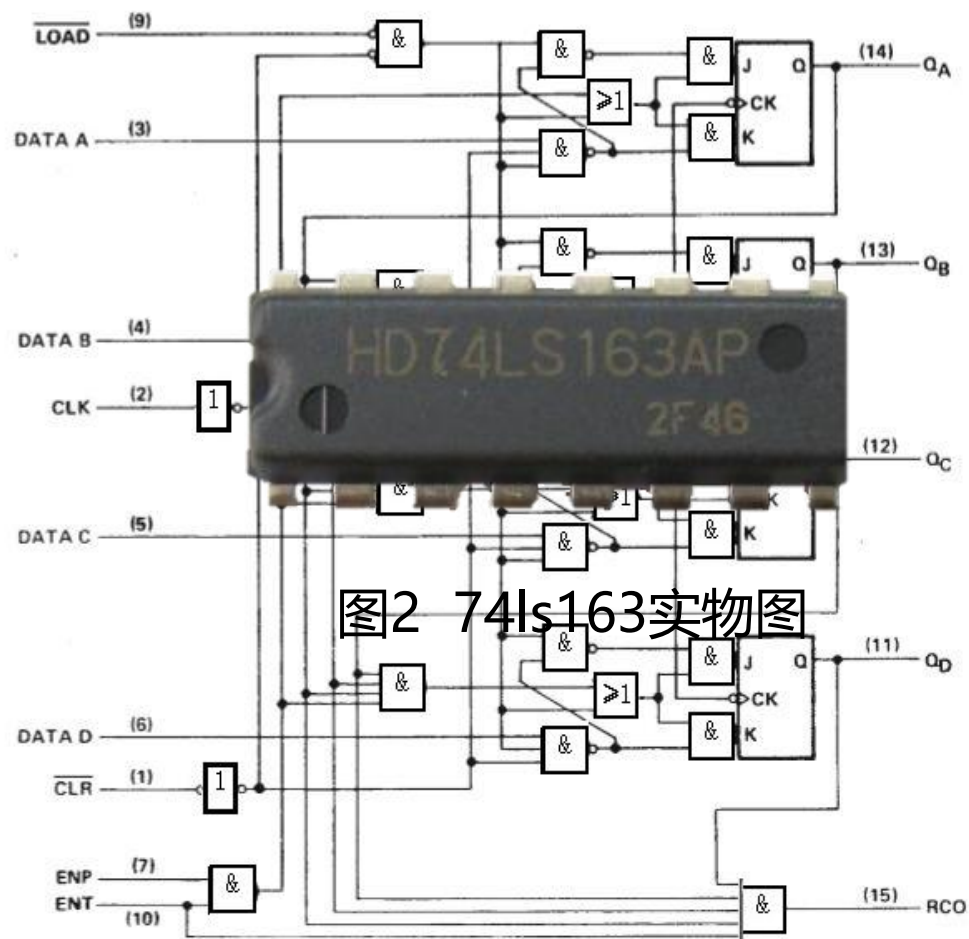


图1 4位二进制加法计数器逻辑图

2. 74LS163引脚图及逻辑符号图

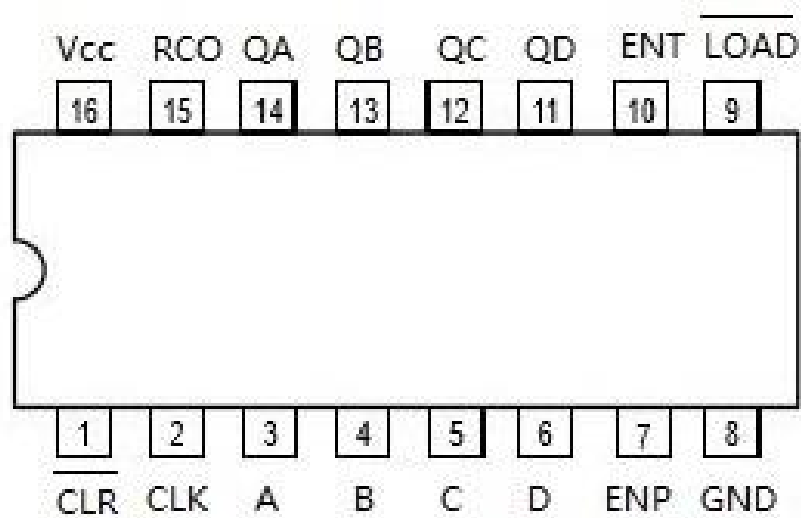


图3 74ls163引脚图

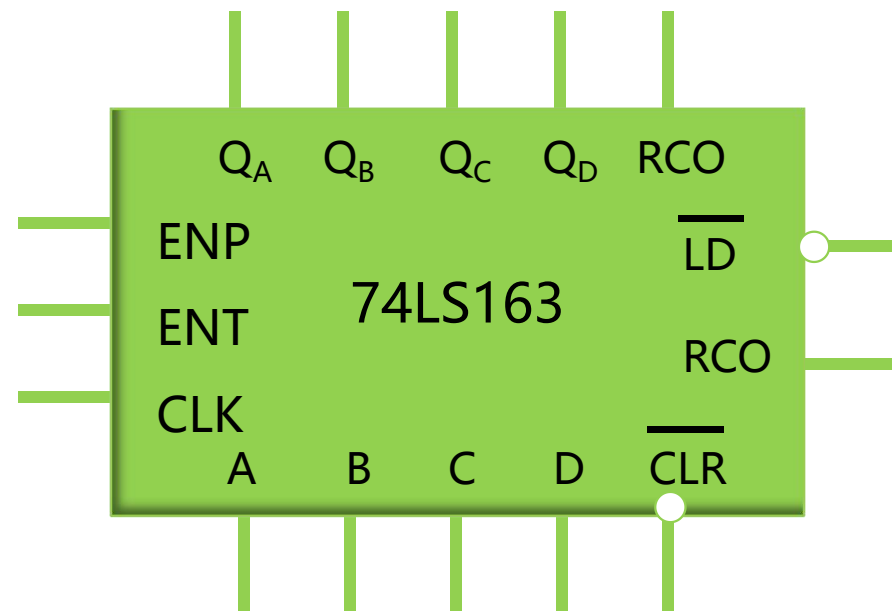


图4 74ls163逻辑符号图

3. 74LS163逻辑功能

功 能 表									
同步清零	同步置数	输入							
		ENP	ENT	CLK	D	C	B	A	输出
CLR	LD								Q _D Q _C Q _B Q _A
0	x	x	x	x	x	x	x	x	0 0 0 0
1	0	x	x	x	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	D ₃ D ₂ D ₁ D ₀

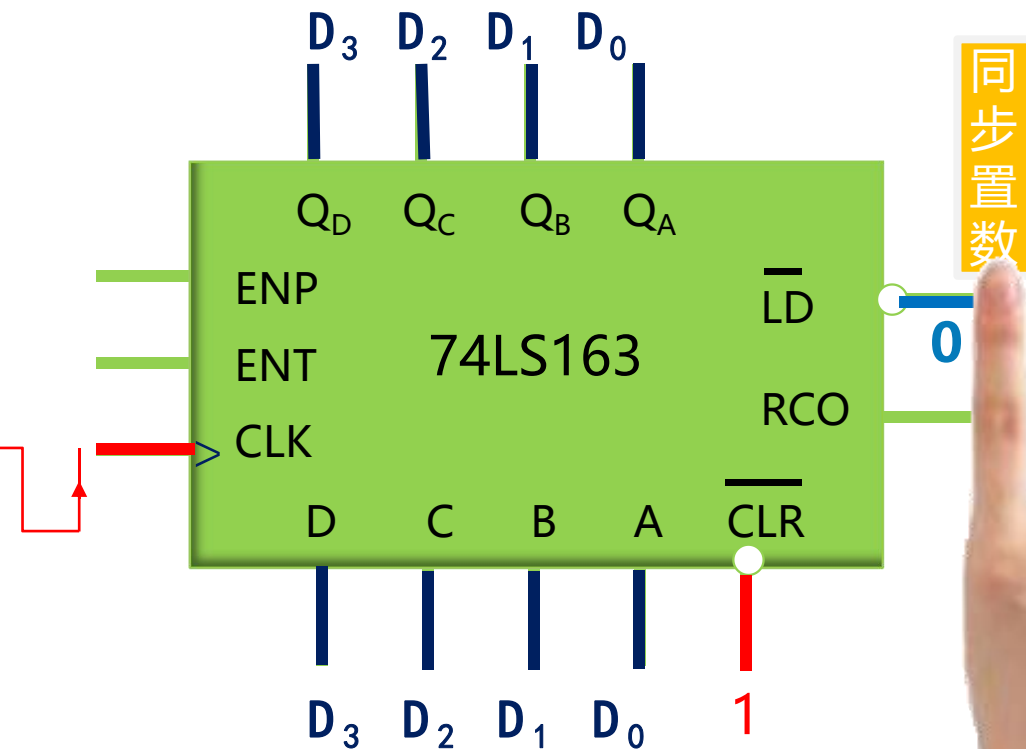


图4 74ls163逻辑符号图

3. 74LS163逻辑功能

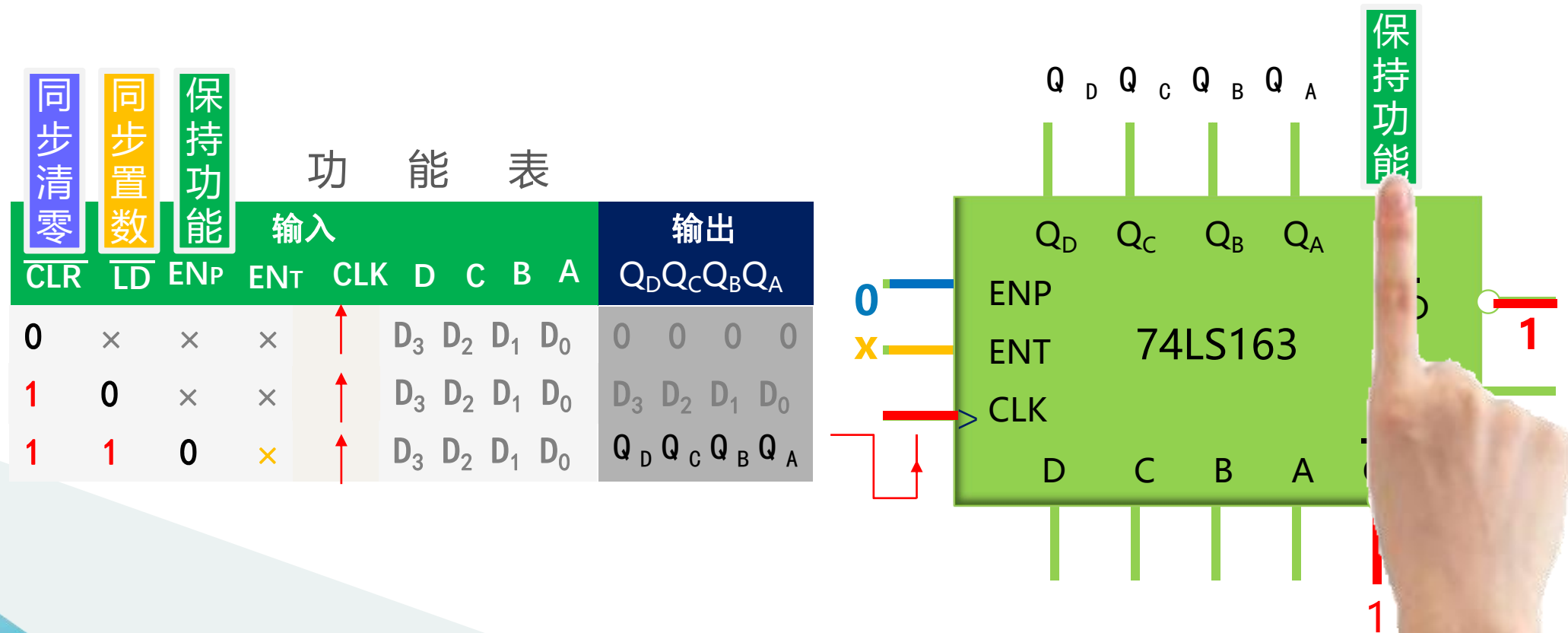


图4 74ls163逻辑符号图

3. 74LS163逻辑功能

同步清零	同步置数	保持功能	保持功能	功 能 表					输出			
CLR	LD	ENP	ENT	CLK	D	C	B	A	Q _D	Q _C	Q _B	Q _A
0	×	×	×	↑	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	0	0	0	0
1	0	×	×	↑	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
1	1	0	×	↑	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	Q _D	Q _C	Q _B	Q _A
1	1	×	0	↑	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	Q _D	Q _C	Q _B	Q _A

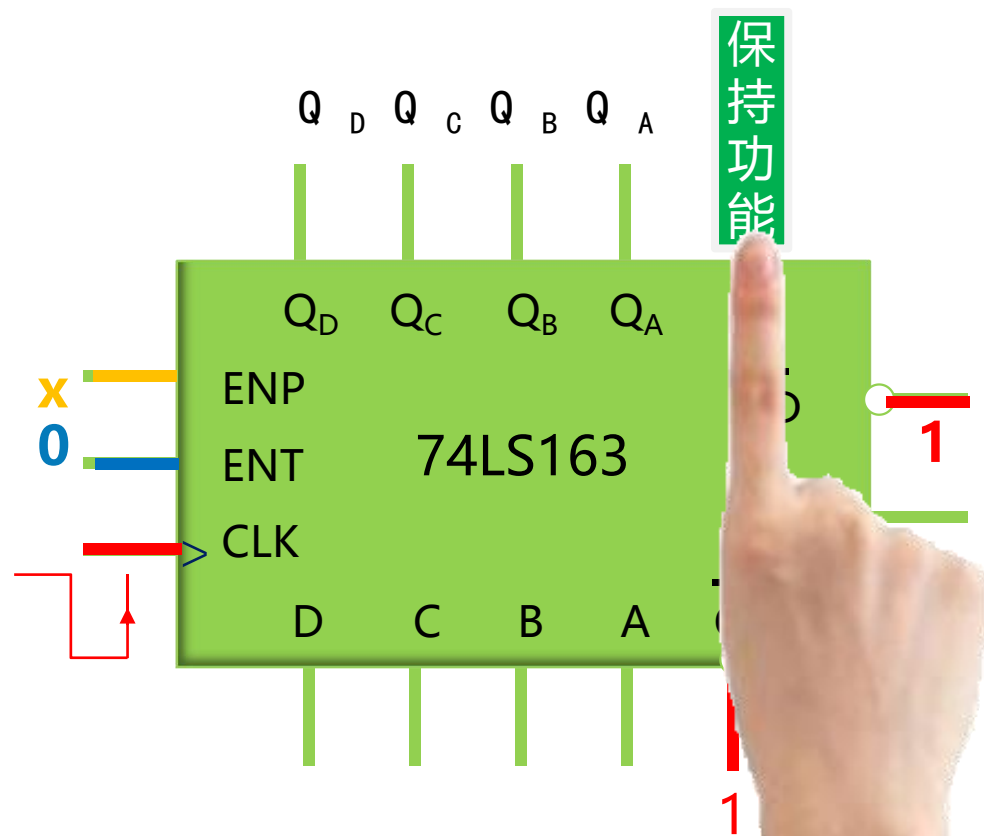


图4 74ls163逻辑符号

3. 74LS163逻辑功能

同步清零	同步置数	保持功能	保持功能	功 能 表						计数功能			
CLR	LD	ENP	ENT	入	CLK	D	C	B	A	输出			
						Q _D	Q _C	Q _B	Q _A				
0	×	×	×	↑		D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	0	0	0	0
1	0	×	×	↑		D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
1	1	0	×	↑		D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	Q _D	Q _C	Q _B	Q _A
1	1	×	0	↑		D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	Q _D	Q _C	Q _B	Q _A
1	1	1	1	↑		D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	0	0	0	0

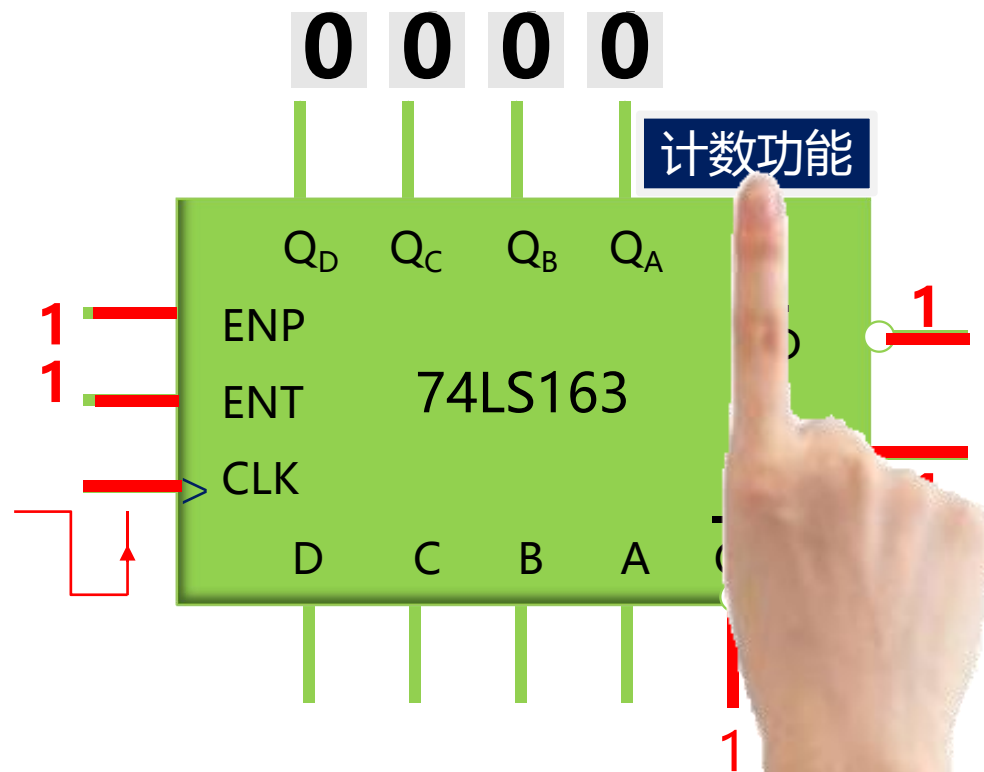


图4 74ls163逻辑符号图

Thanks for watching
谢谢观看

