

## §6.4 计数器 Counter

- 计数器的功能

记录 $CLK$  个数的电路，可以用来计数、分频，此外还可以对系统定时、顺序控制等操作。

- 计数器的分类

按时钟控制方式分类，有异步，同步计数器两大类。

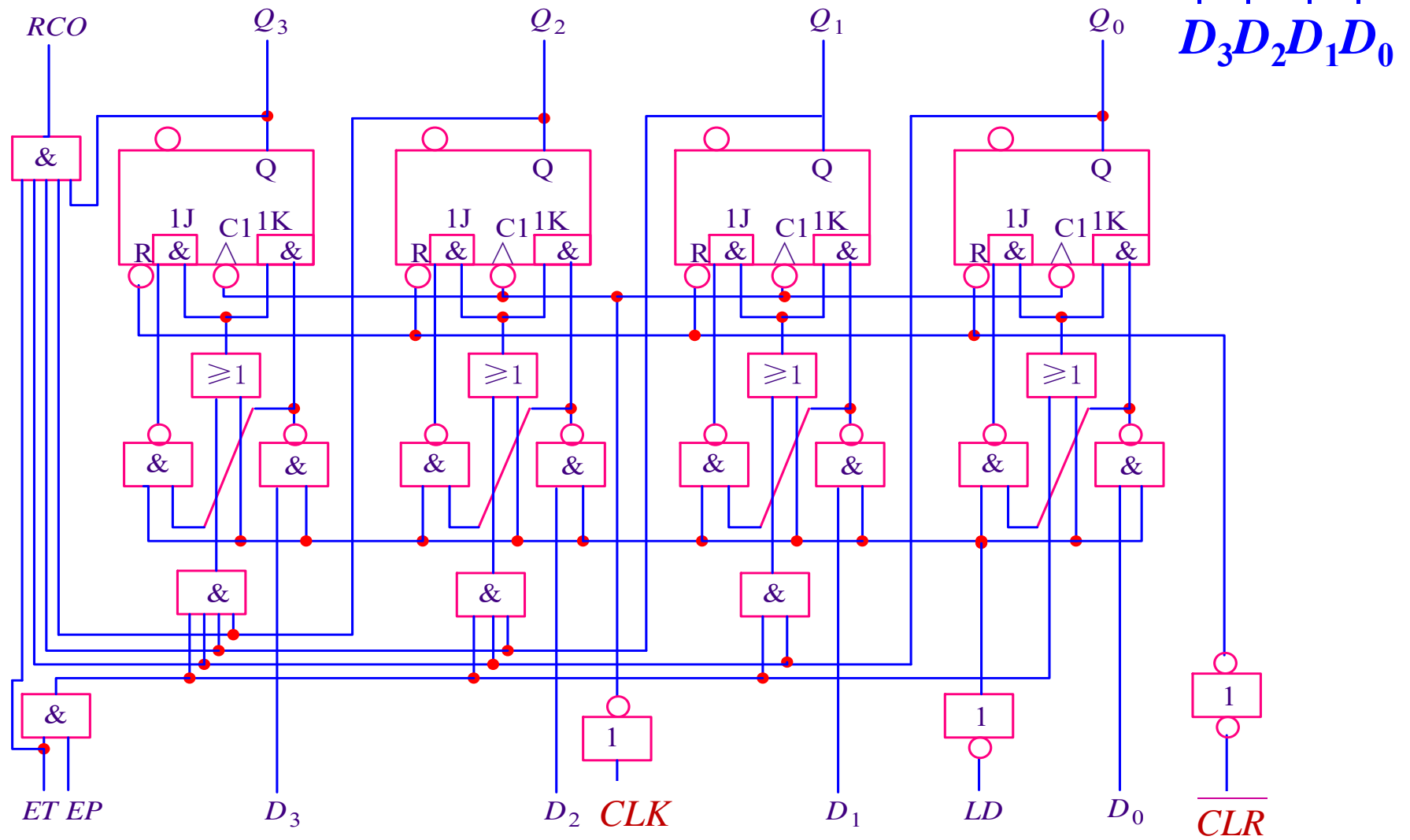
按计数功能分类，有加法计数，减法计数和可逆计数三大类。

按数制分类，可分为二进制计数器和非二进制计数器（任意进制计数器）两大类。

### § 6.4.1 集成计数器 74161

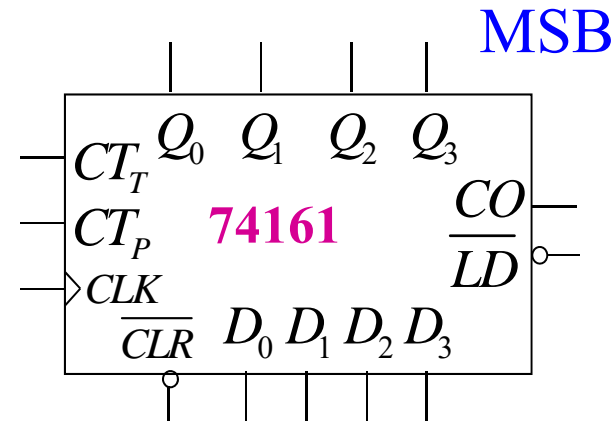
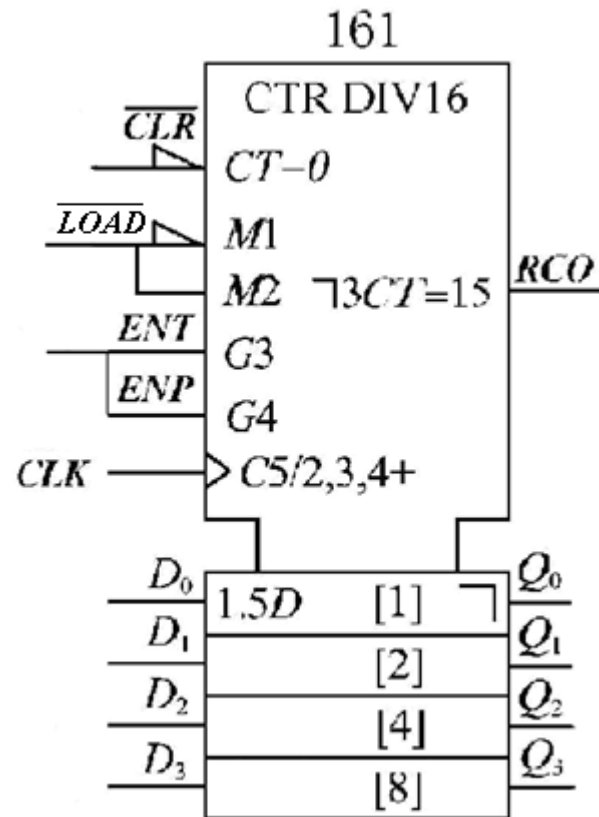
74161: 二进制同步模16加法计数器，  
异步清0功能。

## 计数器74161 电路



# 符号

IEEE



输出  $Q_3 Q_2 Q_1 Q_0$

数据输入  $D_3 D_2 D_1 D_0$

异步清零  $\overline{CLR}$

控制端  $ENT (ET, CT_T), ENP$   
( $EP, CT_P$ )

预置端  $\overline{LOAD}$  ( $\overline{LD}$ )

进位输出  $RCO (CO)$

## 74161 功能表

$\overline{CLR}$	$\overline{LD}$	$ENT$	$ENP$	$CLK$	$D_0 D_1 D_2 D_3$	功能
0	X	X	X	X	X X X X	Direct set 0
1	0	X	X	↑	$D_0 D_1 D_2 D_3$	Load 预置
1	1	0	X	X	X X X X	保持 $RCO=0$
1	1	X	0	X	X X X X	保持
1	1	1	1	↑	X X X X	M-16 计数

$$Q_3 Q_2 Q_1 Q_0 = 0000$$

$$Q_3 Q_2 Q_1 Q_0 = D_3 D_2 D_1 D_0$$

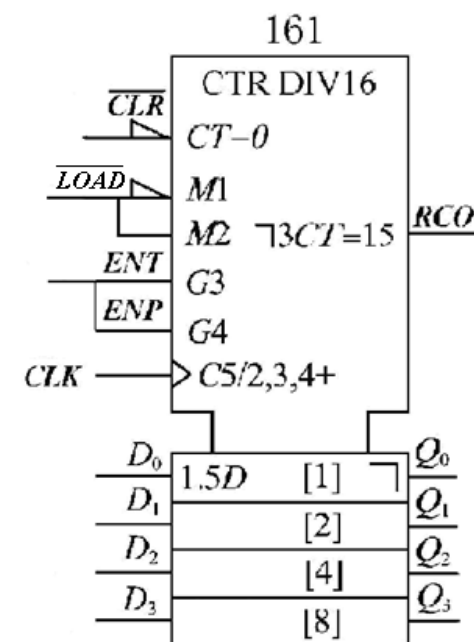
$$RCO = ENT \cdot Q_3 \cdot Q_2 \cdot Q_1 \cdot Q_0$$

计数时,  $ENT = 1$ ,

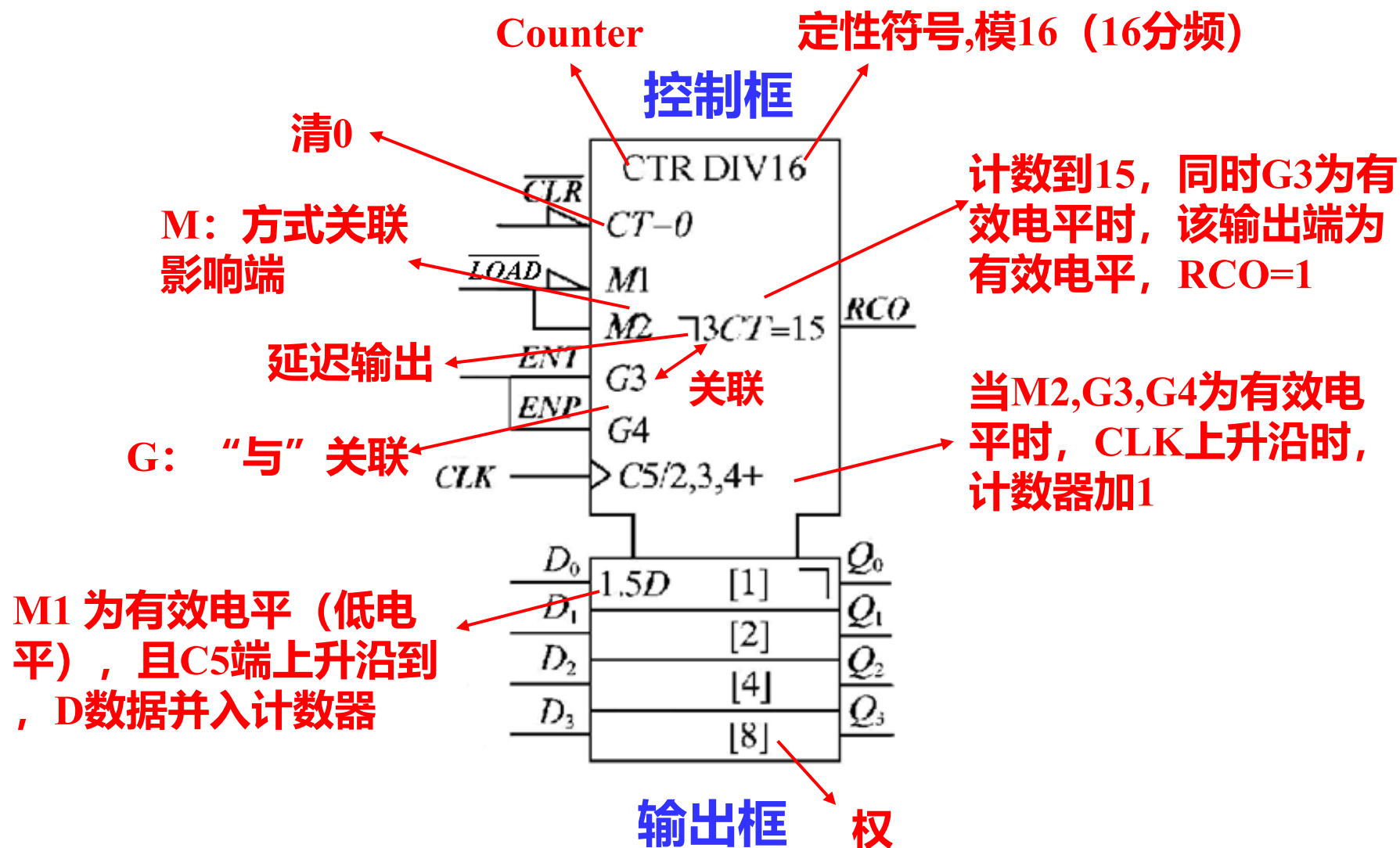
当  $Q_3 Q_2 Q_1 Q_0 = 1111$  时, (M-16)

$RCO = 1$ .

其他时刻,  $RCO = 0$



# 74161 IEEE 符号



## 例1: 用 74161 实现模11加法计数器 (例6.7)

方法1: 预置归0法 ( $\overline{LD}$ )

$$ENT = ENP = 1, \overline{CLR} = 1, D_3D_2D_1D_0 = 0000$$

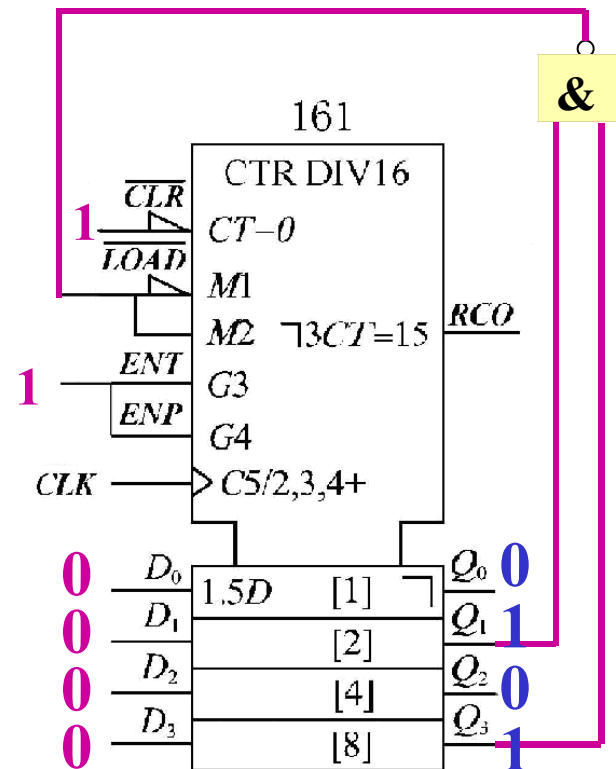
最大状态 1010 最大状态中1端连入一个与非门

输出  $\rightarrow \overline{LD}$

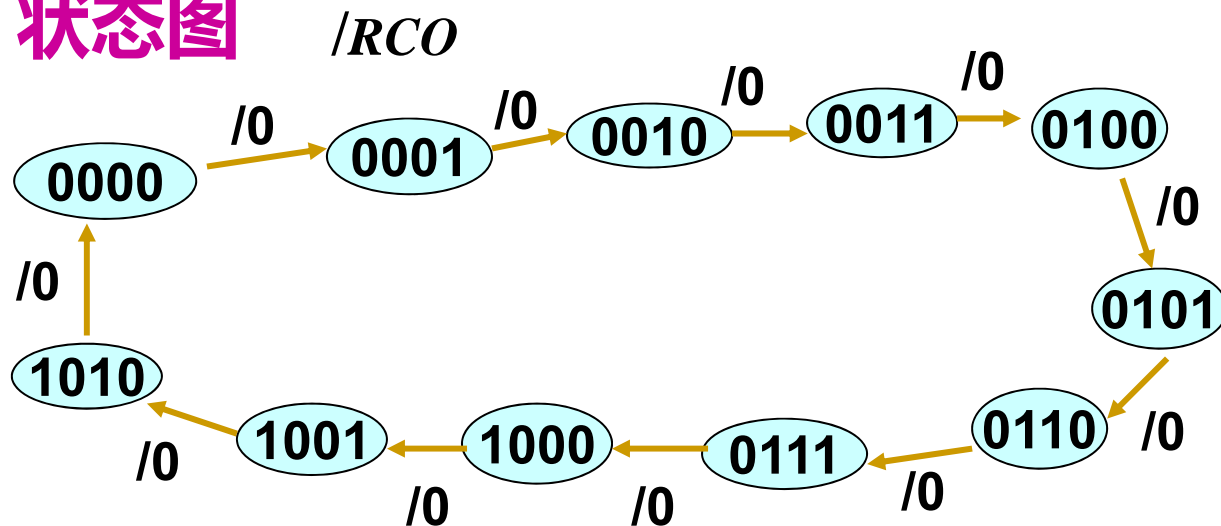
0  $\rightarrow$  9, 与非门 = 1  
( $\overline{LD}=1$ ), 计数

10<sup>th</sup> CLK 到来,  
 $Q_3Q_2Q_1Q_0=1010, \overline{LD}=0$

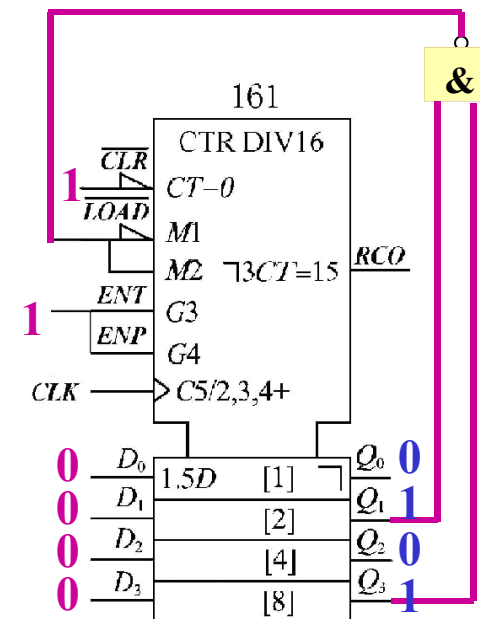
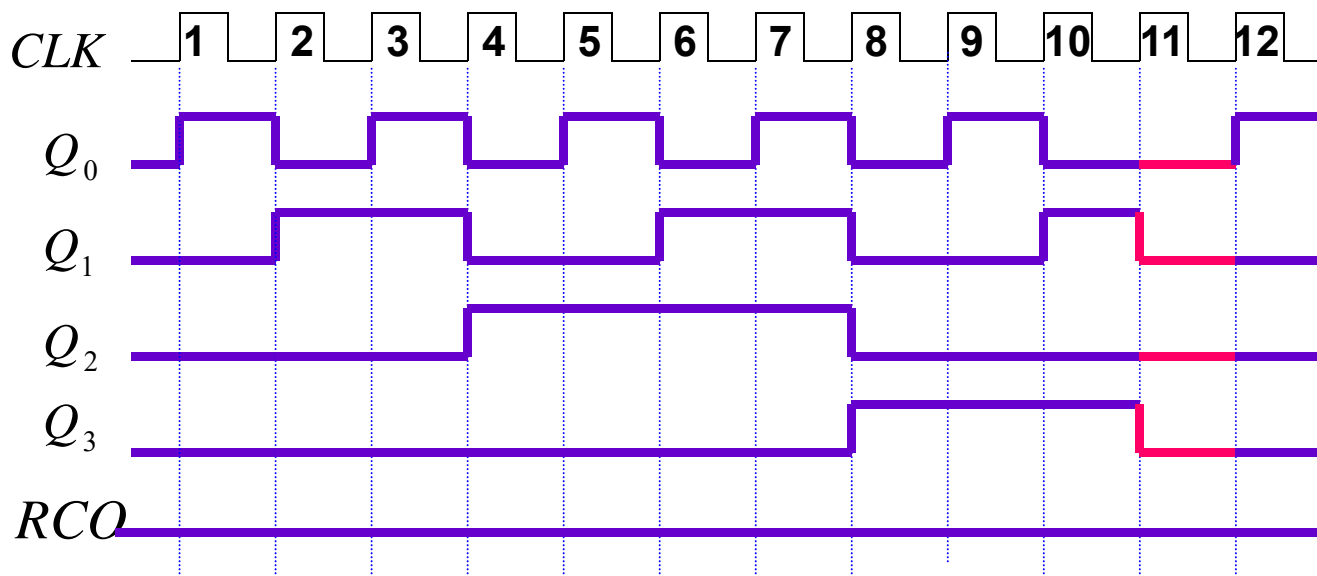
下一个 CLK (11<sup>th</sup>) 到来,  
 $Q_3Q_2Q_1Q_0 = D_3D_2D_1D_0 = 0000$



## 状态图



## 波形图



**Q<sub>0</sub> 二分频电路**

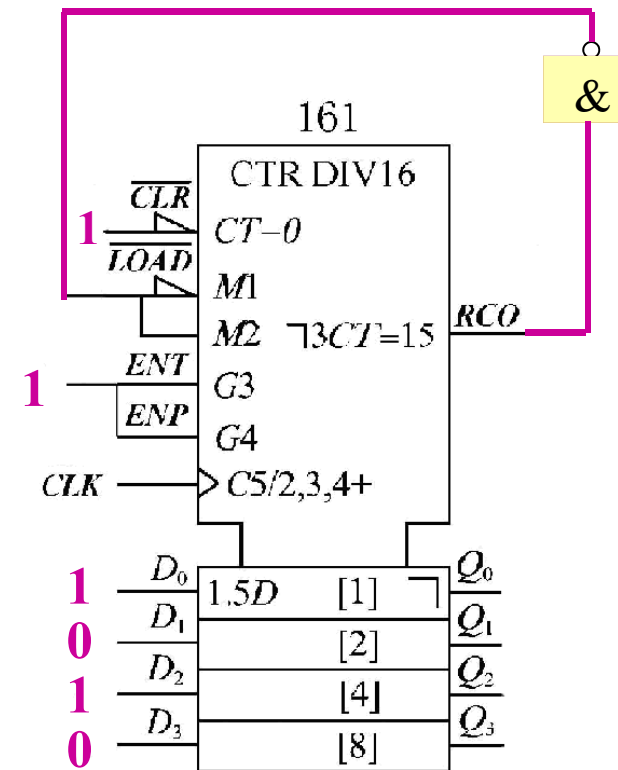
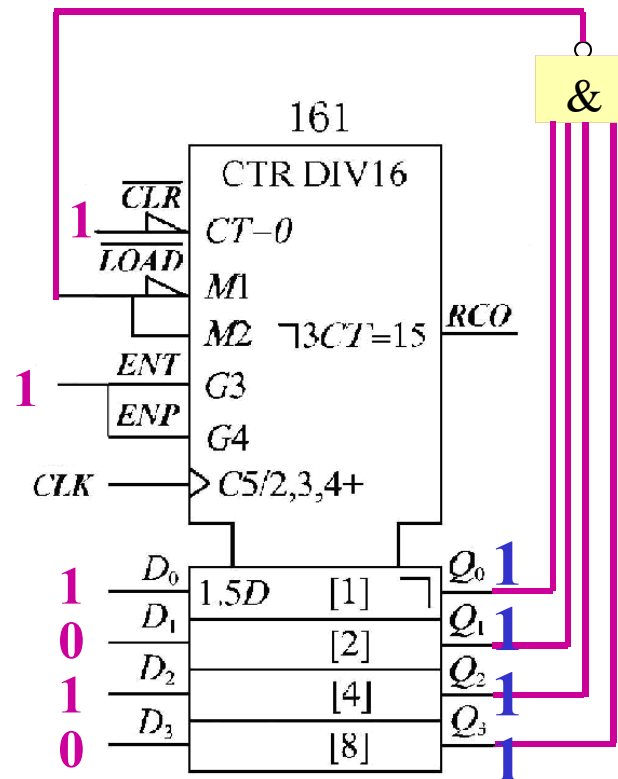
**四分频电路**

## 方法 2: 预置补数法

0000 ~ 1111  
16 个状态

0000 ~ 1010  
11 个状态

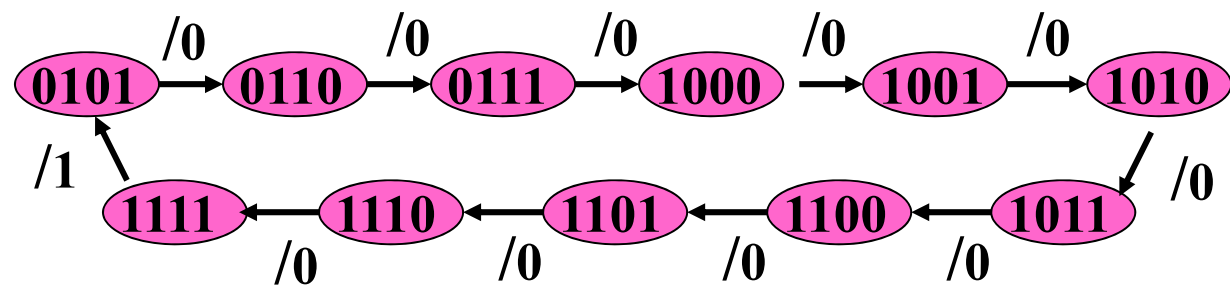
5 (0101) ~ 15 (1111)  
11 个状态





## 状态图

*/RCO*



### 方法 3: 反馈归 0 法 ( $\overline{CLR}$ )

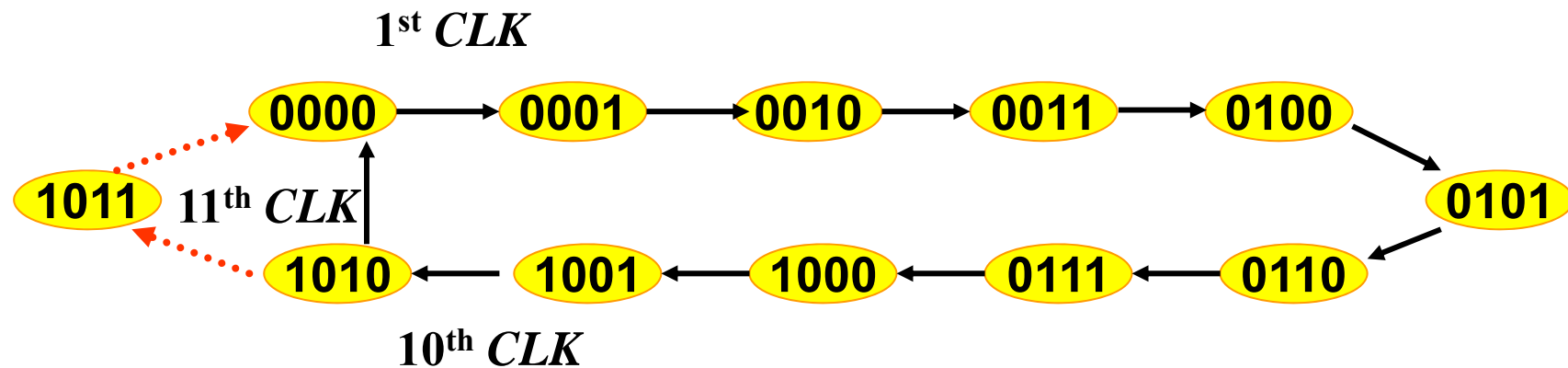
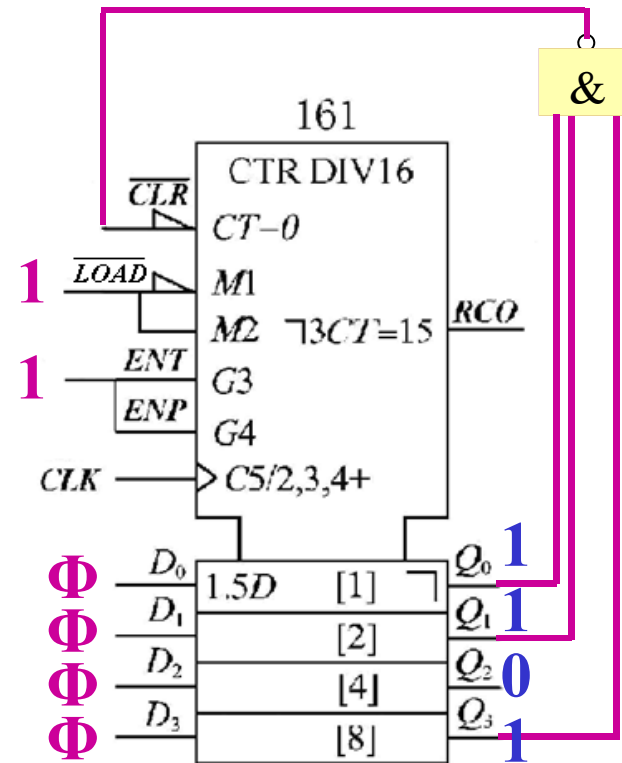
$$ENT = ENP = \overline{LD} = 1$$

$$D_3 D_2 D_1 D_0 = \Phi \Phi \Phi \Phi$$

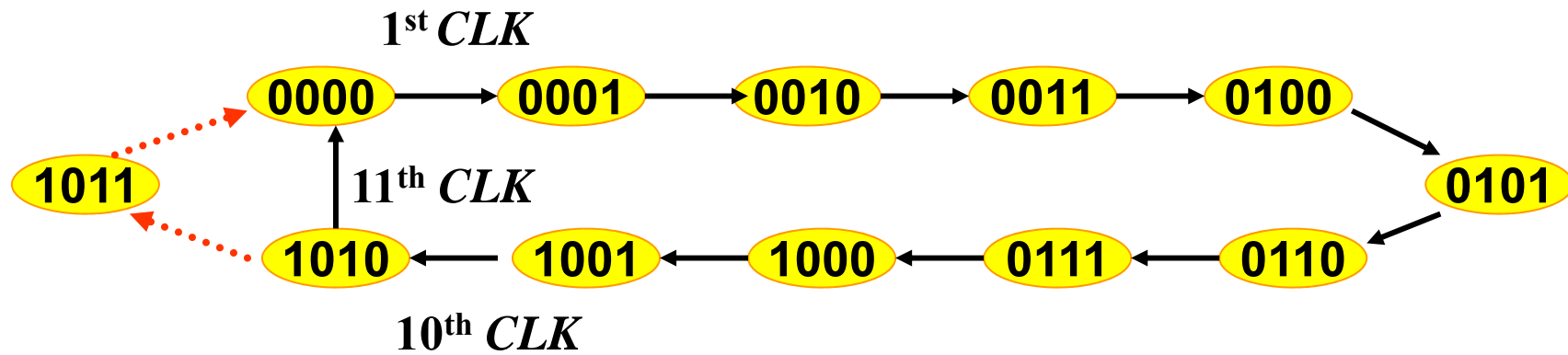
$$Q_3 Q_2 Q_1 Q_0 = 1011$$

与非门  $\rightarrow \overline{CLR}$

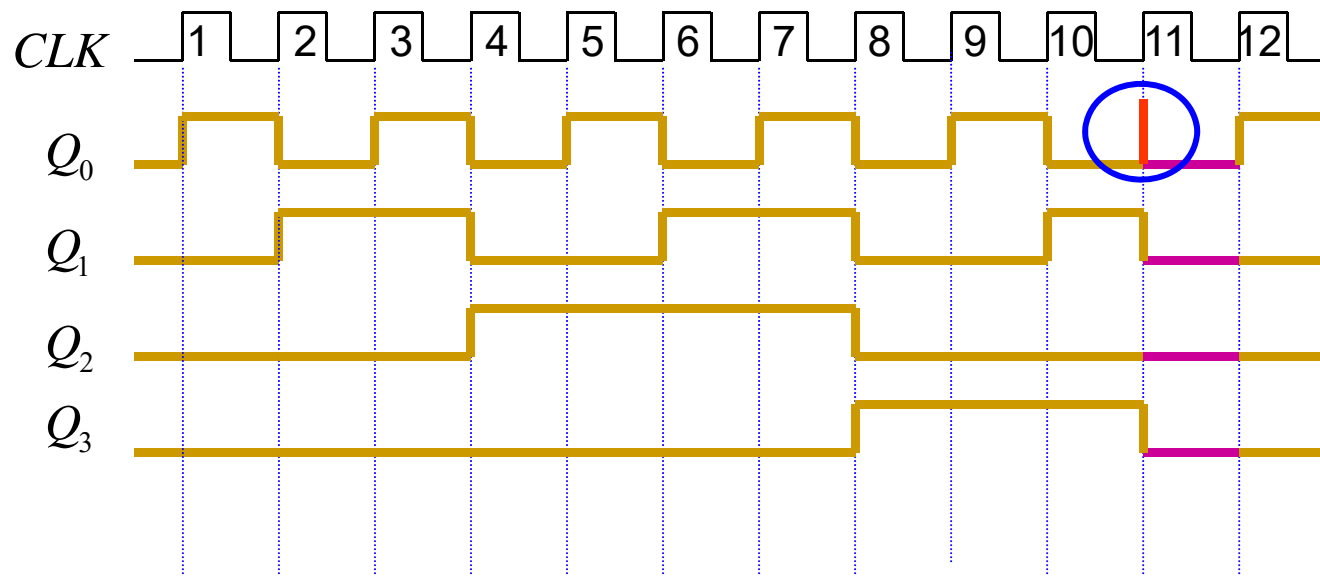
状态图



用虚线连接不稳定状态



## 波形图

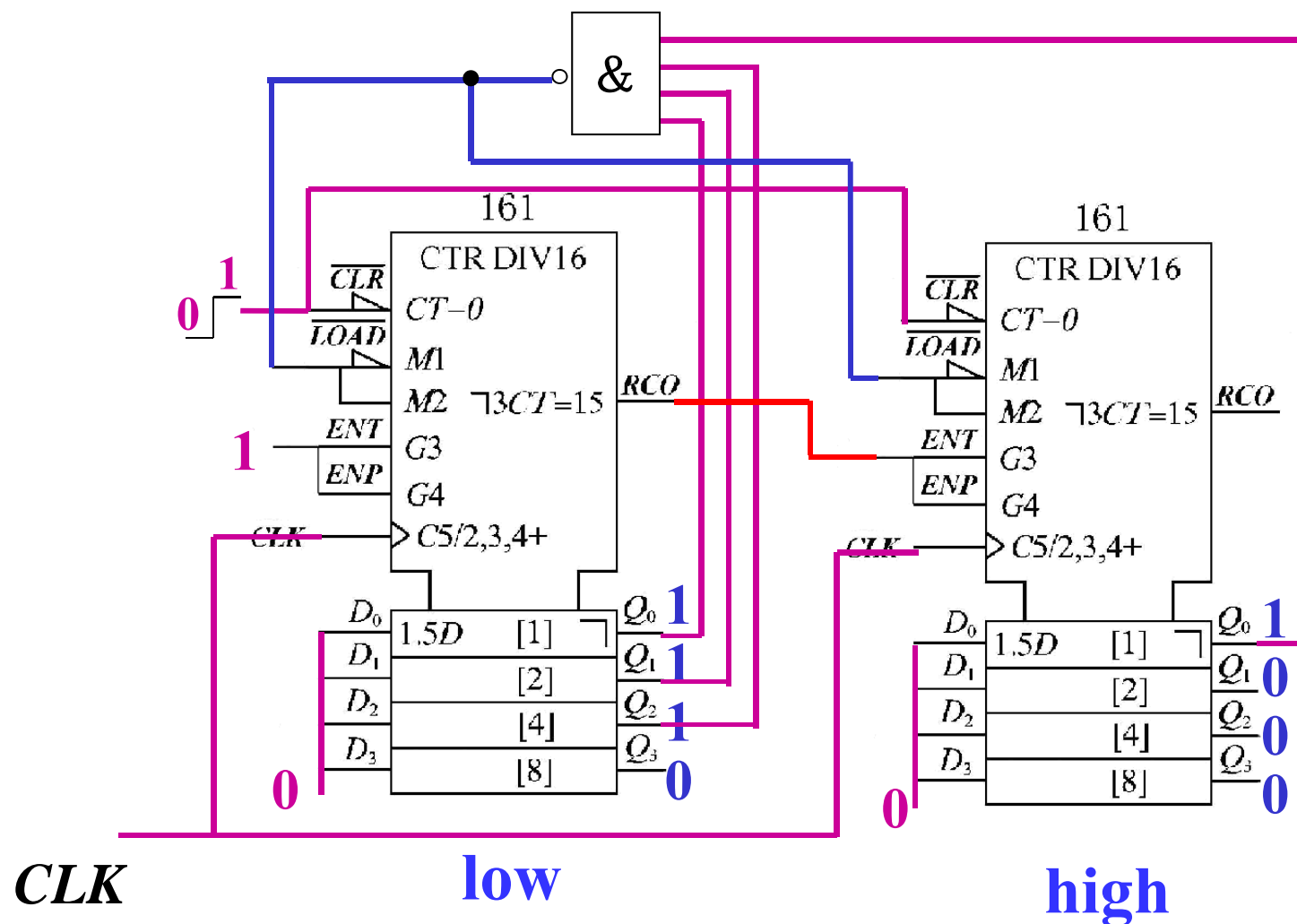


毛刺  
(假信号)

方法1最好, 用 $\overline{LD}$ 端归0。

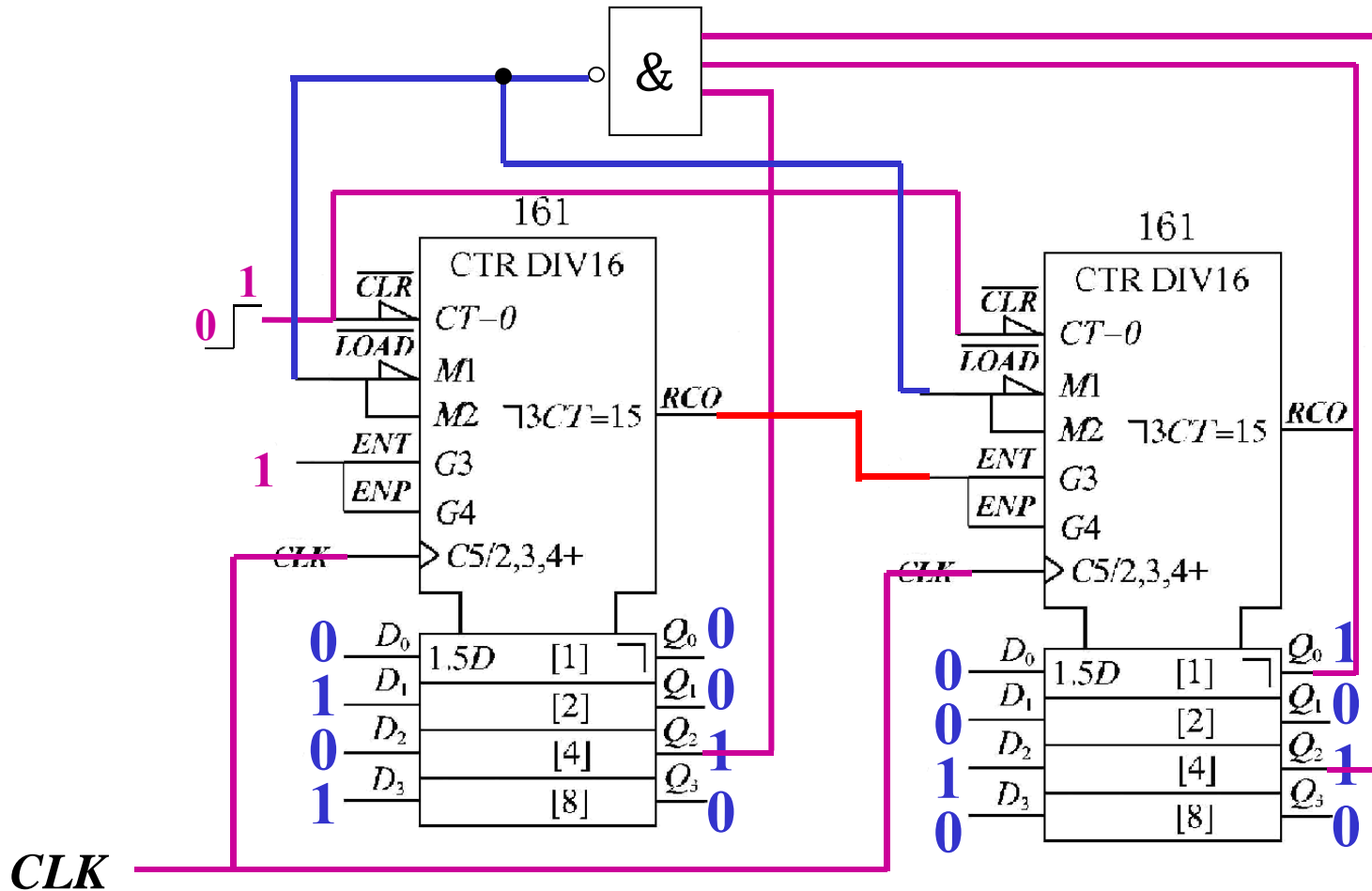
## 例 2: 用74161 设计模 24 计数器

最大状态: 23 (10111)    两个 74161



例 3: 求下图计数器电路的模值。

$M = ?$



终点: 01010100 = 84

补: 01001010 = 74

$$M = 84 - 74 + 1 = 11$$

## § 6.4.2 IC 计数器 74160 (M-10)

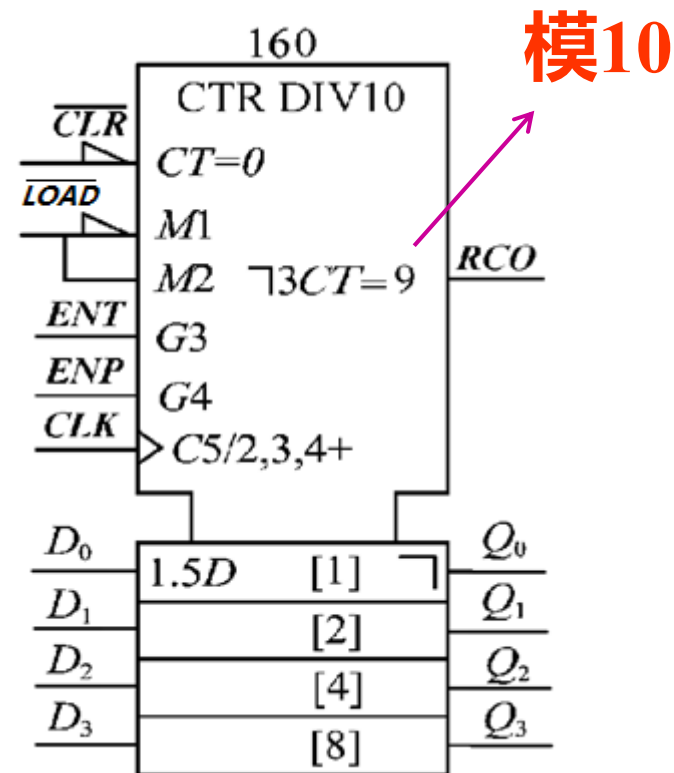
(8421BCD码同步加法计数器)

模10， 其它与74161相同， 异步清0

$$RCO = ENT \cdot Q_3 \cdot Q_0$$

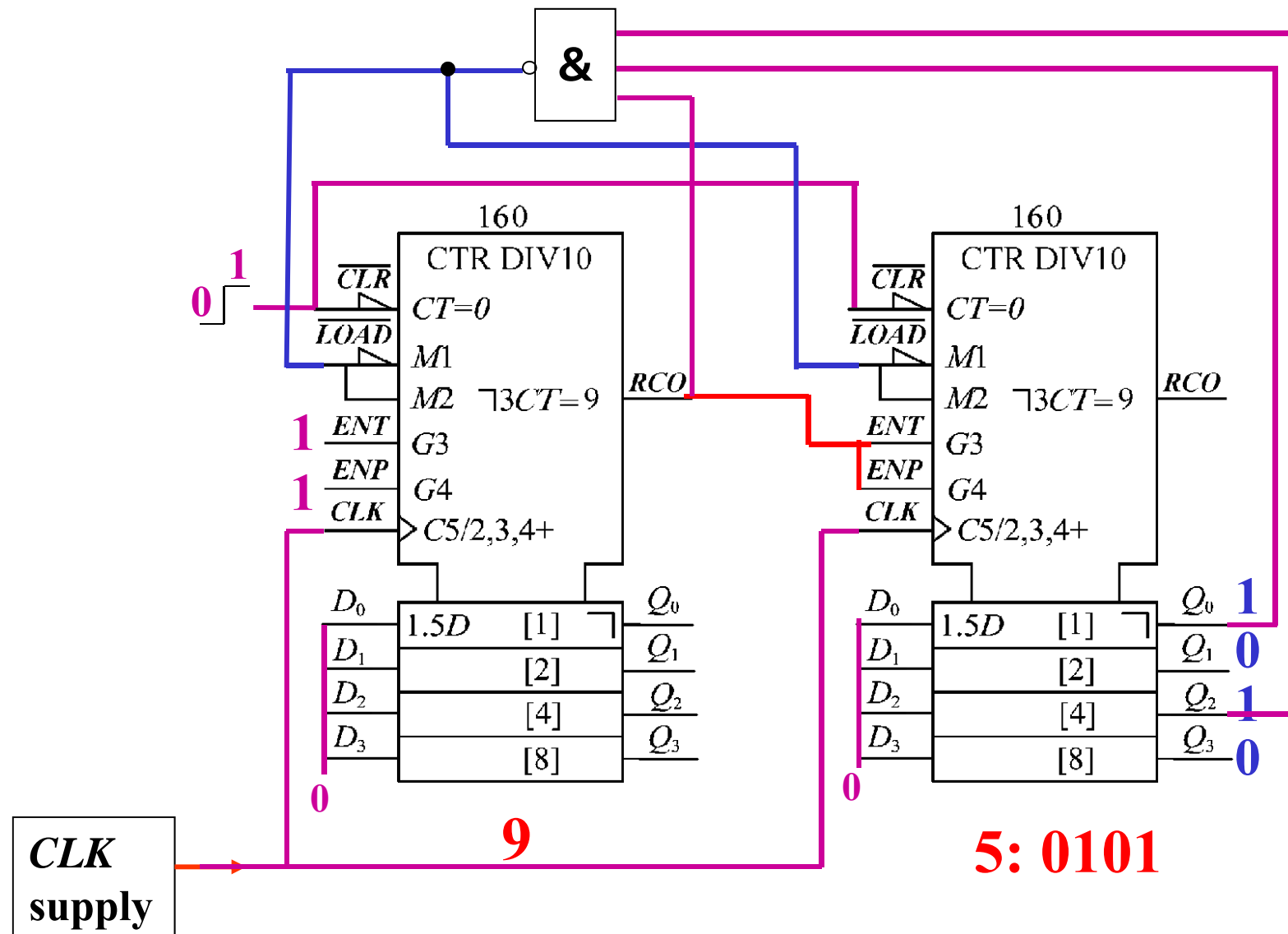
当  $Q_3Q_2Q_1Q_0 = 1001$ ,

$RCO = 1$



# 例: 用74160 设计一个 60 s 计数器

59



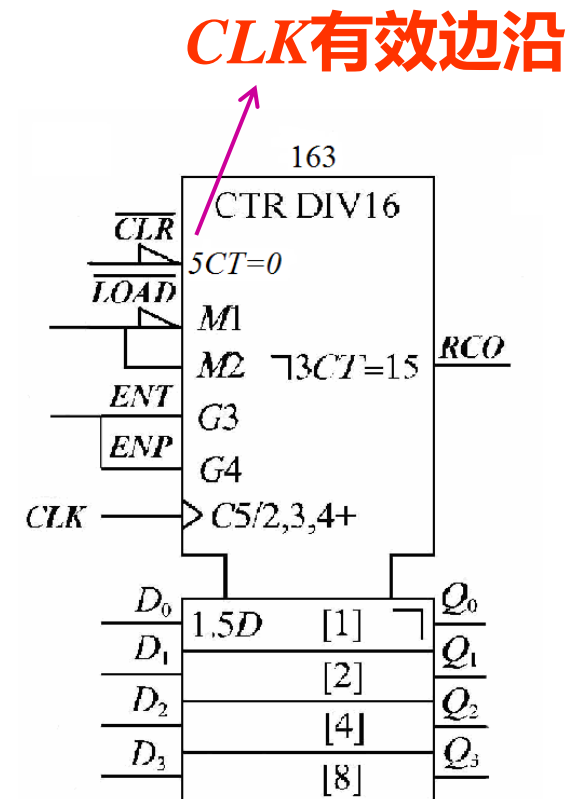
## § 6.4.3 IC 计数器 74163 (M-16)

同步清0，其他与 74161相同（模16）

图中：5CT=0 在 5 端有效时清0

74163 功能表

$\overline{CLR}$	$\overline{LD}$	ENT	ENP	CLK	$D_0 D_1 D_2 D_3$	功能
0	X	X	X	↑	X X X X	Direct set 0
1	0	X	X	↑	$D_0 D_1 D_2 D_3$	Load 预置
1	1	0	X	X	X X X X	保持 RCO=0
1	1	X	0	X	X X X X	保持
1	1	1	1	↑	X X X X	M-16 计数



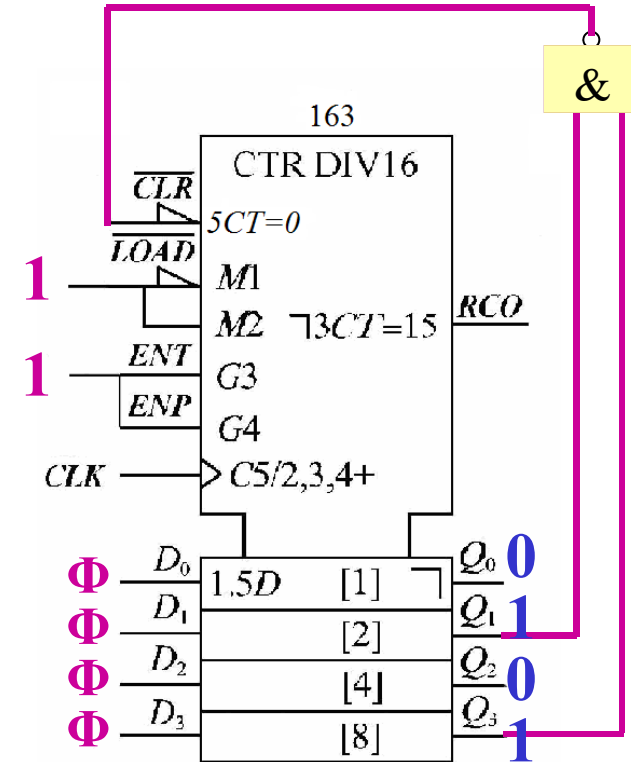
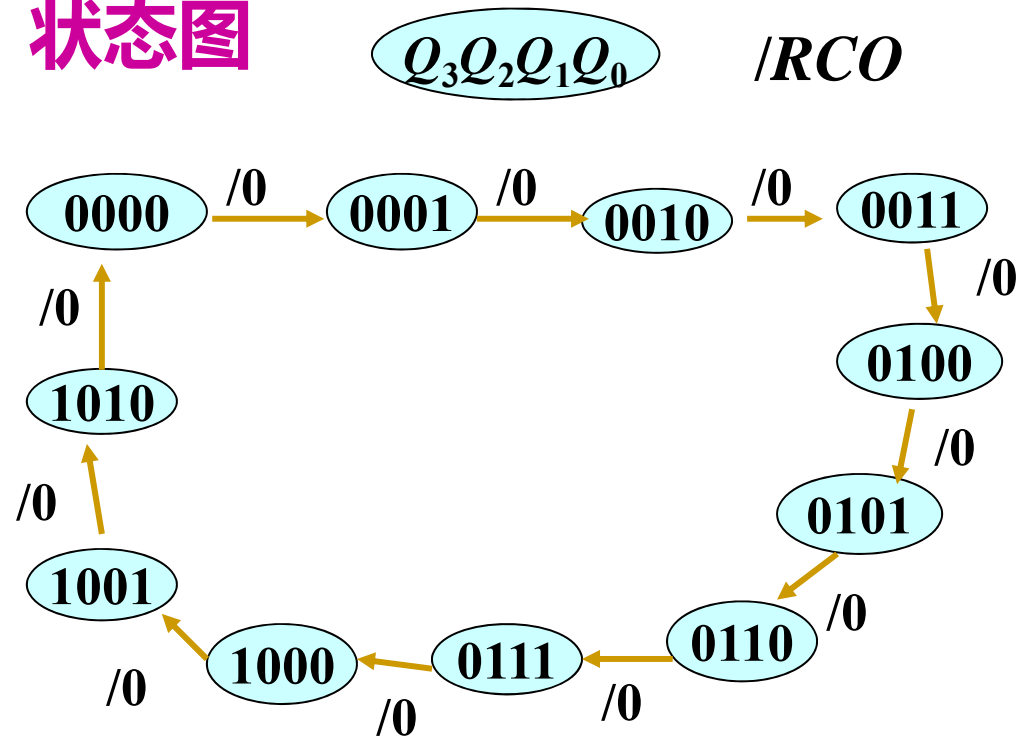
同步清零0: 当 $\overline{CLR} = 0$  时，下一个 CLK 到达，  
 $Q_3 Q_2 Q_1 Q_0 = 0000$



例：用74163的同步清零  
功能设计一个模11计数器。  
( $\overline{CLR}$ )

最大状态 1010

状态图



没有毛刺

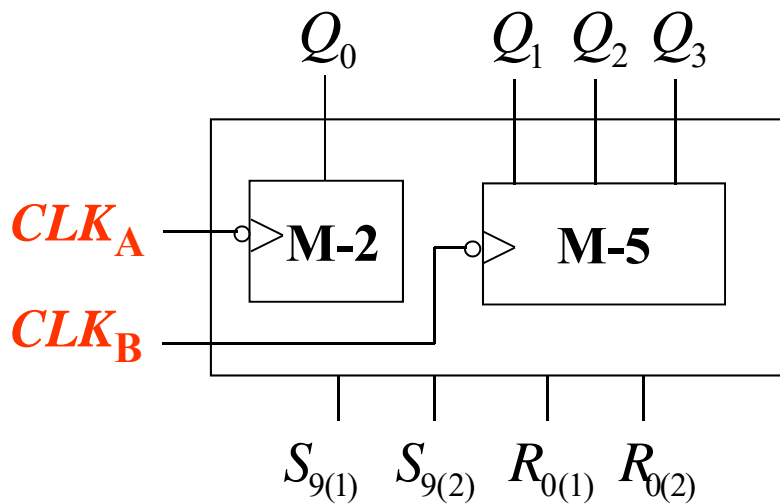
用  $\overline{LD}$  端,  
与74161相同,  
初始为0000。

## § 6.4.4 IC 计数器 74290

### 1. 74290 功能

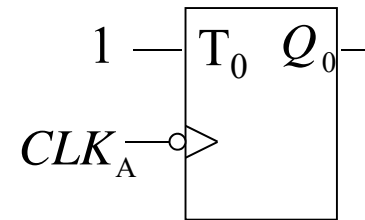
### 模 2-5-10 异步计数器

#### 框图

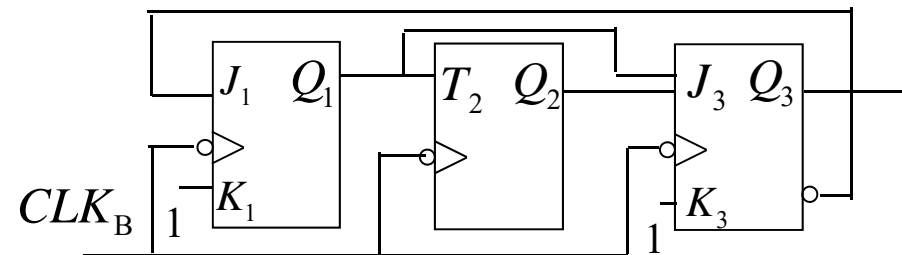


两个独立的下降沿FF

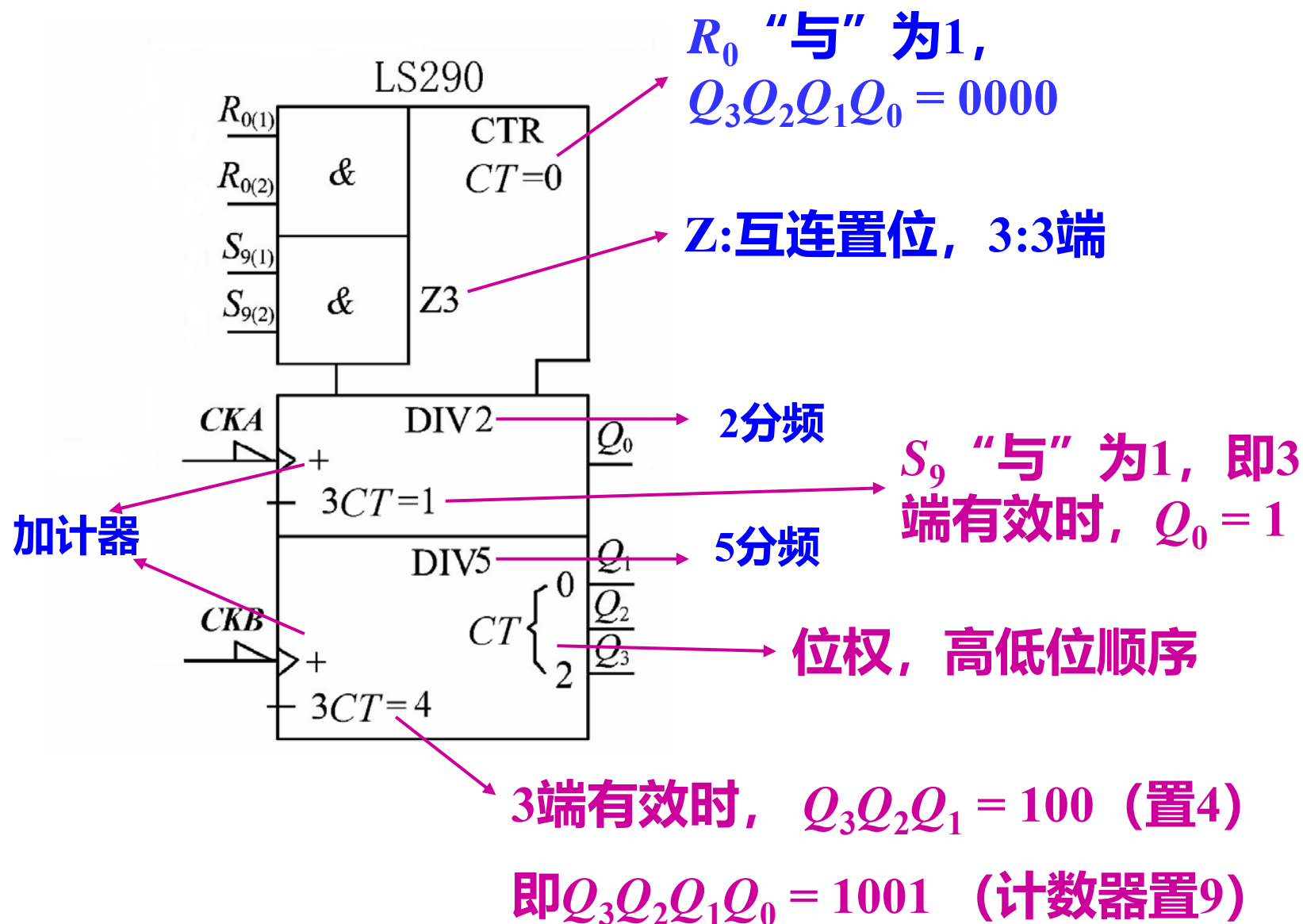
M-2 计数器, 输出  $Q_0$



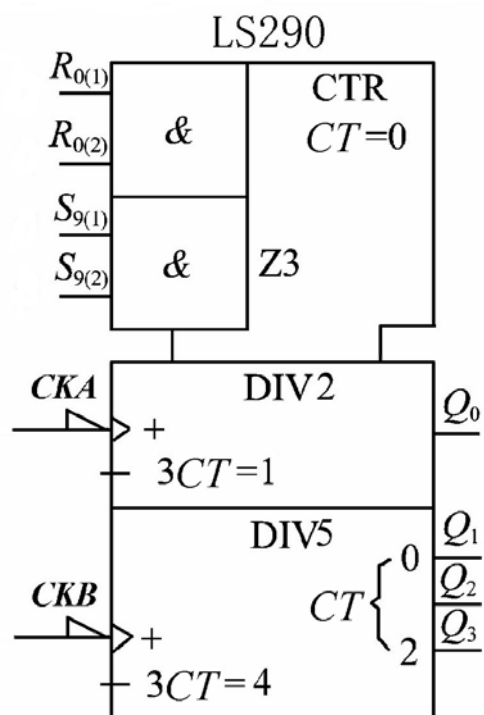
M-5 计数器, 输出  $Q_3Q_2Q_1$



# 符号



# 功能



## (1) 异步清0

$$\text{当} \begin{cases} S_{9(1)} \cdot S_{9(2)} = 0 \text{ (low)} \\ R_{0(1)} = R_{0(2)} = 1 \text{ (high)} \end{cases}$$

$$Q_3 Q_2 Q_1 Q_0 = 0000$$

## (2) 异步置9

$$\text{当} S_{9(1)} = S_{9(2)} = 1$$

$$Q_3 Q_2 Q_1 Q_0 = 1001$$

## (3) 计数

$$\text{当} \begin{cases} S_{9(1)} \cdot S_{9(2)} = 0 \\ R_{0(1)} \cdot R_{0(2)} = 0 \end{cases}$$

同时满足,  $CLK$ 下降沿实现计数

## 2. 74290应用

### (1) 模 2 计数器

$$\begin{cases} S_{9(1)} \cdot S_{9(2)} = 0 \\ R_{0(1)} \cdot R_{0(2)} = 0 \end{cases}$$

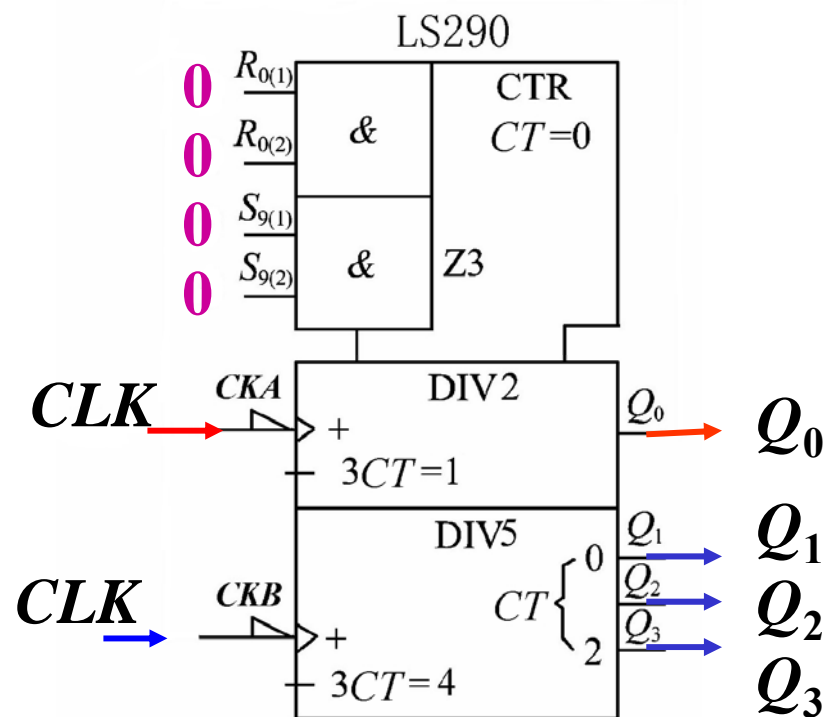
$CLK$  从  $CLK_A$  接入,  $Q_0$  输出, 实现 模 2 加计数

### (2) 模 5 计数器

$$\begin{cases} S_{9(1)} \cdot S_{9(2)} = 0 \\ R_{0(1)} \cdot R_{0(2)} = 0 \end{cases}$$

$CLK$  从  $CLK_B$  接入,  $Q_3Q_2Q_1$  输出, 实现 模 5 加计数

两种用法完全独立。构成更大模数时, 需外接线连接



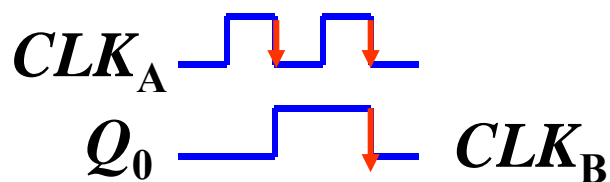
### (3) 8421BCD 码模10 计数器

$$S_{9(1)} \cdot S_{9(2)} = 0, \quad R_{0(1)} \cdot R_{0(2)} = 0$$

$CLK$  接  $CLK_A$ ,

$Q_0 \longrightarrow CLK_B$

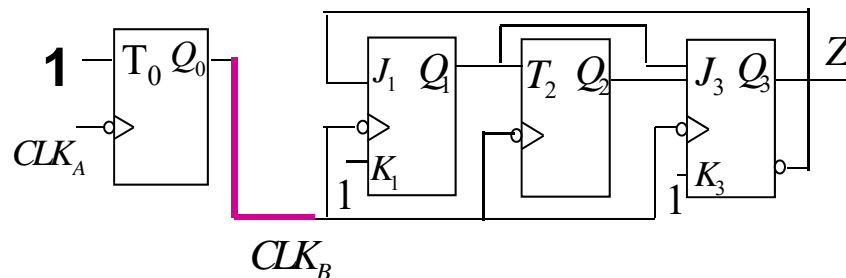
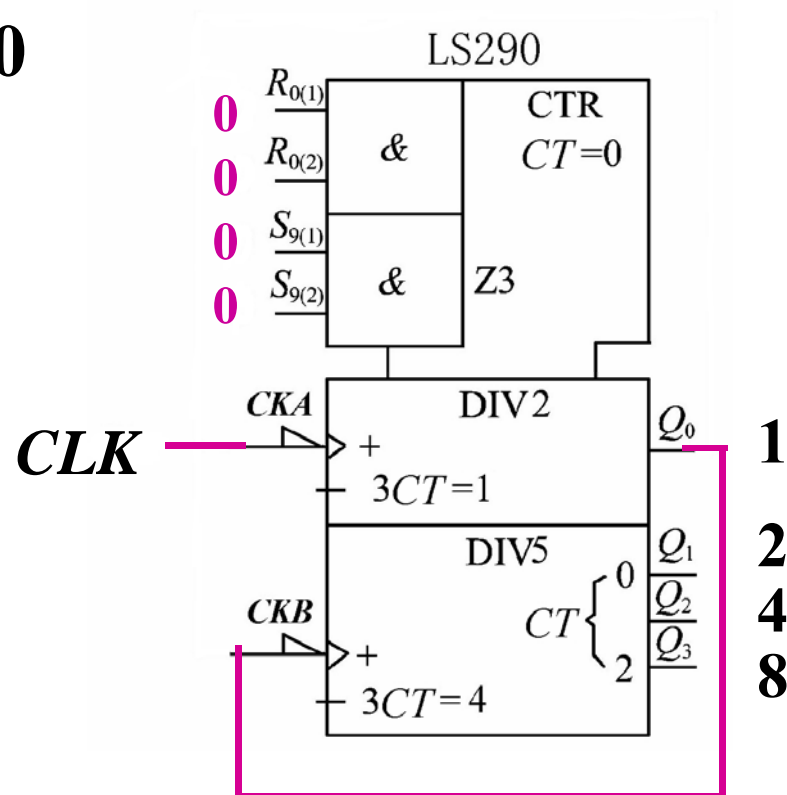
在  $Q_0$  下降沿( $CLK_B$   
 $1 \rightarrow 0$ ), M-5 计数



触发 M-5 计数

输出位权

$Q_3 Q_2 Q_1 Q_0 : 8 \ 4 \ 2 \ 1$



## (4) 8421 BCD码任意进制计数器

“直接置 0  $R_0$ ”高电平清 0

例：M-7 计数器

①  $CLK \rightarrow CLK_A$

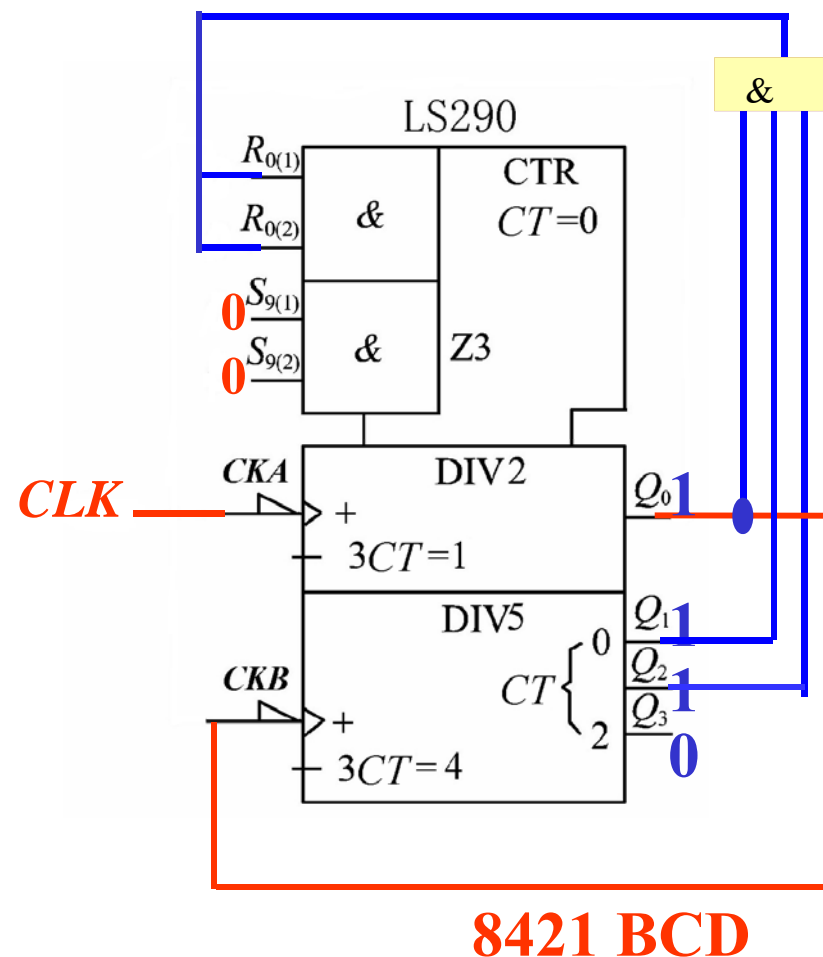
② 接：8421 BCD 模10

$Q_0 \rightarrow CLK_B$

③  $S_{9(1)} = S_{9(2)} = 0$

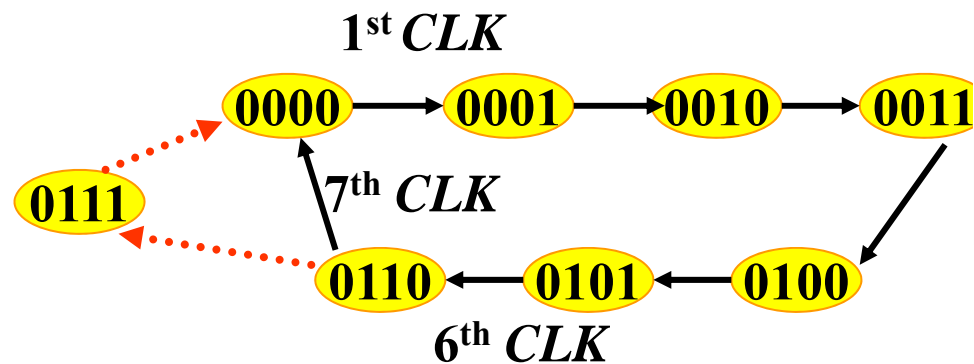
④ 输出  $Q_3Q_2Q_1Q_0 = 0111$   
→ 与门

⑤ 与门  $\rightarrow R_0$  (直接清0)

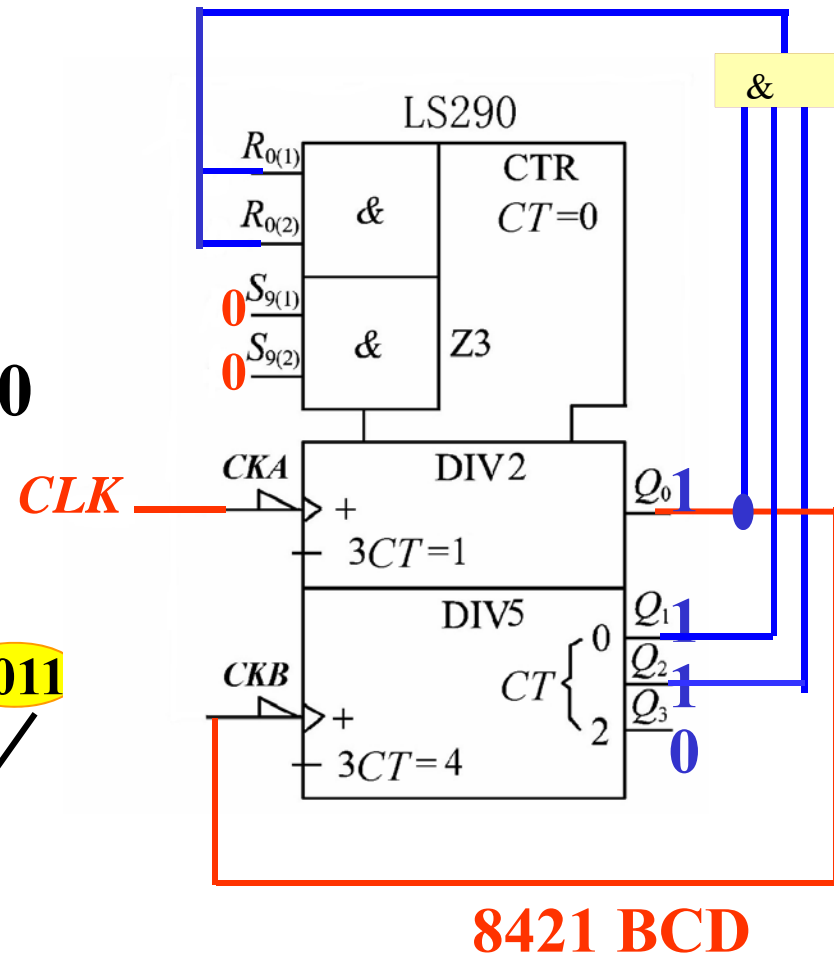


当 $Q_3Q_2Q_1Q_0 = 0111$ 时,  
立即清0, 0111只是一  
闪, 出现 毛刺

主循环7个状态: 0000 ~ 0110



不稳定状态用虚线连接



74290没有进位输出



## (5) 8421 BCD 级联计数器

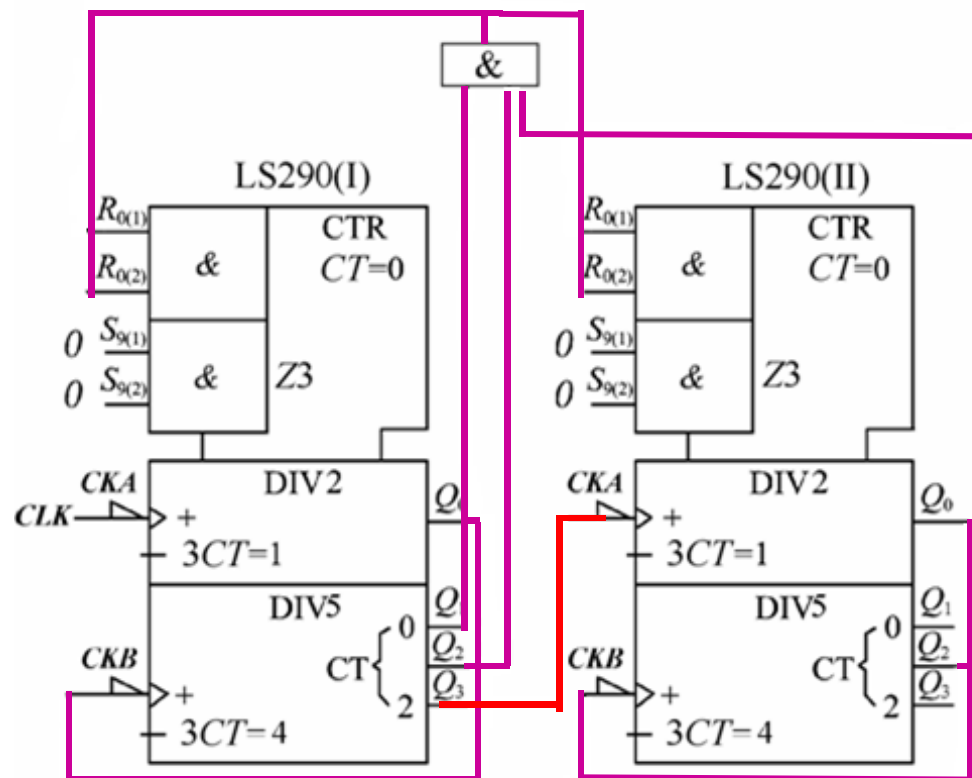
## 当计数模值 $>10$

## 74290 级联

# 例: 用74290 设计 一个 8421BCD 码模 46 计数器.

## 8421 十进制

# 进位

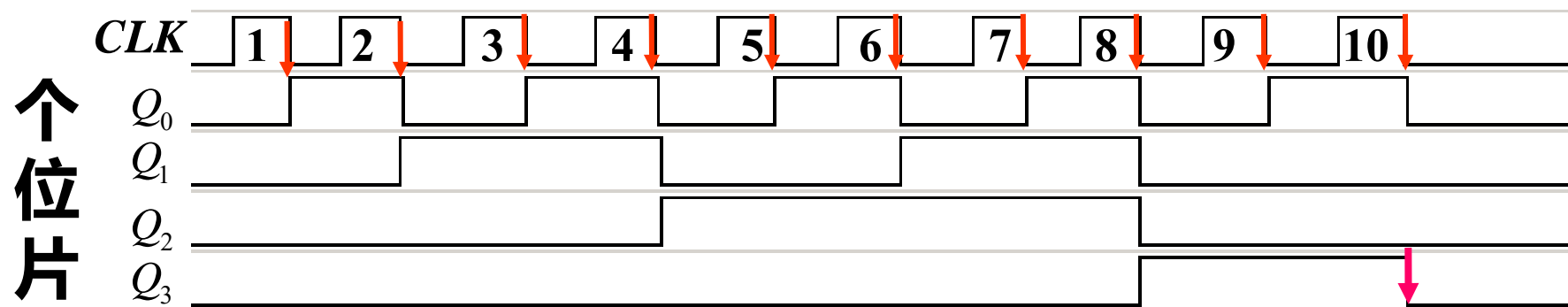
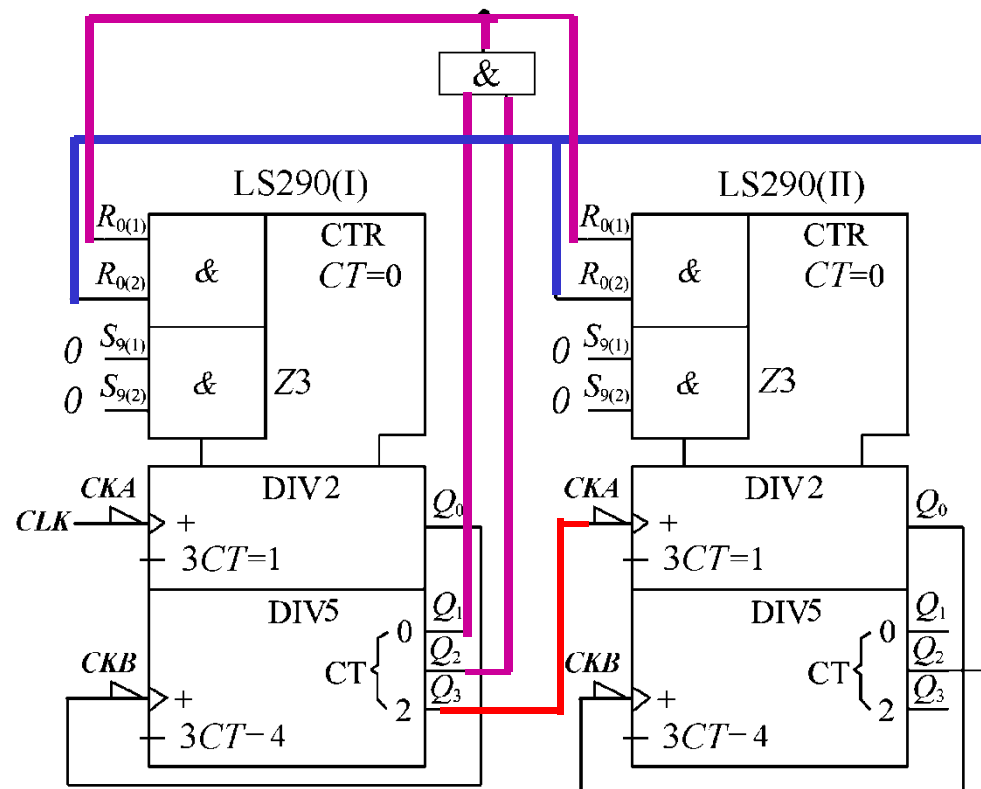


**个位: 6 (0110)      十位: 4 (0100)**

电路连接方式  
也可以

注意：进位

波形：



利用 $Q_3$ 第10个 $CLK$ 下降沿触发十位片的 $CLK_A$  (不用连 $Q_0Q_3$ )

## §6.5 寄存器 Registers

**寄存器用于寄存一组二进制代码，主要由触发器构成。**

**一个触发器能够存储 1 位二进制代码，所以用  $n$  个触发器组成的寄存器可以存储一组  $n$  位二进制信息。**

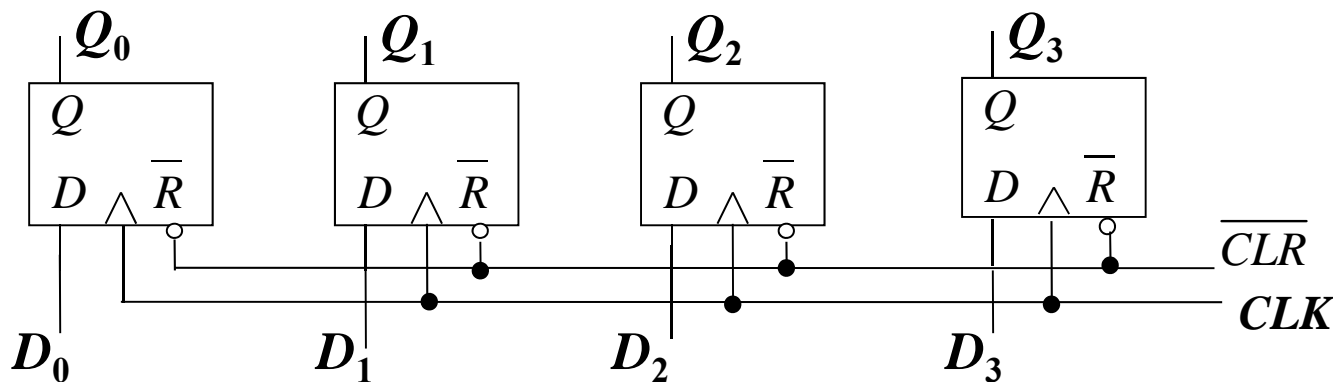
**寄存器广泛地应用于各类数字系统和数字计算机中。移位型寄存器在数字通信中的应用极其广泛。如在计算机串行数据通信中，需要发送的信息总是先放在发送端的移位寄存器中，然后由移位寄存器将其逐位移出。接收端的寄存器逐位从线路上接收信息，收完一个完整的数据后才从移位寄存器中取走数据。**

## § 6.5.1 寄存器分类

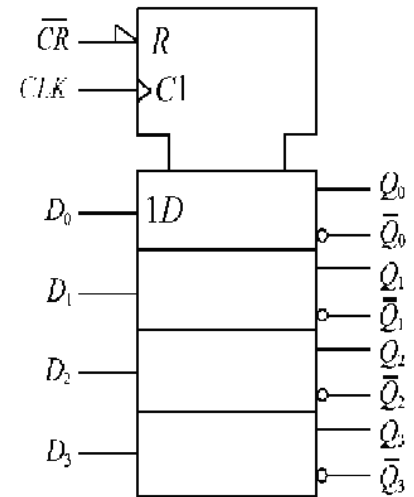
### Classifications of Registers

#### 1. 并入/并出型寄存器 Parallel In/Out

例如，4个 **D-FFs** 构成寄存器



74LS175

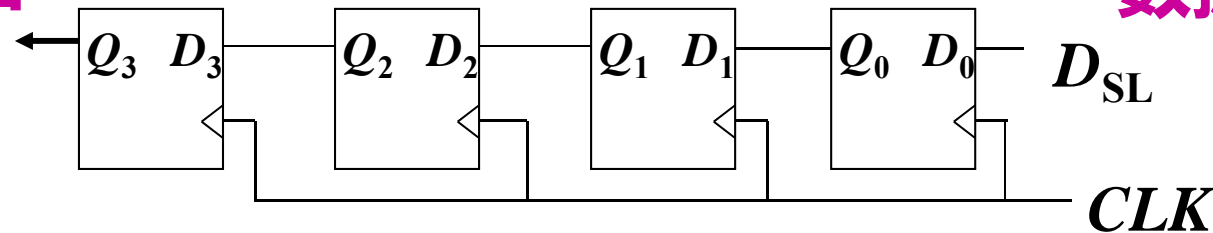


在  $CLK$  正边沿, 4 个数据并行输入, 状态  $Q_3Q_2Q_1Q_0 = D_3D_2D_1D_0$  并行输出

## 2. 左移串入/串出型寄存器

Serial In/Serial Out Shift Left Registers

数据串出



数据串入

shift left

一个CLK 到来, 左移一位.

例:

初始  $Q_3Q_2Q_1Q_0 = 1001$

串入: 1011 ( $D_{SL}$ ),

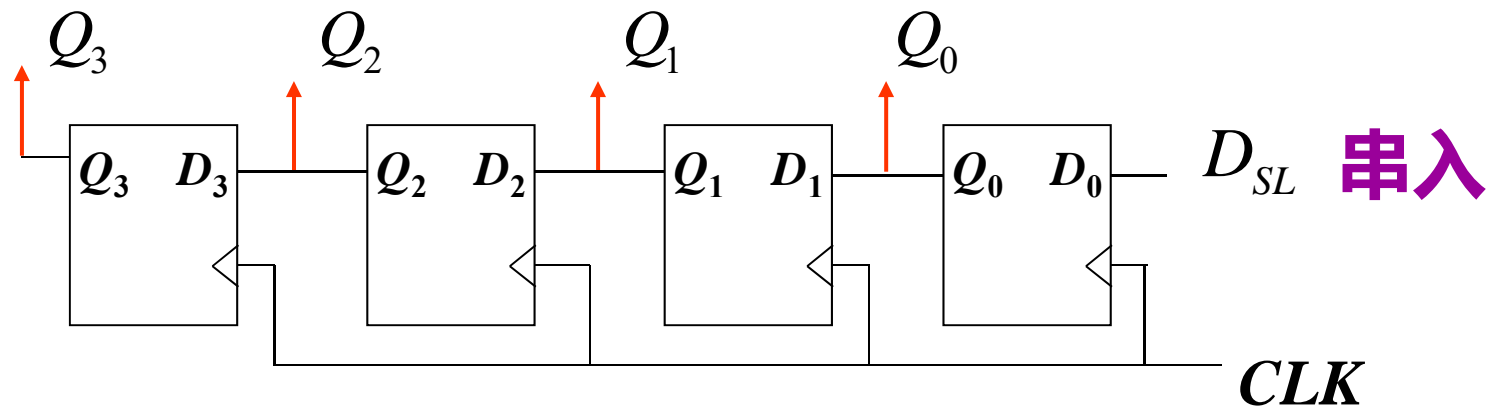
CLK	串出	$Q_3Q_2Q_1Q_0$	串入
	1	1 0 0 1	1 0 1 1
1	0	0 0 1 1	
2	0	0 1 1 0	
3	1	1 1 0 1	
4	1	1 0 1 1	

4 个CLK 后,  $Q_3Q_2Q_1Q_0 = 1011$

### 3. 左移串入/并出型寄存器

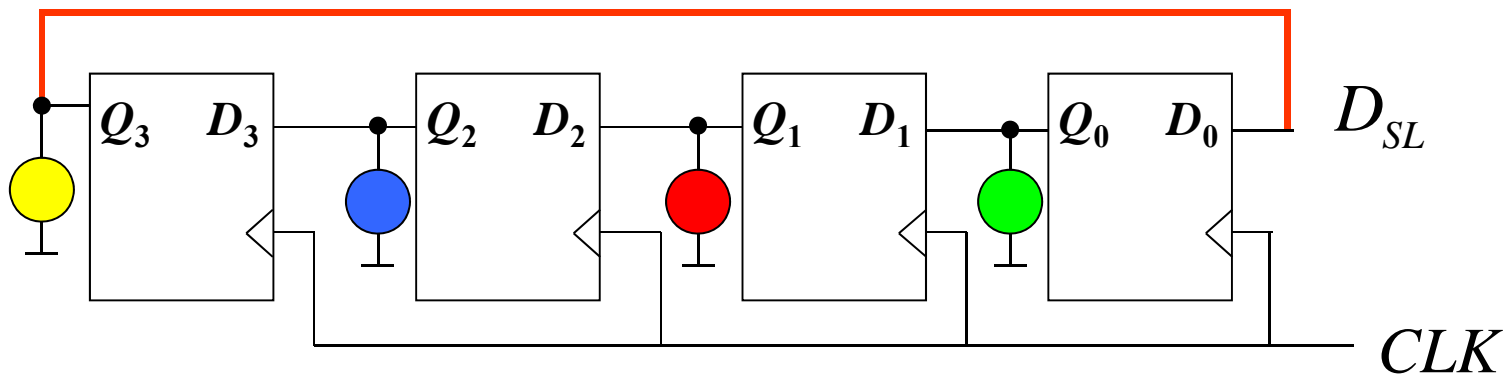
Serial In/Parallel Out Shift Left Registers

并行输出



## 4. 左移环型寄存器 Shift Left Ring Registers

串出端与串入端相连



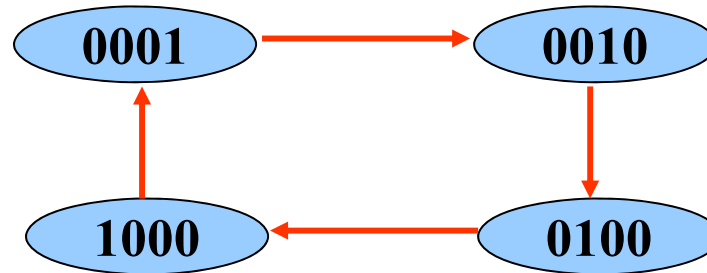
各FF 输出接彩灯

当输出为 0001时，接高电平的灯亮

灯亮时间：

取四位中只有一个1 的状态为主循环

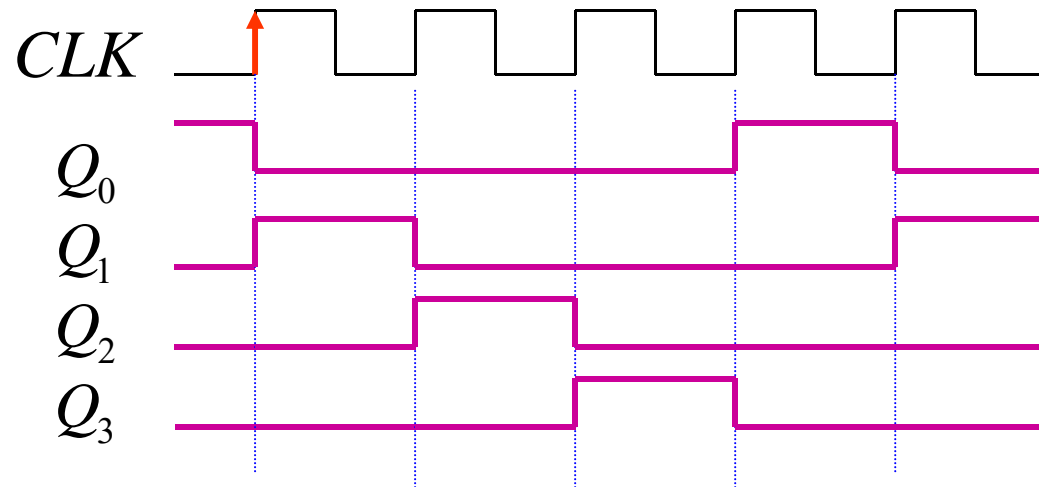
状态图



环形计数器

注意:  $n$  FFs  $\rightarrow n$  个状态  $\rightarrow$  模  $n$

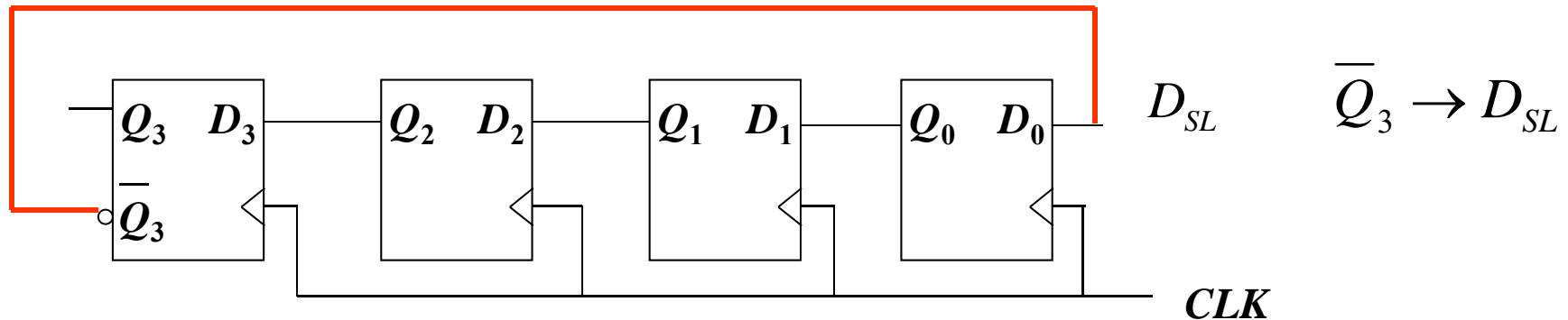
波形图



节拍发生器

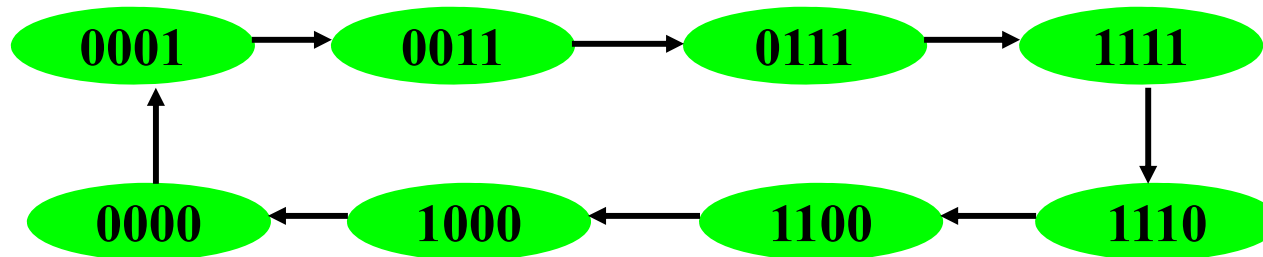


## 5. 左移扭环寄存器 Shift Left Twisted-Ring Registers



初始  $Q_3Q_2Q_1Q_0 = 0001$

状态图:  $Q_3Q_2Q_1Q_0$



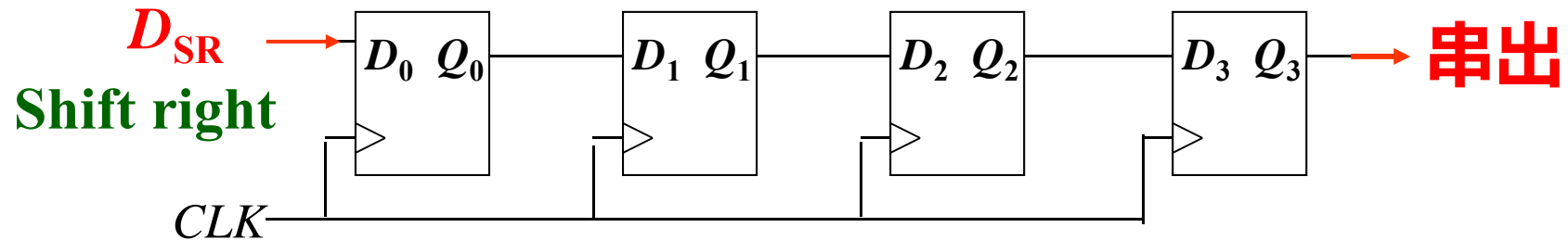
扭环计数器

$n$  FF  $\rightarrow$  模  $2n$

Johnson Counter

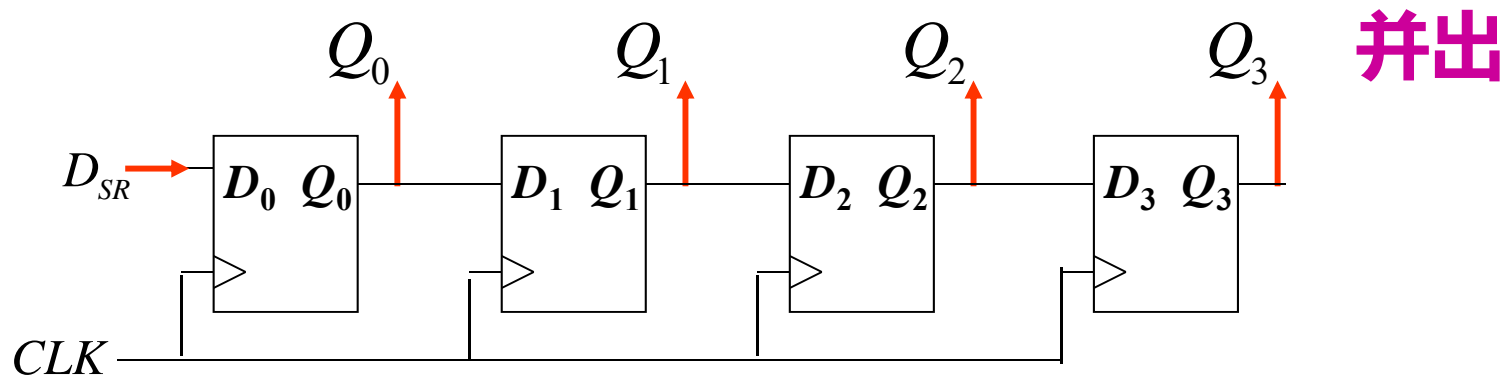
## 6. 右移串入/串出寄存器

Serial In/Serial Out Shift Right Registers

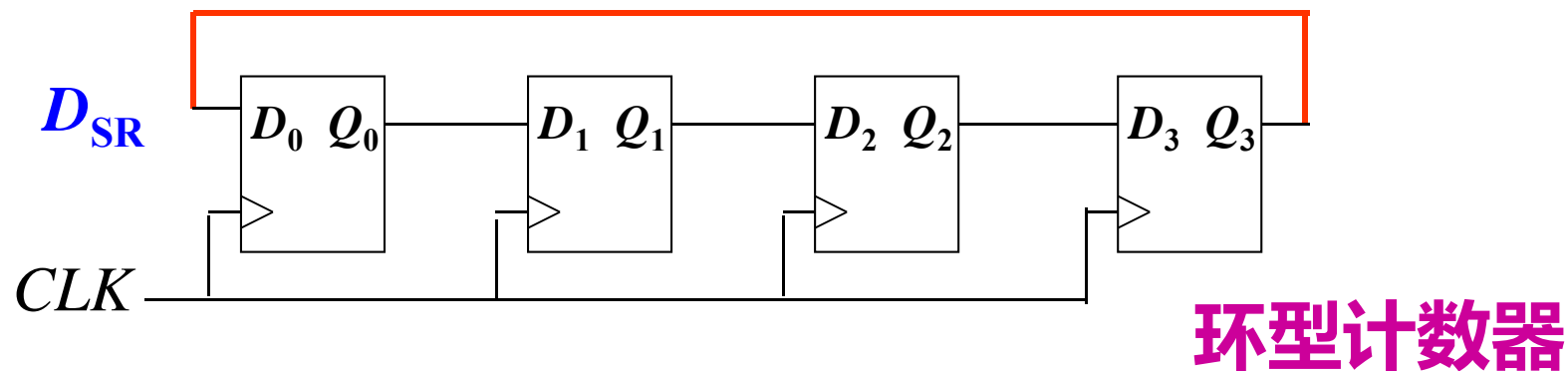


## 7. 右移串入 / 并出寄存器

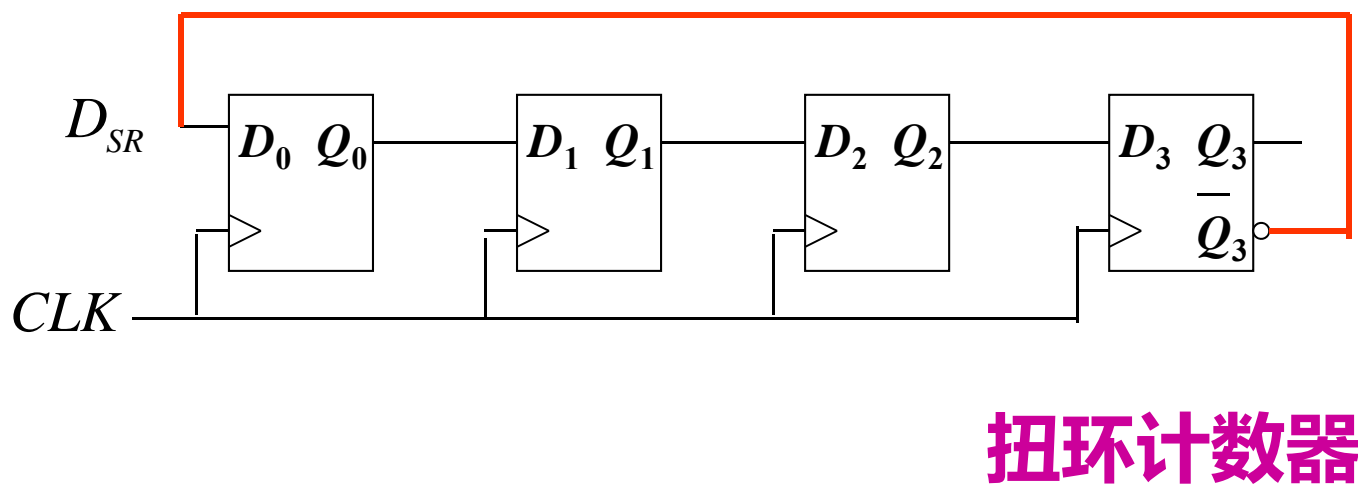
Serial In/Parallel Out Shift Right Registers



## 8. 右移环型寄存器 Shift Right Ring Registers



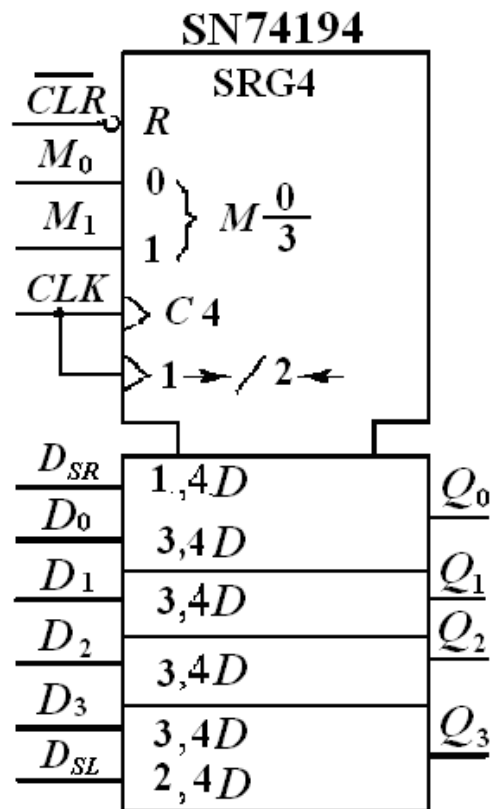
## 9. 右移扭环寄存器 Shift Right Twisted-Ring Registers



## § 6.5.3 集成寄存器 74194 IC Register 74194

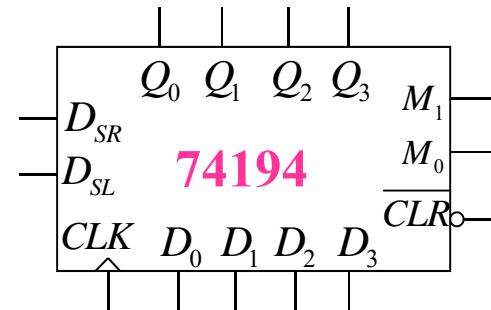
多功能寄存器：四位并行存取双向移位寄存器

电路 P. 139



IEEE

符号



$D_{SR}$  在  $Q_0$  一侧,  $D_{SL}$  在  $Q_3$  一侧

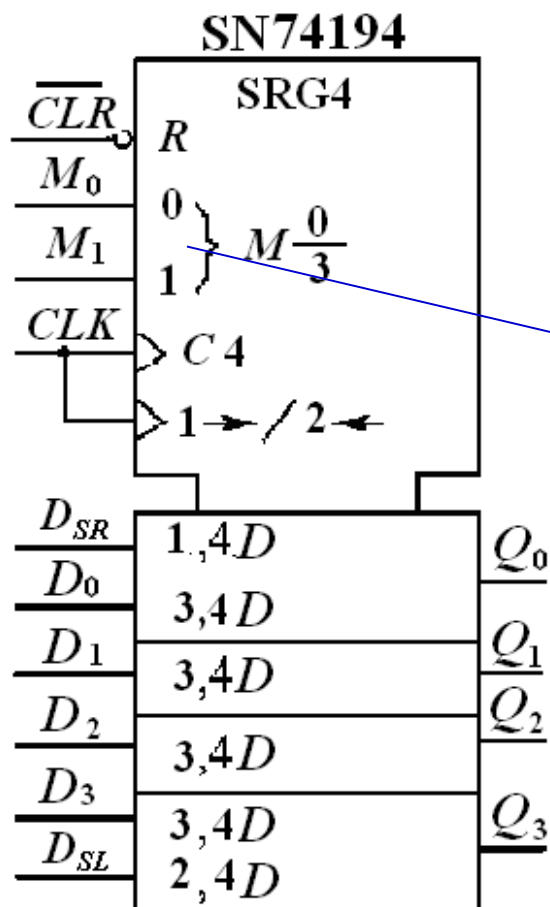
$Q_3 Q_2 Q_1 Q_0$  数据输出

$D_3 D_2 D_1 D_0$  数据输入

$D_{SR} D_{SL}$  串入

$1 \rightarrow$  shift right

$2 \leftarrow$  shift left



$\overline{CLR} = 0$ , 异步清0

$CLK$  正边沿触发

$M_1 M_0$  控制 (模式),  $M_1$  高位

$M_1 M_0$  组成4种模式

### 74194 功能

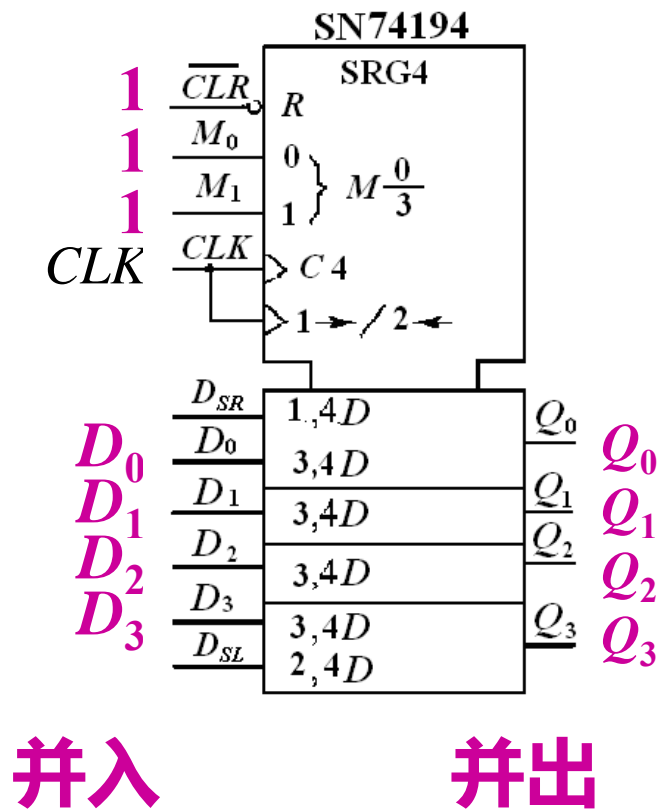
$M_1$	$M_0$	功 能
0	0	保持
0	1	右移
1	0	左移
1	1	并入

$Q_0 Q_1 Q_2 Q_3$   
↑ ↑ ↑ ↑  
 $D_0 D_1 D_2 D_3$

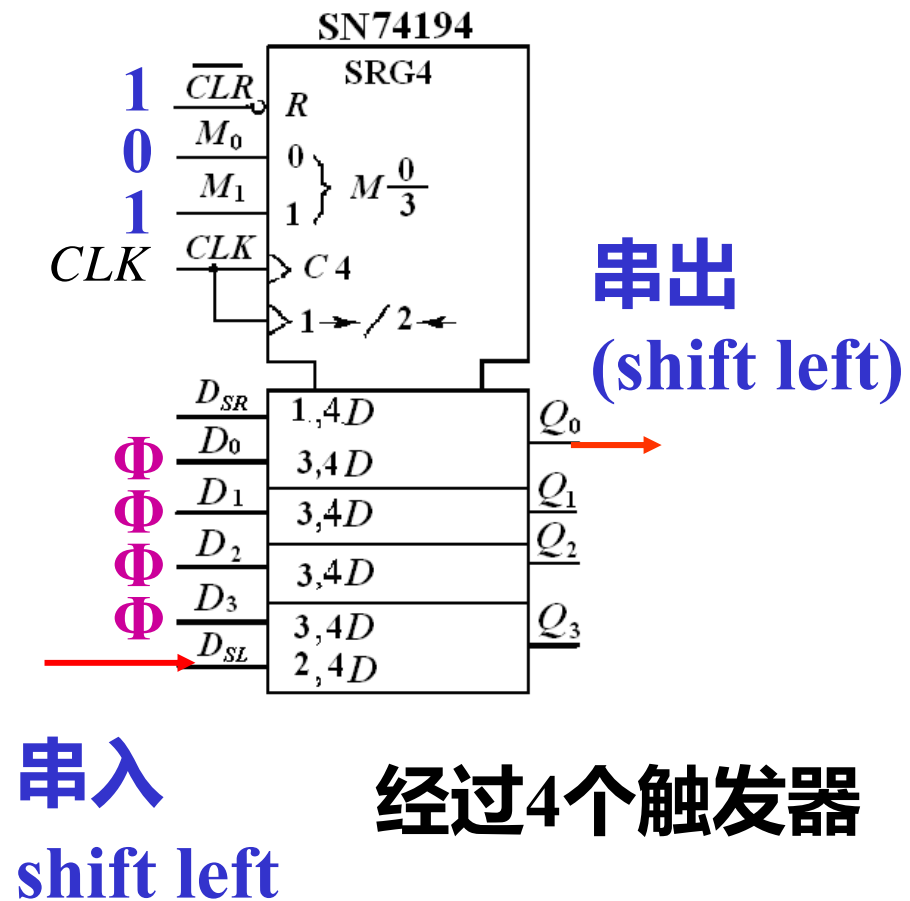
实现前面 9 种功能

注:  $Q_0 Q_1 Q_2 Q_3$  只有排列顺序, 没有高、低位。

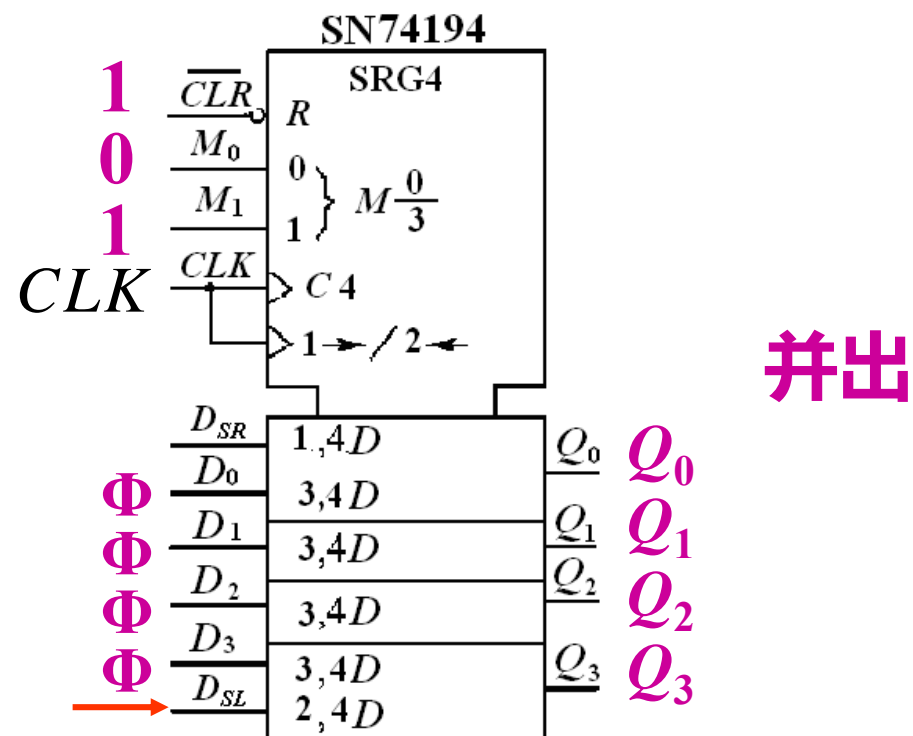
## (1) 并入/并出



## (2) 左移串入/串出



### (3) 左移串入 / 并出



串入  
shift left

并出

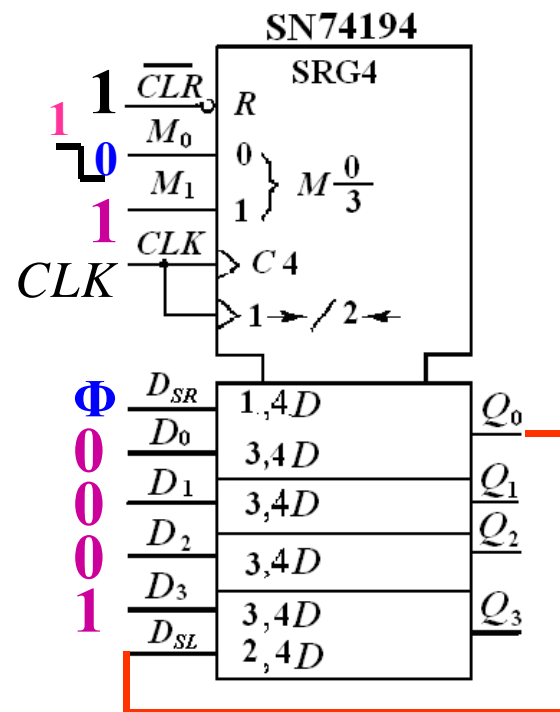
#### (4) 左移环形

$$Q_0 \rightarrow D_{SL}$$

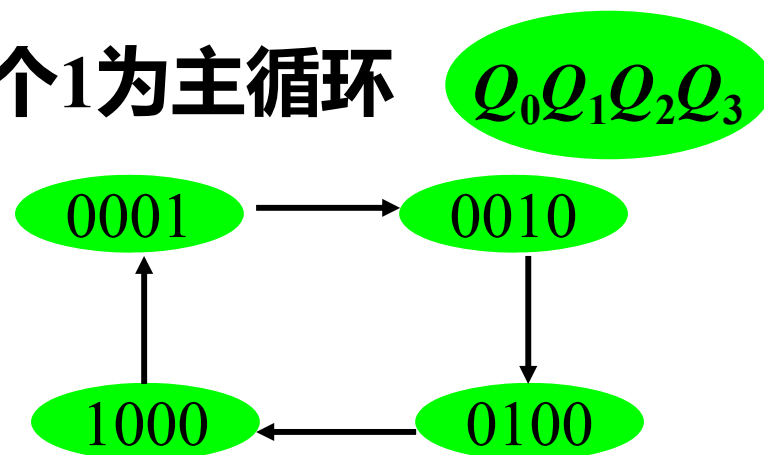
先置  $M_1=1, M_0=1$ ,  
在  $CLK$  上升沿并入,  
 $Q_0Q_1Q_2Q_3 =$   
 $D_0D_1D_2D_3 = 0001$

再置  $M_0=0, CLK$  边  
沿到来  $\rightarrow$  左移  $\rightarrow$   
M-4 计数

接彩灯



一个1为主循环

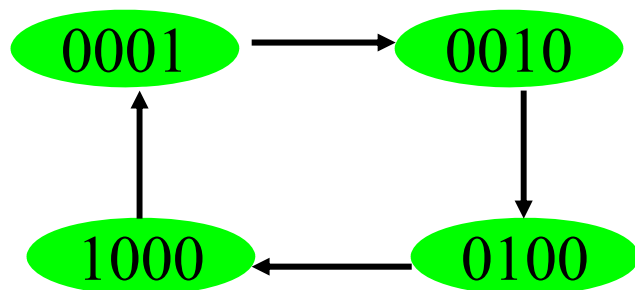




一个1为主循环

$Q_0Q_1Q_2Q_3$

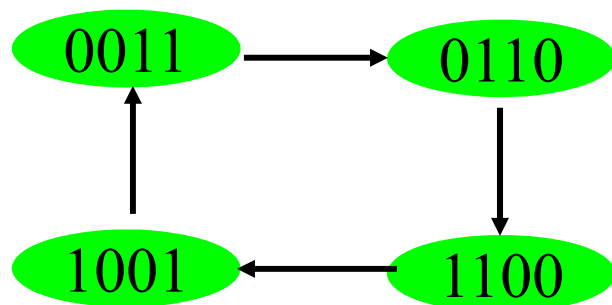
左移环形的其他置数方式:



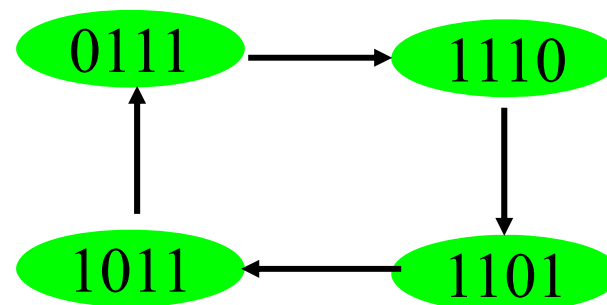
0000

保持

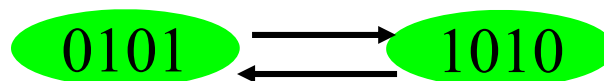
1111



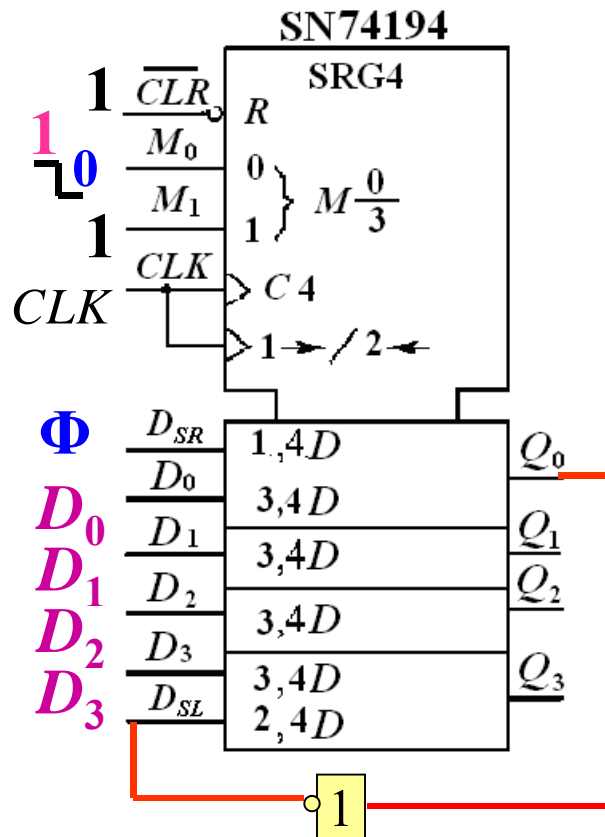
M-4环形计数器



M-4环形计数器



## (5) 左移扭环寄存器



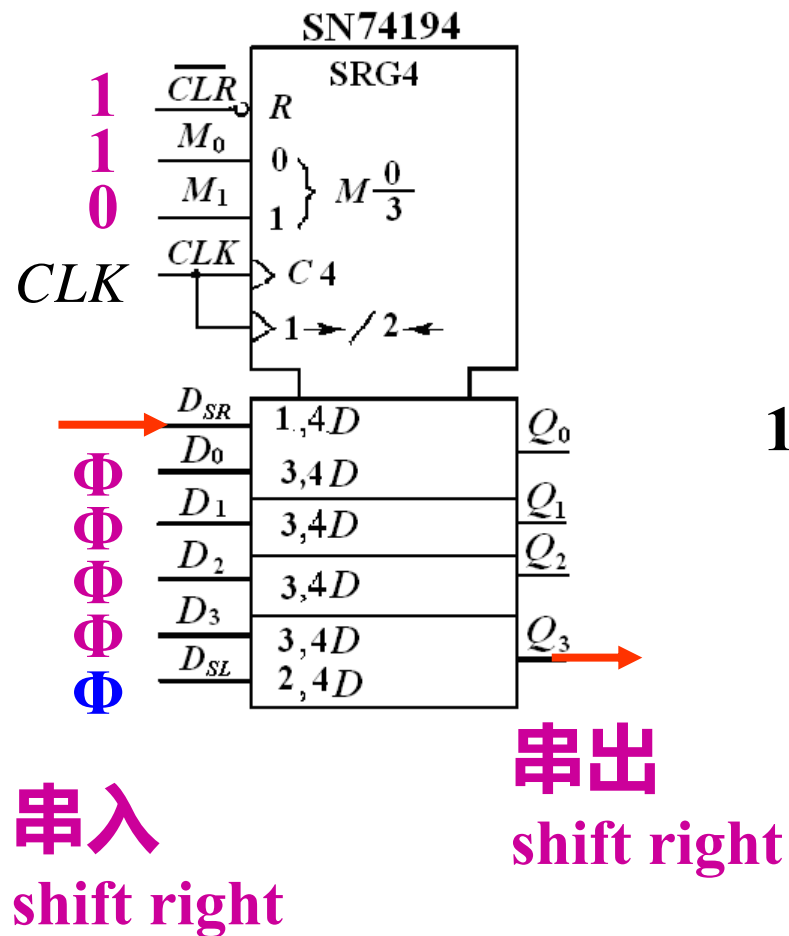
$$M_1 = 1,$$

$$M_0 = \begin{cases} 1, \text{ 并入} \\ Q_0 Q_1 Q_2 Q_3 = D_0 D_1 D_2 D_3 \\ 0, \text{ 扭环} \end{cases}$$

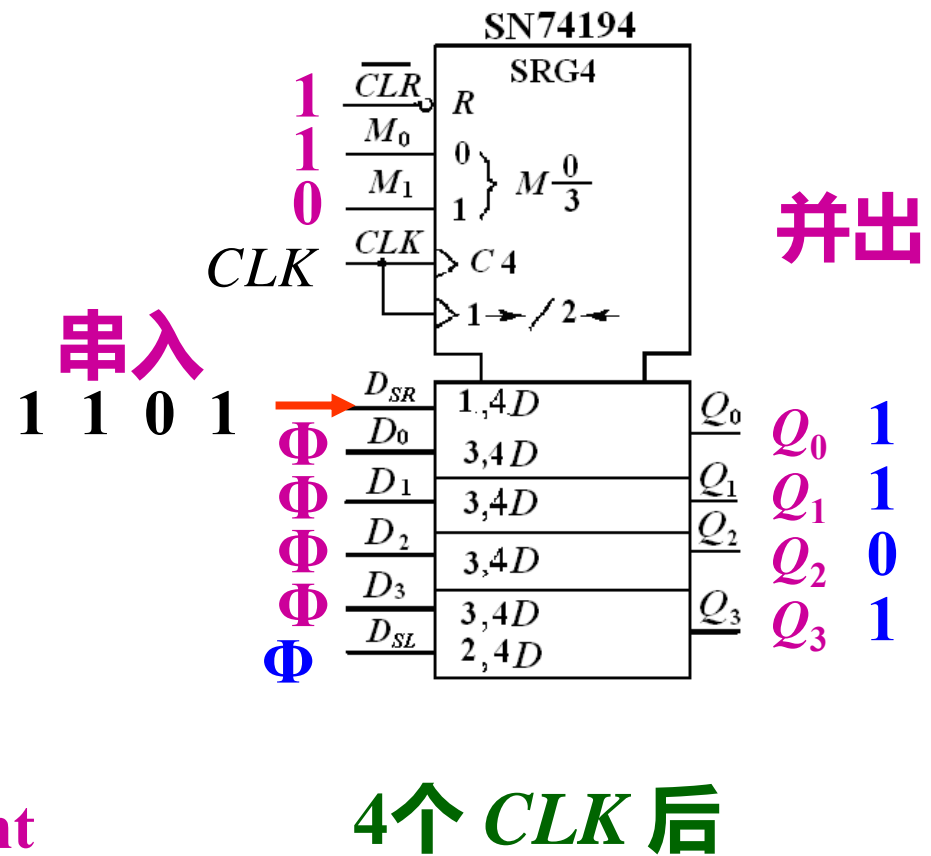
$\overline{Q}_0$  connect to  $D_{SL}$

$D_0 D_1 D_2 D_3$  接  $\Phi$ , 都可以构成扭环

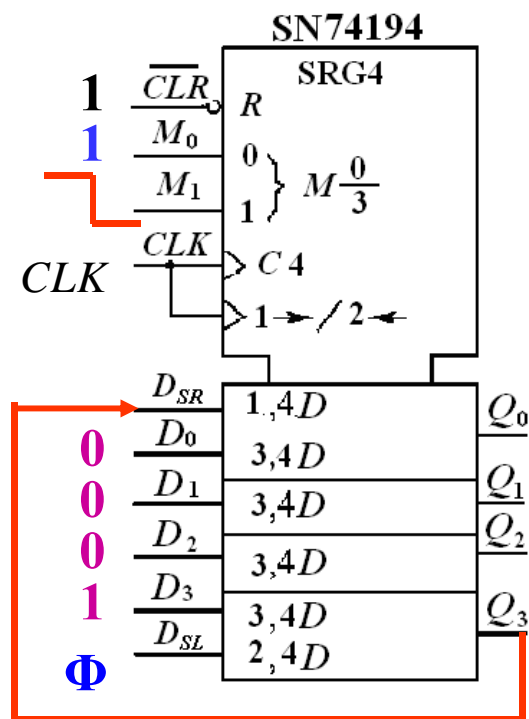
## (6) 右移串入/串出 寄存器



## (7) 右移串入/并出 寄存器



## (8) 右移环形寄存器



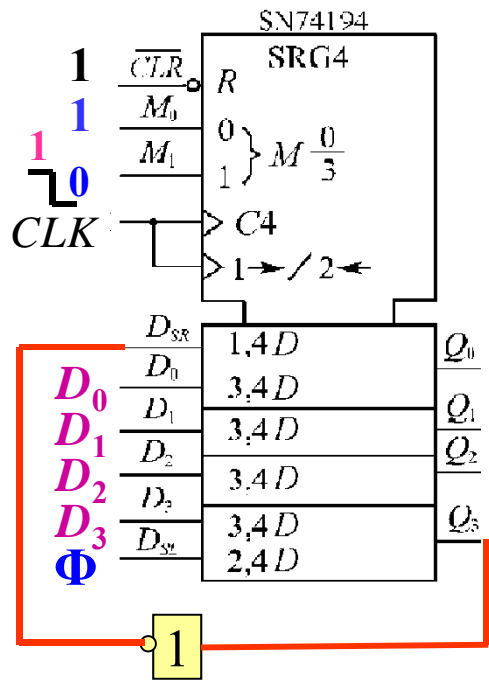
$$Q_3 \rightarrow D_{SR}$$

$$M_0 = 1$$

$$M_1 = \begin{cases} 1, CLK \text{ 到} \\ Q_0 Q_1 Q_2 Q_3 = D_0 D_1 D_2 D_3 \\ 0, CLK \text{ 到} \\ \text{右移环形} \end{cases}$$

模 4 计数器

## (9) 右移扭环寄存器



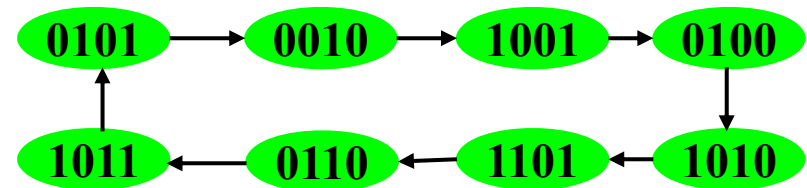
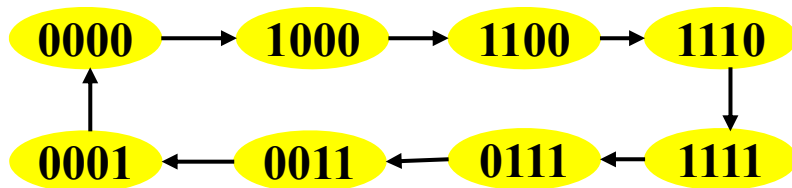
$\overline{Q_3}$  接  $D_{SR}$

$M_0 = 1,$

$M_1 = \begin{cases} 1, \text{ 并入} \\ Q_0 Q_1 Q_2 Q_3 = D_0 D_1 D_2 D_3 \\ 0, \text{ 扭环} \end{cases}$

$D_0 D_1 D_2 D_3$  接  $\Phi$ , 都可以构成扭环

只有两种状态图  $Q_0 Q_1 Q_2 Q_3$

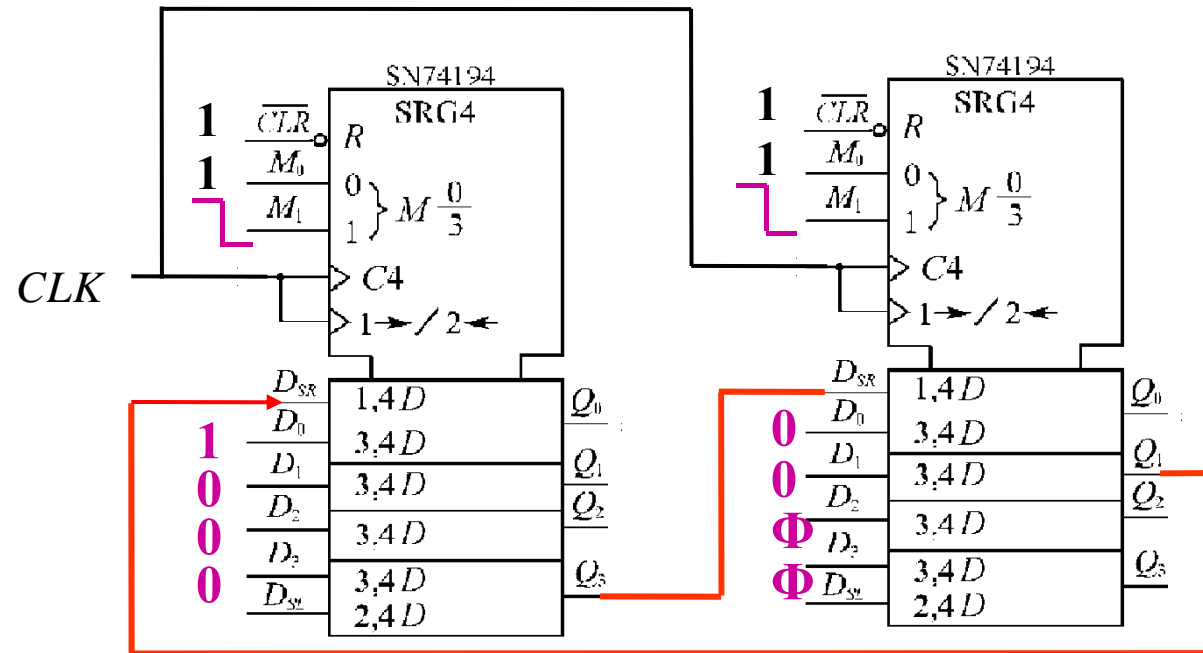


注意: 从并入的  $D_0 D_1 D_2 D_3$  开始循环 模 8 计数器

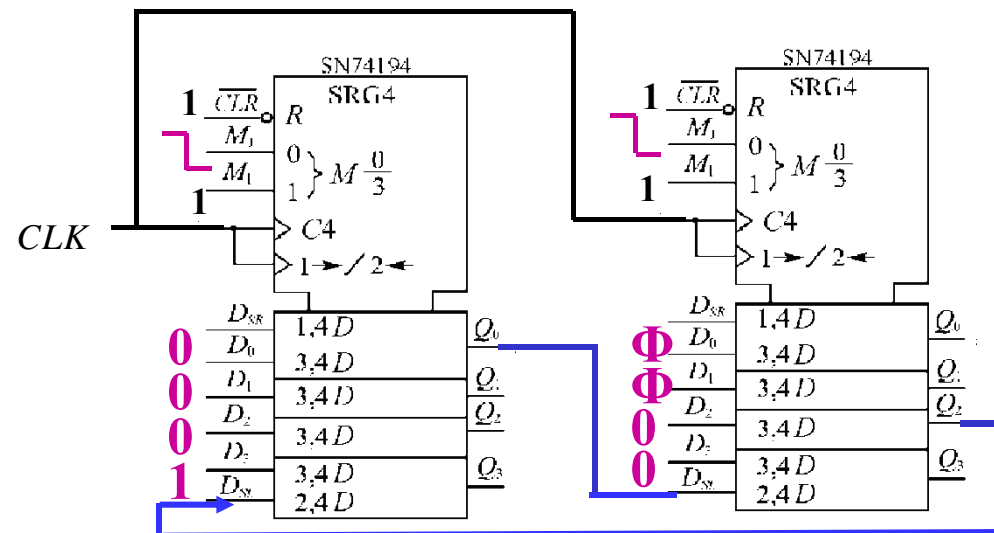
# 例1. 用74194 设计模 6 环形计数器

6 FFs

右移



左移

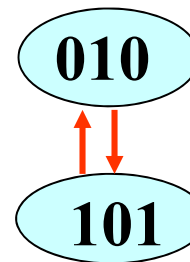
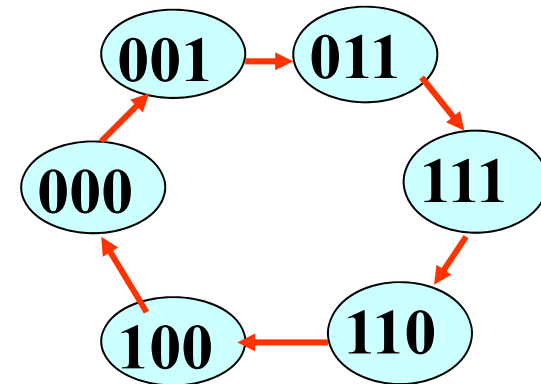
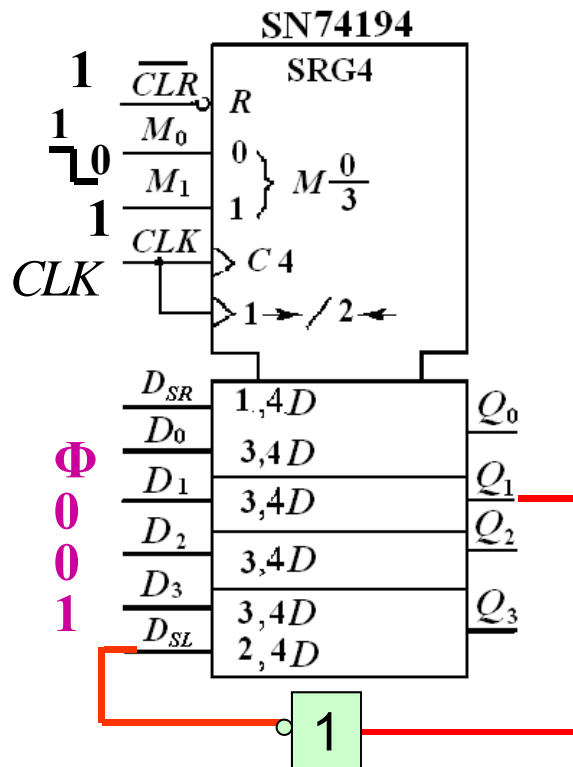


## 例2. 用74194设计模6 扭环计数器，画出状态图

3 FFs

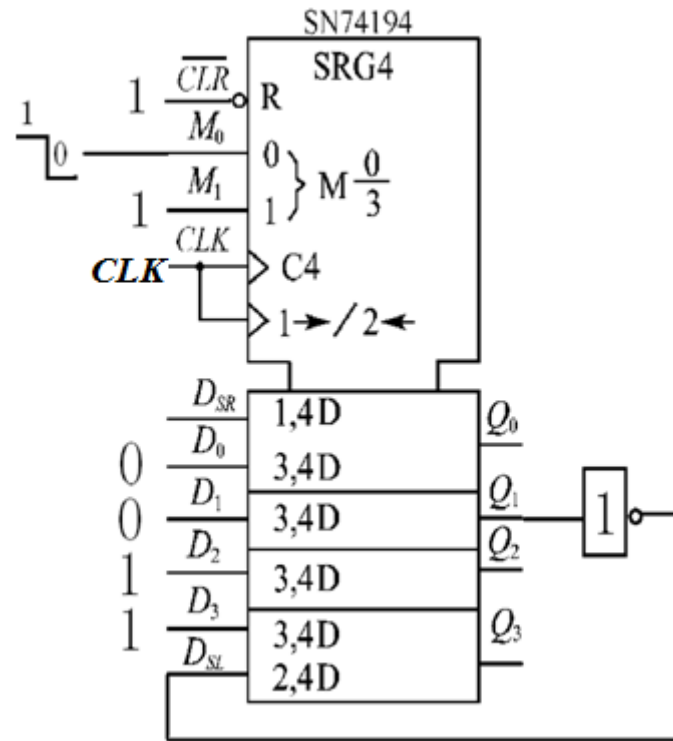
Shift left

$Q_1Q_2Q_3$

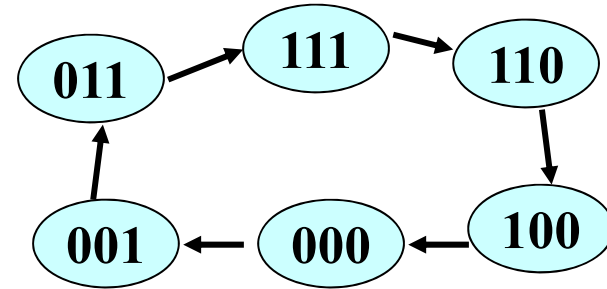


不能置 $\Phi$

### 例3：分析如图所示的芯片功能，画出状态图

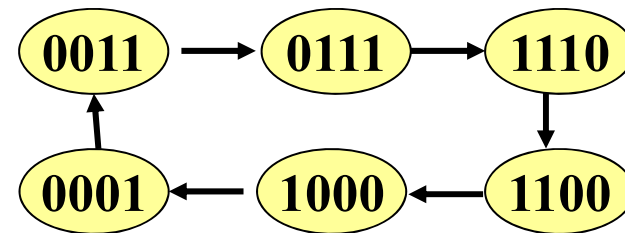


$Q_1Q_2Q_3$  左移扭环



M - 6

$Q_0Q_1Q_2Q_3$





## §6.6 序列信号发生器

### Series Signal Generator

#### 计数器和寄存器的应用

**序列信号：**一组特定的循环数字信号

**序列信号发生器：**

{ Counter-type 计数型  
Shift-type 移位型

## § 6.6.1 计数型序列信号发生器

### Counter-type Series Signal Generator

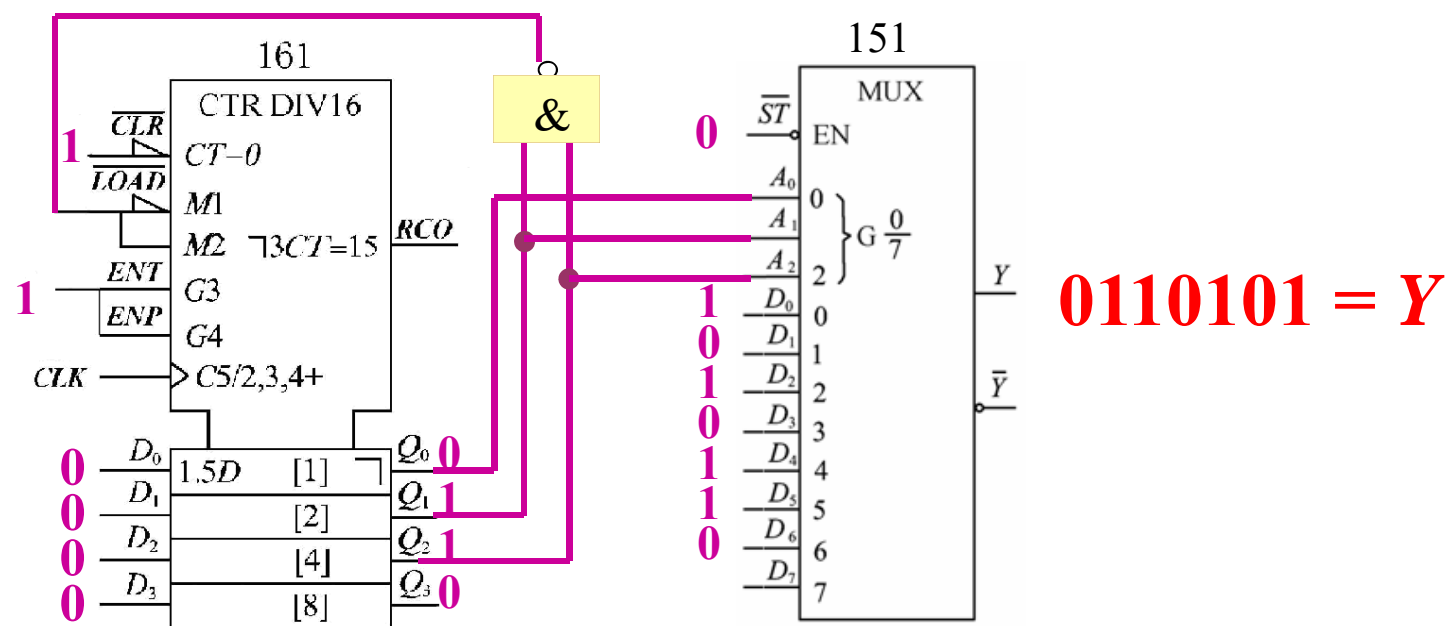
例：

设计一个产生7位序列信号 1010110 的序列信号发生器（时间顺序：从左到右）。

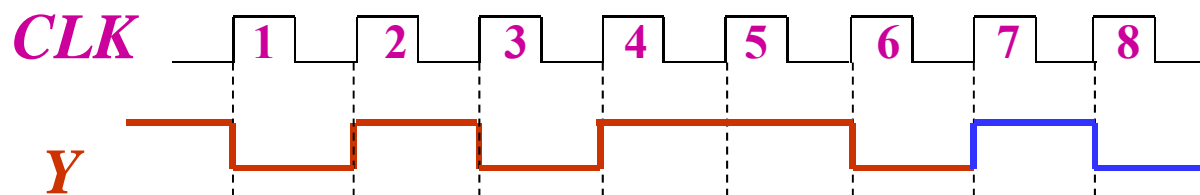
结构：



(M-7)

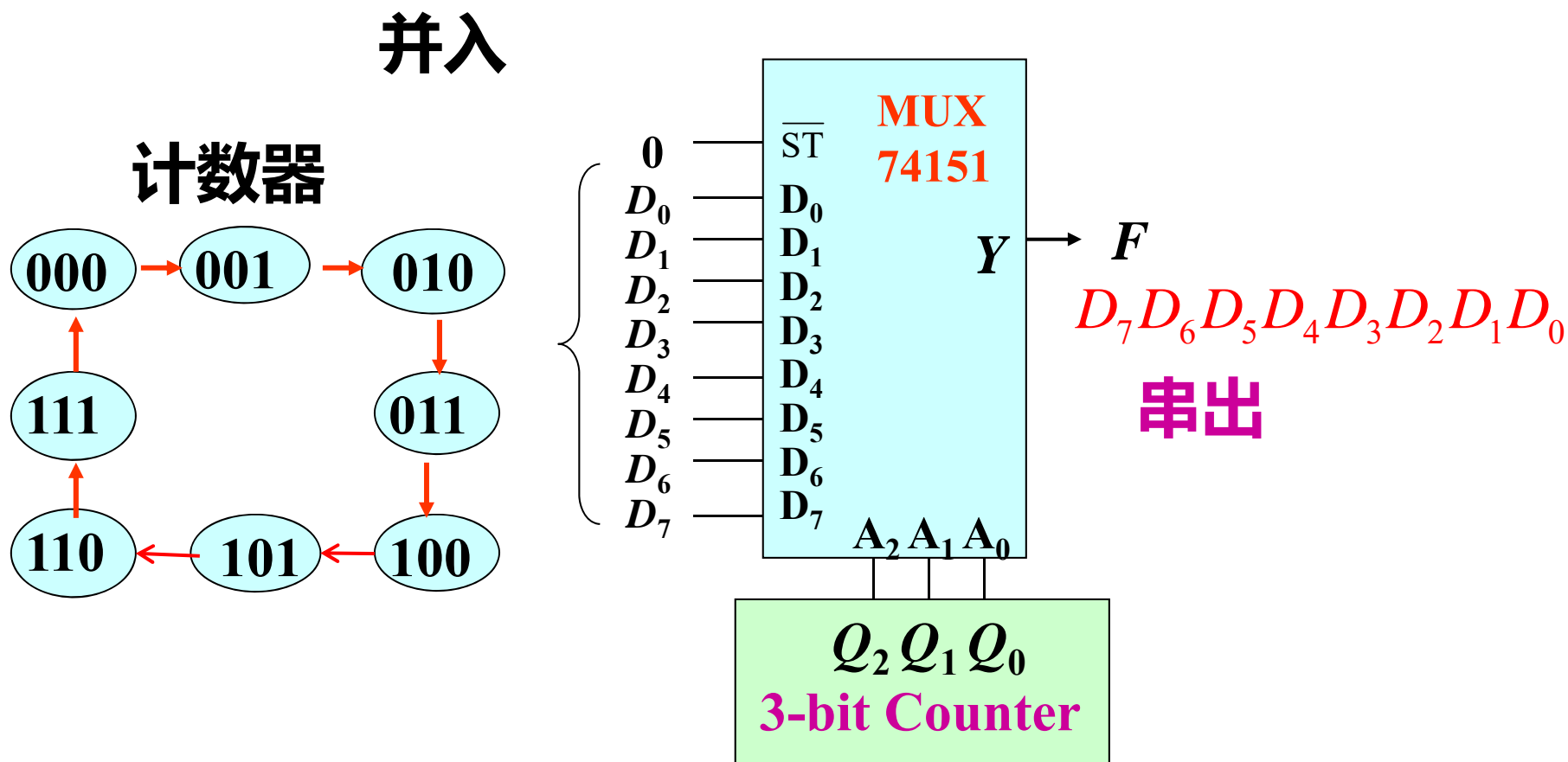


波形

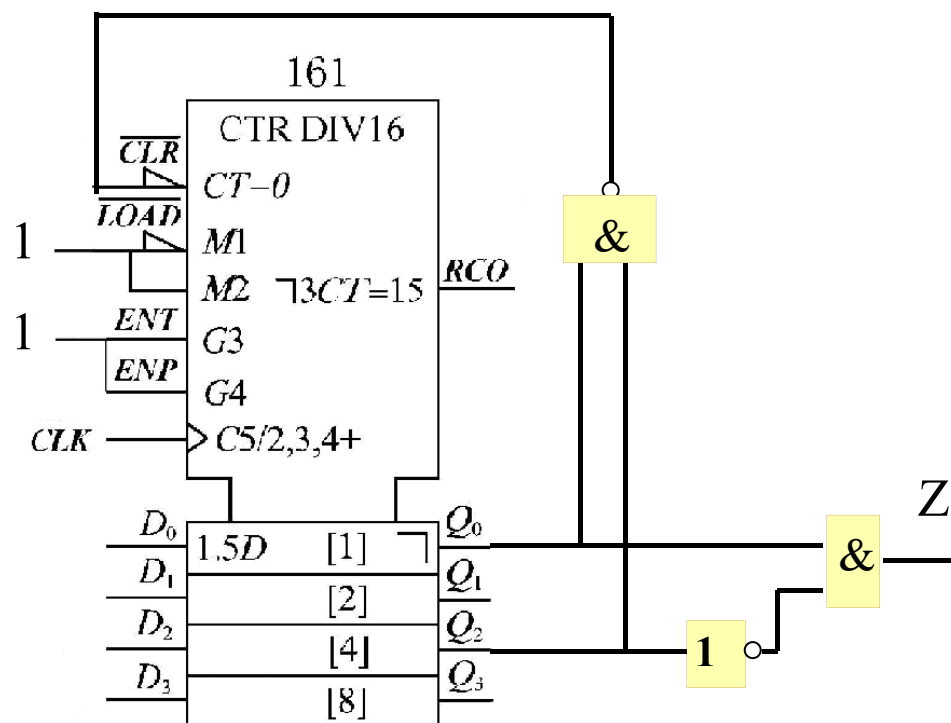


## 例2. 用序列信号发生器实现数据并/串转换

### Counter and MUX



### 例3 . 分析下图电路



**74161 : M-5 计数器**  
**(000) ~ (100) (110) 毛刺**

$$Z = Q_0 \cdot \bar{Q}_2$$

**输出为原状态的输出**

**状态表**

$Q_2^n$	$Q_1^n$	$Q_0^n$	$Q_2^{n+1}$	$Q_1^{n+1}$	$Q_0^{n+1}$	<b>Z</b>
0	0	0	0	0	1	<b>0</b>
0	0	1	0	1	0	<b>1</b>
0	1	0	0	1	1	<b>0</b>
0	1	1	1	0	0	<b>1</b>
1	0	0	0	0	0	<b>0</b>

**计数器从000 到100 循环, 相应的输出为 01010.**

**电路功能: 产生 01010 序列信号的序列信号发生器。**

## 作业:

## 6.2

## 6.3

## 6.8

## 6.12

# 6.15

# 6.19

**更正： 6.15 图 (b) 161 改为 163**

## 6.19 图

