第三节 计数器

计数的实质：利用多个稳态来实现计数.

稳态数 — 称为计数器的模/进位基数/计数容量

分类:

1)依据CP脉冲引入方式可分为同步、异步计数器.

2)依据计数的模值:二进制和非二进制计数.

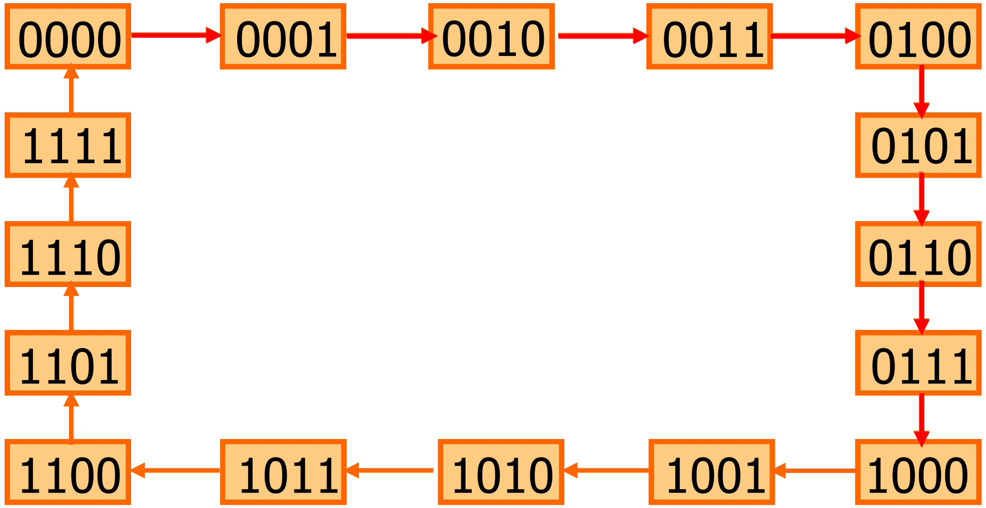
3)依据计数的操作方式:加法、减法、可逆.

1.同步二进制计数器.

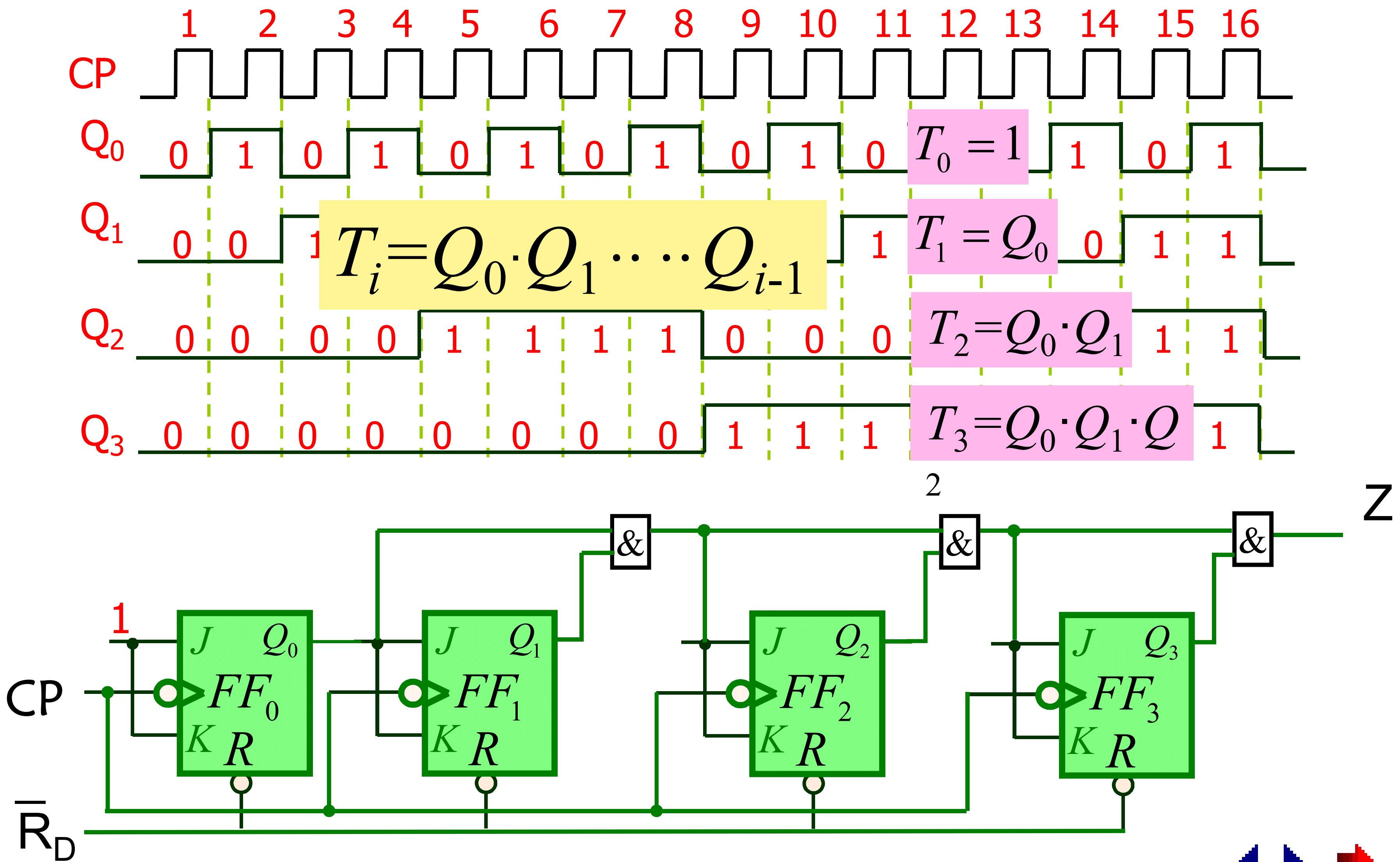
Q_0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Q_1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
Q_2	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
Q_3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1

1、同步二进制计数器

状态转换图：



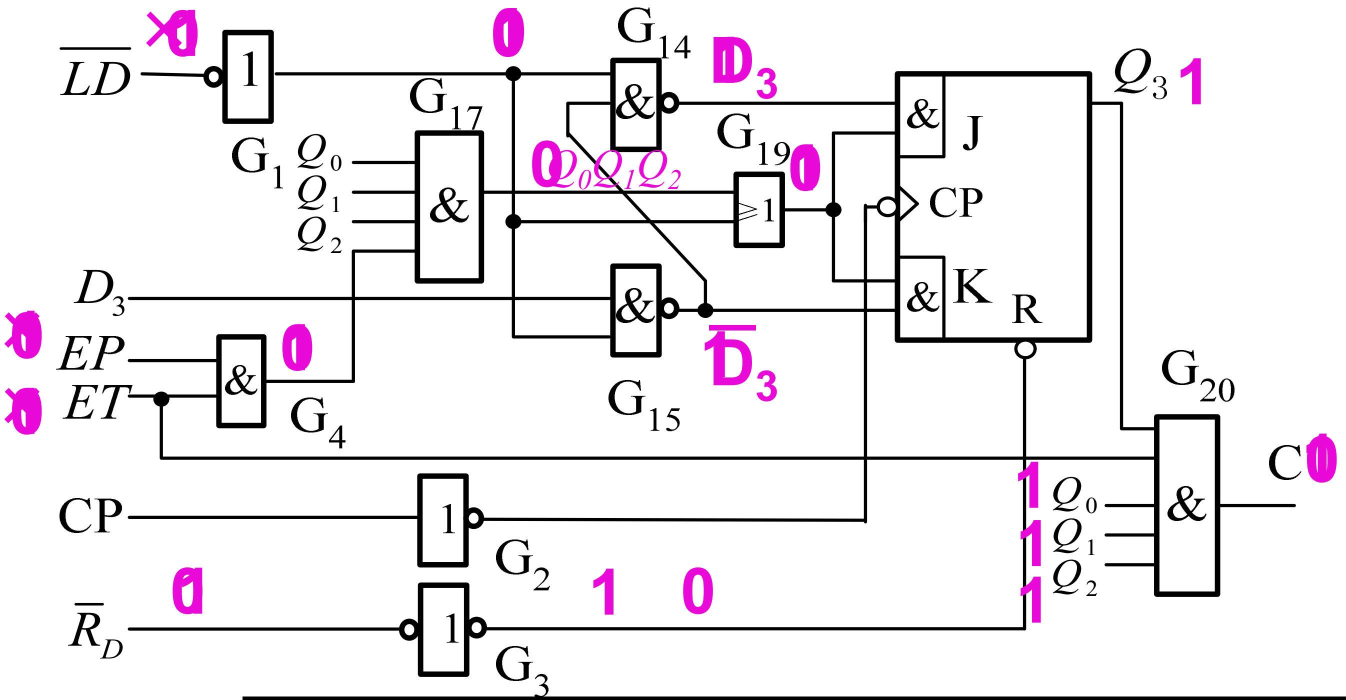
同步二进制计数器



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
CP
Q0
Q1
Q2
Q3
$T_i = Q_0 \cdot Q_1 \cdots Q_{i-1}$
$T_0 = 1$
$T_1 = Q_0$
$T_2 = Q_0 \cdot Q_1$
$T_3 = Q_0 \cdot Q_1 \cdot Q_2$
Z
&
1
J Q0 FF0 K R
J Q1 FF1 K R
J Q2 FF2 K R
J Q3 FF3 K R
CP
$\overline{R}_D$

集成同步计数器（74LS161、74LS160）

1、逻辑图



2、功能表

异步清0

同步置数

计数工作状态下，当 $Q_3Q_2Q_1Q_0$=1111时C=1

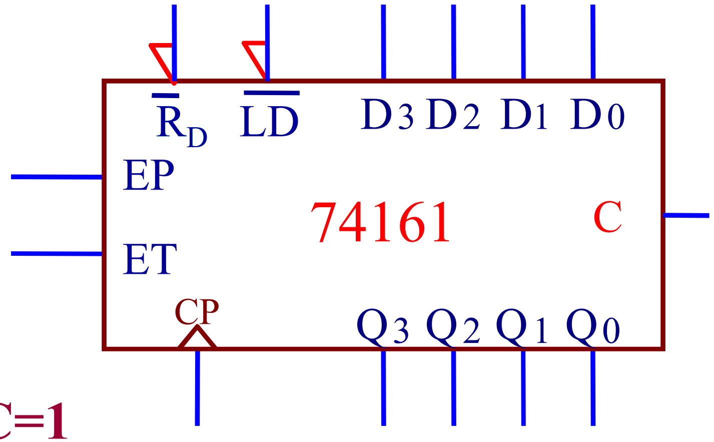
$\bar{R}_D$	$\overline{LD}$	ET	EP	CP	D_0	D_1	D_2	D_3	Q_0	Q_1	Q_2	Q_3
0	×	×	×	×	×	×	×	×	0	0	0	0
1	0	×	×	↑	d_0	d_1	d_2	d_3	d_0	d_1	d_2	d_3
1	1	1	1	↑	×	×	×	×	计数			
1	1	0	×	×	×	×	×	×	保持，C=0			
1	1	1	0	×	×	×	×	×	保持 $C=Q_0Q_1Q_2Q_3$			

3、74161逻辑框图

$\overline{R_D}$ 异步清零端

$\overline{\mathrm{LD}}$ 置数控制端

ET、EP 计数控制端



C 进位输出端

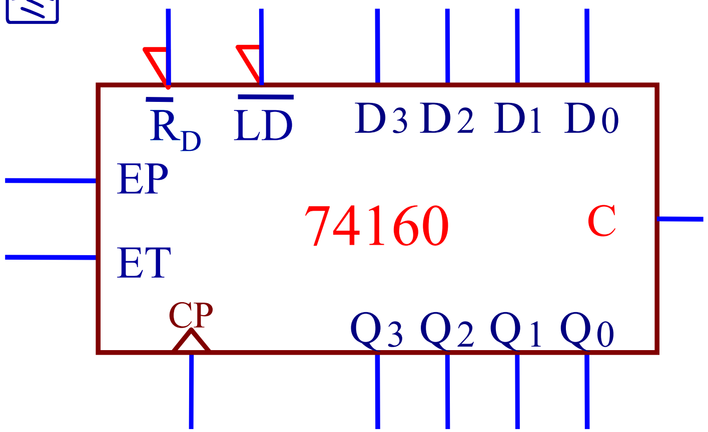
D_3~D_0数据输入端

Q_3~Q_0数据输出端

计数工作状态下，当 **$Q_3Q_2Q_1Q_0$=1111时， C=1**

4、74160逻辑框图

计数工作状态下，当 **$Q_3Q_2Q_1Q_0$=1001时， C=1**

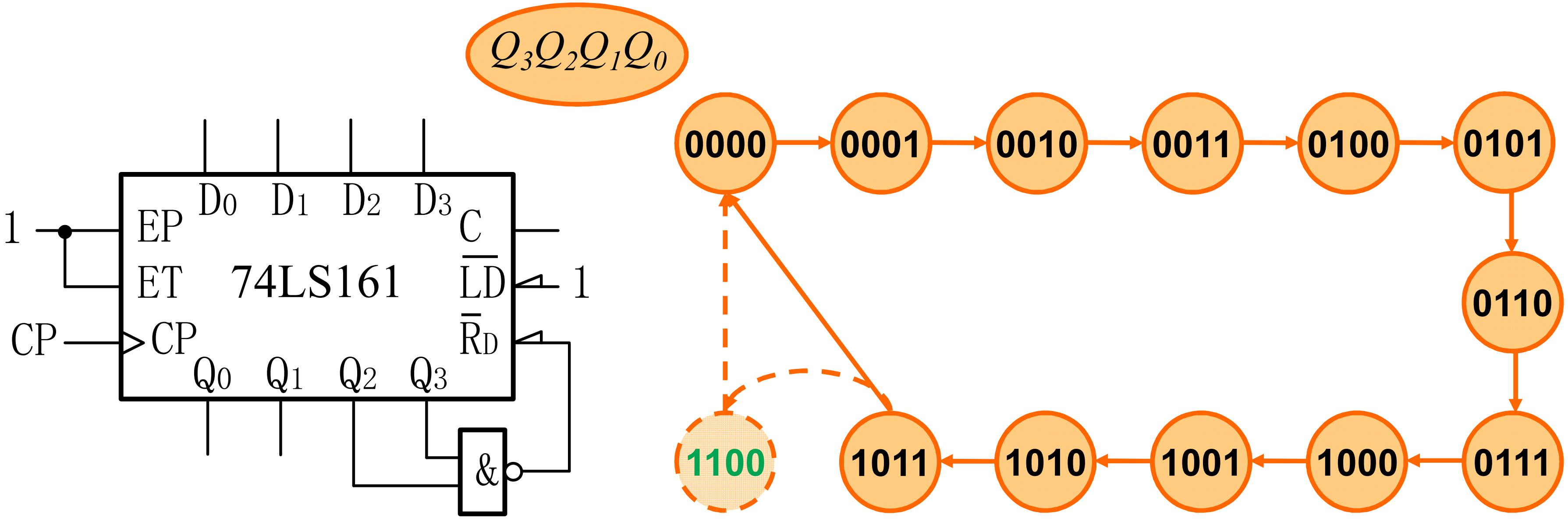


用74161、74160组成任意模值计数器：

一、用**74LS161**组成**M<16**进制的计数器（以**M＝12**为例）

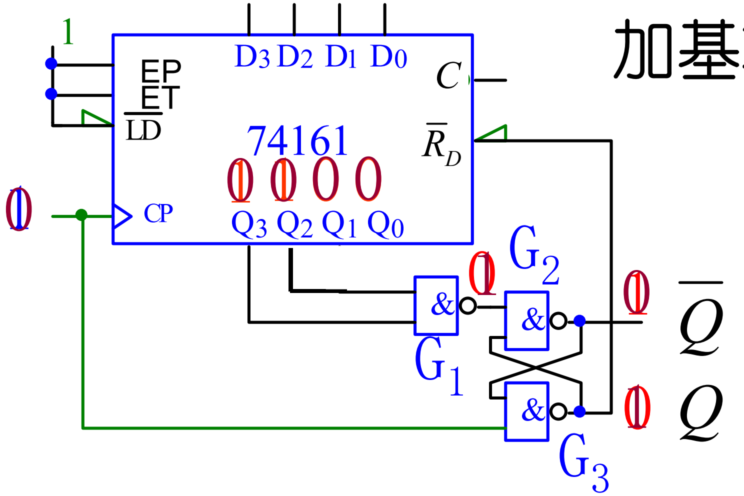
基本方法有两种：清0法、置数法。

1、清0法　　几进制几清**0**　$(\overline{R}_D = 0)$



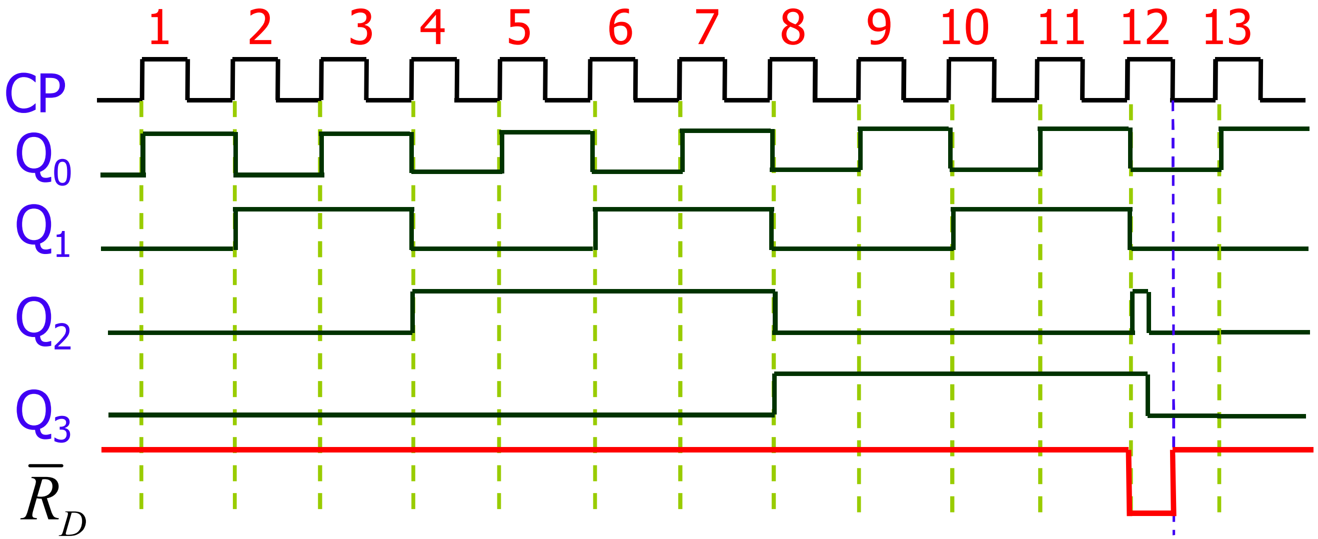
1. Convert M to binary number; 2. Pick out outputs whose value are 1s, and connect them to the clear terminal through a NAND gate.

克服清0不可靠的方法：



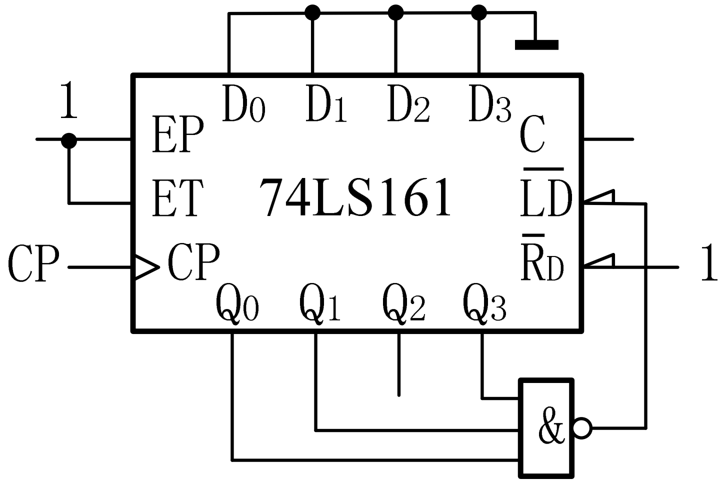
加基本**RS**触发器，使 $\overline{R}_D$ 脉冲宽度变宽

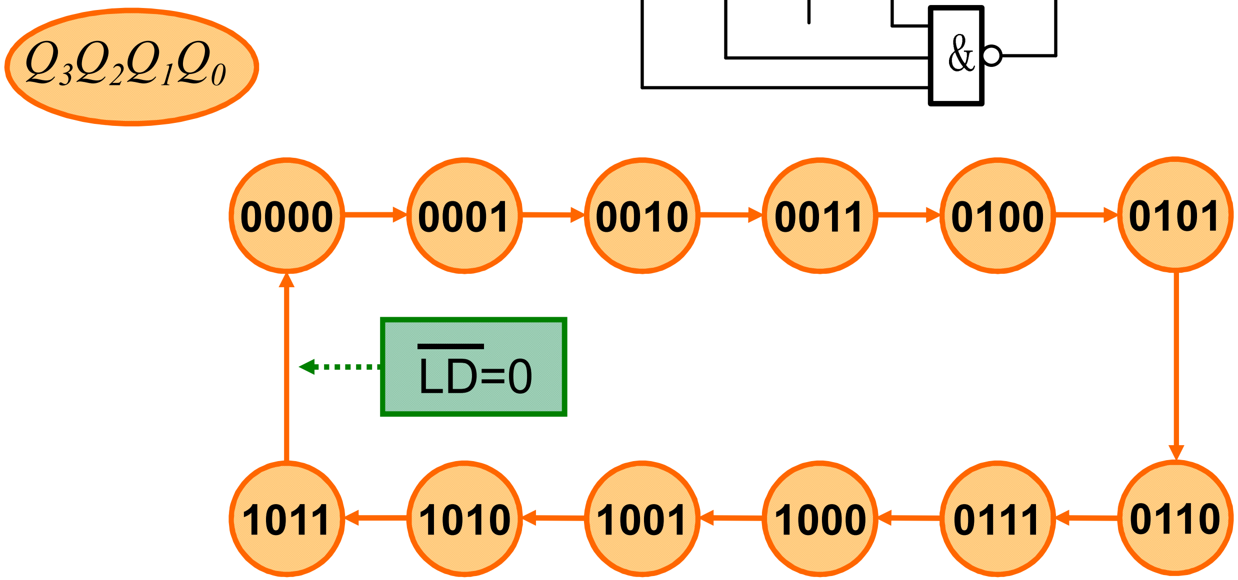
在第十二个**CP**的↑和↓沿的作用下，**Q**端输出的清**0**信号宽度和计数脉冲**CP=1**的持续时间相同。足以保证各级触发器可靠清零。



2、置数法

a、置0法（置最小数法） 几进制几－1置0 $(\overline{LD}=0)$





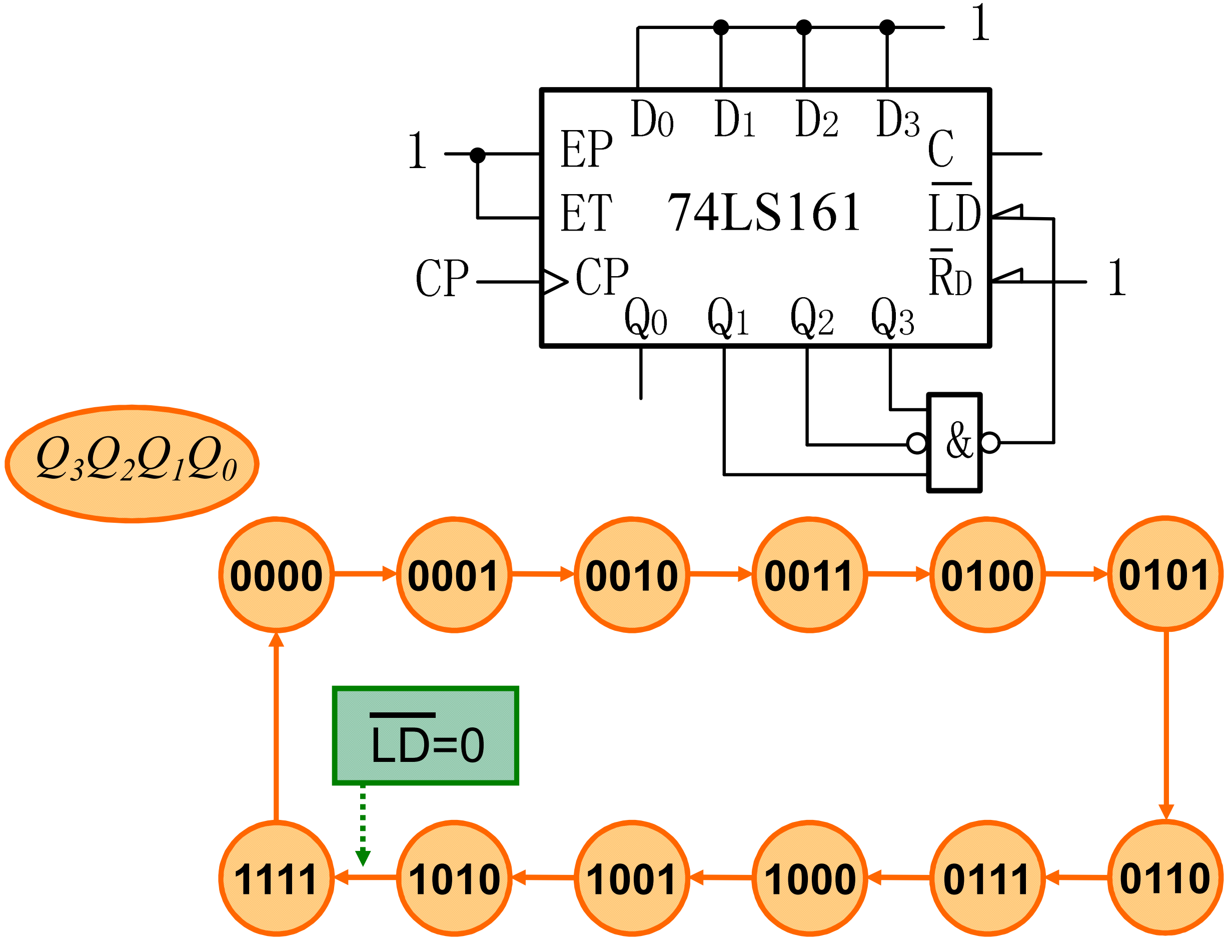
1.Set data inputs to ground;

2. Convert M-1 to binary number;

3. Pick out outputs whose value are 1s, and connect to the load terminal through a NAND gate.

2、置数法

b、置1法（置最大数法） 几进制几－2置1 $(\overline{LD}=0)$



1.Set data inputs to HIGH;

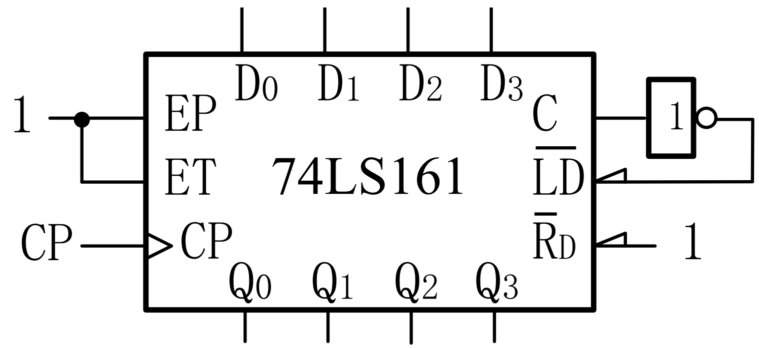
2. Convert M-2 to binary number;

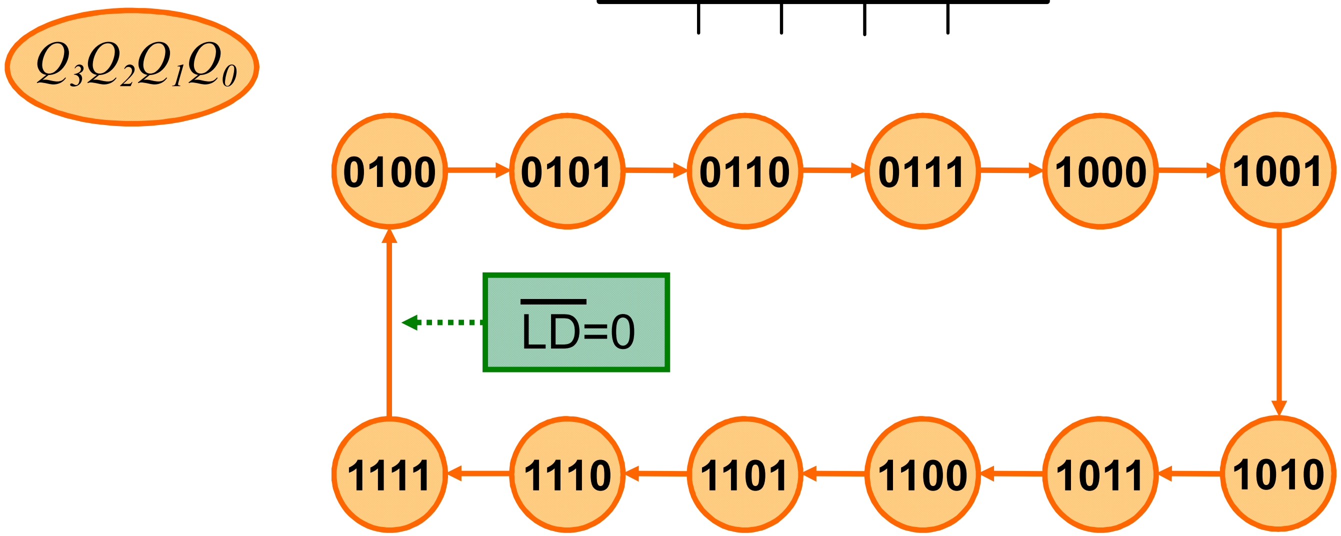
3. Pick out outputs whose value are 1s and at least one 0s, connect them to the load terminal through a NAND gate.

2、置数法

c、置任意数法　$(\overline{LD}=0)$

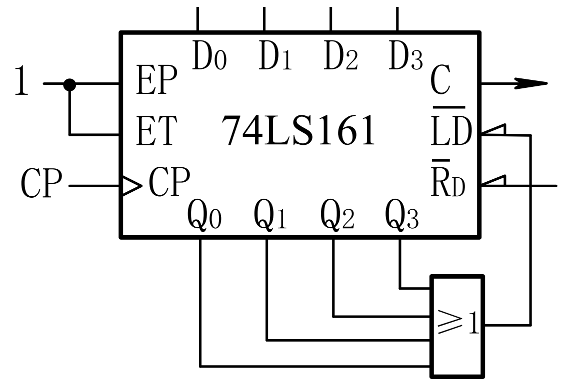
◆ 方法一：　**M(计数器模值)=2⁴-N（外部置数）**

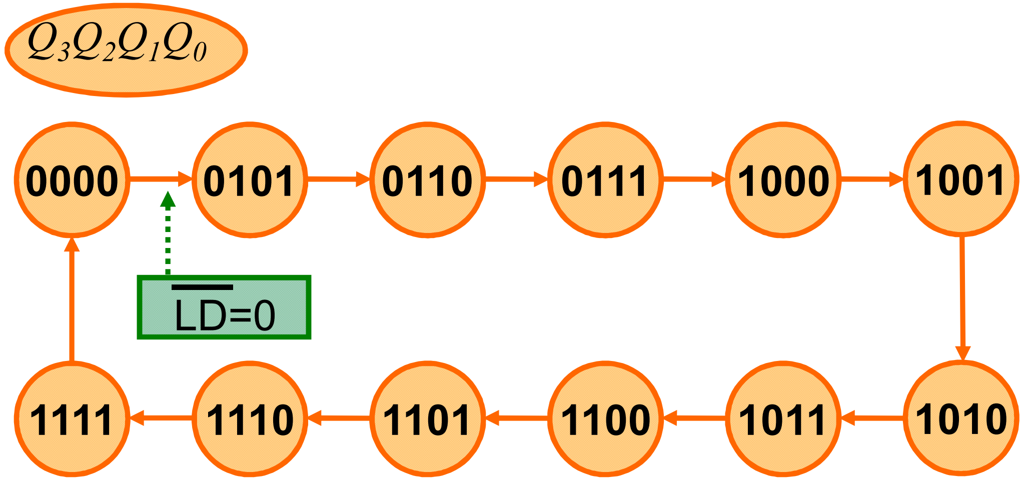




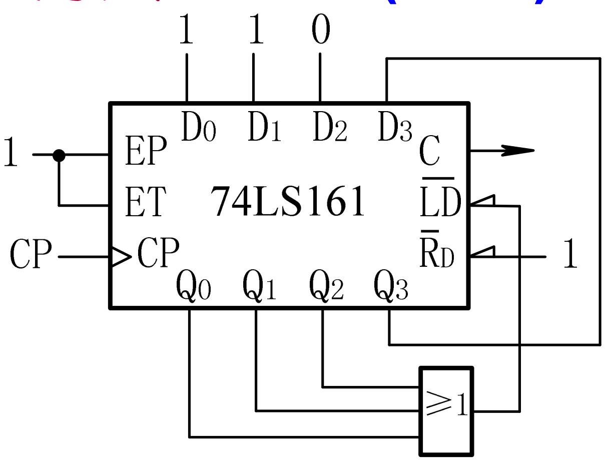
置任意数法

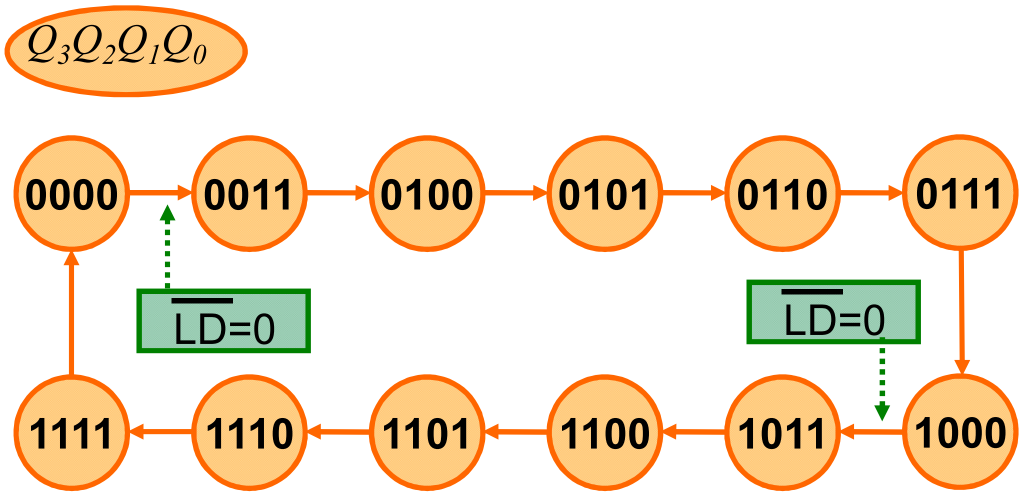
◆ 方法二：　$M=2^4-N+1$





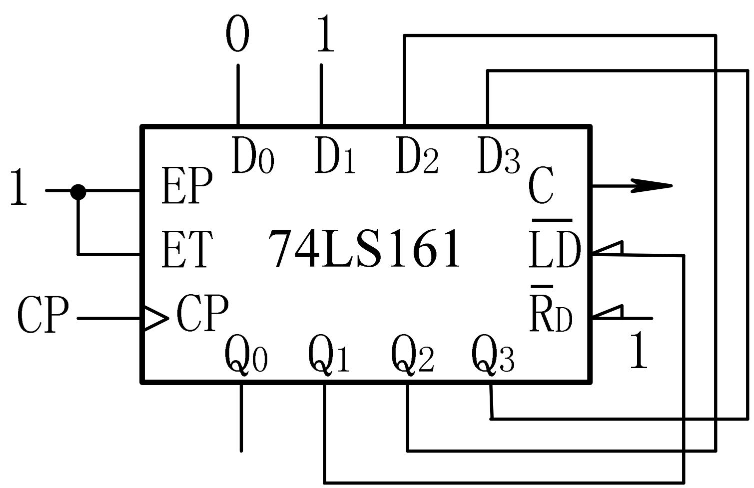
◆ 方法三：$N=(2^4-M)/2+1$



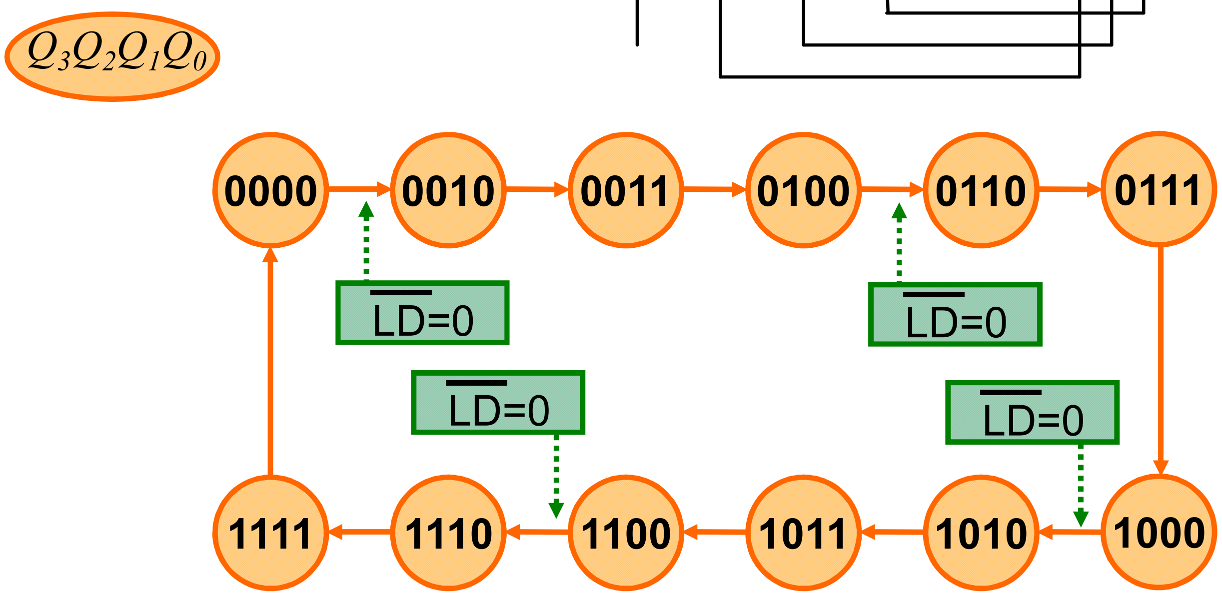


置任意数法

- 方法四：



0
1
1
EP
ET
CP
CP
D0
D1
D2
D3
74LS161
C
LD
RD
1
Q0
Q1
Q2
Q3

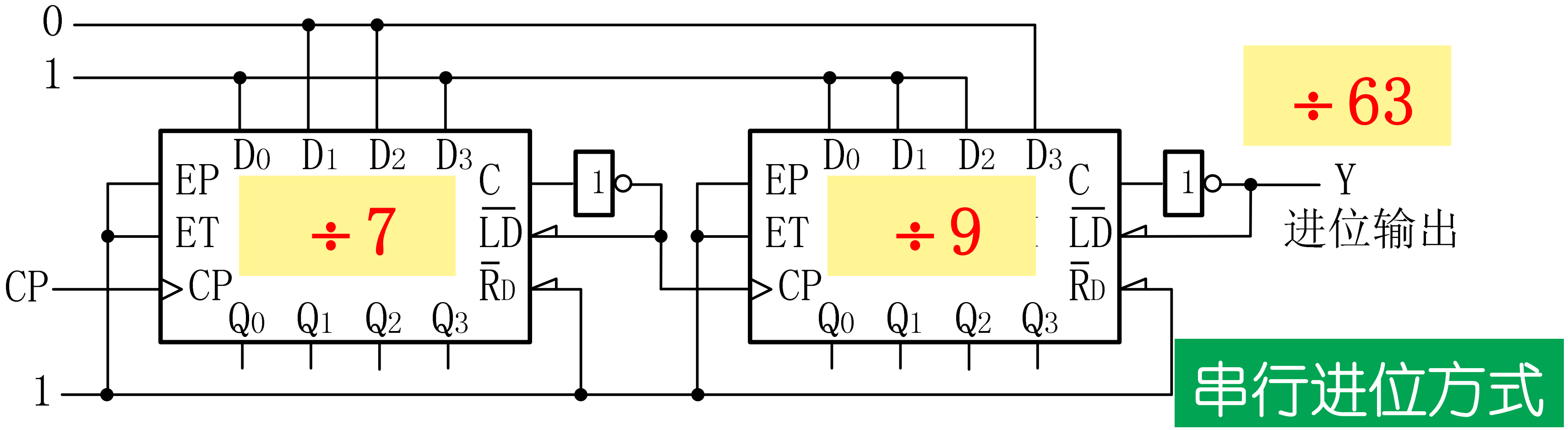


Q3Q2Q1Q0
0000
0010
0011
0100
0110
0111
LD=0
LD=0
LD=0
LD=0
1111
1110
1100
1011
1010
1000

二、组成M>16的计数器

片间连接方法：串行进位方式、并行进位方式

1、大模分解法：$M = N_1 \times N_2$ 其中 $N_1 \leqslant 16$， $N_2 \leqslant 16$



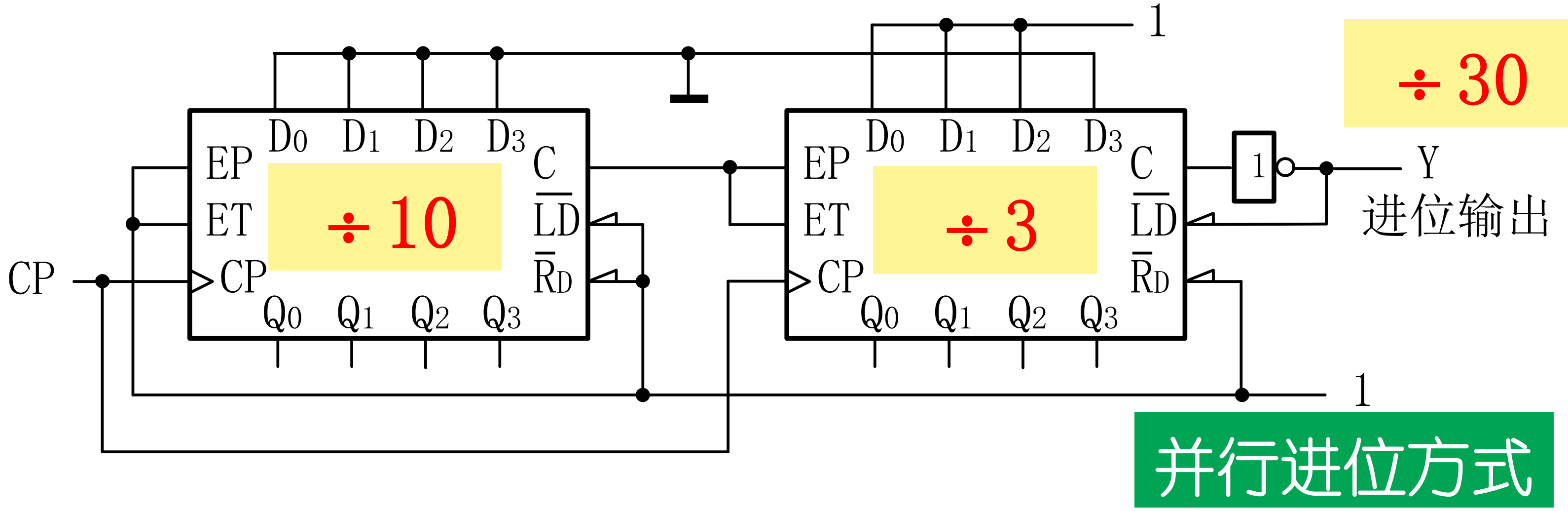
片Ⅰ：计数状态顺序为 9→10→11→12→13→14→15

C=1 $\overline{LD}=0$

片Ⅱ：计数状态顺序为 7→8→9→10→11→12→13→14→15

C=1 $\overline{LD}=0$

二、组成M>16的计数器



片Ⅰ：计数状态顺序为 $0\to1\to2\to3\to4\to5\to6\to7\to8\to9$

C=1

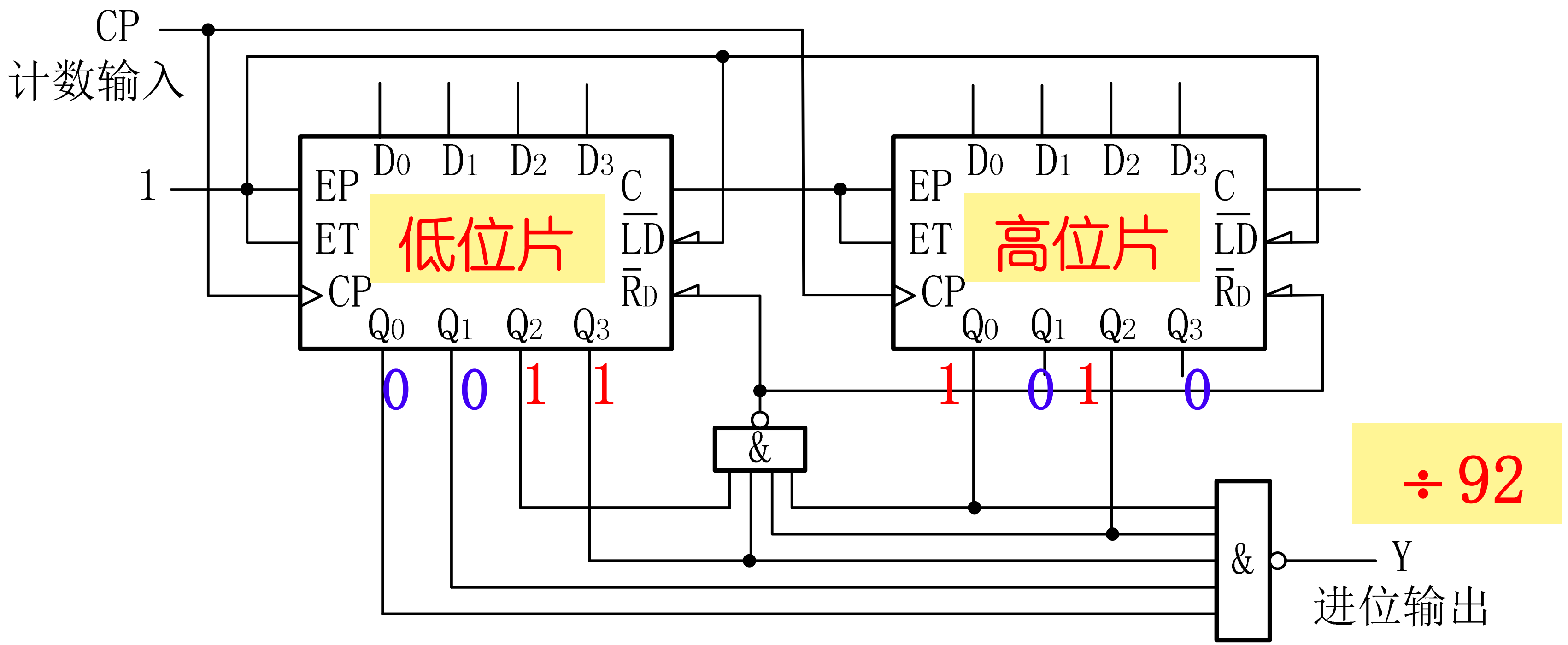
片Ⅱ：计数状态顺序为 $7\to8\to9$

C=1

$\overline{LD}=0$

二、组成M>16的计数器

2、整体清零法：几进制几清零，几－1进位



$\overline{R}_D = 0$ 的条件 计数状态为 01011100时，$(01011100)_2 = (92)_{10}$

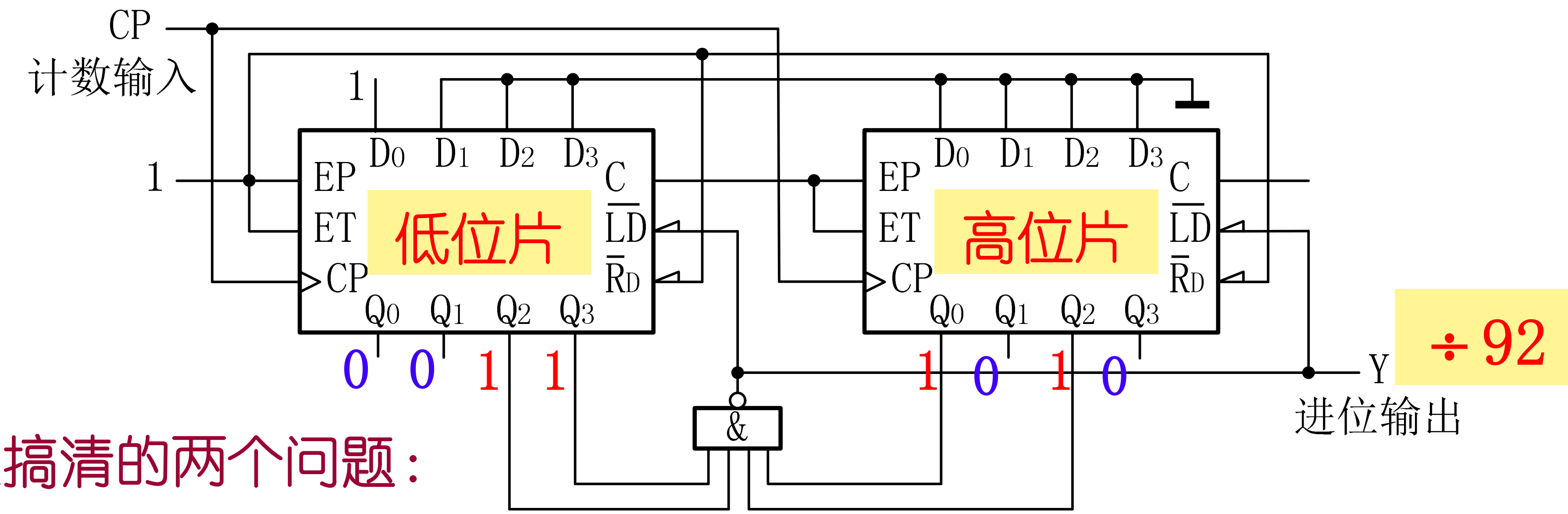
计数状态顺序为： 0→1→2→…→90→91 - - - → 92

92

异步清零

二、组成M>16的计数器

3、整体置数法：



应搞清的两个问题：

① $\overline{LD}=0$ 的条件：计数状态为 0101 1100时，$(01011100)_2=(92)_{10}$

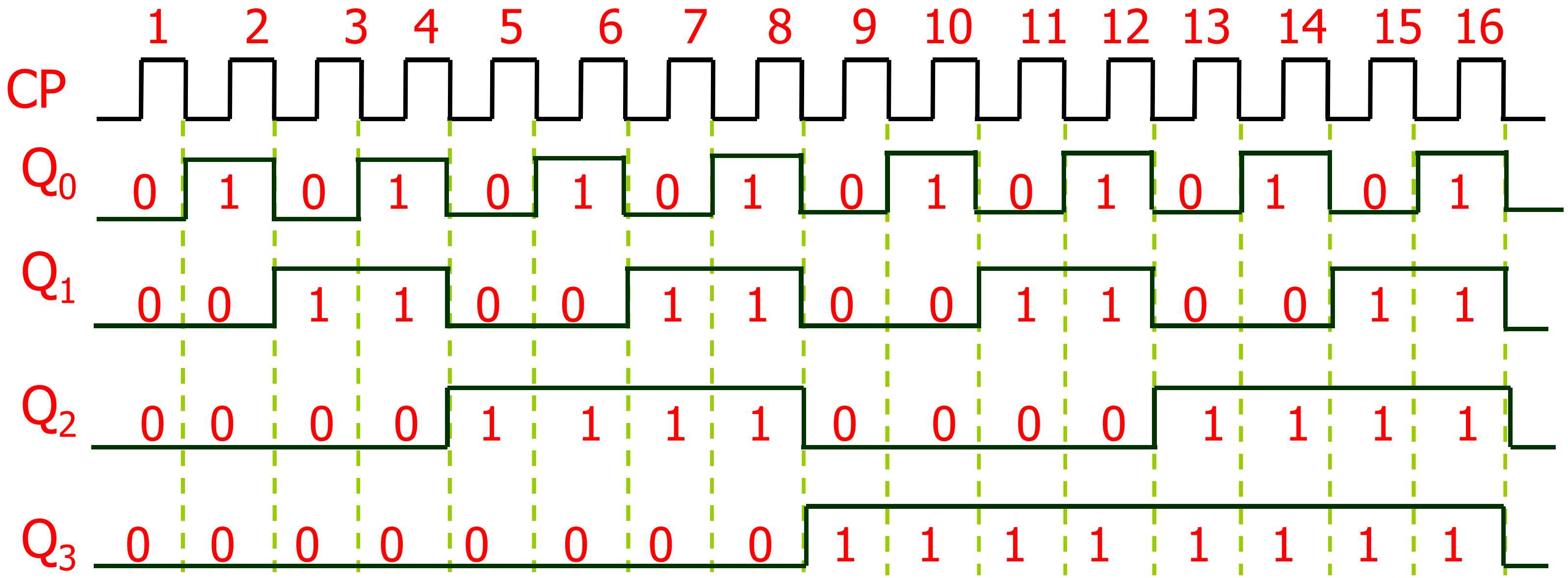
② 计数的起始状态：0000 0001

计数状态顺序为：1→2→…→91→92

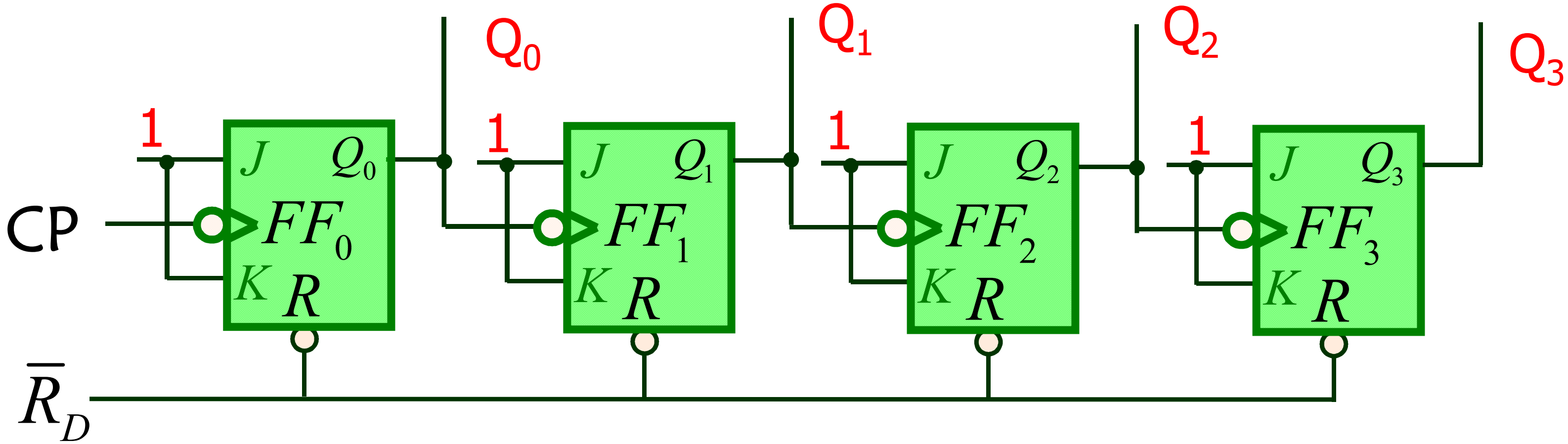
$\overline{LD}=0$

92

2、异步二进制计数器



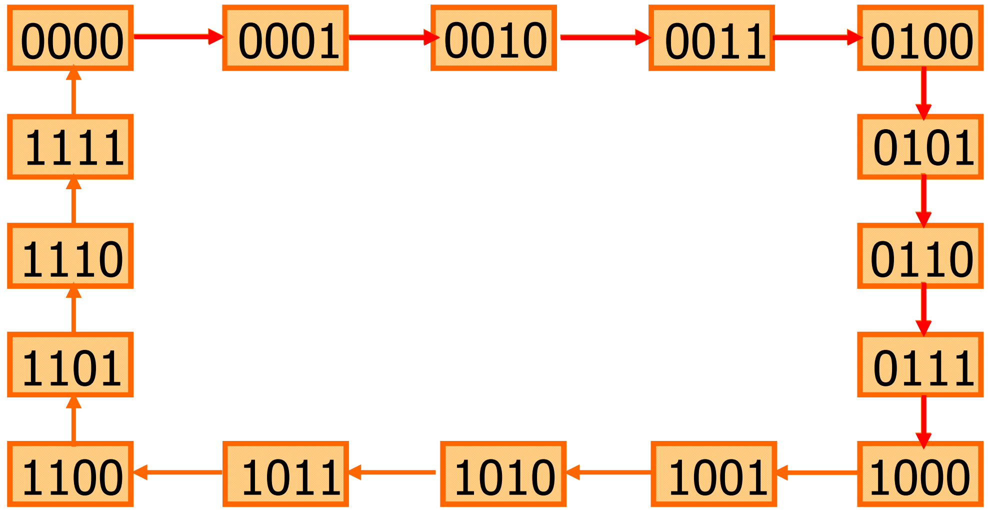
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
CP
Q0
0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1
Q1
0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1
Q2
0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 1 1 1 1
Q3
0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1



Q0
Q1
Q2
Q3
1
J Q0
FF0
K R
J Q1
FF1
K R
J Q2
FF2
K R
J Q3
FF3
K R
CP
RD

2、异步二进制计数器

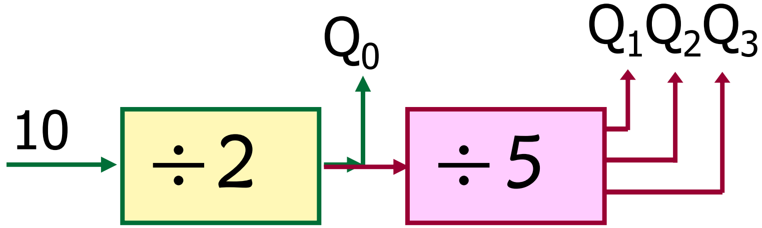
状态转换图：



集成异步二—五—十进制计数器7490

两个数学模型：

① $10 \div 2 \div 5 = 1$



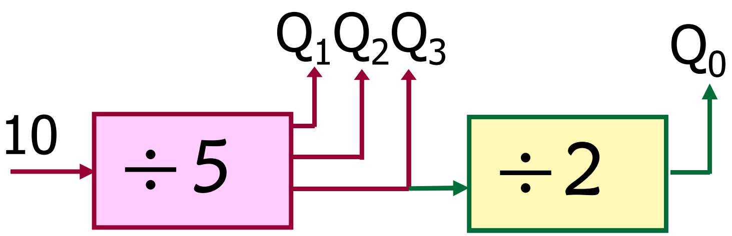
先2后5，$Q_3Q_2Q_1Q_0$，输出编码为BCD **8421**码。

8421BCD计数

Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	Q_3^{n+1}	Q_2^{n+1}	Q_1^{n+1}	Q_0^{n+1}
0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	1	1
0	0	1	1	0	1	0	0
0	1	0	0	0	1	0	1
0	1	0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1	1	1
0	1	1	1	1	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	1
1	0	0	1	0	0	0	0

集成异步二—五—十进制计数器

② 10÷5÷2=1

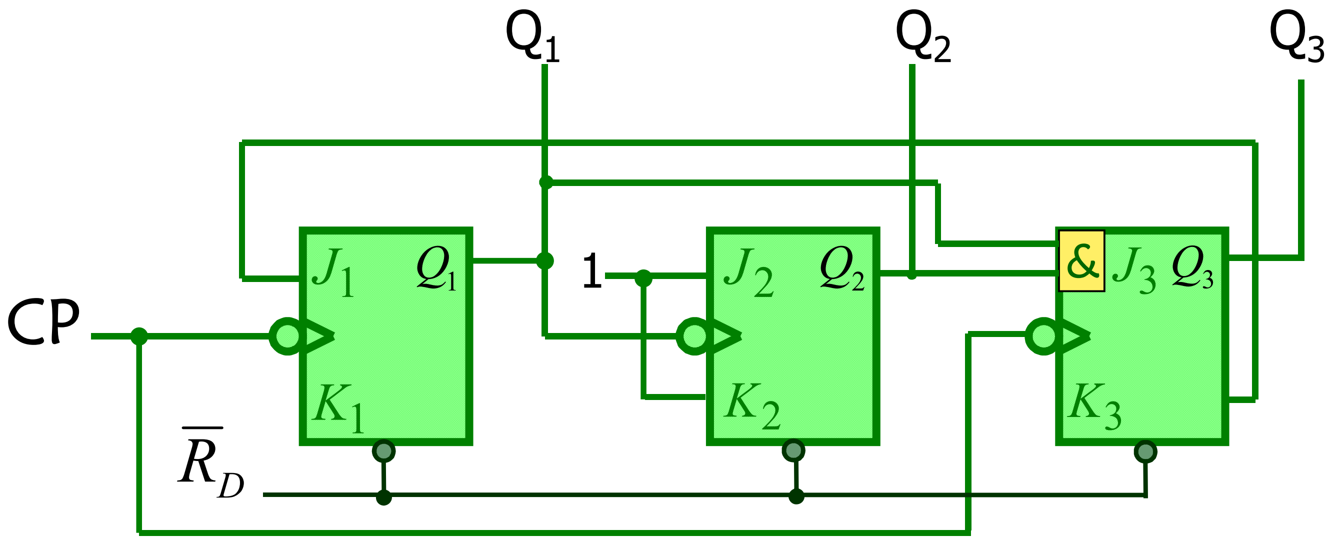


先5后2，$Q_0\,Q_3\,Q_2\,Q_1$，输出编码为BCD **5421**码。

5421BCD计数状态转换表

Q_0	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0^{n+1}	Q_3^{n+1}	Q_2^{n+1}	Q_1^{n+1}
0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	1	1
0	0	1	1	0	1	0	0
0	1	0	0	1	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	1
1	0	0	1	1	0	1	0
1	0	1	0	1	0	1	1
1	0	1	1	1	1	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0

分析如图所示异步时序逻辑电路的功能



主从型JK触发器

1. $\begin{cases} J_1=\overline{Q_3} \\ K_1=1 \end{cases}$ $J_2=K_2=1$ $\begin{cases} J_3=Q_1Q_2 \\ K_3=1 \end{cases}$

CP_1： CP：↓ CP_2： Q_1：↓ CP_3： CP：↓

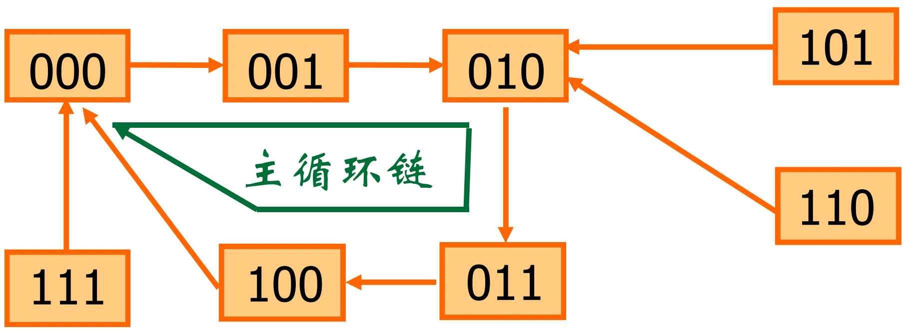
2. 列电路状态转换表

$Q_3Q_2Q_1$	$J_3\ K_3$	CP	$J_2\ K_2$	Q_1	$J_1\ K_1$	CP	$Q_3^{n+1}Q_2^{n+1}Q_1^{n+1}$
0 0 0	0 1	↓	1 1		1 1	↓	0 0 1
0 0 1	0 1	↓	1 1	↓	1 1	↓	0 1 0
0 1 0	0 1	↓	1 1		1 1	↓	0 1 1
0 1 1	1 1	↓	1 1	↓	1 1	↓	1 0 0
1 0 0	0 1	↓	1 1		0 1	↓	0 0 0
1 0 1	0 1	↓	1 1	↓	0 1	↓	0 1 0
1 1 0	0 1	↓	1 1		0 1	↓	0 1 0
1 1 1	1 1	↓	1 1	↓	0 1	↓	0 0 0

$J_1=\overline{Q_3}$

$J_3=Q_1Q_2$

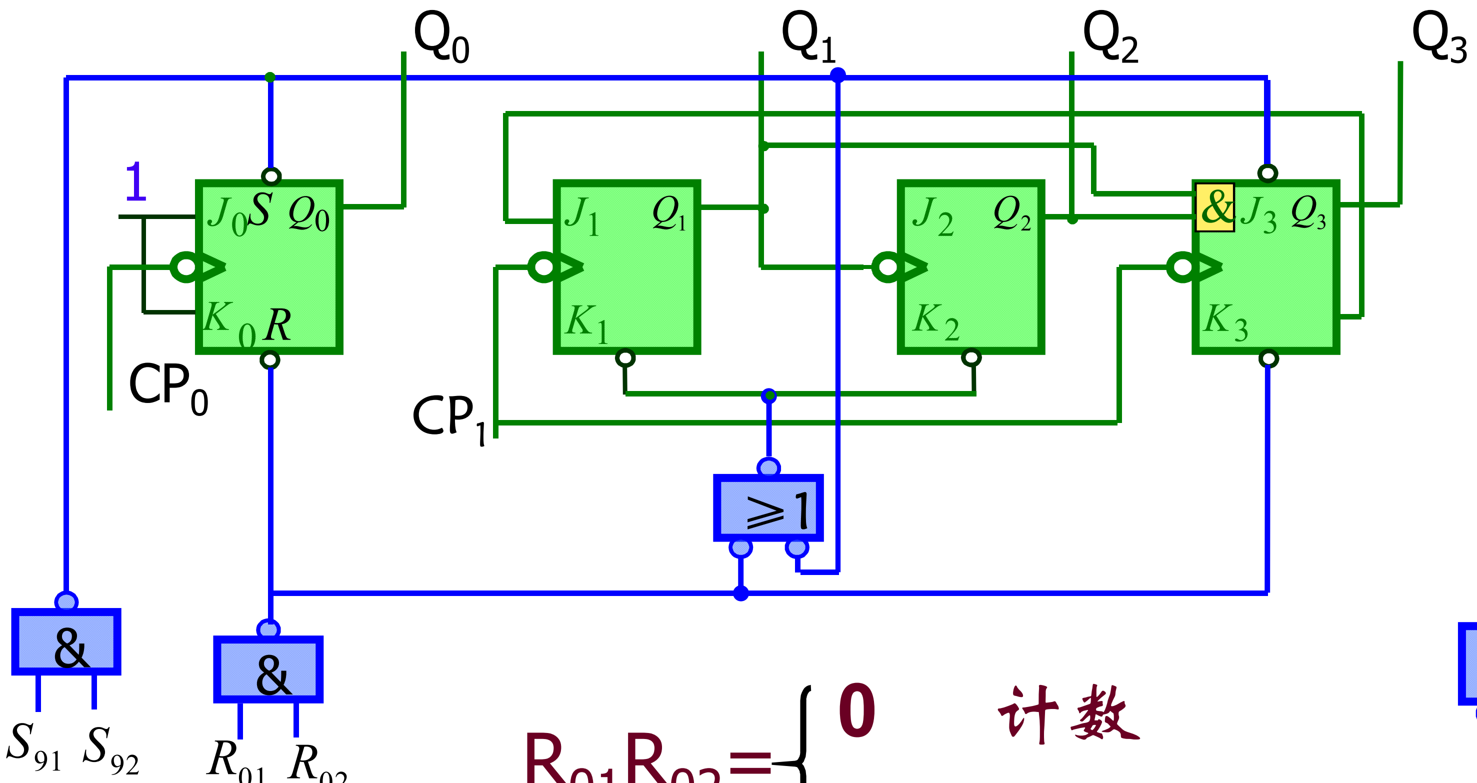
3.画状态转换图



电路是一级能够自启动的异步五进制计数器

即÷5电路

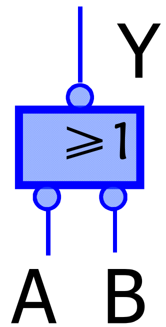
集成异步二－五－十进制计数器74LS290



置9端 清零端

$$R_{01}R_{02}=\begin{cases}0 & \text{计数}\\ 1 & \text{清零}\end{cases}$$

$$S_{91}S_{92}=\begin{cases}0 & \text{计数}\\ 1 & \text{置9}\end{cases}$$



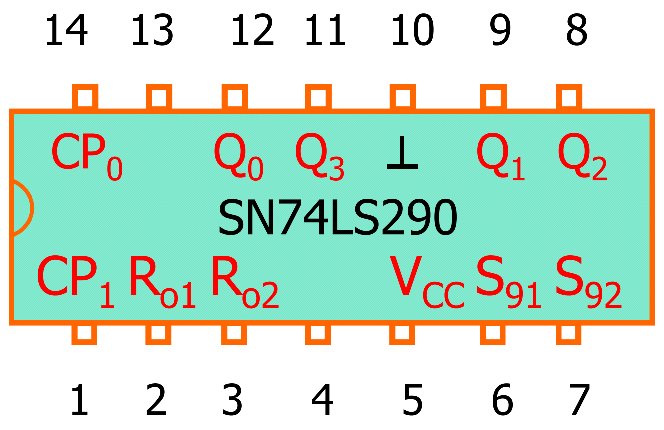
$$\overline{\overline{A}+\overline{B}}=AB$$

74LS290的功能表

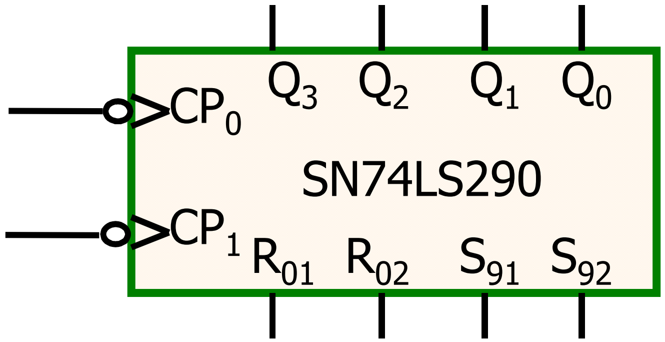
R_{01}	R_{02}	S_{91}	S_{92}	CP_0	CP_1	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	
1	1	0	X	X	X	0	0	0	0	清0
1	1	X	0	X	X	0	0	0	0	
0	X	1	1	X	X	1	0	0	1	置9
X	0	1	1	X	X	1	0	0	1	
$R_{01}R_{02}=0$		$S_{91}S_{92}=0$		CP↓	0	二进制计数				计数
				0	CP↓	五进制计数				
				CP	Q_0	8421十进制计数				
				Q_3	CP↓	5421十进制计数				

74LS290芯片

◆ **74LS290芯片管角图**



◆ **74LS290逻辑框图**

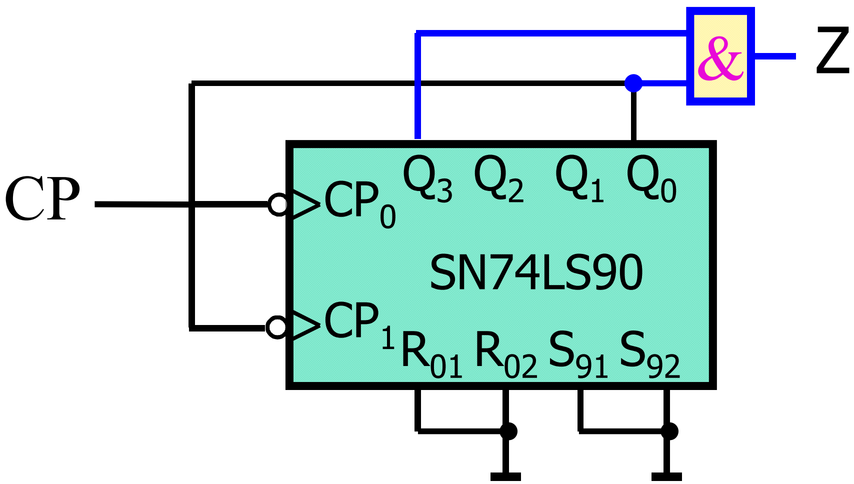


74LS290的应用

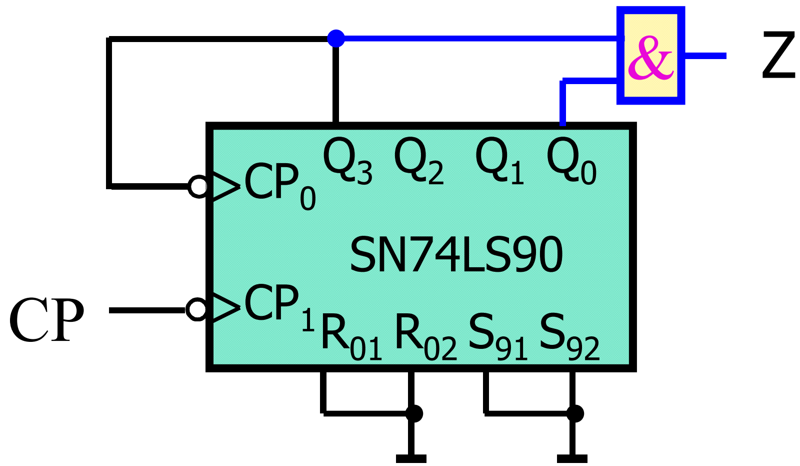
1、组成十进制计数器　　　　几进制几－1进位

a、BCD8421码二－十进制计数器

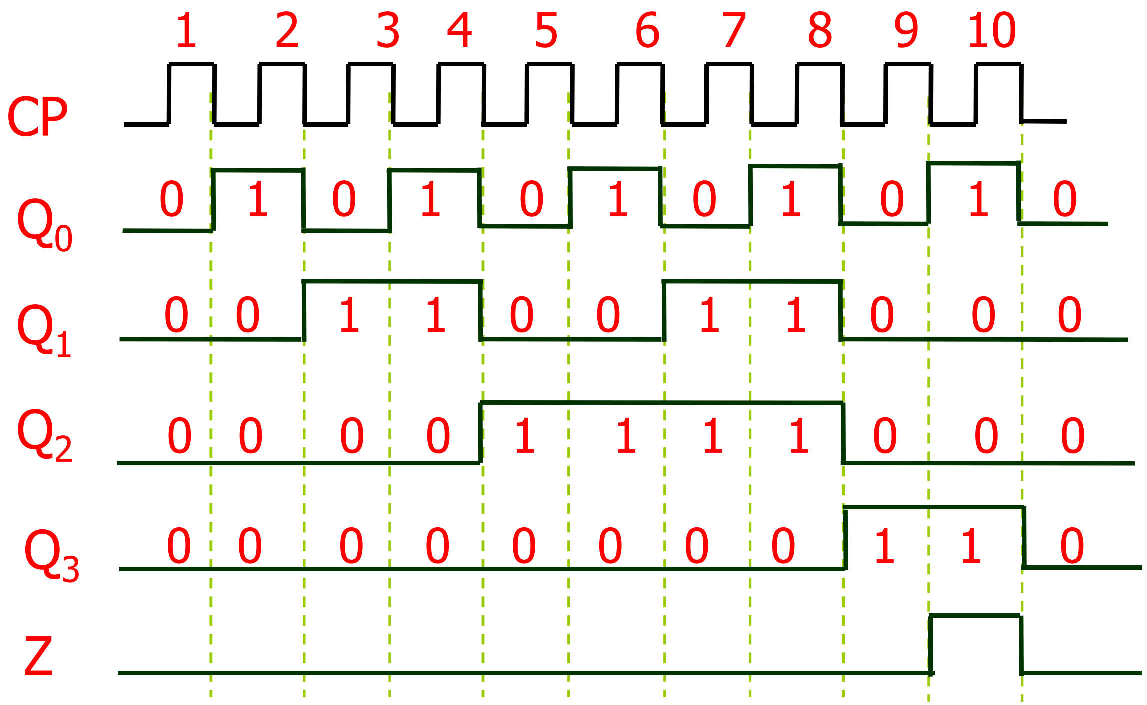
b、BCD5421码二－十进制计数器



先2后5，输出$Q_3Q_2Q_1Q_0$



先5后2，输出$Q_0Q_3Q_2Q_1$

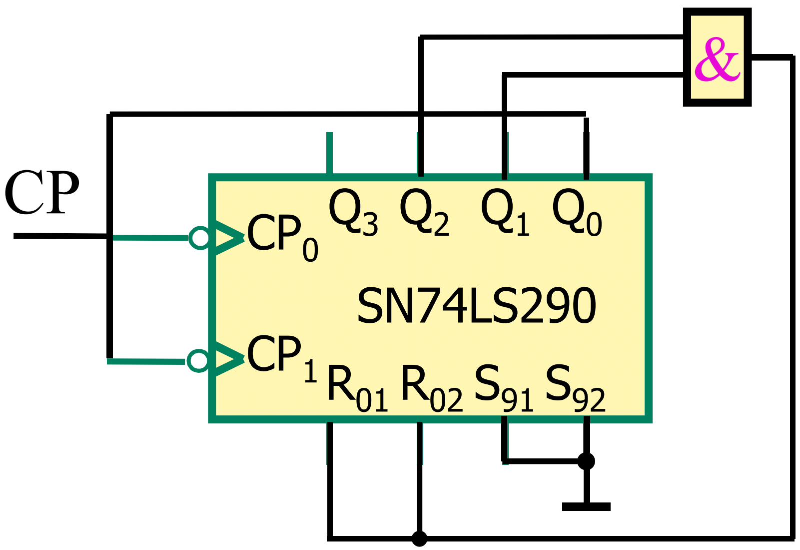

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
CP
Q0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0
Q1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 0
Q2 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0
Q3 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0
Z

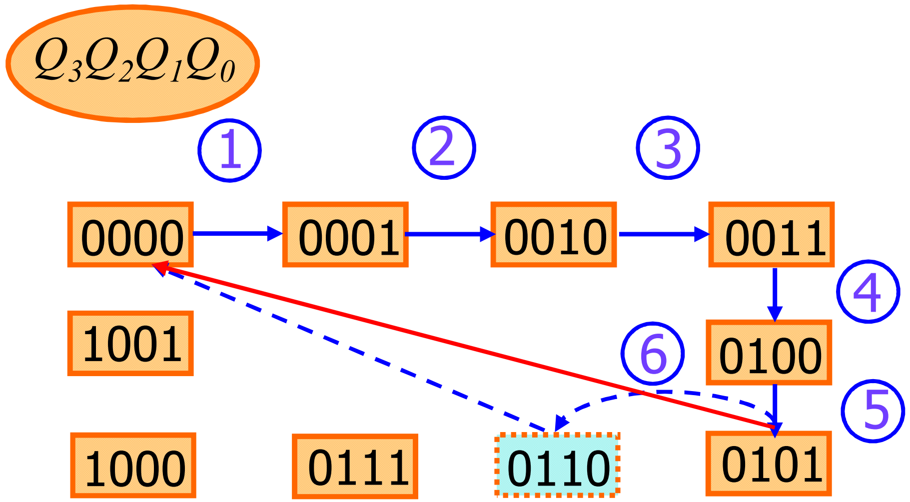
10进制9进位

2、组成M<10的任意进制计数器

基本方法有两种：清0法、置9法。（以M＝6为例）

a、清0法 几进制几清0 $(R_{01}R_{02}=1)$

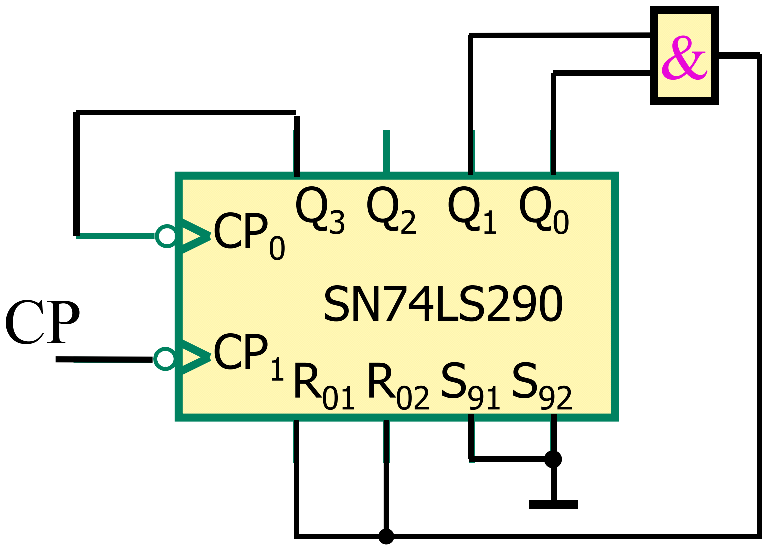


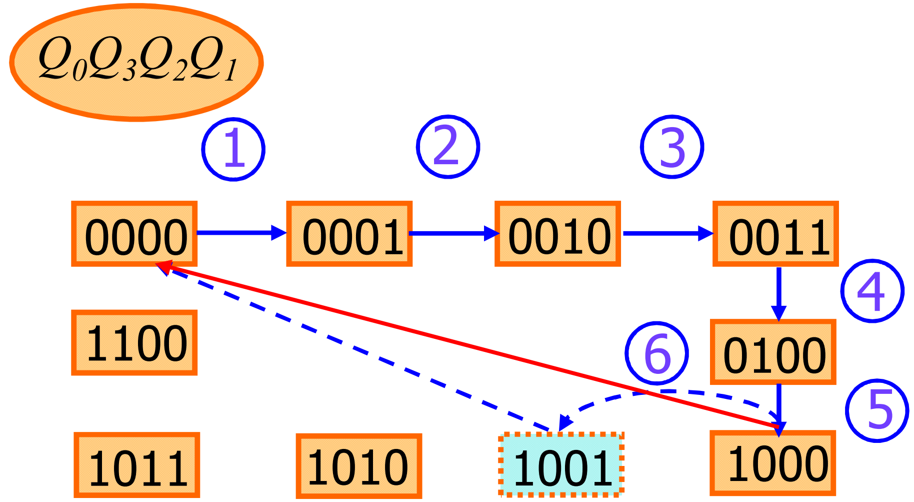


➢ 先将**7490**接成**BCD8421**十进制计数器，再按几进制几清零连接。

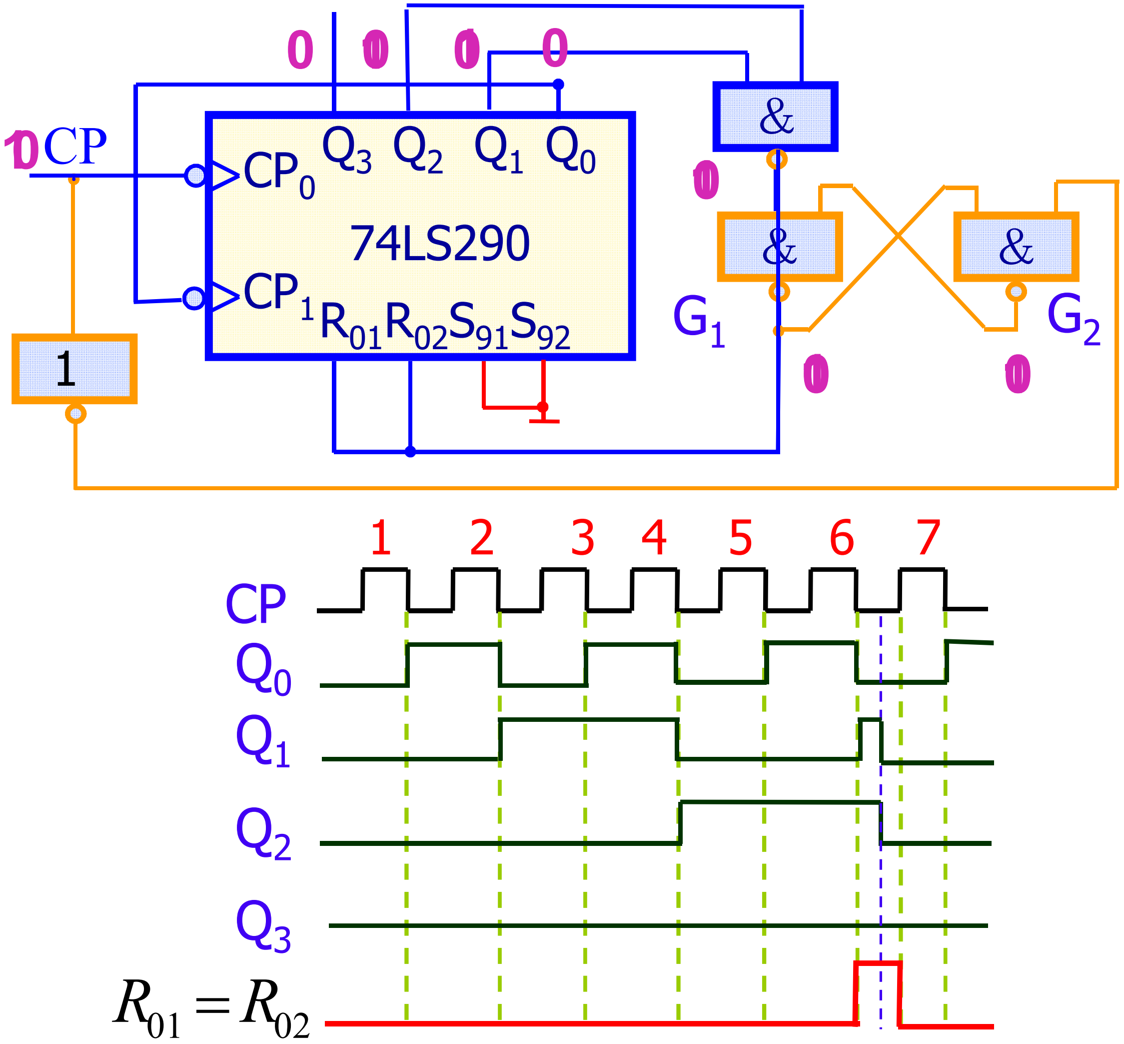
2、组成M<10的任意进制计数器

➢ 先将**7490**接成**BCD5421**十进制计数器，再按几进制几清零连接。





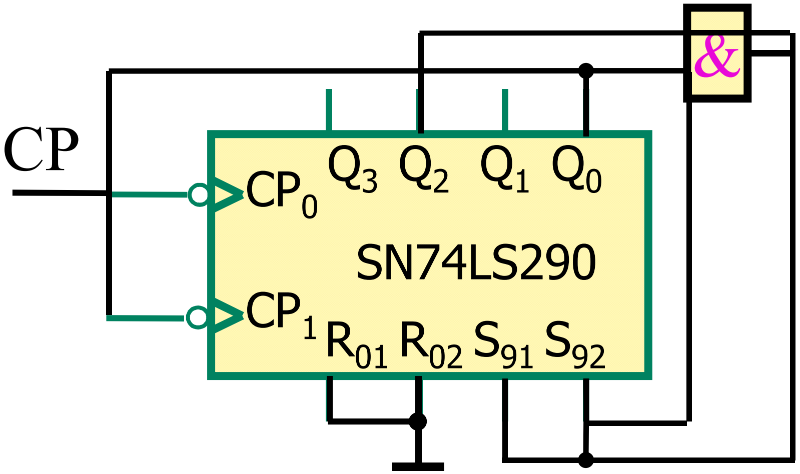
克服清0不可靠的方法：

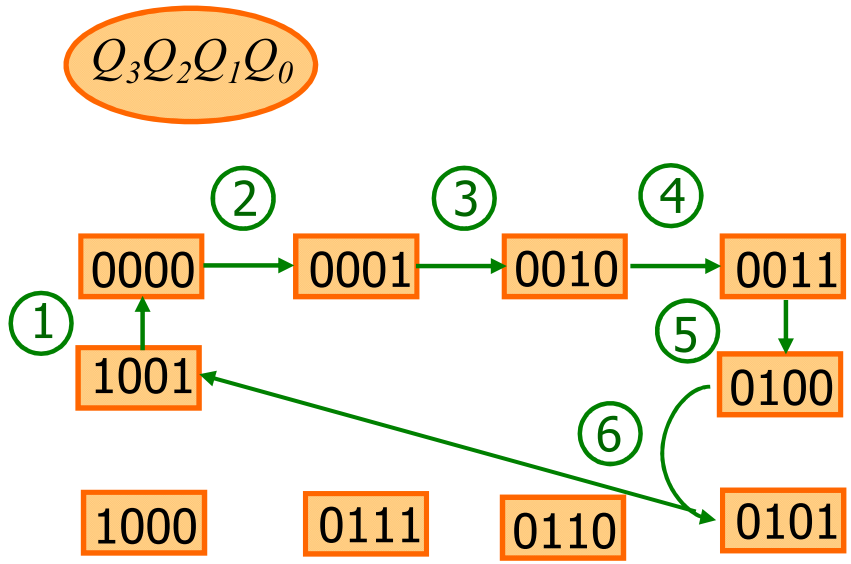


CP
CP0
CP1
Q3 Q2 Q1 Q0
74LS290
R01 R02 S91 S92
&
&
&
G1
G2
1
1 2 3 4 5 6 7
CP
Q0
Q1
Q2
Q3
$R_{01}=R_{02}$

2、组成M<10的任意进制计数器

b、置9法 几进制几-1置9 $(S_{91}S_{92}=1)$



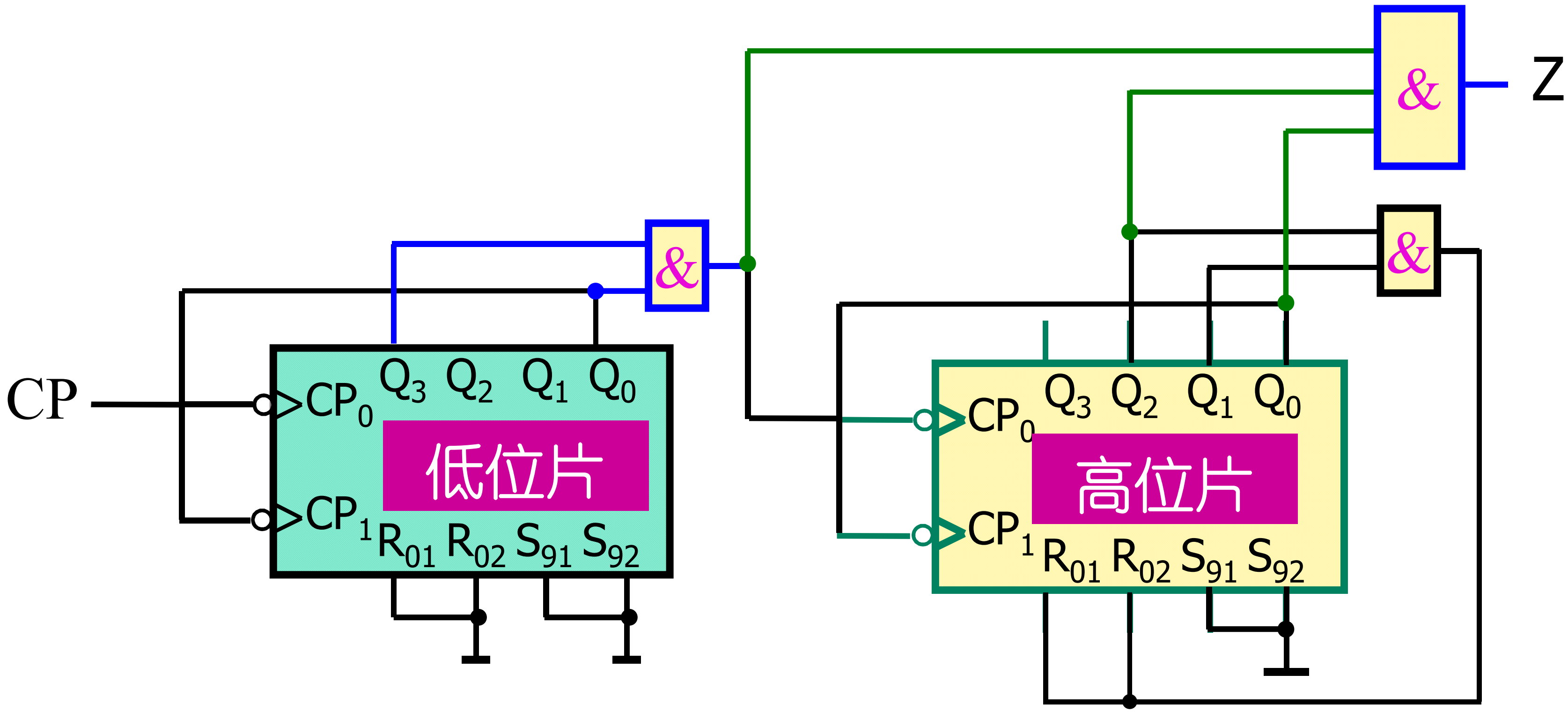


➢ 先将7490接成BCD8421（或BCD5421）十进制计数器，再按几进制几－1置9连接。

3、组成M>10的任意进制计数器

a、大模分解法： $M = N_1 \times N_2$ 其中 $N_1 \leqslant 10$， $N_2 \leqslant 10$

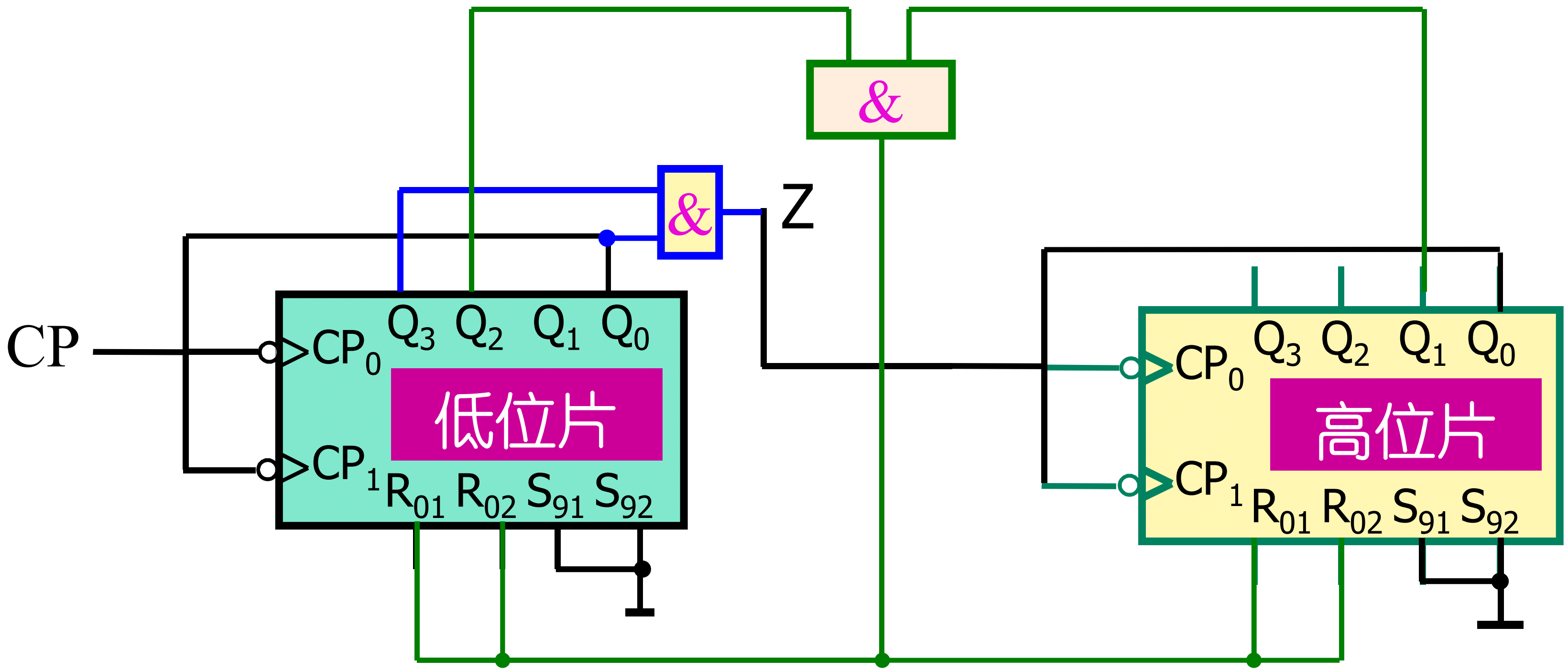
例：利用两片74LS290组成60进制计数器



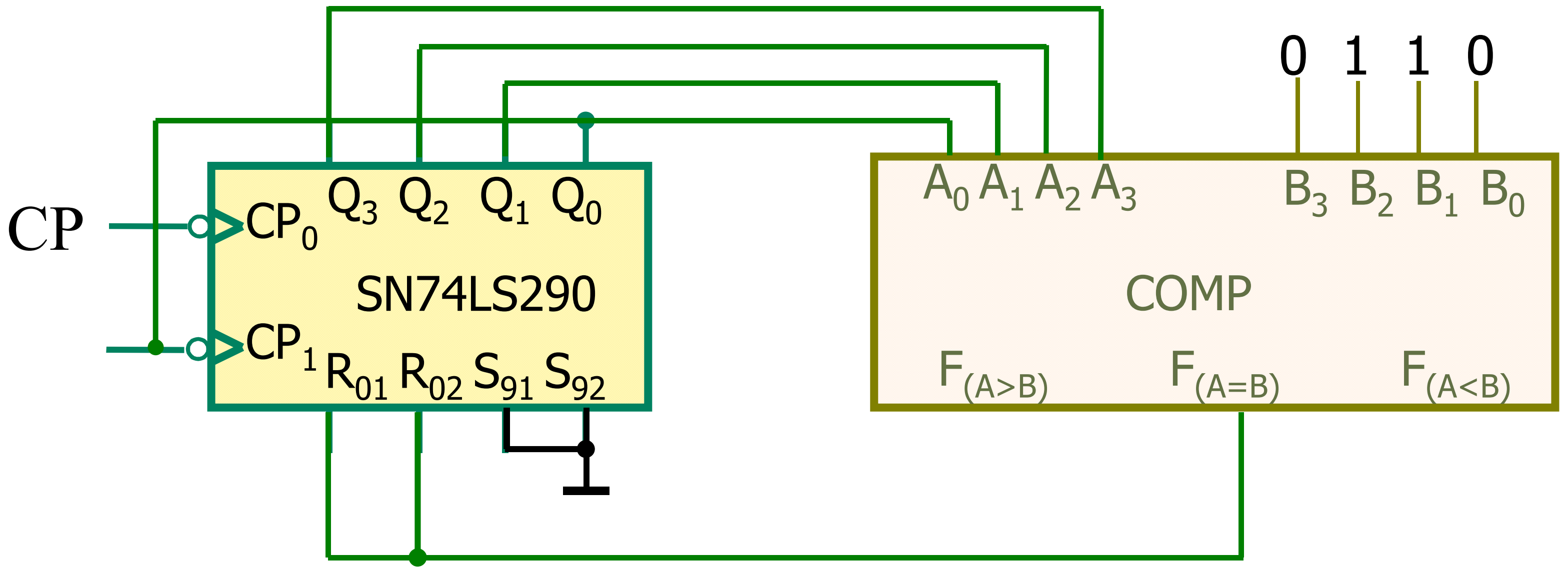
3、组成M>10的任意进制计数器

b、清零法： 先组成 **M = 10** × 10 ＝100 进制的计数器，再按几进制几清零连接

例：利用两片74LS290组成24进制计数器



例



改变$B_3B_2B_1B_0$设置的数值，可实现M<10的任意进制计数器——可变模计数器