

4 组合逻辑电路

1、组合逻辑电路的分析方法

2、组合逻辑电路的设计方法

3、用Verilog HDL语言的基本结构

4.3 组合逻辑电路的设计

组合逻辑电路设计的目的

- 根据逻辑问题，设计所要求的逻辑功能的最简逻辑电路
- **器件数量**最少；**器件种类**最少；**器件之间连线**最少

组合逻辑电路的设计步骤

- 1、逻辑抽象：**确定输入输出信号及逻辑状态的定义**；
- 2、根据逻辑描述列出真值表；
- 3、由真值表写出逻辑表达式，根据所使用的器件，对逻辑表达式进行化简和变化；
(1) SSI ； (2) MSI ； (3) PLD
- 4、根据逻辑表达式，画出逻辑图。

4.3 组合逻辑电路的设计举例（1）

有一火灾报警系统，设有烟感、温感和紫外光感三种不同类型的火灾探测器。为了防止误报警，只有当其中有两种或两种类型以上的探测器发出火灾探测信号时，报警系统发出报警信号。试设计产生报警信号的逻辑电路。

解：1、逻辑抽象

输入变量（ A 、 B 、 C ）：烟感、温感和紫外光感三种探测器的探测信号。

“1”：表示**有火灾**探测信号，“0”：表示**无火灾**探测信号；

输出（ F ）：电路的报警信号。

“1”：**产生报警**信号，“0”：**不产生报警**信号。

4.3 组合逻辑电路的设计举例（1）

2、列写真值表，求得最简与 - 或表达式。

真值表

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>F</i>
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

<i>B C</i>		00	01	11	10
<i>A</i>	0	0	0	1	0
	1	0	1	1	1

与或式： $F = AB + AC + BC$

或与式： $F = (A + B)(A + C)(B + C)$

怎么得到的？

3、根据器件的类型，简化和变换逻辑表达式。

4.3 组合逻辑电路的设计举例（1）

（1）若采用与非器件：

$$F = \overline{\overline{AB} + \overline{AC} + \overline{BC}}$$

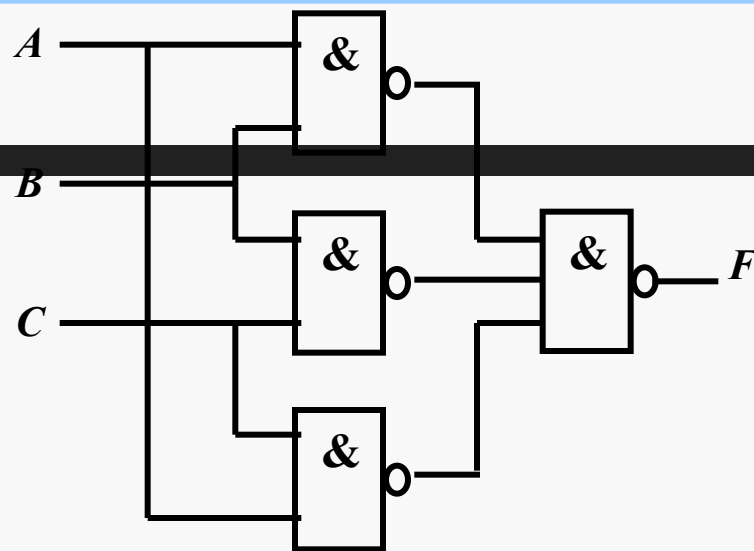
（2）若采用或非器件：

$$F = \overline{\overline{(A+B)}\overline{(A+C)}\overline{(B+C)}} =$$

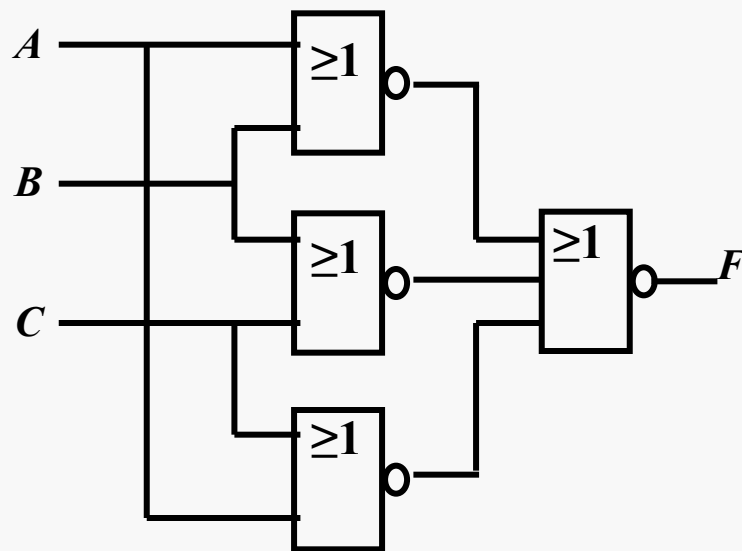
（3）若采用与或非器件？

$$F = \overline{\overline{A+B} + \overline{A+C} + \overline{B+C}} =$$
$$\overline{\overline{AB} + \overline{AC} + \overline{BC}}$$

(电路略)



与非结构逻辑图



或非结构逻辑图

4.3 组合逻辑电路的设计举例（1）

Verilog HDL 条件语句：if...else...

```
if ( 表达式 ) 语句 ;
```

```
if ( 表达式 ) 语句1 ;  
else 语句2 ;
```

```
if ( 表达式1 ) 语句1 ;  
else if ( 表达式2 ) 语句2 ;  
...  
else if ( 表达式m ) 语句m ;  
else 语句m+1;
```

注意：

- 1、当表达式为**0**、**x**或**z**时都按照“假”来处理
- 2、if(expression)等价于
if(expression==1)
if(!expression)等价于
if(expression!=1)
- 3、慎重使用if语句的嵌套

4.3 组合逻辑电路的设计举例（1）

```
module alarm(A,B,C,F);  
input A,B,C;  
output F;  
assign F=(A&B) | (B&C)|(A&C);  
endmodule
```

```
reg F;  
always@(A or B or C)  
begin  
    if ((A&&B) || (A&&C) || B&&C))  
        F=1'b1;  
    else  
        F=1'b0;  
end
```

4.3 组合逻辑电路的设计举例（1）

```
reg F;  
always@(A or B or C)  
begin  
    if(A==1'b1 && B==1'b1)  
        F=1;  
    else if(A==1'b1 && C==1'b1)  
        F=1;  
    else if(B==1'b1 && C==1'b1)  
        F=1'b1;  
    else  
        F=1'b0;  
end
```


4.3 组合逻辑电路的设计举例（1）

```
wire [1:0] sum;  
assign sum = A + B + C;  
assign F = ( sum >= 2 ) ? 1'b1 : 1'b0;
```

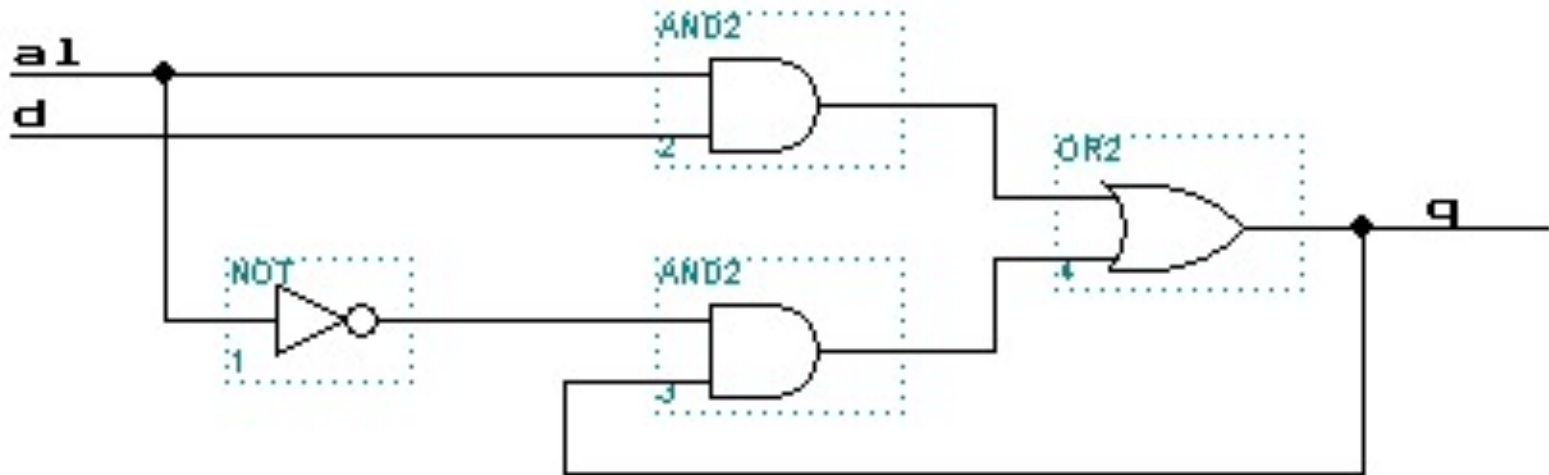
```
reg [1:0] sum;  
always @(A or B or C)  
begin  
    sum = A + B + C;  
    if (sum >= 2) F = 1'b1;  
    else F = 1'b0;  
end
```

4.3 组合逻辑电路的设计举例（1）

```
always@ (a1 or d)
begin
    if(a1) q=d;
    else q=1'b0;
end
```

```
always@ (a1 or d)
begin
    if(a1) q=d;
end
```

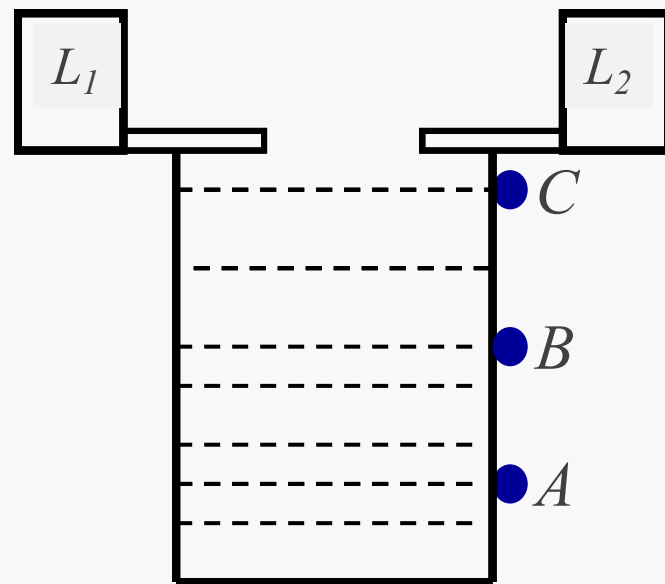
存在反馈，锁存器



4.3 组合逻辑电路的设计举例（2）

水槽由两台水泵 L_1 、 L_2 供水。A、B、C 为三个水位检测仪，当水位低于水位检测仪时，它们输出高电平，当水位高于水位检测仪时，它们输出低电平。试用逻辑门设计一个控制两台水泵供水的电路，要求：

- 1、当水位**超过C点**时：水泵 L_1 、 L_2 均停止工作；
- 2、当水位**超过B点，低于C点**时：仅 L_1 工作；
- 3、当水位**超过A点，低于B点**时：仅 L_2 工作；
- 4、当水位**低于A点**时：水泵 L_1 、 L_2 同时工作；



4.3 组合逻辑电路的设计举例（2）

1、逻辑抽象：

输入变量（ ABC ）：为三个检测仪的输出

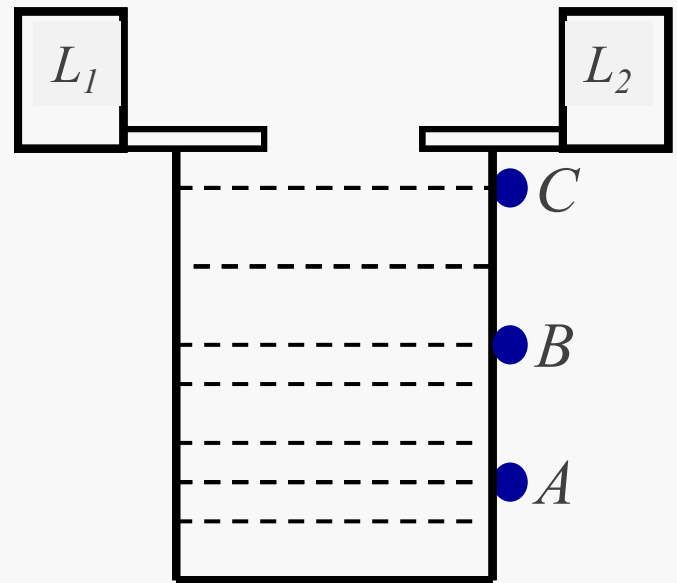
逻辑1：水位低于水位检测仪；

逻辑0：水位高于水位检测仪。

输出变量（ L_1, L_2 ）：两个水泵

逻辑1：水泵工作；

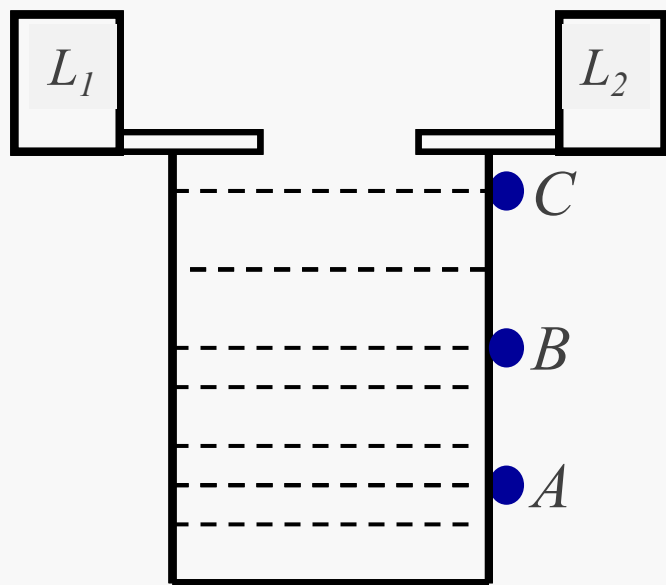
逻辑0：水泵不工作。



4.3 组合逻辑电路的设计举例（2）

2、列真值表

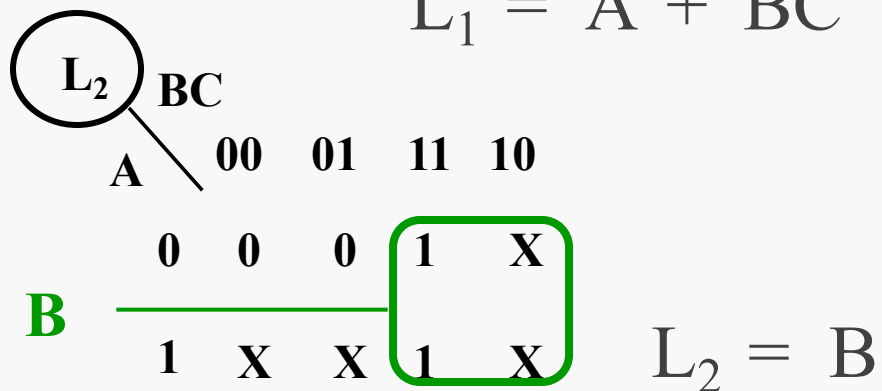
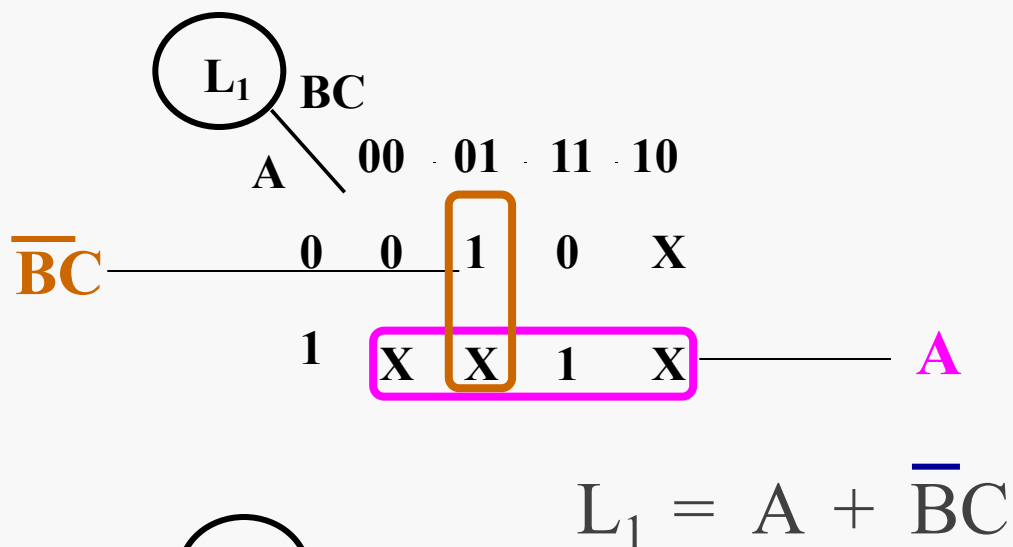
当水位超过C点时， L_1 、 L_2 均停止工作；
当水位超过B点，低于C点时仅 L_1 工作；
当水位超过A点，低于B点时仅 L_2 工作；
当水位低于A点时， L_1 、 L_2 同时工作。



A	B	C	L_1	L_2
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	X	X
0	1	1	0	1
1	0	0	X	X
1	0	1	X	X
1	1	0	X	X
1	1	1	1	1

4.3 组合逻辑电路的设计举例（2）

3、由真值表写出逻辑表达式简化和变换逻辑表达式



A	B	C	L_1	L_2
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	X	X
0	1	1	0	1
1	0	0	X	X
1	0	1	X	X
1	1	0	X	X
1	1	1	1	1

4、画出逻辑电路（略）

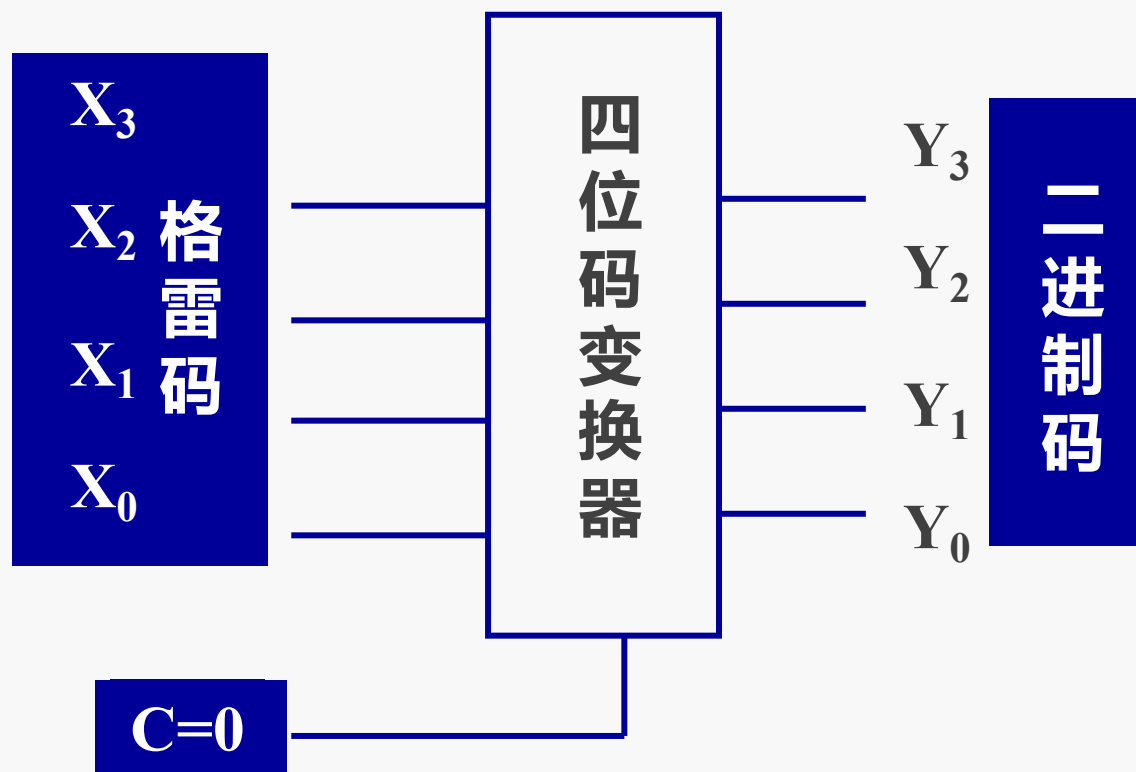
4.3 组合逻辑电路的设计举例（2）

```
reg L1, L2;  
always @(A or B or C)  
begin  
    if (C==1'b0) begin  
        L1=1'b0; L2=1'b0; end  
    else if (B==0) begin  
        L1=1'b1; L2=1'b0; end  
    else if (A==0) begin  
        L1=1'b0; L2=1'b1; end  
    else begin  
        L1=1'b1; L2=1'b1; end  
end
```

4.3 组合逻辑电路的设计举例（3）

设计一可逆的四位码变换器。在控制信号**C=1**时，它将二进制码转换为格雷码；**C=0**时，它格雷码将转换为二进制码。

电路框图



C = 1

二进制码 $X_3X_2X_1X_0$	格雷码 $g_3g_2g_1g_0$
0000	0000
0001	0001
0010	0011
0011	0010
0100	0110
0101	0111
0110	0101
0111	0100
1000	1100
1001	1101
1010	1111
1011	1110
1100	1010
1101	1011
1110	1001
1111	1000

C = 0

格雷码 $X_3X_2X_1X_0$	二进制码 $b_3b_2b_1b_0$
0000	0000
0001	0001
0011	0010
0010	0011
0110	0100
0111	0101
0101	0110
0100	0111
1100	1000
1101	1001
1111	1010
1110	1011
1010	1100
1011	1101
1001	1110
1000	1111

C = 1 2、简化和变换逻辑表达式(以 g_1 、 g_0 为例)

二进制码 $X_3X_2X_1X_0$	格雷码 $g_3g_2g_1g_0$
0000	0000
0001	0001
0010	0011
0011	0010
0100	0110
0101	0111
0110	0101
0111	0100
1000	1100
1001	1101
1010	1111
1011	1110
1100	1010
1101	1011
1110	1001
1111	1000

G_1 $X_1 X_0$

$X_3 X_2$

	00	01	11	10
00	0	0	1	1
01	1	1	0	0
11	1	1	0	0
10	0	0	1	1

$$g_1 = X_2 \oplus X_1$$

G_0 $X_1 X_0$

$X_3 X_2$

	00	01	11	10
00	0	1	0	1
01	0	1	0	1
11	0	1	0	1
10	0	1	0	1

$$g_0 = X_1 \oplus X_0$$

C = 0

2、简化和变换逻辑表达式(以 b_1 、 b_0 为例)

格雷码 $X_3X_2X_1X_0$	二进制码 $b_3b_2b_1b_0$
0000	0000
0001	0001
0011	0010
0010	0011
0110	0100
0111	0101
0101	0110
0100	0111
1100	1000
1101	1001
1111	1010
1110	1011
1010	1100
1011	1101
1001	1110
1000	1111

$$b_1 = X_3 \oplus X_2 \oplus X_1$$

B₁

$X_3 X_2$	$X_1 X_0$	00	01	11	10
00		0	0	1	1
01		1	1	0	0
11		0	0	1	1
10		1	1	0	0

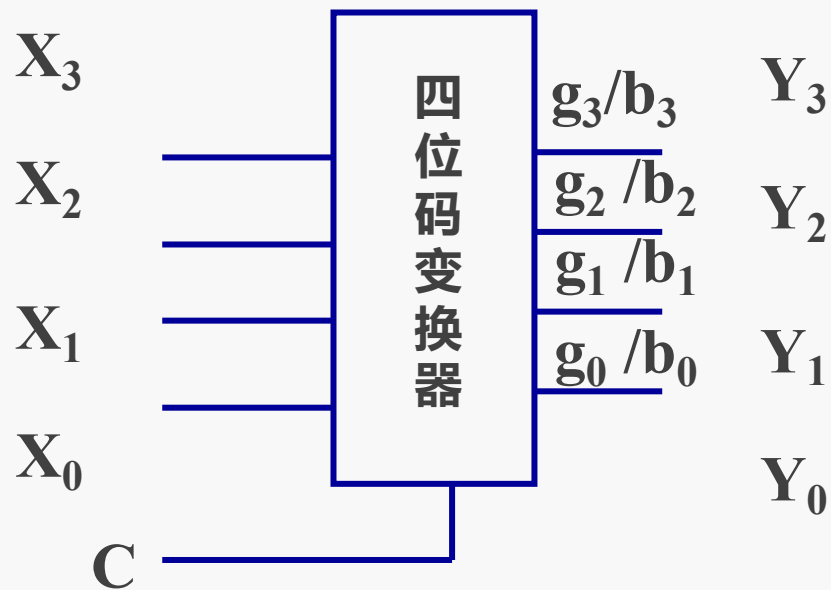
B₀

$X_3 X_2$	$X_1 X_0$	00	01	11	10
00		0	1	0	1
01		1	0	1	0
11		0	1	0	1
10		1	0	1	0

$$b_0 = X_3 \oplus X_2 \oplus X_1 \oplus X_0$$

4.3 组合逻辑电路的设计举例（3）

3、多个逻辑子函数的组合 (以 Y_1 、 Y_0 为例)



$$Y_1 = Cg_1 + \overline{C}b_1$$

$$Y_0 = Cg_0 + \overline{C}b_0$$

$$Y_2 = ?$$

$$Y_3 = ?$$

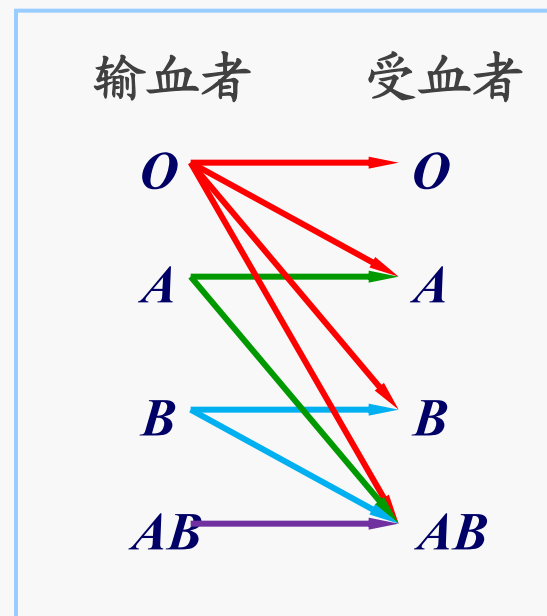
4、画出逻辑电路图.(略)

4.3 组合逻辑电路的设计举例（4）

人类有 O、A、B、AB等4种基本血型，输血者与受血者的血型必须符合图示原则。试用与非门设计一血型关系检测电路，用以检测输血者与受血者之间的血型如果符合，输出为1，否则为0。

解：1、逻辑抽象：输血者的4种血型和受血者的4种血型都是输入变量，二者之间的关系是否符合上述原则为输出函数 L 。

为了使电路最简，考虑用两个变量的四种组合表示4种血型，共需4个输入变量。



解 1、作出卡诺图，化简得到最简与或表达式。

血型	输血者		受血者	
	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>
<i>O</i>	0	0	0	0
<i>A</i>	0	1	0	1
<i>B</i>	1	0	1	0
<i>AB</i>	1	1	1	1

输 入		输 出
<i>CD</i>	<i>EF</i>	<i>L</i>
00	00	1
00	01	1
00	10	1
00	11	1
01	01	1
01	11	1
10	10	1
10	11	1
11	11	1
...	...	0

<i>EF</i> <i>CD</i>	00	01	11	10
00	1	1	1	1
01	0	1	1	0
11	0	0	1	0
10	0	0	1	1

$$L = \overline{C}\overline{D} + EF + \overline{C}F + \overline{D}E$$

4.3 组合逻辑电路的设计举例（4）

```
case ( 表达式 ) <case 分支项> endcase ;
```

```
casez ( 表达式 ) <case 分支项> endcase ;  
//用来处理不必考虑高阻值z的比较过程；
```

```
casex ( 表达式 ) <case 分支项> endcase ;  
//用来处理不必考虑高阻z和不定值x的比较过程；
```

- 1、每个case分支表达式必须互不相同；
- 2、case中表达式的宽度必须完全一致。

4.3 组合逻辑电路的设计举例（4）

```
parameter O=2'b00, A=2'b01, B=2'b10, AB=2'b11;  
always @ (C or D or E or F)  
begin  
  case ({C, D})  
    O : begin  
      L=1'b1; end  
    A : begin  
      if (({E,F}==A )||( {E,F} == AB)) L=1'b1;  
      else L=1'b0; end  
    B : ...;  
    AB : ...;  
    default : L=1'b0;  
  endcase  
end
```


4.3 组合逻辑电路的设计举例（5）

有A、B、C、D、E等5种中药，在使用时必须遵守以下规则：

（1）A必须与B一起使用

（2）C与D不能同时使用

（3）E不能单独使用

请设计一个报警电路，当违反上述规则时，产生报警信号。

充分理解题意，掌握逻辑运算的内涵后，可以省略部分设计步骤，加快设计过程。