



中国海洋大学
OCEAN UNIVERSITY OF CHINA

数字逻辑 06 组合线路设计

组合线路设计方法与逻辑函数变换

杨永全

计算机科学与技术学院

目录

1. 课程目标
2. 课程内容
3. 课堂练习
4. 课堂讨论
5. 课堂总结
6. 作业

1.课程目标

1. 目标

1. 掌握组合线路设计方法
2. 掌握组合线路设计中逻辑函数变换方法

2.课程内容

1. 组合线路设计方法

设计是与分析相反的过程，就是已知逻辑功能，画出实际的逻辑电路。

先看一个例子：试用与非门组成一个多数表决电路，以判断 A、B、C 三人中是否为多数赞同。

1. 组合线路设计方法

第一步：确定输入与输出

1. A、B、C 三个输入变量，“0”表示否决，“1”表示赞同。
2. 输出 F 为“1”表示多数赞同，为“0”表示非多数赞同。



1. 组合线路设计方法

第二步：根据已经确定的输入和输出，以及要实现的逻辑功能，写出真值表

A	B	C	F
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

1. 组合线路设计方法

第三步：根据真值表，写出表达式，并进行化简

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

	$\overline{B} \overline{C}$	$\overline{B} C$	$B C$	$B \overline{C}$
\overline{A}			1	
A		1	1	1

化简后： $F = BC + AC + AB$

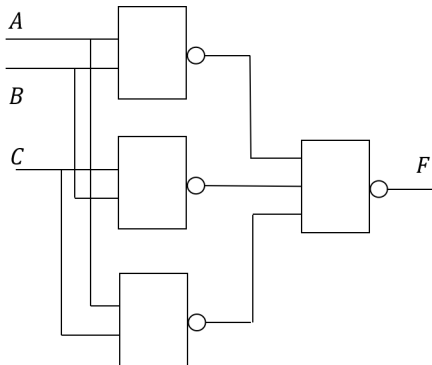
1. 组合线路设计方法

第四步：根据要求进行形式变换

$$\begin{aligned} F &= BC + AC + AB \\ &= \overline{\overline{BC + AC + AB}} \\ &= \overline{\overline{BC} \cdot \overline{AC} \cdot \overline{AB}} \end{aligned} \quad (1)$$

1. 组合线路设计方法

第五步：画逻辑电路图



1. 组合线路设计方法

总结一下组合逻辑电路的设计步骤

1. 确定输入、输出变量（包括他们的取值所表示的含义）
2. 列真值表（根据要求的逻辑功能）
3. 写出逻辑表达式并化简（卡诺图）
4. 按要求变换逻辑表达式（根据题目要求，可选）
5. 画出逻辑电路

1. 组合线路设计方法

再看一个例子：列出一位二进制全减器的输出逻辑表达式。

❗ 思考

该线路一共几个输入？几个输出？

1. 组合线路设计方法

输入

A: 被减数;
B: 减数;
 C_{i-1} : 低位对自己的借位

输出

D: 差;
 C_i : 本位是否需要向高位进行借位



1. 组合线路设计方法

根据减法规则，写出真值表

A	B	C_{i-1}	D	C_i
0	0	0	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	1	0	0	0
1	1	1	1	1

1. 组合线路设计方法

列表表达式并化简

$$D = \bar{A}\bar{B}C_{i-1} + \bar{A}BC_{i-1} + A\bar{B}C_{i-1} + ABC_{i-1} = \sum(1, 2, 4, 7)$$

	$\bar{B} \bar{C}$	$\bar{B} C$	BC	$B\bar{C}$
\bar{A}		1		2
A	4		7	

1. 组合线路设计方法

列表表达式并化简

$$C_i = \sum(1, 2, 3, 7) = \overline{A}C + \overline{A}B + BC$$

	$\overline{B} \overline{C}$	$\overline{B}C$	BC	$B\overline{C}$
\overline{A}		1	3	2
A			7	

2. 输入输出与表达式确定方法

组合线路设计的本质，就是找到输出是 1 的那些情况。

1. 先确定输入输出，可能需要用到编码，如果不确定，将无法知道哪些情况输出是 1
2. 用真值表可以快速找到输出是 1 的情况，写出最小项表达式
3. 如果能直接确定输出是 1 的情况，那么直接写出表达式也可以

2. 输入输出与表达式确定方法

例 1: 设计线路, 判断两个两位的二进制数大小

假设:

$X = x_1x_2$, $Y = y_1y_2$ 为两位需要比较的二进制正整数, 判断是否 $X > Y$ 。

若 $X > Y$ 成立, 则 $F = 1$, 若 $X > Y$ 不成立, 则 $F = 0$ 。

通过分析, 可以只列出使 $F = 1$ 的部分真值表。

x_1	x_2	y_1	y_2	F
1		0		1
1	1	1	0	1
0	1	0	0	1

$$F = x_1\overline{y_1} + x_1x_2y_1\overline{y_2} + \overline{x_1}x_2\overline{y_1}\overline{y_2}$$

2. 输入输出与表达式确定方法

例 2：客机安全起飞的条件，同时满足

- 1. 发动机启动开关接通**
- 2. 飞行员入座，座位保险带扣上**
- 3. 乘客入座，保险带扣上；或座位上无乘客**

假设：

$S = 1$, 发动机启动开关接通;

$A = 1$, 飞行员入座;

$B = 1$, 飞行员保险带扣上;

$M_i = 1$, 乘客入座;

$N_i = 1$, 乘客保险带扣上。

通过分析可直接列逻辑表达式。

$$F = S \cdot A \cdot B \cdot \prod (M_i N_i + \overline{M_i})$$

2. 输入输出与表达式确定方法

例 3：设计一个血型配对指示器，用来指示供血者和受血者的血型是否匹配。

输血时配对情况：

供血者	配对条件
A	A, AB
B	B, AB
AB	AB
O	A, B, AB, O

2. 输入输出与表达式确定方法

例 3：设计一个血型配对指示器，用来指示供血者和受血者的血型是否匹配。

供血者： A_1 —A 型血, A_2 —B 型血, A_3 —AB 型血, A_4 —O 型血

受血者： B_1 —A 型血, B_2 —B 型血, B_3 —AB 型血, B_4 —O 型血



2. 输入输出与表达式确定方法

例 3：设计一个血型配对指示器，用来指示供血者和受血者的血型是否匹配。

A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	F
0	0	0	1	0	0	0	1	1
				0	0	1	0	1
				0	1	0	0	1
				1	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	1	0	1
0	1	0	0	0	0	1	0	1
				0	1	0	0	1
1	0	0	0	0	0	1	0	1
				1	0	0	0	1

3. 逻辑函数的变换 1.用与非门实现

两次求反

将 $F_1 = A\bar{B} + \bar{A}B$ 变换成与非的形式。

$$\begin{aligned} F_1 &= \overline{\overline{F_1}} \\ &= \overline{\overline{A\bar{B} + \bar{A}B}} \\ &= \overline{\overline{A\bar{B}} \cdot \overline{\bar{A}B}} \end{aligned} \quad (2)$$

3. 逻辑函数的变换 1. 用与非门实现

两次求反

将 $F_2 = A\bar{B} + B\bar{C} + C\bar{D} + D\bar{A}$ 变换成与非的形式。

$$\begin{aligned} F_2 &= \overline{\overline{F_2}} \\ &= \overline{\overline{A\bar{B} + B\bar{C} + C\bar{D} + D\bar{A}}} \\ &= \overline{\overline{A\bar{B}} \cdot \overline{B\bar{C}} \cdot \overline{C\bar{D}} \cdot \overline{D\bar{A}}} \end{aligned} \quad (3)$$

3. 逻辑函数的变换 1. 用与非门实现

三次求反

将 $F_2 = A\bar{B} + B\bar{C} + C\bar{D} + D\bar{A}$ 变换成与非的形式。

$$\begin{aligned}\bar{F}_2 &= \overline{A\bar{B} + B\bar{C} + C\bar{D} + D\bar{A}} \\ &= (\bar{A} + B)(\bar{B} + C)(\bar{C} + D)(\bar{D} + A) \\ &= \bar{A}\bar{B}\bar{C}\bar{D} + ABCD \\ F_2 &= \overline{\overline{\overline{\bar{A}\bar{B}\bar{C}\bar{D} + ABCD}}}} \\ &= \overline{\overline{\bar{A}\bar{B}\bar{C}\bar{D}} + \overline{ABCD}} \\ &= \overline{\bar{A}\bar{B}\bar{C}\bar{D}} \cdot \overline{ABCD}\end{aligned}\tag{4}$$

3. 逻辑函数的变换 2. 用与或非门实现

两次求反

将 $F = A\bar{B} + B\bar{C} + C\bar{A}$ 变换成与或非的形式。

$$\begin{aligned} F &= \overline{\overline{F}} \\ &= \overline{\overline{A\bar{B} + B\bar{C} + C\bar{A}}} \\ &= \overline{\overline{A\bar{B}} \overline{B\bar{C}} \overline{C\bar{A}}} \\ &= \overline{\overline{A\bar{B}} \overline{B\bar{C}} \overline{C\bar{A}}} \end{aligned} \quad (5)$$

3.课堂练习

1. 问题

试用组合线路完成下述逻辑判断。

某高校拟定以下 4 个条件对在校生进行贫困评定：

- 1、“特殊家庭”：烈士子女，孤儿，家中有长期患重病不能从事正常劳动的；
 - 2、“突发事件”：家里近期（3 年内）发生地震、火灾、水灾、雪灾等自然灾害受严重损失；
 - 3、“低收入”：人均收入低于当地城乡生活保障标准；
 - 4、“民主监督”：20% 以上同班同学认可其日常消费中不存在“高消费”现象。
- 贫困档次分为 3 个档次“特别困难”、“比较困难”和“一般困难”，满足以上条件达 3 条或者前 2 条的同学定为“特别困难”，满足其中任意 2 条（除前 2 条）的同学定为“比较困难”，只满足前三条中任意一条且不满足第 4 条的同学定为“一般困难”。

1. 问题

试用组合线路完成下述逻辑判断。

旅客列车按发车的优先级别依次分为特快、直快和普客 3 个，发车优先级逐渐降低，若有多列列车同时发出发车的请求，则只允许其中优先级别最高的列车发车。试设计一个发车指示逻辑电路，输出的内容指示那个列车可以发车。

4.课堂讨论

1. 问题

若不考虑编码的含义，大概在什么情况下，我们会考虑重新编码（确定输入）？或者说，什么样的情况可以让输入个数变少从而减少线路的复杂度？

5.课堂总结

1. 课堂总结

笔记

现在可以总结自己的笔记，提炼大纲，回顾课程。

总结

还可以将课程的总结、心得记录在总结区。

6.作业

1. 题目

试用与非门设计一个判别线路，以判别四位二进制数中 1 的个数是否为奇数（6 分）



中国海洋大学
OCEAN UNIVERSITY OF CHINA

问答环节