

数字逻辑设计

高翠芸

School of Computer Science

gaocuiyun@hit.edu.cn

目 录

- 组合逻辑电路概述
- 组合逻辑电路的分析方法
- 组合逻辑电路的设计方法

组合逻辑电路概述

- **组合逻辑电路特点**：任意时刻的输出仅仅取决于该时刻的输入，与该时刻之前的电路状态无关，**“无记忆性”** 特点。



其输入输出的逻辑关系可表述为

$$\begin{cases} y_1 = f_1(a_1, a_2, \dots, a_n) \\ y_2 = f_2(a_1, a_2, \dots, a_n) \\ \vdots \\ y_m = f_m(a_1, a_2, \dots, a_n) \end{cases}$$

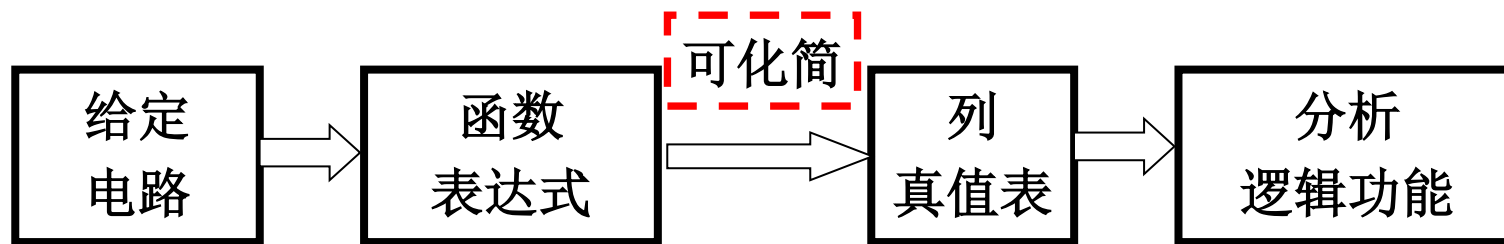
在电路结构上，信号的流向是**单向**的，没有从输出端到输入端的反馈。输入端的值一定时，输出的取值也随之确定，与电路过去的状态无关，**无存储单元**。

目 录

- 组合逻辑电路概述
- 组合逻辑电路的分析方法
- 组合逻辑电路的设计方法

组合逻辑电路的分析方法

已知 —— 逻辑电路
待求 —— 逻辑功能



■ 组合逻辑电路的一般分析步骤为：

1. 由逻辑电路写出逻辑表达式

从输入到输出逐级写出各个门电路逻辑表达式，最终得到输出对输入的逻辑表达式，可化简。

2. 列出逻辑函数的真值表

3. 分析逻辑功能

通过分析真值表的特点，归纳出电路所实现的逻辑功能。

组合逻辑电路分析—例1

例1 分析如图所示逻辑电路的逻辑功能。

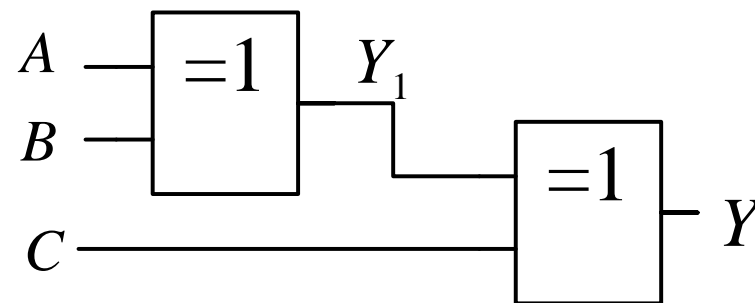
解：1) 写出输出逻辑表达式

$$Y = Y_1 \oplus C$$
$$= A \oplus B \oplus C$$

2) 列真值表

3) 总结逻辑功能

三位判奇电路



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

组合逻辑电路分析—例2

例2 分析如图所示电路的逻辑功能，并指出电路设计是否合理。

解：1) 写出输出函数表达式

$$Y = Y_3 + Y_4 + Y_5$$

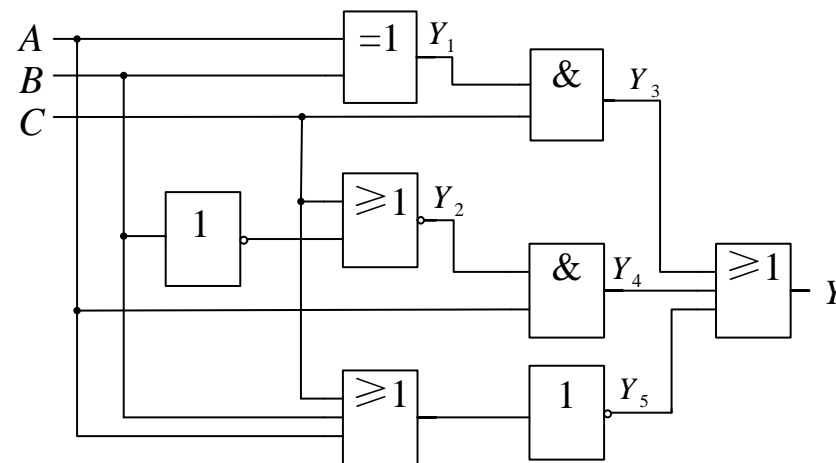
$$= (A \oplus B) \cdot C + (B' + C)' \cdot A + (A + B + C)'$$

$$= C(AB' + A'B) + ABC' + A'B'C'$$

$$= AB'C + A'BC + ABC' + A'B'C'$$

$$= \sum(0, 3, 5, 6)$$

3) 分析逻辑功能：
三位判偶电路



2) 列真值表

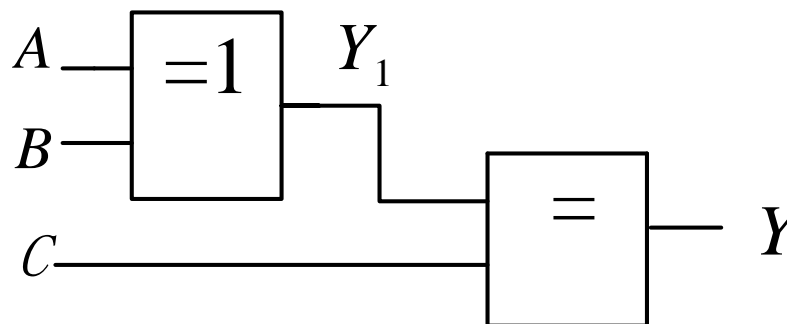
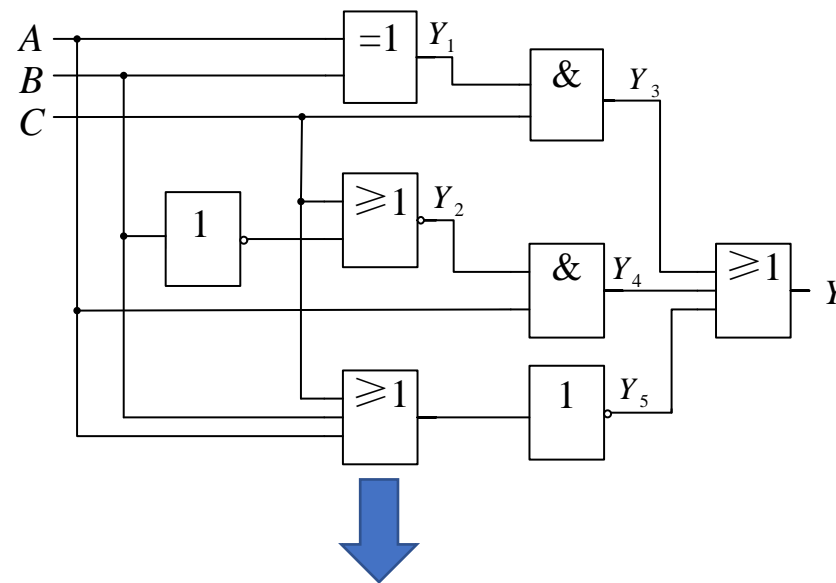
<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>Y</i>
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

组合逻辑电路分析—例2

例2 分析如图所示电路的逻辑功能，并指出电路设计是否合理。

解：4) 判断电路是否合理
不合理，器件太多。

$$\begin{aligned} Y &= Y_3 + Y_4 + Y_5 \\ &= AB'C + A'BC + ABC' + A'B'C' \\ &= C(AB' + A'B) + (AB + A'B')C' \\ &= (A \oplus B)C + (A \square B)C' \\ &= (A \oplus B) \square C \end{aligned}$$



目 录

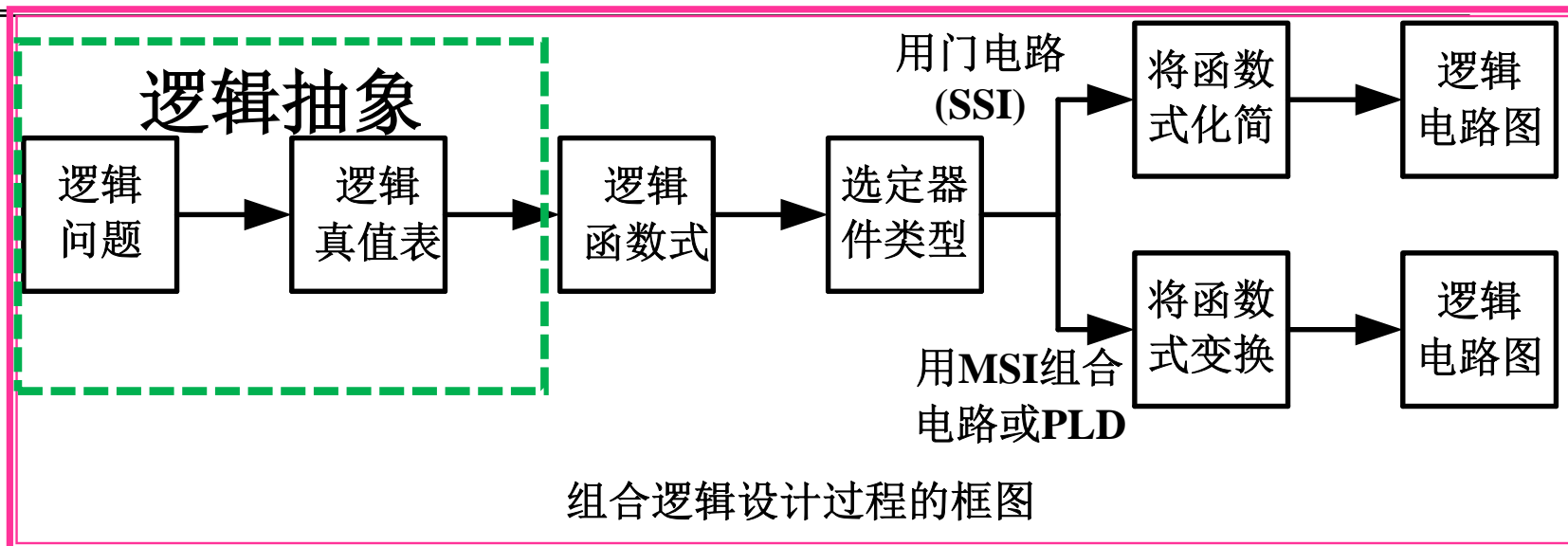
- 组合逻辑电路概述
- 组合逻辑电路的分析方法
- 组合逻辑电路的设计方法

组合逻辑电路的设计方法

已知 —— 逻辑功能
待求 —— 最简逻辑电路

■ 组合逻辑电路的一般设计步骤为：

1. 根据设计要求确定真值表（**逻辑抽象**）
2. 根据真值表确定逻辑表达式（卡诺图）
3. 将逻辑表达式化简，然后按设计要求变换逻辑表达式
4. 画出逻辑图



组合逻辑电路的设计目标

- 实现逻辑功能
- 满足性能指标
- 综合考虑各项因素：

规模、功耗、价格、可靠性、速度、易实现、易维修、美观等

设计不唯一，最佳设计方案随新技术的不断推出而变化

组合逻辑电路设计—例1

例1：某电路有三个输入端 A, B, C ，当 $ABC \geq 011$ 时，输出 $f = 1$ ，否则 $f = 0$ 。

步骤：

1. 根据设计要求确定真值表
2. 根据真值表获得卡诺图(表达式)
3. 化简
4. 按设计要求，变换逻辑表达式
5. 画出逻辑图

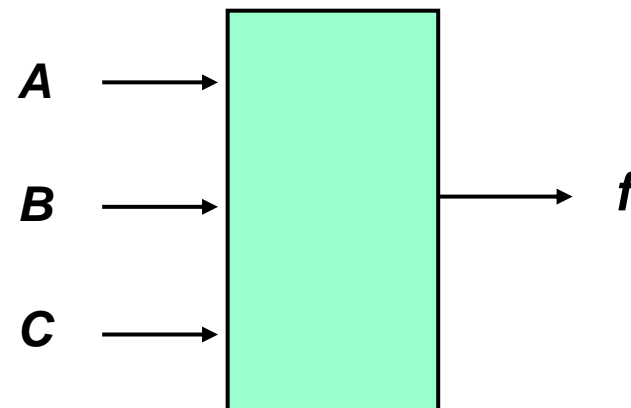
组合逻辑电路设计—例1

例1： 某电路有三个输入端 A, B, C , 当 $ABC \geq 011$ 时, 输出 $f = 1$, 否则 $f = 0$ 。

穷举法

① 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	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1



组合逻辑电路设计—例1

② 逻辑表达式

$$f = A'BC + AB'C' + AB'C + ABC' + ABC$$

A	B	C	f
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

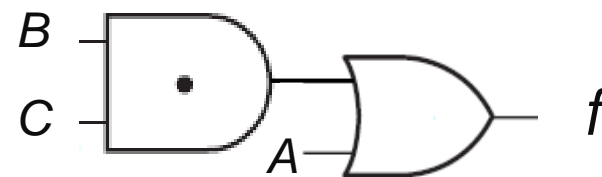
③ 化简

$$f = A'BC + AB'C' + AB'C + ABC' + ABC$$

$$= A'BC + AB' + AB$$

$$= A'BC + A = BC + A$$

④ 逻辑图



组合逻辑电路设计—例2

例2：写出3人多数表决电路的逻辑表达式，当A、B、C三人中有多数人赞同时表决通过，**且A有否决权**。

解：1、设A、B和C为输入变量，赞同时用1表示；不赞同时用0表示。设Y为代表表决结果的输出变量，表决通过用1表示；未通过用0表示。

2、真值表

3、由真值表可得逻辑函数Y的最小项表达式

$$Y = \sum (5, 6, 7)$$

4、化简得：

$$Y = AC + AB$$

A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

组合逻辑电路设计—例3

例3：用“与非”门设计一个交通信号灯工作状态监视电路，正常情况下，仅有一盏灯亮。当出现所有的灯都熄灭或有两盏及两盏以上的灯亮时，则说明电路出现故障，需发出报警信号通知维修人员处理。

解：1) 设变量A、B、C表示红、黄、绿三个信号灯，灯的亮、灭用1、0表示，电路工作状态用Y来表示，Y为1需要报警，Y为0工作正常。

2) 根据题意列真值表

$$Y = \sum (0, 3, 5, 6, 7)$$

3) 逻辑化简得：

$$Y = A'B'C' + AB + BC + AC$$

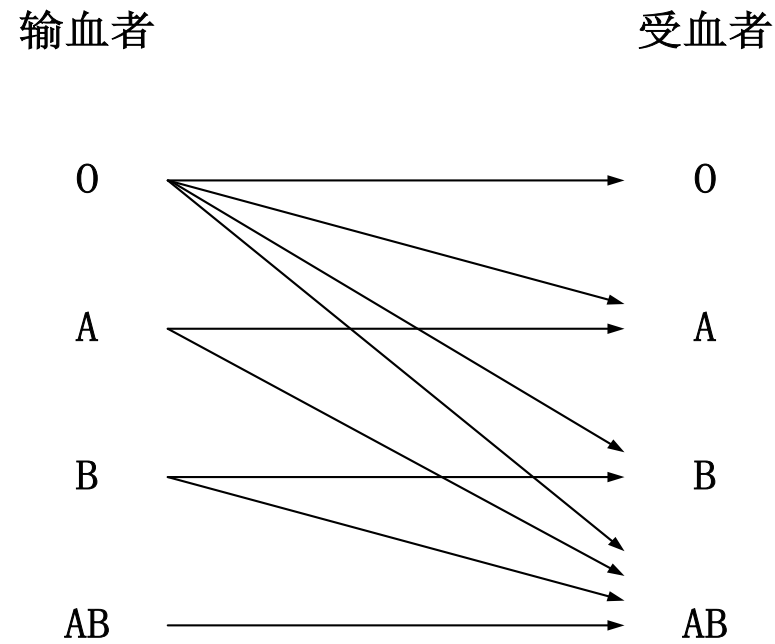
4) 逻辑变换得“与非-与非”表达式：

$$Y = ((A'B'C')' \cdot (AB)' \cdot (BC)' \cdot (AC)')'$$

A	B	C	Y
0	0	0	1
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

组合逻辑电路设计—例4

例4：人有O、A、B、AB四种基本血型。输血者与献血者的血型必须符合下述原则：O型血是万能输血者，可以输给任意血型的人，但O型血的人只接受O型血；AB型血是万能受血者，可以接受所有血型的血。输血者和受血者之间的血型关系如下图所示。试用“与非”门设计一个组合电路，以判别一对输、受血者是否相容。



血型关系图

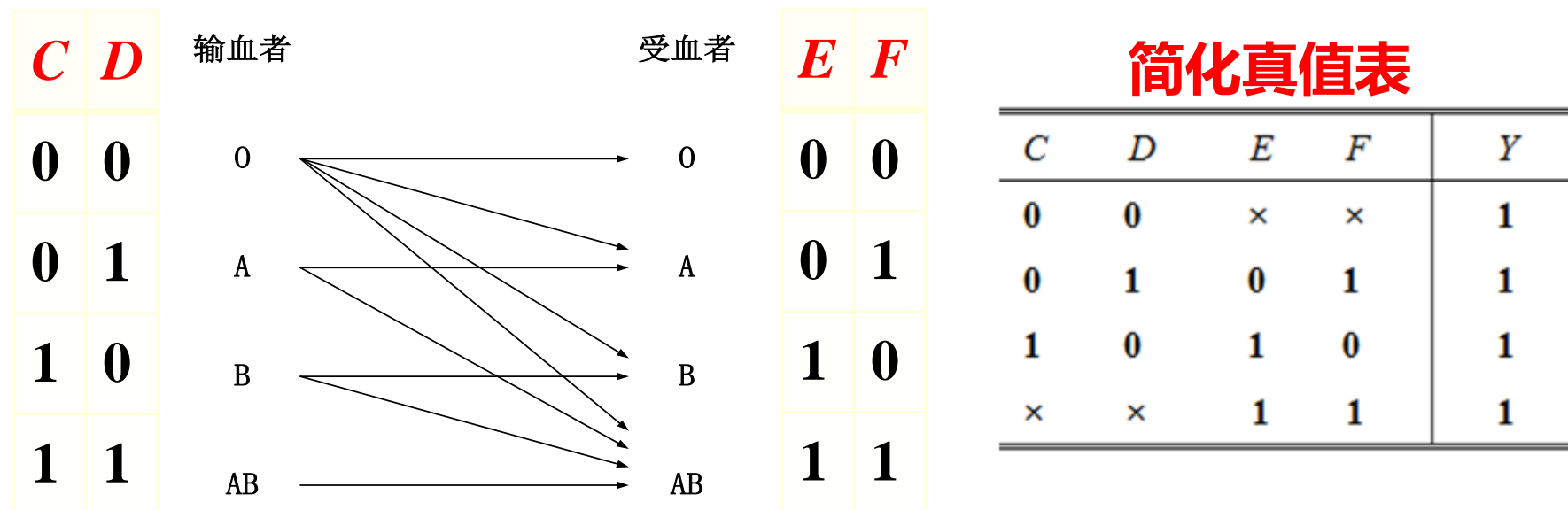
用字母表示血型关系

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

用两位编码表示四种血型

组合逻辑电路设计—例4

解：1) 根据题意，列出简化真值表



2) 根据真值表，抽象出逻辑函数表达式

$$Y = C'D' + C'DE'F + CD'EF' + EF$$

组合逻辑电路设计—例4

3) 逻辑化简。画出卡诺图化简式
可得最简“与或”式：

$$Y = C'D' + EF + C'F + D'E$$

4) 逻辑变换。将最简“与或”式转换成
“与非-与非”式得：

$$\begin{aligned} Y &= C'D' + EF + C'F + D'E \\ &= ((C'D' + EF + C'F + D'E)')' \\ &= ((C'D')'(EF)'(C'F)'(D'E)')' \end{aligned}$$

5) 画逻辑电路图。

EF \ CD	00	01	11	10
00	1	1	1	1
01		1	1	
11			1	
10			1	1