

---

# 数字逻辑

## 第三章 组合逻辑电路分析与设计

北京理工大学 计算机学院

张磊

[leizhang@bit.edu.cn](mailto:leizhang@bit.edu.cn)

## □ 一个组合逻辑电路:

- $m$  个布尔输入
- $n$  个布尔输出
- $n$  个转换函数: 每一个转换函数将  $2^m$  个输入组合映射到一个输出, 当前的输出依赖于当前的输入组合



$m$  个布尔输入

$n$  个布尔输出

# 本章内容

---

## 一. 设计过程

- 1. 规范化
- 2. 形式化
- 3. 优化
- 4. 工艺映射
- 5. 验证

---

## 1. 规范化

- 指定组合电路行为

## 2. 形式化

- 用真值表对输入输出形式化

## 3. 优化

- 优化逻辑，减少门输入成本，如卡诺图优化

## 4. 工艺映射

- 将优化后逻辑映射到实现工艺

## 5. 验证

- 验证设计正确性

# 例子

---

□ 设计一个BCD码到余三码转换电路



---

## 1. 规范化

- 输入：0到9的BCD码表示，分别为0000-1001
- 输出：0到9的余三码表示，在BCD码上加0011

## 2. 形式化

□ 由于只有4位，用真值表很容易表示

□ 变量

- BCD码

A,B,C,D

□ 变量

- 余三码

W,X,Y,Z

Input BCD A B C D	Output Excess-3 W X Y Z
0 0 0 0	0 0 1 1
0 0 0 1	0 1 0 0
0 0 1 0	0 1 0 1
0 0 1 1	0 1 1 0
0 1 0 0	0 1 1 1
0 1 0 1	1 0 0 0
0 1 1 0	1 0 0 1
0 1 1 1	1 0 1 0
1 0 0 0	1 0 1 1
1 0 0 1	1 1 0 0

### 3. 优化

□ 可以直接从真值表观察出标准形式，

➤ 如何观察？

□ 但是：

➤ 不够优化

➤ 门输入成本高

□ 怎么办？

➤ 卡诺图优化

□ 优化目标：

➤ 门输入成本

➤ 即逻辑图中门的输入端的个数

Input BCD A B C D	Output Excess-3 WXYZ
0 0 0 0	0 0 1 1
0 0 0 1	0 1 0 0
0 0 1 0	0 1 0 1
0 0 1 1	0 1 1 0
0 1 0 0	0 1 1 1
0 1 0 1	1 0 0 0
0 1 1 0	1 0 0 1
0 1 1 1	1 0 1 0
1 0 0 0	1 0 1 1
1 0 0 1	1 1 0 0



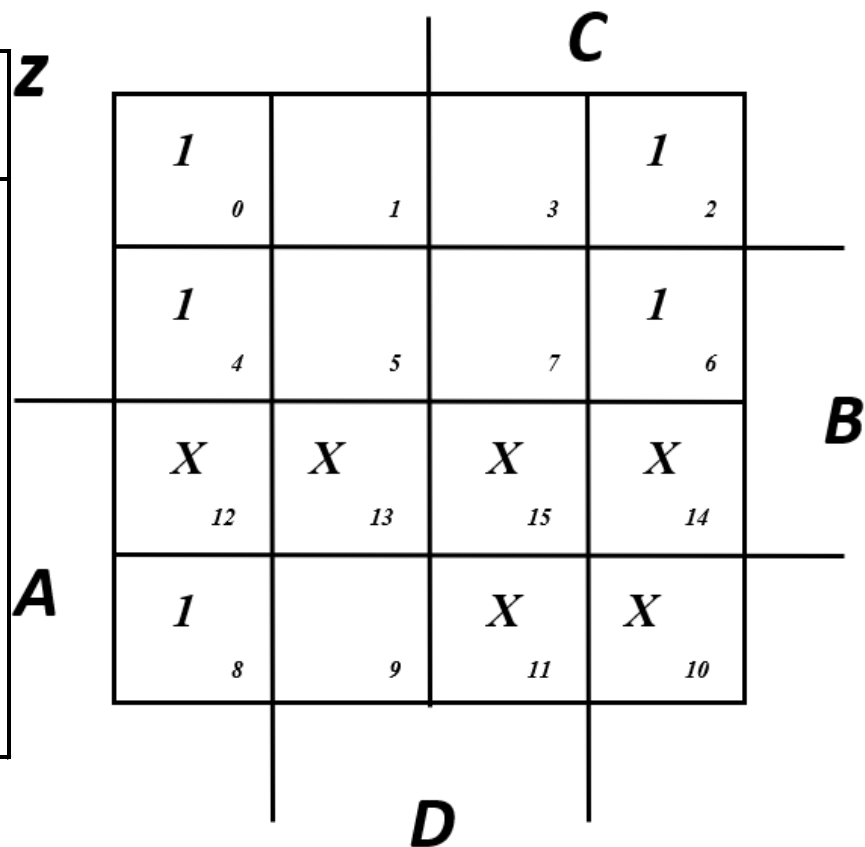
---

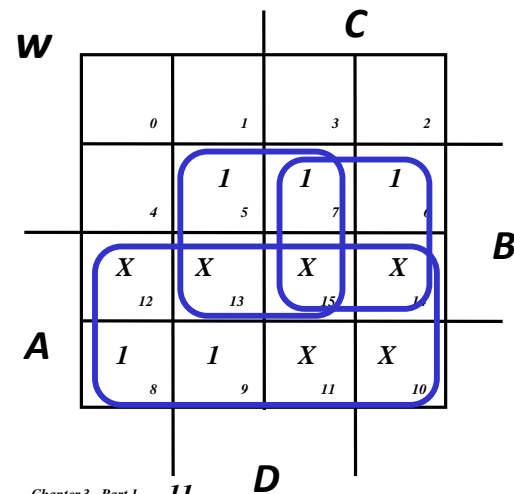
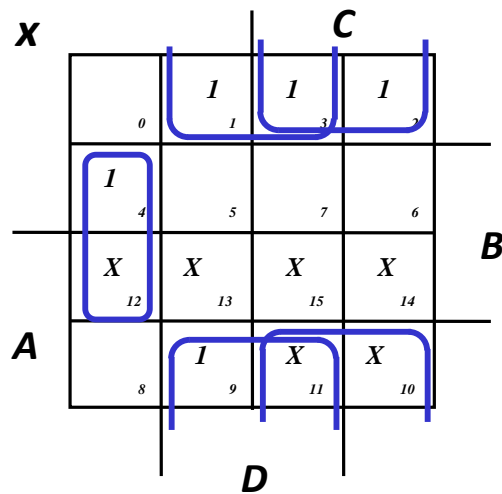
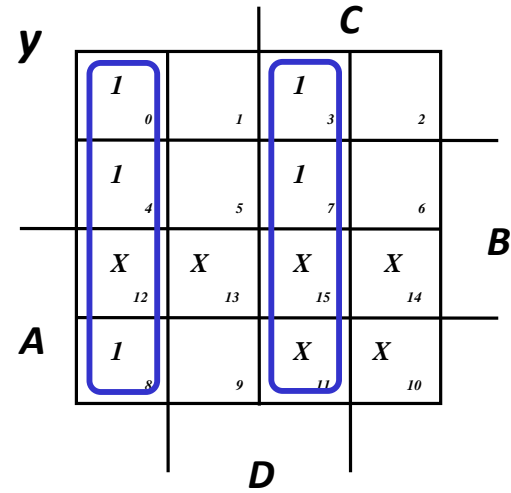
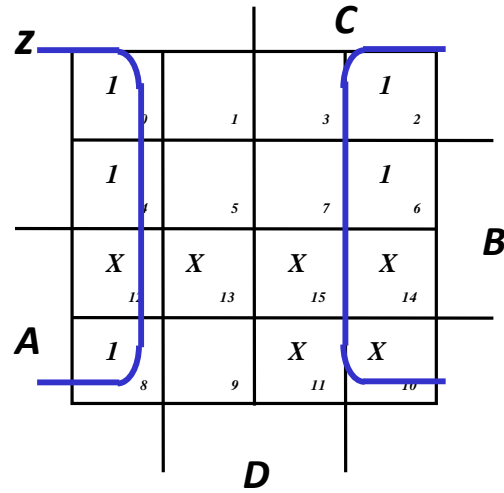
## □ 如何由真值表得到卡诺图？

Input BCD A B C D	Output Excess-3 WXYZ
0 0 0 0	0 0 1 1
0 0 0 1	0 1 0 0
0 0 1 0	0 1 0 1
0 0 1 1	0 1 1 0
0 1 0 0	0 1 1 1
0 1 0 1	1 0 0 0
0 1 1 0	1 0 0 1
0 1 1 1	1 0 1 0
1 0 0 0	1 0 1 1
1 0 0 1	1 1 0 0

## □ 如何由真值表得到卡诺图？

Input BCD A B C D	Output Excess-3 W X Y Z
0 0 0 0	0 0 1 1
0 0 0 1	0 1 0 0
0 0 1 0	0 1 0 1
0 0 1 1	0 1 1 0
0 1 0 0	0 1 1 1
0 1 0 1	1 0 0 0
0 1 1 0	1 0 0 1
0 1 1 1	1 0 1 0
1 0 0 0	1 0 1 1
1 0 0 1	1 1 0 0





---

## □ 卡诺图化简:

①确定主蕴涵项

②对质主蕴涵项逻辑和

③加上其他主蕴涵项

- 选择规则：尽可能减少主蕴涵项的重叠
- 所选择的主蕴涵项至少覆盖一个没有被其他主蕴涵项覆盖的最小项

---

□ 卡诺图优化结果：

$$W = A + BC + BD$$

$$X = \overline{B}C + \overline{B}D + B\overline{C}\overline{D}$$

$$Y = CD + \overline{C}\overline{D}$$

$$Z = \overline{D}$$

□  $G = 7 + 10 + 6 + 0 = 23$

□ 能不能进一步优化？

□ 优化目标是什么？

- 
- 进一步优化思想：共享电路
  - 有没有可以共享的？

$$W = A + BC + BD$$

$$X = \overline{B}C + \overline{B}D + B\overline{C}\overline{D}$$

$$Y = CD + \overline{C}\overline{D}$$

$$Z = \overline{D}$$

---

$$\begin{aligned}T_1 &= C + D \\W &= A + BT_1 \\X &= \bar{B}T_1 + B\bar{C}\bar{D} \\Y &= CD + \bar{C}\bar{D} \\Z &= \bar{D}\end{aligned}$$

- $G = 2 + 4 + 7 + 6 + 0 = 19$
- 还能否进一步优化?

---

$$(\overline{C}\overline{D} = \overline{C + D} = \overline{T_1})$$

$$W = A + BT_1$$

$$X = \overline{B}T_1 + B\overline{T_1}$$

$$Y = CD + \overline{T_1}$$

$$Z = \overline{D}$$

$$\square \quad G = 2 + 4 + 6 + 4 + 0 = 16!$$



