计算机组成原理与系统结构

第二章

计算机硬件基础

http://jpkc.hdu.edu.cn/computer/zcyl/dzkjdx/

杭州电子科技大学
HANGZHOU DIANZI UNIVERSITY

第 2 章 计算机硬件基础

2.2 基本逻辑运算和基本门电

一 逻辑变量和逻辑表达式

二 逻辑门

三 逻辑代数的基本定律

四 逻辑函数的化简

一、逻辑变量和逻辑表达式

- **逻辑常量：** 表示两个对立的逻辑状态，即逻辑“真”（true）或者逻辑“假”（false），用0和1表示。
- **逻辑变量：** 指反映事物逻辑关系的变量，逻辑变量一般用字母、数字及其组合来表示，其取值只有两个，即0和1。
  - 在“正逻辑”的数字电路设计中，用低电平信号（如0.5V）表示逻辑0；用高电平信号（如3V）表示逻辑1。
- 对于逻辑问题的讨论，需要有条件和结果，表示条件的逻辑变量就是**输入变量**，表示结果的逻辑变量就是**输出变量**，而描述输入、输出变量之间逻辑关系的表达式就称为**逻辑函数或逻辑表达式**。

一、逻辑变量和逻辑表达式

- **逻辑运算：** 对于逻辑常量和变量的操作，有与、或、非三种基本逻辑运算。
- **逻辑门（logic gates）：** 对逻辑常量和变量完成基本的逻辑运算的电路。
- **逻辑函数：** 用于表达逻辑变量之间关系的代数式，使用与、或、非 3 种基本逻辑运算，可以构造出任何逻辑函数 。
- **逻辑代数：** 逻辑代数是研究逻辑函数运算和化简的一种数学系统，也是用来描述、分析、简化数字电路的数学工具。

一、逻辑变量和逻辑表达式

- 在数字电路中，表示逻辑变量之间的逻辑关系的方法一般有 3 种：**逻辑代数式、真值表、电路图**。
- **真值表：**将所有输入变量的所有可能的取值组合，及其在此情况下输出变量应有的取值罗列出来，所形成的一张表。它最全面、最直观地表达了逻辑关系。

二、逻辑门

❖ 现代的逻辑门电路，一般将所有器件及连接导线制作在同一块半导体基片上，构成集成逻辑门电路。

❖ 逻辑门电路按内部器件类型可分为：

1 双极型逻辑门

2 单极型逻辑门

❖ 逻辑门电路其他相关：

3 其他类型的TTL门电路

4 基本逻辑门

1、双极型逻辑门

- 以二极管、三极管作为开关元件，电流通过PN结流动。
- 可分为：
  - 二极管－晶体三极管逻辑（DTL）
  - 晶体三极管－晶体三极管逻辑（TTL）
  - 射极耦合逻辑（ECL）
  - 集成注入逻辑（I^2L）

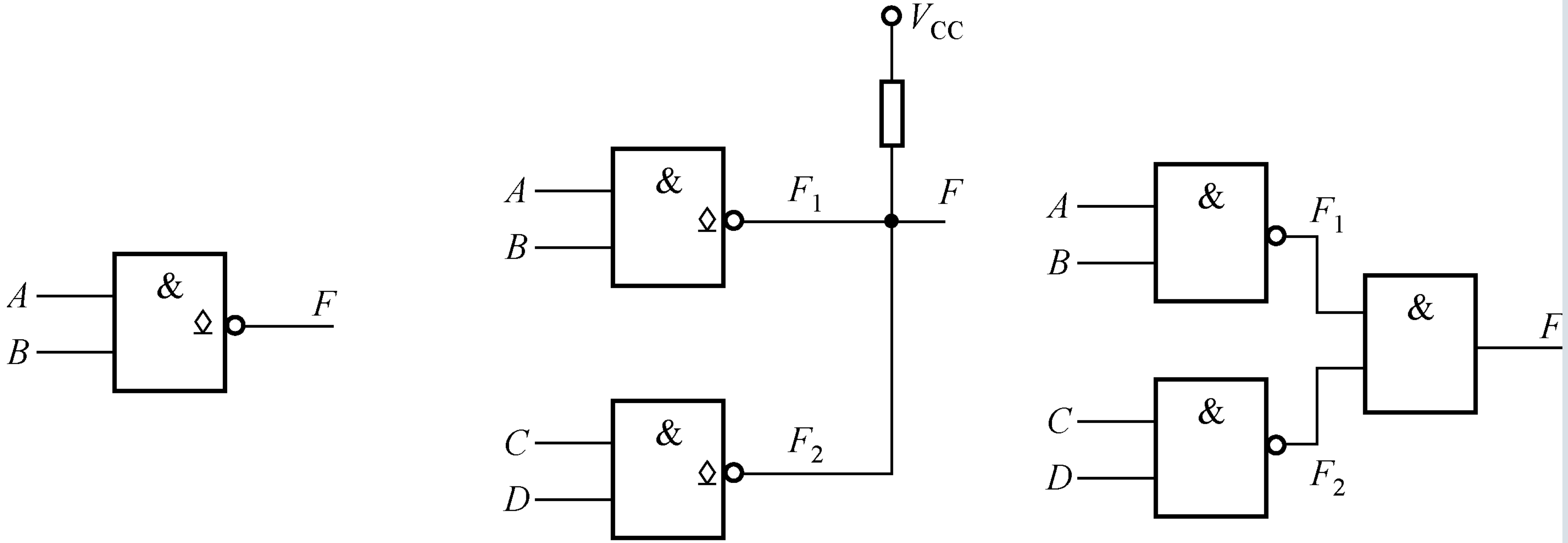
2、单极型逻辑门

- 以 MOS 管作为开关元件，电流通过导电沟道流动。
- 优点：制造工艺简单、功耗小、输入阻抗高、集成度高及无电荷存储效应
- 缺点：速度稍慢。
- 单极型逻辑门又可分为：
  - P 沟道 MOS （PMOS） 逻辑门
  - N 沟道 MOS （NMOS） 逻辑门
  - 互补 MOS （CMOS） 逻辑门

3、其他类型的 TTL 门电路

（1）集电极开路与非门（OC 门）

- 一种输出端允许相互连接的特殊 TTL 门电路



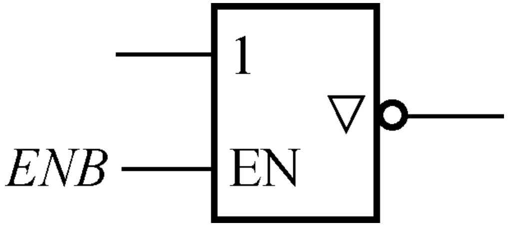
(a) OC门符号 (b) 线与逻辑电路 (c) 等效电路

$$F = F_1 \cdot F_2 = \overline{AB} \cdot \overline{CD} = \overline{AB + CD}$$

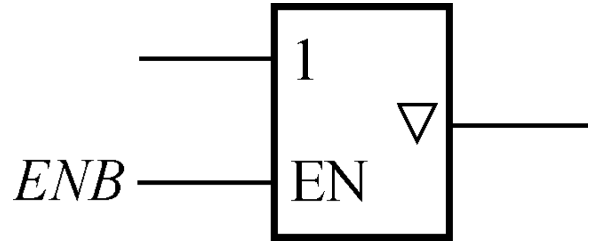
3、其他类型的 TTL 门电路

（2）三态门

- 一般 TTL 门有两种状态，即输出为“0”或“1”，且这两种状态都是低阻输出。三态门除了这两状态外，还具有高阻输出的第三态即禁止态，此时三态门输出端与其他电路的连接处相当于开路。



三态反相器

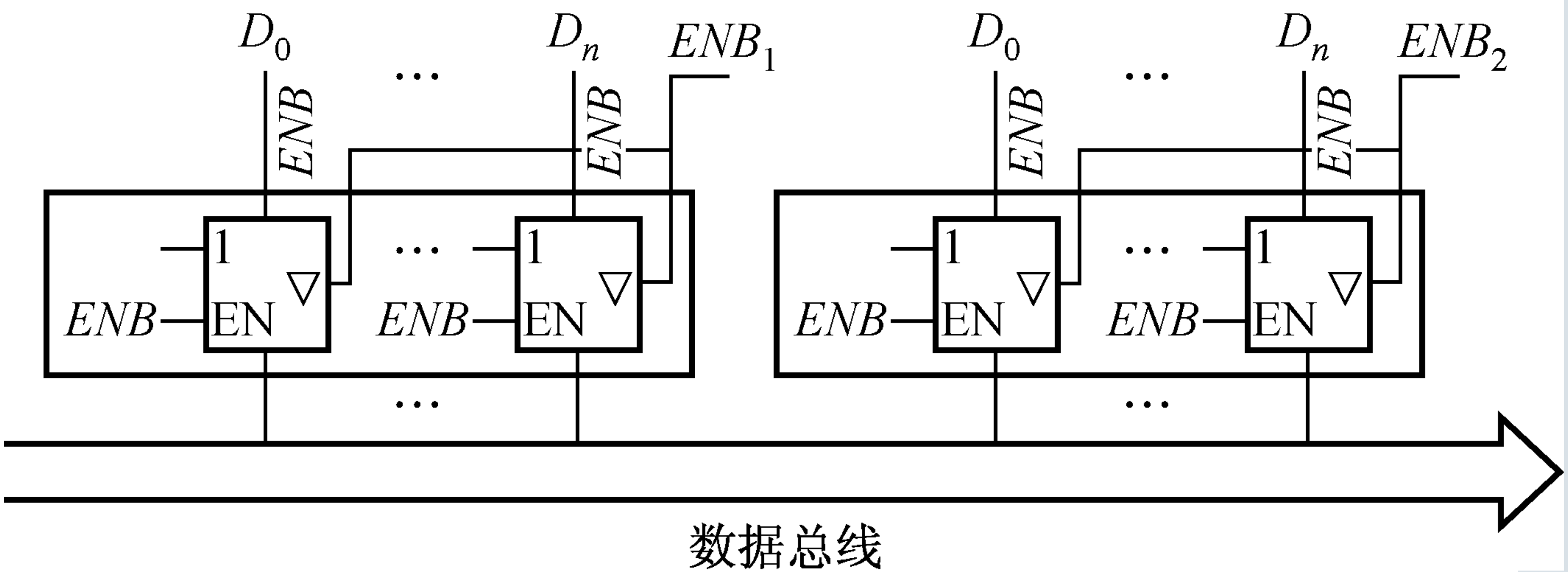


三态缓冲器

3、其他类型的 TTL 门电路

（2）三态门

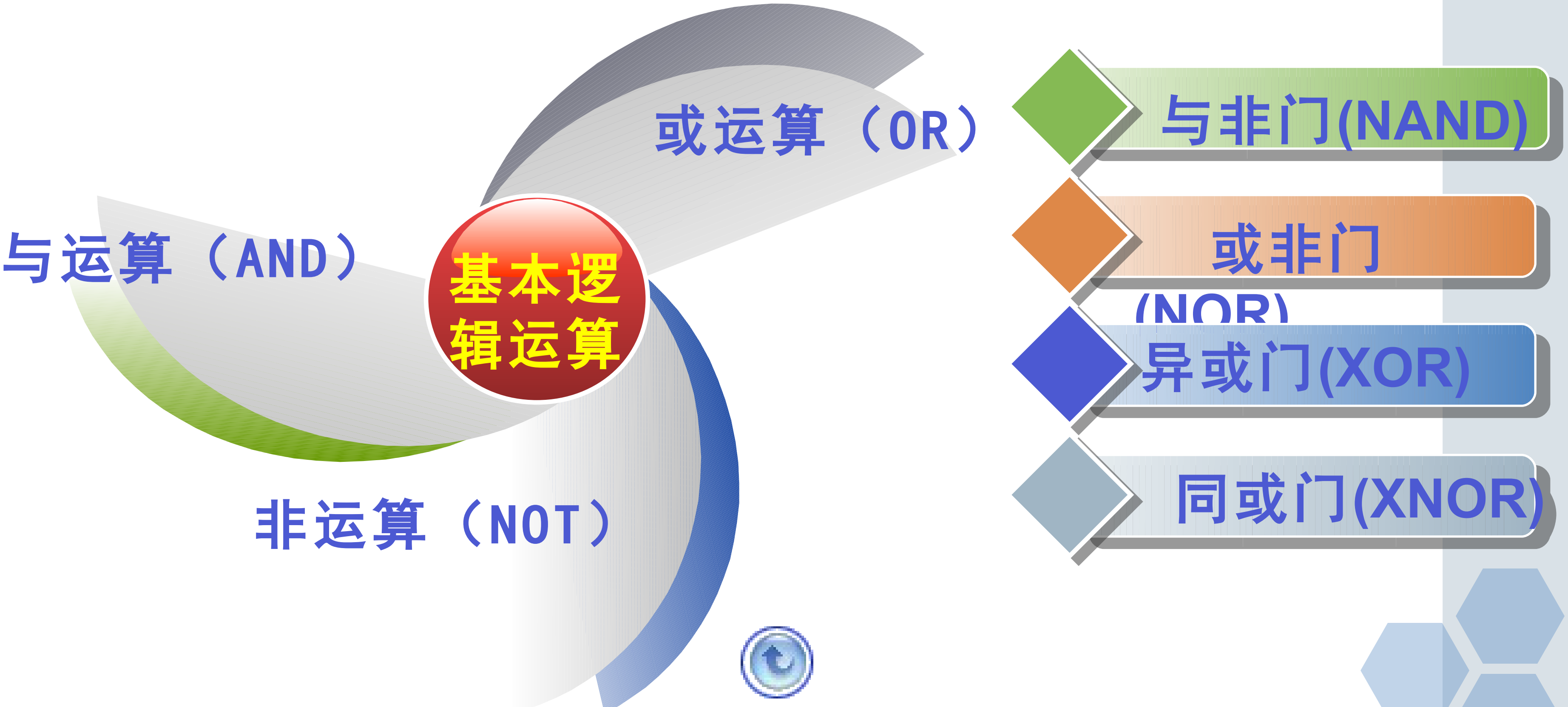
❖用于将多个部件连接到总线上：总线的互斥性



三态门与数据总线连接

4、基本逻辑门

- 表示逻辑门的方式有三种：电路图形符号、代数函数、真值表
- 所有逻辑运算都是按位操作的。



与运算（AND）

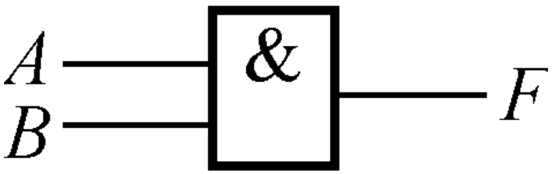
逻辑表达式

F ＝ AB ＝ A·B

运算规则

有 0 就出 0

电路符号



输入变量

输出变量

真值表

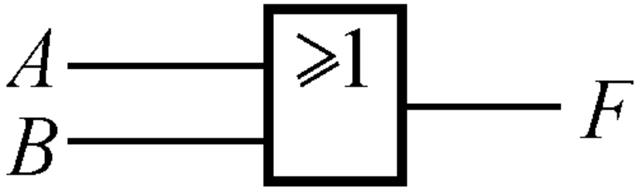
A	B	F
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

或运算（ OR ）

逻辑表达式

F ＝ A ＋ B

电路符号



真值表

A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

运算规则

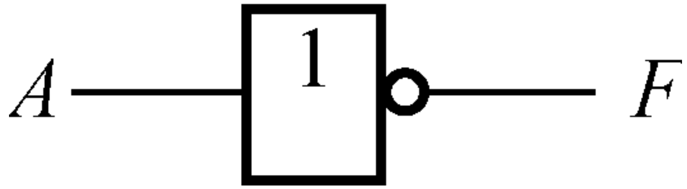
有 1 就出 1

非运算（NOT）

逻辑表达式

$$F = \overline{A}$$

电路符号



真值表

A	F
0	1
1	0

运算规则

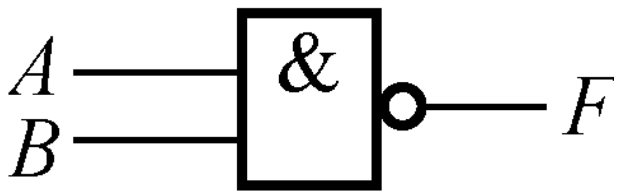
取反

与非门（NAND）

逻辑表达式

$$F = \overline{AB} = \overline{A\cdot B}$$

电路符号



真值表

A	B	F
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

运算规则

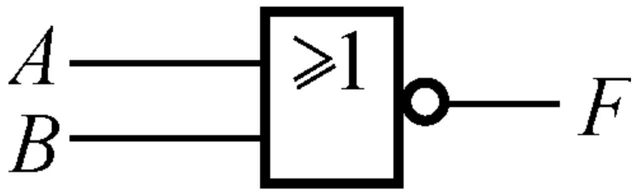
有 0 就出 1

或非门（NOR）

逻辑表达式

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

电路符号



真值表

A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

运算规则

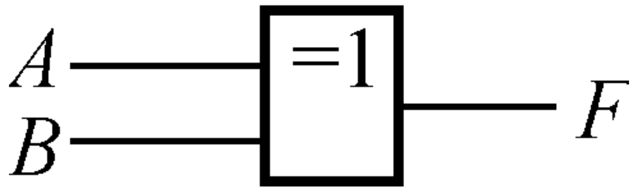
有 1 就出 0

异或门（XOR）

逻辑表达式

$$F = A \oplus B = \overline{A}\,B + \overline{A}\,B$$

电路符号



真值表

A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

运算规则

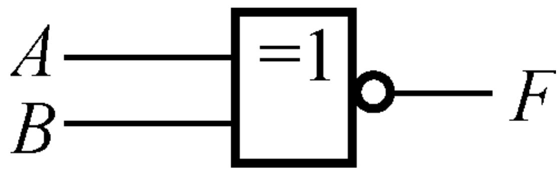
相异得 1

同或门（XNOR）

逻辑表达式

$$F = A \odot B = AB + \bar{A}\,\bar{B}$$

电路符号



真值表

A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

运算规则

相同得 1

三、逻辑代数的基本定律

（1）交换律 $A + B = B + A \quad A \cdot B = B \cdot A$

（2）结合律 $A + (B + C) = (A + B) + C$

$A \cdot (B \cdot C) = (A \cdot B) \cdot C$

（3）分配律 $A + B \cdot C = (A + B) \cdot (A + C)$ （*）

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

（4）吸收律 $A + A \cdot B = A$

$A \cdot (A + B) = A$

（5）补吸收律 $A + \overline{A} \cdot B = A + B$

$A \cdot (\overline{A} + B) = A \cdot B$

三、逻辑代数的基本定律

（6）反演律 $\overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$ （*） 或的非↔非的与

$\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$ （*）

（7）包含律

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

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

（8）重叠律 $A + A = A$ $A \cdot A = A$

（9）互补律 $A + \overline{A} = 1$ $A \cdot \overline{A} = 0$

（10）0 — 1 律 $0 + A = A$ $1 + A = 1$

$1 \cdot A = A$ $0 \cdot A = 0$

四、逻辑函数的化简

- 在设计逻辑电路时，每个逻辑表达式是和一个逻辑电路相对应，因此**必须将逻辑表达式进行化简，以减少实现它的电路所用元器件**。
- 逻辑函数化简有两种方法：代数化简法和卡诺图化简法。
- 代数化简法：直接利用逻辑代数的基本公式和规则进行化简，要求熟练地掌握逻辑函数的公式，并经过多次训练才能进行快速化简。

四、逻辑函数的化简

- 并项法（互补律）
- 吸收法（吸收律）
- 消去法（补吸收律）
- 取消法（包含律）
- 配项法（互补律加项）

四、逻辑函数的化简

❖【例 1】 $F = \overline{A}BC + \overline{A}\,\overline{B}\,C = \overline{A}B$ （分配律、互补律）

❖【例 2】 $F = B + \overline{A}\,B\,\overline{D} = B$ （交换律、吸收律）

❖【例 3】 $F = AB\overline{C} + \overline{A}BC + \overline{A}\,C$

$= AB(C + \overline{C}) + \overline{A}C$ （分配律）

$= AB + \overline{A}C$ （互补律）

❖【例 4】 $F = AB + \overline{A}\,C + \overline{B}C = AB + \overline{A}\,C$ （包含律）

❖【例 5】 $F = AD + A\overline{D} + AB + \overline{A}C + BD + ACEF + \overline{B}EF + DEFG$

$= A + C + BD + \overline{B}EF + DEFG$

$= A + C + BD + \overline{B}EF + DEF + DEFG$ (包含律)

$= A + C + BD + BEF$

四、逻辑函数的化简

❖ 代数化简法化简时要注意以下几点：

① 尽可能先使用并项法、吸收法、消去法、取消法等简单方法进行化简，当这些方法不凑效时，再考虑使用配项法。

② 如果原始函数不是“与或”式，需先将其转换成“与或”式，然后再化简。

③ 化简后得到的最简表达式不一定是唯一的，但它们中的“与”项个数及“与”项中的因子数都应该是最少的。

The End !