

# 数制. 码制部分.

二进制: 0, 1. (B)

十进制: (D)

八进制: 0~7 (Q)

十六进制: 0~9, A~F. (H)

相互转化: 二 $\rightarrow$ 八, 三位一转

二 $\rightarrow$ 十六, 四位一转

原. 反. 补. 码. (符号位+数值). 符号位: 正数为0, 负数为1.

① 正数的原. 反. 补. 码都相同.

② 负数的反码: 符号位不变, 其余取反.

补码: 反码 + 1

8421 BCD 码. 只有 0-9 有效. 其余为无效码.

如何转换有效码? 无效码 + 6 (0110).  $\rightarrow$  有效.

余3码: 8421 BCD 码 + 3.

## 原码加/减法运算

1. 加法: 先看符号位. 若相同, 绝对值相加. 结果符号不变, 若不同, 则作减法.  $|大| - |小|$ . 结果符号与  $|大|$  相同.

2. 减法: 两个原码表示的数相减, 首先将减数符号位取反. 然后被减数与符号位取反后的减数按原码加法进行计算.

## 补码加/减法运算

1. 加法:  $[X]_{补} + [Y]_{补} = [X+Y]_{补} \pmod{2}$

不需要事先判断符号. 符号位与码值位一起参加运算. 符号位相加后若有进位, 则舍去该进位数字.

2. 减法:  $[X-Y]_{补} = [X]_{补} - [Y]_{补} = [X]_{补} + [-Y]_{补}$ .

两数差的补码等于两数补码之差.

## 反码加/减法运算

$[X+Y]_{反} = [X]_{反} + [Y]_{反}$ .  $[X-Y]_{反} = [X]_{反} + [-Y]_{反}$ .



## ★ 重点注意

$n$ 位带符号数(补码)正确的运算结果应该在  $[-2^{n-1}, 2^{n-1}-1]$  范围内, 如果结果不在该范围内, 则产生了溢出。可以在最高进位和次高进位之间采用异或门来检测运算结果是否正常。

## 逻辑代数基础部分

1. 基本逻辑操作: 与或非 (运算优先级: 非, 与, 或)

异或:  $A \oplus B$ . 同或  $A \odot B$ .  $\overline{A \oplus B} = A \odot B$ .

2. 描述逻辑函数的方法

逻辑表达式, 真值表, 逻辑电路图, 卡诺图, 波形图, 文字描述.

3. 基本公式:

$A \cdot A = A$   $A + A = A$  (重叠律)

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

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

$AB + \overline{A}C + BCDE \dots = AB + \overline{A}C$  (吸收律)

4. 异或, 同或表达式:

$A \oplus B = \overline{A}B + A\overline{B}$   $A \odot B = \overline{A}\overline{B} + AB$ .

★ 5. 三个基本定律:

代入规则, 反演规则, 对偶规则.

6. 最大项, 最小项.

$M_i = \overline{m_i}$ .

7. 卡诺图.

几何相邻的最小项具有逻辑相邻性.



# 基本结构

## 1. Verilog HDL 语言

- (1) Verilog HDL：既是一种行为描述语言；也是一种结构描述语言
- (2) 作用：进行数字电路的仿真验证、时序分析、逻辑综合

## 2. 语言结构

- (1) Verilog HDL 程序嵌套在 module 和 endmodule 声明语句中；
- (2) 基本结构：模块声明/端口定义/IO 口说明/信号类型/功能描述/
  - a.模块声明：包含模块名字和模块输入、输出端口列表

```
module 模块名 (端口 1, 端口 2.....)
.....
endmodule
```
  - b.端口定义：三种端口类型：输入、输出、输入输出

```
input 端口 1, 端口 2;
output 端口 1, 端口 2;
inout 端口 1, 端口 2;
```
  - c.信号类型：连线型、寄存器型（未定义默认连线型）

```
reg cout;
wire a,b,c;
```
  - d.功能描述：连续赋值语句（组合）；元件例化；always 语句(组合、时序)

## 3. 门类型关键字

not, and, nand, or, nor, xor, xnor

| 原语名称       | 逻辑表达式                 |
|------------|-----------------------|
| and (与门)   | $L = A \& B$          |
| nand (与非门) | $L = \sim(A \& B)$    |
| or (或门)    | $L = A   B$           |
| nor (或非门)  | $L = \sim( A   B)$    |
| xor (异或门)  | $L = A \wedge B$      |
| xnor (同或门) | $L = A \sim \wedge B$ |

# 数据类型

## 1. wire 型变量：

(1)格式：wire 数据名 1,数据名 2, …… ,数据名 n;

(2)向量：

wire[n-1:0] 数据名 1,数据名 2, …… ,数据名 m;

或 wire[n:1] 数据名 1,数据名 2, …… ,数据名 m;

## 2. reg 型变量：

(1)格式：reg 数据名 1,数据名 2, …… ,数据名 n;

(2)向量：

reg[n-1:0] 数据名 1,数据名 2, …… ,数据名 m;

或 reg[n:1] 数据名 1,数据名 2, …… ,数据名 m;

注明：reg 型变量既可生成触发器，也可生成组合逻辑； wire 型变量只能生成组合逻辑

# 语句介绍

## 1. 结构说明语句

**always** 语句：不断重复执行，直到仿真结束

- (1) 在 **always** 块中被赋值的只能是 **register** 型变量（如 **reg**, **integer**, **real**, **time**）。
- (2) 每个 **always** 块在仿真一开始便开始执行，当执行完块中最后一个语句，继续从 **always** 块的开头执行
- (3) 格式：**always**<时序语句><语句>
- (4) **always** 的时间控制可以为沿触发，也可为电平触发，**posedge** 表示上升沿；**negedge** 表示下降沿。
- (5) 如果 **always** 块中包含一个以上的语句，则这些语句必须放在 **begin\_end**
- (6) **always** 语句必须与一定的时序控制结合在一起才有用
- (7) 模板：

```
always @ (<敏感信号表达式>)
begin
    // 过程赋值语句
    // if 语句
    // case 语句
    // while, repeat, for 循环
    // task, function 调用
end
```

## 2. 循环语句

**for** 语句——通过 3 个步骤来决定语句的循环执行：

- (1) 给控制循环次数的变量赋初值。
- (2) 判定循环执行条件，若为假则跳出循环；若为真，则执行指定的语句后，转到第（3）步。
- (3) 修改循环变量的值，返回第（2）步。

形式：

一般形式：**for** （表达式 1；表达式 2；表达式 5）语句

简单形式：**for**（循环变量赋初值；循环执行条件；循环变量增值）执行语句

## 3. 条件语句

**if-else** 语句：

方式 1：**if**（表达式） 语句 1；

方式 2：

```
if（表达式 1） 语句 1；
else          语句 2；
```

方式 3：

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

**case** 语句：

**case**（敏感表达式）

值 1：语句 1；

值 2：语句 2；

...

值 n：语句 n；

**default**: 语句 n+1；

**endcase**



很重要. 理解深层次逻辑.

#### 4. 赋值语句

连续赋值语句：(assign 语句) 用于对 wire 型变量赋值，是描述组合逻辑最常用的方法之一。

过程赋值语句：用于对 reg 型变量赋值，有两种方式：

(1) 非阻塞 (non-blocking) 赋值方式：赋值符号为  $\leq$ ，如  $b \leq a$  ；

(2) 阻塞 (blocking) 赋值方式：赋值符号为  $=$ ，如  $b = a$  ；

非阻塞 (non-blocking) 赋值方式 ( $b \leq a$ )：

- (1)  $b$  的值被赋成新值  $a$  的操作，并不是立刻完成的，而是在块结束时才完成；
- (2) 块内的多条赋值语句在块结束时同时赋值；
- (3) 硬件有对应的电路。

阻塞 (blocking) 赋值方式 ( $b = a$ )：

- (1)  $b$  的值立刻被赋成新值  $a$ ；
- (2) 完成该赋值语句后才能执行下一句的操作；
- (3) 硬件没有对应的电路，因而综合结果未知。

## 运算符

记住这些运算符.

### 1. 逻辑运算符

- (1) 逻辑运算符把它的操作数当作布尔变量;
- (2) 非零的操作数被认为是真(1 ‘b1);
- (3) 零被认为是假(1 ‘b0);
- (4) 不确定的操作数如 4’ bxx00, 被认为是不确定的(可能为零, 也可能为非零)(记为 1’ bx); 但 4’ bxx11 被认为是真(记为 1’ b1, 因为它肯定是非零的)。

| 逻辑运算符  | 说明  |
|--------|-----|
| &&(双目) | 逻辑与 |
| (双目)   | 逻辑或 |
| !(单目)  | 逻辑非 |

### 2. 位运算符

- (1) 位运算其结果与操作数位数相同。
- (2) 位运算符中的双目运算符要求对两个操作数的相应位逐位进行运算。
- (2) 两个不同长度的操作数进行位运算时, 将自动按右端对齐, 位数少的操作数会在高位用 0 补齐。

[例] 若 A = 5’ b11001, B = 5’ b101,  
则 A & B = (5’ b11001) & (5’ b00101) = 5’ b00001

要会计算!

| 位运算符   | 说明   |
|--------|------|
| ~      | 按位取反 |
| &      | 按位与  |
|        | 按位或  |
| ^      | 按位异或 |
| ^~, ~^ | 按位同或 |

### 3. 关系运算符

- (1) 运算结果为 1 位的逻辑值 1 或 0 或 x。
- (2) 关系运算时, 若关系为真, 则返回值为 1; 若声明的关系为假, 则返回值为 0;  
若某操作数为不定值 x, 则返回值为 x。

| 关系运算符 | 说明    |
|-------|-------|
| <     | 小于    |
| <=    | 小于或等于 |
| >     | 大于    |
| >=    | 大于或等于 |

### 4. 等式运算符

- (1) 使用等于运算符时, 两个操作数必须逐位相等,结果才为 1; 若某些位为 x 或 z, 则结果为 x。
- (2) 使用全等运算符时, 若两个操作数的相应位完全一致, 则结果为 1; 否则为 0。

| 等式运算符 | 说明  |
|-------|-----|
| ==    | 等于  |
| !=    | 不等于 |
| ===   | 全等  |
| !==   | 不全等 |

5. 缩减运算符

| 缩减运算符  | 说明 |
|--------|----|
| &      | 与  |
| ~&     | 与非 |
|        | 或  |
| ~      | 或非 |
| ^      | 异或 |
| ^~, ~^ | 同或 |

- (1) 运算法则与位运算符类似，但运算过程不同！
- (2) 对单个操作数进行递推运算,即先将操作数的最低位与第二位进行与、或、非运算，再将运算结果与第三位进行相同的运算，依次类推，直至最高位 。
- (3) 运算结果缩减为 1 位二进制数。

```
[例]reg[3:0] a;  
      b=|a;           //等效于 b =( a[0] | a[1]) | a(2)) | a[3]
```

6. 移位运算符

| 移位运算符 | 说明 |
|-------|----|
| >>    | 右移 |
| <<    | 左移 |

- (1) 用法：A>>n    或    A<<n
- (2) 将操作数右移或左移 n 位，同时用 n 个 0 填补移出的空位。  
[例] 4'b1001>>3 = 4'b0001;    4'b1001>>4 = 4'b0000  
      4'b1001<<1 = 5'b10010;        4'b1001<<2 = 6'b100100;  
      1<<6 = 52'b1000000

7. 条件运算符

- (1) 当条件为真，信号取表达式 1 的值；为假，则取表达式 2 的值。
- (2) 条件运算符为 ? :
- (3) 用法：信号 = 条件? 表达式 1: 表达式 2





