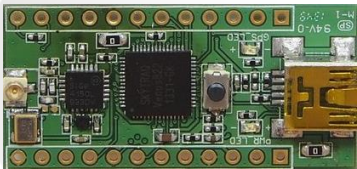


# 计算机组成原理

## 第三章 运算方法与运算器

### 3.3 原码一位乘法



1

## 移位操作及其意义



数据整体左移一位，最高位 $D_{15}$ 被移出至 $C_F$ ，最低位 $D_1$ 补0

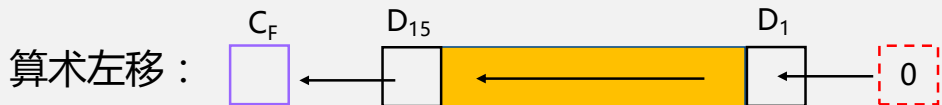
移位前

0 1 1 0 1 1 1 0

逻辑左移后

0

1 1 0 1 1 1 0 0



数据整体左移一位，最高位 $D_{15}$ 被移至 $C_F$ ，最低位 $D_1$ 补0

移位前

0 1 1 0 1 1 1 0

逻辑左移后

0

1 1 0 1 1 1 0 0

相当于乘2

*操作相同，  
意义不同*

1

## 移位操作及其意义

逻辑右移：

数据整体右移一位，最高位 $D_{15}$ 补0，最低位 $D_1$ 被移出

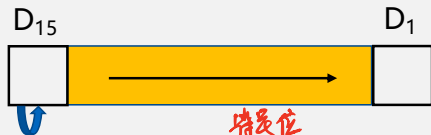
移位前

1 1 1 0 1 1 1 0

逻辑右移后

0 1 1 1 0 1 1 1

算术右移：

数据整体右移一位，最高位 $D_{15}$ 被复制填补 $D_{15}$ ，最低位 $D_1$ 被移出

移位前

1 1 1 0 1 1 1 0

逻辑左移后

1 1 1 1 0 1 1 1相当于除2

2

## 二进制乘法的手工计算过程

手工计算忽略了符号位

$$\begin{array}{r}
 0.010 \leftarrow n=3 \\
 \times 0.101 \\
 \hline
 0010 \\
 0000 \text{ 左移1} \\
 0010 \text{ 左移2} \\
 + 0000 \text{ 左移3} \\
 \hline
 0001010
 \end{array}$$

$n+1$ 个输入

a. 说明乘法可由加法实现

b. 存在的问题:

对于n位数

- 需要多输入的全加器 (最多为 $n+1$ );
- 需要长度为 $2n$ 的积寄存器; 结果长为 $2n$ , 有溢出? 截断?
- 对应乘数的不同位, 部分积左移次数不同, 且乘法过程中总移位次数多。

2

## 二进制乘法的手工计算过程

只取乘数最后一位判断  
乘数加0000 (0)  
加被乘数 (1)

保存到乘数寄存器中, 乘数右移

部分积

如何解决上述问题 (改进的方法)

- 需要多输入的全加器 (最多为  $n+1$ )



基于FA的循环累加0或被乘数

多次加, 每次加2个数

- 针对乘数不同位部分积左移次数不同的问题



右移部分积! 乘数寄存器

- 需要长度为  $2n$  的积寄存器



从部分积和乘数寄存器取结果

分段保存

$$\begin{array}{r}
 0.010 \\
 \times 0.101 \\
 \hline
 0010 \\
 0000 \\
 0010 \\
 + 0000 \\
 \hline
 0001010
 \end{array}$$

改进



$$\begin{array}{r}
 0.010 \\
 \times 0.101 \\
 \hline
 0010 \\
 \rightarrow 0010 \\
 + 0000 \\
 \hline
 00010 \\
 \rightarrow 00010 \\
 + 0010 \\
 \hline
 001010 \\
 \rightarrow 001010 \\
 + 0000 \\
 \hline
 0001010
 \end{array}$$

右移一位

0

10

10

010

010

3

## 原码一位乘法算法

原码特点 ☆

- 符号位单独参加运算，数据位取绝对值参加运算。
- 运算法则：

设： $[X]_{\text{原}} = X_0 \cdot X_1 X_2 \dots X_n$   $[Y]_{\text{原}} = Y_0 \cdot Y_1 Y_2 \dots Y_n$

则： $P_0 = X_0 \oplus Y_0$   $|P| = |X| \cdot |Y|$

- 运算过程采用改进的乘法运算方法。

$$\begin{array}{r}
 0.010 \\
 \times 0.101 \\
 \hline
 0010 \\
 \rightarrow 0010 \\
 + 0000 \\
 \hline
 00010 \\
 \rightarrow 00010 \\
 + 0010 \\
 \hline
 001010 \\
 \rightarrow 001010 \\
 + 0000 \\
 \hline
 0001010
 \end{array}$$

例1 已知  $X = 0.110$  $Y = -0.101$ 用原码一位乘法求  $X * Y$ 解:  $[X]_{\text{原}} = 0.110$  $[Y]_{\text{原}} = 1.101$ 

先设为0

部分积

|乘数| / 判断位

说明 00.110

运算过程中  
用双符号位

00.000

 $Y_0.101$  $Y_3 = 1$  部分积 +  $|X|$ 

+ 00.110

符号位

00.110

算术右移

符号位和最高有效位复制

每次运算结果右移1位

 $\rightarrow 00.011$  $Y_0.10$  $Y_3 = 0$  部分积 + 0

+ 00.000

也右移

00.011

 $\rightarrow 00.001$  $10 Y_0.1$  $Y_3 = 1$  部分积 +  $|X|$ 

+ 00.110

00.111

 $\rightarrow 00.011$  $110 Y_0$  $X * Y = (0 \oplus 1).011110 = 1.011110$