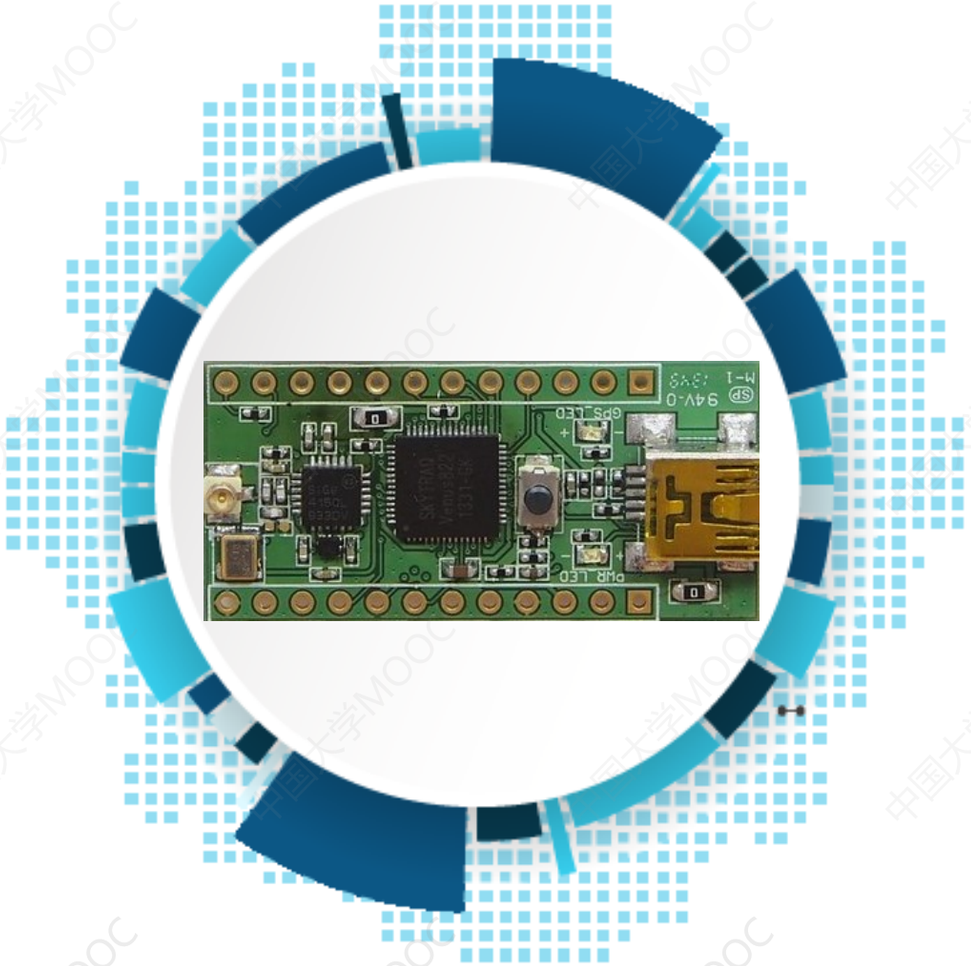

计算机组成原理

第三章 运算方法与运算器

3.3 原码一位乘法

1 移位操作及其算术意义

逻辑左移：

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

算术左移：

数据整体左移一位，最高位D_{15}被移动，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

1 移位操作及其算术意义

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

算术右移后　　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

$$
\begin{array}{rr}
 & 0.0\,1\,0 \\
\times & 0.1\,0\,1 \\
\hline
 & 0\,0\,1\,0 \\
 & 0\,0\,0\,0 \\
 & 0\,0\,1\,0 \\
+ & 0\,0\,0\,0 \\
\hline
 & 0\,0\,0\,1\,0\,1\,0
\end{array}
$$

a. 说明乘法可由加法实现

b. 存在的问题：

- 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
- 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

```
      0.0 1 0
×     0.1 0 1
-------------
      0 0 1 0
    0 0 0 0
  0 0 1 0
+ 0 0 0 0
-------------
  0 0 0 1 0 1 0
```

```
      0.0 1 0
×     0.1 0 1
-------------
      0 0 1 0
  →   0 0 1 0
+     0 0 0 0
-------------
    0 0 0 1 0
  →   0 0 1 1 0
+     0 1 0 1
-------------
    0 1 1 0 1 0
  →   0 1 1 0 1 0
+     0 0 0 0
-------------
    0 0 1 1 0 1 0
```

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
- 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

```
    0.0 1 0
×   0.1 0 1
    0 0 1 0
  → 0 0 1 0
+   0 0 0 0
    0 0 0 1 0
  → 0 0 1 1 0
+   0 1 0 1
    0 1 1 0 1 0
  → 0 1 1 0 1 0
+   0 0 0 0
    0 0 1 1 0 1 0
```

```
    0.0 1 0
×   0.1 0 1
    0 0 1 0
  → 0 0 1 0
+   0 0 0 0
    0 0 0 1 0
  → 0 0 0 1 0
+   0 0 1 0
    0 0 1 0 1 0
  → 0 0 1 0 1 0
+   0 0 0 0
    0 0 0 1 0 1 0
```

```
    0.0 1 0
×   0.1 0 1
    0 0 1 0
  → 0 0 1 0
+   0 0 0 0
    0 0 0 1 0
  → 0 0 0 1 0
+   0 0 1 0
    0 0 1 0 1 0
  → 0 0 1 0 1 0
+   0 0 0 0
    0 0 0 1 0 1 0
```

3 原码一位乘法算法

- 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： $[X]_{原}=X_0.X_1X_2\ldots X_n$ $[Y]_{原}=Y_0.\ Y_1Y_2\ldots Y_n$

  则：$P0 = X_0 \oplus Y_0$ $|P| = |X|\cdot |Y|$

- 运算过程采用改进的乘法方法。

3 原码一位乘法算法

例1 已知 X = 0.110 Y= - 0.101 用原码一位乘法求X* Y

解: $[X]_{原}$ = 0.110 $[Y]_{原}$ = 1.101

部分积	|乘数| / 判断位	说明
00.000	Y_0.101	Y_3 =1 部分积 + |X|
+ 00.110		
00.110		每次运算结果右移1位
→ 00.011	0 Y_0.10	Y_3 =0 部分积 + 0
+ 00.000		
00.011		
→ 00.001	10 Y_0.1	Y_3 =1 部分积 + |X|
+ 00.110		
00.111		
→00.011	110 Y_0	

X*Y =(0⊕1).011110 = 1.011110

```
      0.0 1 0
×     0.1 0 1
-------------
      0 0 1 0
  →   0 0 1 0
+ 0 0 0 0
-------------
    0 0 0 1 0
  →   0 0 1 1 0
+ 0 1 0 1
-------------
    0 1 1 0 1 0
  →   0 1 1 0 1 0
+ 0 0 0 0
-------------
    0 0 1 1 0 1 0
```