

（深圳）

实验作业

开课学期： 2022春季

课程名称：计算机组成原理（实验）

实验名称： Booth乘法器设计

实验性质： 综合设计型

实验学时： 4 地点： T2507

学生班级： 20级8班

学生学号： 200210231

学生姓名： 王木一

作业成绩：

实验与创新实践教育中心制

2022年4月

|  |
| --- |
| 1. **Booth乘法器算法流程图** |
| booth.v  附加题：改进的booth算法，booth2.v |
| 1. **调试报告** |
| （仿真截图及时序分析，要求分析最少3次乘法运算）  Booth.v  内部信号解释：   |  |  | | --- | --- | | 信号 | 功能（数据以补码表示） | | X[15:0] | 保存被乘数x | | Y[15:0] | 保存乘数y | | minusX[15:0] | 保存被乘数-x | | cnt[4:0] | 计数器 | | run | 同busy | | res[32:0] | 其高32位为最终结果。初始时高16位为0，低17位为尾部添0的乘数y |   用例1：0006\*0005（6\*5）      55ns；start=1；x与y分别有信号，为0006和0005  65ns：start=0，busy=1，计数器cnt从0开始计数，乘法器开始计算。   |  |  | | --- | --- | | X[15:0] | 0006 | | Y[15:0] | 0005 | | -X[15:0] | fffa |  |  |  |  | | --- | --- | --- | | cnt[4:0] | res[32:0] | res备注 | | 0 | 00000000a | res初始化，高16位为0，低17位为尾部添0的被乘数 | | 1 | 1fffa0005 | res最低2位为10，res高16位加-x，逻辑右移1位后的结果 | | 2 | 000030002 | res最低2位为01，res高16位加x，逻辑右移1位后的结果 | | 3 | 1fffb8001 | res最低2位为10，res高16位加-x，逻辑右移1位后的结果 | | 4 | 00003c000 | res最低2位为01，res高16位加x，逻辑右移1位后的结果 | | 5 | 00001e000 | res最低2位为00，直接逻辑右移1位后的结果 | | 6 | 00000f000 | res最低2位为00，直接逻辑右移1位后的结果 | | 7 | 000007800 | res最低2位为00，直接逻辑右移1位后的结果 | | 8 | 000003c00 | res最低2位为00，直接逻辑右移1位后的结果 | | 9 | 000001e00 | res最低2位为00，直接逻辑右移1位后的结果 | | a | 000000f00 | res最低2位为00，直接逻辑右移1位后的结果 | | b | 000000780 | res最低2位为00，直接逻辑右移1位后的结果 | | c | 0000003c0 | res最低2位为00，直接逻辑右移1位后的结果 | | d | 0000001e0 | res最低2位为00，直接逻辑右移1位后的结果 | | e | 0000000f0 | res最低2位为00，直接逻辑右移1位后的结果 | | f | 000000078 | res最低2位为00，直接逻辑右移1位后的结果 | | 10 | 00000003c | res最低2位为00，直接逻辑右移1位后的结果 |   235ns: cnt计数计到11，计算结束busy=0，最终结果z截取res的高32位，即z=0000001e=30  用例2：fffa\*0005（-6\*5）      285ns；start=1；x与y分别有信号，为fffa和0005  295ns：start=0，busy=1，计数器cnt从0开始计数，乘法器开始计算。   |  |  | | --- | --- | | X[15:0] | fffa | | Y[15:0] | 0005 | | -X[15:0] | 0006 |  |  |  |  | | --- | --- | --- | | cnt[4:0] | res[32:0] | res备注 | | 0 | 00000000a | res初始化，高16位为0，低17位为尾部添0的被乘数 | | 1 | 00006005 | res最低2位为10，res高16位加-x，逻辑右移1位后的结果 | | 2 | 1fffd0002 | res最低2位为01，res高16位加x，逻辑右移1位后的结果 | | 3 | 000048001 | res最低2位为10，res高16位加-x，逻辑右移1位后的结果 | | 4 | 1fffc4000 | res最低2位为01，res高16位加x，逻辑右移1位后的结果 | | 5 | 1fffe2000 | res最低2位为00，直接逻辑右移1位后的结果 | | 6 | 1ffff1000 | res最低2位为00，直接逻辑右移1位后的结果 | | 7 | 1ffff8800 | res最低2位为00，直接逻辑右移1位后的结果 | | 8 | 1ffffc400 | res最低2位为00，直接逻辑右移1位后的结果 | | 9 | 1ffffe200 | res最低2位为00，直接逻辑右移1位后的结果 | | a | 1fffff100 | res最低2位为00，直接逻辑右移1位后的结果 | | b | 1fffff880 | res最低2位为00，直接逻辑右移1位后的结果 | | c | 1fffffc40 | res最低2位为00，直接逻辑右移1位后的结果 | | d | 1fffffe20 | res最低2位为00，直接逻辑右移1位后的结果 | | e | 1ffffff10 | res最低2位为00，直接逻辑右移1位后的结果 | | f | 1ffffff88 | res最低2位为00，直接逻辑右移1位后的结果 | | 10 | 1ffffffc4 | res最低2位为00，直接逻辑右移1位后的结果 |   465ns: cnt计数计到11，计算结束busy=0，最终结果z截取res的高32位，即z=ffffffe2=-30。  用例3：0000\*ff21（0\*(-223)）      515ns；start=1；x与y分别有信号，为0000和ff21  525ns：start=0，busy=1，计数器cnt从0开始计数，乘法器开始计算。   |  |  | | --- | --- | | X[15:0] | 0000 | | Y[15:0] | ff21 | | -X[15:0] | 0000 |  |  |  |  | | --- | --- | --- | | cnt[4:0] | res[32:0] | res备注 | | 0 | 00001fe42 | res初始化，高16位为0，低17位为尾部添0的被乘数 | | 1 | 00000ff21 | res最低2位为10，res高16位加-x，逻辑右移1位后的结果 | | 2 | 000007f90 | res最低2位为01，res高16位加x，逻辑右移1位后的结果 | | 3 | 000003fc8 | res最低2位为00，直接逻辑右移1位后的结果 | | 4 | 000001fe4 | res最低2位为00，直接逻辑右移1位后的结果 | | 5 | 000000ff2 | res最低2位为00，直接逻辑右移1位后的结果 | | 6 | 0000007f9 | res最低2位为01，res高16位加x，逻辑右移1位后的结果 | | 7 | 0000003fc | res最低2位为01，res高16位加x，逻辑右移1位后的结果 | | 8 | 0000001fe | res最低2位为00，直接逻辑右移1位后的结果 | | 9 | 0000000ff | res最低2位为10，res高16位加-x，逻辑右移1位后的结果 | | a | 00000007f | res最低2位为11，直接逻辑右移1位后的结果 | | b | 00000003f | res最低2位为11，直接逻辑右移1位后的结果 | | c | 00000001f | res最低2位为11，直接逻辑右移1位后的结果 | | d | 00000000f | res最低2位为11，直接逻辑右移1位后的结果 | | e | 000000007 | res最低2位为11，直接逻辑右移1位后的结果 | | f | 000000003 | res最低2位为11，直接逻辑右移1位后的结果 | | 10 | 000000001 | res最低2位为11，直接逻辑右移1位后的结果 |   6955ns: cnt计数计到11，计算结束busy=0，最终结果z截取res的高32位，即z=00000000=0。  附加题：改进的Booth算法  booth2.v  内部信号解释：   |  |  | | --- | --- | | 信号 | 功能（数据以补码表示） | | X[16:0] | 保存被乘数x，两位符号位 | | Y[16:0] | 保存乘数y，两位符号位 | | minusX[16:0] | 保存被乘数-x，两位符号位 | | doubleX[16:0] | 保存被乘数2x，两位符号位 | | minusDoubleX[16:0] | 保存被乘数-2x，两位符号位 | | cnt[3:0] | 计数器 | | run | 同busy | | res[33:0] | 其[32:1]位为最终结果。初始时高17位为0，低17位为尾部添0的乘数y |   用例1：0006\*0005（6\*5）  55ns；start=1；x与y分别有信号，为0006和0005  65ns：start=0，busy=1，计数器cnt从0开始计数，乘法器开始计算。   |  |  | | --- | --- | | X[16:0] | 00006 | | Y[16:0] | 00005 | | -X[16:0] | 1fffa | | 2X[16:0] | 0000c | | -2X[16:0] | 1fff4 |  |  |  |  | | --- | --- | --- | | cnt[4:0] | res[32:0] | res备注 | | 0 | 00000000a | res初始化，高17位为0，低17位为尾部添0的被乘数 | | 1 | 000030002 | res最低3位为101，res高17位加-x，逻辑右移2位后的结果 | | 2 | 00003c000 | res最低3位为001，res高17位加x，逻辑右移2位后的结果 | | 3 | 00000f000 | res最低3位为000，直接逻辑右移2位后的结果 | | 4 | 000003c00 | res最低3位为000，直接逻辑右移2位后的结果 | | 5 | 000000f00 | res最低3位为000，直接逻辑右移2位后的结果 | | 6 | 0000003c0 | res最低3位为000，直接逻辑右移2位后的结果 | | 7 | 0000000f0 | res最低3位为000，直接逻辑右移2位后的结果 | | 8 | 00000003c | res最低3位为000，直接逻辑右移2位后的结果 |   155ns: cnt计数计到8，计算结束busy=0，最终结果z截取res的[32:1]位，即z=0000001e=30  用例2： fffa\*0005（-6\*5）  195ns；start=1；x与y分别有信号，为fffa和0005  205ns：start=0，busy=1，计数器cnt从0开始计数，乘法器开始计算。   |  |  | | --- | --- | | X[16:0] | 1fffa | | Y[16:0] | 00005 | | -X[16:0] | 00006 | | 2X[16:0] | 1fff4 | | -2X[16:0] | 0000c |  |  |  |  | | --- | --- | --- | | cnt[4:0] | res[32:0] | res备注 | | 0 | 00000000a | res初始化，高17位为0，低17位为尾部添0的被乘数 | | 1 | 3fffd0002 | res最低3位为101，res高17位加-x，逻辑右移2位后的结果 | | 2 | 3fffc4000 | res最低3位为001，res高17位加x，逻辑右移2位后的结果 | | 3 | 3ffff1000 | res最低3位为000，直接逻辑右移2位后的结果 | | 4 | 3ffffc400 | res最低3位为000，直接逻辑右移2位后的结果 | | 5 | 3fffff100 | res最低3位为000，直接逻辑右移2位后的结果 | | 6 | 3fffffc40 | res最低3位为000，直接逻辑右移2位后的结果 | | 7 | 3ffffff10 | res最低3位为000，直接逻辑右移2位后的结果 | | 8 | 3ffffffc4 | res最低3位为000，直接逻辑右移2位后的结果 |   295ns: cnt计数计到8，计算结束busy=0，最终结果z截取res的[32:1]位，即z=ffffffe2=-30  用例3：0000\*ff21(0000\*(-223))  335ns；start=1；x与y分别有信号，为0000和ff21  345ns：start=0，busy=1，计数器cnt从0开始计数，乘法器开始计算。   |  |  | | --- | --- | | X[16:0] | 00000 | | Y[16:0] | 1ff21 | | -X[16:0] | 00000 | | 2X[16:0] | 00000 | | -2X[16:0] | 00000 |  |  |  |  | | --- | --- | --- | | cnt[4:0] | res[32:0] | res备注 | | 0 | 00001fe42 | res初始化，高17位为0，低17位为尾部添0的被乘数 | | 1 | 000007f90 | res最低3位为010，res高17位加x，逻辑右移2位后的结果 | | 2 | 000001fe4 | res最低3位为000，直接逻辑右移2位后的结果 | | 3 | 0000007f9 | res最低3位为100，res高17位加-2x，逻辑右移2位后的结果 | | 4 | 0000001fe | res最低3位为001，res高17位加x，逻辑右移2位后的结果 | | 5 | 00000007f | res最低3位为110，res高17位加-x，逻辑右移2位后的结果 | | 6 | 00000001f | res最低3位为111，直接逻辑右移2位后的结果 | | 7 | 000000007 | res最低3位为111，直接逻辑右移2位后的结果 | | 8 | 000000001 | res最低3位为111，直接逻辑右移2位后的结果 |   435ns: cnt计数计到8，计算结束busy=0，最终结果z截取res的[32:1]位，即z=00000000=0 |