

9. 1) 在单发射顺序流水线中,

一次迭代所需要的周期数为:

$$4(fld) + 11(fdiv.d) + 5(fmul.d) + 0(fld) + 2(fadd.d) + 1(fadd.d) + 2(fsd) + 2(fsd) + 1(adder) + 1(adder) + 1(sub) + 2(bnz) = 31$$

故需要31个周期

2) 在双发射顺序流水线中,

一次迭代所需要的周期数为:

$$4(fld) + 11(fdiv.d) + \max\{1, 4\}(fmul.d, fld) + 3(fadd.d) + 2(bnz) =$$

$$\max(4+11+2, 5+3+2, 3+3+1, 2+2+1, 5+3+2, 4+11+2, 1+1+2, 2+2+1) = 19$$

故需要19个周期

\*3) 可以调整指令顺序如下:

Loop: fld f2, 0(a0)      addi a1, a1, 8  
 fld f4, 0(a1)      sub x20, x4, a0  
 fadd.d f4, f0, f4      bnz x20, Loop  
 fdiv.d f8, f0, f2  
 fmul.d f2, f6, f2  
 fadd.d f10, f8, f2      调整后, 一次迭代需要的  
 fsd f10, 0(a0)      周期数为17  
 fsd f4, 0(a1)  
 addi a0, a0, 8

## 10. 重命名后:

```
Loop: fld f4, 0(a0)
      fmul.d f2, f0, f2
      fdiv.d f8, f4, f2
      fld f10, 0(a1)
      fadd.d f6, f0, T10
      fsub.d T9, T9, f6
      fsd T9, 0(a1)
```

11. 区别: 显式重命名是在指令发射时将物理寄存器重命名为重命名寄存器  
隐式重命名则是在指令发射之前

优点: 共同优点: 避免指令之间的数据依赖和冒险

显式重命名 优点: 提高了流水线的并行度和性能

缺点: 需要额外的重命名寄存器和重命名表, 增加了指令的延迟和硬件成本。

隐式重命名 优点: 不需要增加指令的延迟和硬件成本

缺点: 需要在发射之前完成重命名操作, 可能导致重命名表的冲突和延迟。

实现方式: ① 基于寄存器重命名表的显式重命名实现方式。

② 基于分配器的隐式重命名实现方式。

③ 基于哈希表的隐式重命名实现方式。