

9. 1) 在单发射顺序流水线中,

一次迭代所需要的周期数为:

$$4(fld) + 1(fdiv.d) + 5(fmul.d) + 0(fld) + 2(fadd.d) + 1(fadd.d) + 2(fsld) \\ + 2(1(fsld)) + 1(addd) + 1(addi) + 1(sub) + 2(bnz) \\ = 31$$

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:

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

$$+ 2(bnz) \rightarrow$$

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

$$= 19$$

故需要 19 个周期。

\*3) 可以调整指令顺序如下:

Loop: fld f2, 0(a<sub>0</sub>) addi a<sub>1</sub>, a<sub>1</sub>, 8

fld f4, 0(a<sub>1</sub>) sub x20, x4, a<sub>0</sub>

fadd.d f4, f0, f4 bnz x20, Loop

fdiv.d f8, f0, f2

fmul.d f2, f6, f2

fadd.d f10, f8, f2

fsld f10, 0(a<sub>0</sub>)

fsld f4, 0(a<sub>1</sub>)

addi a<sub>0</sub>, a<sub>0</sub>, 8

调整后，一次迭代需要的

周期数为 17

## 10. 重命名后:

Loop:  
fld f<sub>4</sub>, 0(a<sub>0</sub>)  
fmul.d f<sub>2</sub>, f<sub>0</sub>, f<sub>2</sub>  
fdiv.d f<sub>8</sub>, f<sub>4</sub>, f<sub>2</sub>  
fld f<sub>10</sub>, 0(a<sub>1</sub>)  
fadd.d f<sub>6</sub>, f<sub>0</sub>, T<sub>10</sub>  
fsub.d T<sub>9</sub>, T<sub>9</sub>, f<sub>6</sub>  
fsd T<sub>9</sub>, 0(a<sub>1</sub>)

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。