

周期

- (1) fld f2, 0(a0) - 1~4
 fdiv.d f8, f0, f2 - 5~15
 fmul.d f2, f6, f2 - 6~10
 fld f4, 0(a1) - 7~10
 fadd.d f4, f0, f4 - 11~13
 fadd.d f10, f8, f2 - 14~18
 fcd f10, 0(a0) - ~~19~20~~ 19~20
 fcd f4, 0(a1) - ~~21~22~~
 addi a0, a0, 8 - ~~23~24~~
 addi a1, a1, 8 - 22~24
 sub x20, x4, a0 - 23~25
 bnez x20, loop - 25~27 → (1) 27 周期

周期

周期

- (2) fld f2, 0(a0) - 1~4
 fdiv.d f8, f0, f2 - 5~15
 fmul.d f2, f6, f2 - 5~9
 fld f4, 0(a1) - 6~9
 fadd.d f4, f0, f4 - 10~12
 fadd.d f10, f8, f2 - 16~18
 fcd f10, 0(a0) - ~~19~20~~ 19~20
 fcd f4, 0(a1) - 20~21
 addi a0, a0, 8 - 21~
 addi a1, a1, 8 - 21
 sub x20, x4, a0 - 22~24
 bnez x20, loop - 25~26 → (2) 26 周期

(3) $\text{fld } f2, 0(a0)$ \rightarrow $\text{fdiv.d } f8, f0, f2$ \rightarrow $\text{fadd.d } f10, f8, f2$
 $\text{fld } f4, 0(a1)$ \rightarrow $\text{fadd.d } f4, f0, f4$ \rightarrow $\text{fsd } f4, 0(a1)$ \rightarrow $\text{addi } a1, a1, 8$
 $\text{fmul.d } f2, f6, f2$ \rightarrow $\text{fsd } f10, 0(a0)$

重排后: $\text{fld } f2, 0(a0)$ - 1~4

$\text{fld } f4, 0(a1)$ - 1~4

$\text{fdiv.d } f8, f0, f2$ - 5~15

~~$\text{fsd } f10, 0(a0)$~~

$\text{fadd.d } f4, f0, f4$ - 5~7

$\text{fmul.d } f2, f6, f2$ - 6~10

$\text{fsd } f4, 0(a1)$ - 8~9

$\text{addi } a1, a1, 8$ - 10~11

$\text{fadd.d } f10, f8, f2$ - 16~18

$\text{fsd } f10, 0(a0)$ - 19~20

$\text{addi } a0, a0, 8$ - 21

$\text{sub } x20, x4, a0$ - 22~24

$\text{bnez } x20, \text{loop}$ - 25~26 \Rightarrow 26 周期

这是因为最大关键路径的指令周期 $4+11+3+2+1+3+2=26$ 的周期

10. fld T9, 0(a0)

~~fmul.d~~ ~~T10, T0, T2~~

fmul.d T10, T0, T2

fdiv.d T11, T9, T10

fld T12, 0(a1)

fadd.d T13, T0, T12

fsub.d T14, T11, T13

fsd T14, 0(a1)

11. 显式重命名通过硬件机制实现对寄存器的重命名；隐式重命名则通过编译器和软件的机制实现对寄存器的重命名。

区别：

(1) 显式重命名通过硬件实现，充分利用硬件并行性，允许更多的指令并行执行，可以减少流水线中的潜在冒险和停顿，提高吞吐量。

隐式重命名通过编译器生成的代码来实现寄存器重命名，因此并不充分利用硬件并行性。

(2) 显式重命名比隐式重命名更适用于动态多发射处理器，因为显式重命名允许指令发射时对寄存器重命名。

(3) 显式重命名能更好地隐藏指令流水线的细节，使编译器和程序员更容易地进行代码优化。而隐式重命名在编译器中进行寄存器分配使代码可读性和维护性差。

优缺点：(4)同(1)，但显式重命名需要更多硬件成本

(5) 隐式重命名不需额外资源。但可能限制指令并行执行的能力，因需对编译器和软件进行更多开发工作。

可能的实现方式: (6) 显式重命名常包括一个重命名表, 用于保存物理寄存器和逻辑寄存器之间的映射关系

(7) 隐式重命名会对程序进行静态块级分析, 将寄存器分配给不同的变量