

9. (1) 对于单发射顺序流水线, 每条指令需要的周期数分别为: 3, 11, 5, 3, 3, 3, 4, 4, 2, 2, 2。由于不存在数据冲突或分支指令, 因此每个周期都能够发射一条指令。因此, 总共需要的周期数为  $3+11+5+3+3+3+4+4+2+2+2=38$ 。

(2) 对于双发射顺序流水线, 由于有 2 条流水线, 因此可以同时发射两条指令。第 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 条指令都存在数据冲突, 因此会导致流水线停顿。总周期为  $(3+4+2)+(11+2)+(5+2)+(3+2)+(3+2)+(4+2)+(4+2)+(2+2)+(2+2)=48$ 。

(3) Loop: fld f2, 0(a0).

fld f4, 0(a1)

fddiv.d f8, f0, f2

fadd.d f4, f0, f4

fmul.d f2, f6, f2

fadd.d f10, f8, f2

fsd f10, 0(a0)

fsd f4, 0(a1)

addi a0, a0, 8

addi a1, a1, 8

sub x20, x4, a0.

bnz x20, Loop.

总共 3 个周期

T1	1	2	3	4
	fld f2	fld f4		
T2	1	2	3	4
	fddiv.d f8	fadd.d f4	fmul.d f2	fadd.d f10
			fld f2	fld f4
T3	1	2	3	4
	fsd f10	fsd f4	addi a0, 8	addi a1, 8
			sub x20, a0	bnz x20, Loop



## 10. 重命名:

Loop: f14, f4, 0(a0).

fmul.d f10, f0, f2

fdiv.d f11, f4, f10.

fld f12, 0(a1).

fadd.d f13, f0, f12

fsnb.d f14, f11, f13

fsd f14, 0(a1).

f2 → f10 f4 → f11 f1 → f13 f8 → f14 T0~T8 未被使用: b17

## 11. (1) 显式重命名:

显式重命名是将指令中的源寄存器和目的寄存器使用逻辑寄存器。

重命名, 以清除指令之间数据依赖关系, 从而增加指令的并行度。

优点: 可以提高指令的并行度, 可以减少假相关。

缺点: 硬件开销大, 需要更多控制逻辑。

## 隐式重命名:

隐式重命名是指指令执行过程中, 根据程序的动态执行情况, 动态地选择可用的物理寄存器来存储源寄存器的值, 以清除指令之间的数据依赖关系。

优点: 硬件成本低, 控制逻辑更简单。

缺点: 易出现假相关, 不适合大型代码块和高并行度的程序。

## 实现方式:

使用物理寄存器分配表来管理寄存器的分配释放。

使用重命名缓冲区来记录指令顺序和提交顺序。