

9. (1) 周期数	流水线状态
1	fld f2, 0(a0)
2	S (RAW)
3	S
4	S
5	fdiv.d f8, f0, f2.
6	fmul.d f2, f6, f2
7	fld f4, 0(a1)
8	S (RAW) f4 写完后才能被读取
9	S
10	S
11	fadd.d f4, f0, f4
12	S (RAW) f8 写完后才能被读取
13	S
14	S
15	S
16	fadd.f f10, f8, f2.
17	S (RAW) f10 写完后才能被读取
18	S
19	fsw f10, 0(a0)
20	fsw f4, 0(a1)
21	addi a0, a0, 8
22	addi a1, a1, 8
23	sub x20, x4, a0
24	bnez x20, loop.
25	S (分支需 2 个周期)
26	

∴ 总共需要  $\frac{25}{2} = 12.5$  个周期.

(2) 流水線1  
狀態

1	fld f2, 0(a0)
2	S (RAW)
3	S
4	S
5	fdiv.d f8, f0, f2
6	fld f4, 0(a1)
7	S
8	S
9	S
10	fadd.d f4, f0, f4
11	S
12	S
13	S
14	S
15	S
16	fadd.d f10, f8, f2
17	S (RAW)
18	S
19	fsd f10, 0(a0)
20	addi a0, a0, 8
21	sab x20, x4, a0
22	

流水線2  
狀態

1	空閑
2	空閑
3	空閑
4	空閑
5	fmul.d f2, f6, f2
6	S (RAW) f4需等待
7	S fld f4, 0(a1)
8	S
9	S
10	S fadd.d f8, f8需等待 fdiv.d
11	S
12	S
13	S
14	S
15	S
16	S fsd需等待 fadd f10, f10
17	S
18	S
19	fsd f4, 0(a1)
20	addi a1, a1, 8
21	bnz x20, Loop
22	S 分支需2个周期

∴共需要 22 个周期。

(3)  
调整后指令序列:

```

fld f2, 0(a0)
fld f4, 0(a1)
fdiv.d f8, f0, f2.
fadd.d f4, f0, f4
fmul.d f2, f6, f2.
fsd f4, 0(a1)
addi a1, a1, 8
fadd.d f10, f8, f2.
fsd f10, 0(a0)
addi a0, a0, 8
sub x20, x4, a0
bnez x20, Loop

```

周期数

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21

流水线1

```

fld f2, 0(a0)
S
S
S
fdiv.d f8, f0, f2
fmul.d f2, f6, f2
S
fsd f4, 0(a1)
S
S
S
S
S
S
fadd.d f10, f8, f2
S
fsd f10, 0(a0)
sub x20, x4, a0
S

```

流水线2

```

fld f4, 0(a1)
S
S
S
fadd.d f4, f0, f4
S
S
addi a1, a1, 8
S
S
S
S
S
S
S
S
addi a0, a0, 8
bnez x20, Loop
S

```

11 共需要 21个周期. 减少了1个周期.

```

10. Loop: fld T9, 0(a0)
           fmul.d T10, f0, f2
           fdiv.d T11, T9, T10
           fld T12, 0(a1)
           fadd.d T13, f0, T12
           fsub.d T14, T11, T13
           fsd T14, 0(a1).

```

f0	f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7	f8
		T10		T9		T13		T11
				T12				T14

11、显示寄存器重命名:

其基本结构是: map-table 记录逻辑寄存器与物理寄存器之间的映射关系; free-list 记录物理寄存器的空闲状态; busy-table 记录寄存器是否可读。显示重命名方案中 ROB 不记录指令的结果, 即将提交的数据和处于推测状态的数据都保存到物理寄存器, 因此物理寄存器数目要高于逻辑寄存器数目。当一条指令发起重命名请求时, 通过 map-table 获取其源操作数逻辑寄存器对应的物理寄存器, 由 free-list 分配一个空闲的物理寄存器作为指令的目的寄存器, 最后通过 busy-table 判断指令的源操作数寄存器是否可读, 如果可读指令将被发射。

隐式寄存器重命名:

此种方案中, ROB 保存正在执行、尚未提交的指令的结果; ARF 保存已经提交的指令中即将写入寄存器中的值。隐式重命名方案中 ARF 只保存已经提交的指令的值, 处于推测状态的指令的值由 ROB 保存。因此需要的物理寄存器数量与逻辑寄存器数量相同。隐式

重命名还需要建立一个映射表，记录操作数在ROB中的位置。由于流水线中后续指令给提交的指令可能有相同的目的寄存器，映射表需要增加一个表项，记录对应寄存器的最新值保存在ROB还是ARF中，这一设计为实现数据前馈、消除RAW冲突创造条件。隐式重命名不需要 free-list 来记录物理寄存器状态，指令被写进ROB即完成重命名。相比于显式重命名，隐式重命名需要的物理寄存器数更少，但每个操作数在其生命周期内需要保存在ROB和ARF两个位置，读取数据复杂度较高，功耗更高。