

9 (1) 在题设下可以得到下图周期变化

指令序列:	Issue	EX	WR
fld f2,0(a0)	1	$1+4=5$	6
fdiv.d f8,f0,f2	2	$6+1=7$	18
fmul.d f2,f6,f2	7	$7+5=12$	19
fld f4,0(a1)	8	$8+4=12$	20
fadd.d f4,f0,f4	9	$20+3=23$	24
fadd.d f10,f8,f2	21	$21+3=24$	25
fsd f10,0(a0)	22	$25+2=27$	28
fsd f4,0(a1)	26	$26+2=28$	29
addi a0,a0,8	27	$27+1=28$	30
addi a1,a1,8	28	$28+1=29$	31
sub x20,x4,a0	29	$30+1=31$	32
bnz x20,Loop	31	$32+2=34$	35

1. 一次迭代总共需要 35 个周期

(2) 改为双发射得到下图，一次迭代需 35 个周期

指令序列:	Issue	EX	WR
fld ① f2,0(a0) 4	1	$1+4=5$	6
fdiv.d ② f8,f0,f2 11	1	$6+1=7$	18
fmul.d ③ f2,f6,f2 5	7	$7+5=12$	19
fld ④ f4,0(a1) 4	7	$7+4=11$	20
fadd.d ⑤ f4,f0,f4 3	8	$20+3=23$	24
fadd.d ⑥ f10,f8,f2 3	8	$19+3=22$	25
fsd ⑦ f10,0(a0) 2	21	$25+2=27$	28
fsd ⑧ f4,0(a1) 2	21	$24+2=26$	29
addi ⑨ a0,a0,8 1	26	$26+1=27$	30
addi ⑩ a1,a1,8 1	26	$26+1=27$	31
sub ⑪ x20,x4,a0 1	27	$30+1=31$	32
bnz ⑫ x20,Loop 2	27	$32+2=34$	35

(3) 按前后相关性将指令进行排序可以得到
2条互不相干的指令串(蓝色与红色), 指令后面
是从发射到执行需要的周期数。

同时也能将12条指令为3大部分
其中第3部分无法再进行改善

指令序列:	Issue	EX	WR
fld ① f2,0(a0) 4	1	1+4=5	6
① {	fdiv.d ② f8,f0,f2 11	1	6+11=17
	fmul.d ③ f2,f6,f2 5	7	7+5=12
	fld ① f4,0(a1) 4	7	7+4=11
	fadd.d ② f4,f0,f4 3	8	20+3=23
	fadd.d ④ f10,f8,f2 3	8	19+3=22
② {	fsd ⑤ f10,0(a0) 2	21	25+2=27
	fsd ③ f4,0(a1) 2	21	24+2=26
③ {	addi ⑥ a0,a0,8 1	26	26+1=27
	addi ④ a1,a1,8 1	26	26+1=27
	sub ⑦ x20,x4,a0 1	27	30+1=31
	bnz ⑧ x20,Loop 2	27	32+2=34
			35

针对第1部分可以将ld指令放在一起
同时将EX周期数较大的div mul指令放在一起
并在经过比较后把mul指令提前

而第2部分可以把两条指令顺序调换
以符合①中先计算出f4后计算出f0的顺序

调换后的周期变化如下：

指令序列:		Issue	EX	WR
fld	f2,0(a0)	1	$1+4=5$	6
fld	f1,0(a0)	1	$1+4=5$	7
fmul.d	f2,f6,f2	2	$6+4=10$	11
fdiv.d	f8,f0,f2	2	$6+11=17$	18
fadd.d	f4,f0,f4	7	$7+3=10$	19
fadd.d	f10,f8,f2	7	$18+3=21$	22
fsd	f4,0(a1)	19	$19+2=21$	23
fsd	f10,0(a0)	19	$22+2=24$	25
addi	a0,a0,8	23	$23+1=24$	26
addi	a1,a1,8	23	$23+1=24$	27
sub	x20,x4,a0	24	$26+1=27$	28
bnz	x20,Loop	24	$28+2=30$	31

共 31 个周期

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

WAW

指令流: Loop: fld T9,0(a0)

fmul.d T10,T11,T10

fdiv.d T12,T13,T10

fld T14,0(a1)

fadd.d T15,T11,T14

fsub.d T16,T12,T15

fsd T16,0(a1)

WAR

11 显式重命名字典除了指令集要求的寄存器 (ISA 寄存器) 数量更多的物理寄存器。在重命名的同时，每个指令的寄存器指示符指向所使用的物理寄存器。隐式重命名物理寄存器数量和 ISA 寄存器数量相同，ISA 寄存器只保存已提交指令的值而不包括处于“推测”状态的值。

相比于显式，隐式需要物理寄存器更少，但每操作表在其生命周期中需保存在 ROB、ART 两位置，读取数据的复杂度较高，功耗较高。

对 BOOM 处理器：显式：

① 引用 map-table 来取操作表逻辑寄存器
② free-list 分配一个空闲的物理寄存器作为且的寄存器
③ busy-table 判断该操作数寄存器是否可读
若可读则发射

隐私：
ROB 保存正执行尚未提交的结果
ART 保存已提交、即将写入的值
建立一张 映射表 记录操作数在 ROB 中位置
↓
增加表项记录对应寄存器最新值保留在
ROB 还是 ART 中