

```

9.(1)
1   2   3   4   15      16   17   18   19   20   21   22   23   24   25   26   27   28   29   30   31
fld   fld   fld   fld   fdiv*11
          fmul   fmul   fmul   fmul   fmul
                  fld   fld   fld   fld
          fadd   fadd   fadd   fadd
                  fadd   fadd   fadd
          fsd   fsd   fsd
                  addi
          addi
          sub
          bnz   bnz

```

一次迭代需要31个时钟周期。

```

(2)
4   15      16   17   18   19   20   21   22   23   24   25   26   27   28   29
fld*4
          fdiv*11
          fmul   fmul   fmul   fmul   fmul
                  fld   fld   fld   fld
          fadd   fadd   fadd   fadd
                  fadd   fadd   fadd
          fsd   fsd
                  addi
          addi
          sub
          bnz   bnz

```

一次迭代需要29个时钟周期。

```

(3)
Loop: fld      f2,0(a0)
       fld      f4,0(a1)
       fdiv.d  f8,f0,f2
       fmul.d  f2,f6,f2
       fadd.d  f4,f0,f4
       fsd
       addi    a1,a1,8
       fadd.d  f10,f8,f4
       fsd
       addi    a0,a0,8
       sub     x20,x4,a0
       bnz
4   5   6   7   8   9   10   11   12   13   14   15   16   17   18   19   20   21   22   23   24
fld*4
fld*4
          fdiv   fdiv   fdiv   fdiv   fdiv   fdiv   fdiv   fdiv   fdiv   fdiv
          fmul   fmul   fmul   fmul
          fadd   fadd   fadd
          fsd   fsd
          addi
          fadd   fadd   fadd
          fsd   fsd
          addi
          sub
          bnz   bnz

```

一次迭代需要24个时钟周期。

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)

11.

相比于显式重命名，隐式重命名需要的物理寄存器数目更少，但每个操作数在其生命周期中需要保存在 ROB 和 ARF 两个位置，读取数据的复杂度较高、功耗更高。

显式重命名的可能实现方式：`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。当一条指令发起重命名请求时，通过索引 `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。

隐式重命名可用 ROB (Recorder Buffer) 保存正在执行、尚未提交的指令的结果；ARF(ISA Register File) 保存已经提交的指令中即将写入寄存器中的值。同时建立一个映射表，记录操作数在 ROB 中的位置。由于流水线中后续指令与已经提交的指令可能有相同的目的寄存器(意味着该寄存器将被修改)，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 冲突创造了条件。隐式重命名方案不需要 `free_list` 来记录物理寄存器状态，指令被写进 ROB 即完成重命名。