

# 第九周作业

9. 考虑一个顺序流水线，忽略前端的取指和译码，处理器从发射到执行完成不同指令所需要的总周期数如下表所示。

指令类型	总周期数
内存加载	4
内存存储	2
整型运算	1
分支	2
浮点加法	3
浮点乘法	5
浮点除法	11

考虑如下的指令序列：

```

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

- 1) 假设一条单发射顺序流水线，在没有数据冲突或分支指令时，每个周期均会新发射一条指令（假设运算单元是充足的）。检测到数据冲突或分支指令时则会暂停发射，直到冲突指令执行完毕才会发射新的指令。则上述代码段的一次迭代需要多少个周期执行完成？
- 2) 假设一条双发射顺序流水线，取指和译码的带宽足够、运算单元充足，且数据在两条流水线之间的传递是无延迟的，因此只有真数据冲突才会导致流水线停顿。则上述代码段的一次迭代需要多少个周期执行完成？
- 3) 调整指令的排列顺序，使得其在上述双发射流水线中完成一次迭代需要的周期数量减少。给出调整后的指令序列及一次迭代所需要的周期数。

(1) 周期

fld	f2,0(a0)	1 ~ 4
fdiv.d	f8,f0,f2	5 ~ 15
fmul.d	f2,f6,f2	16 ~ 20
fld	f4,0(a1)	17 ~ 20
fadd.d	f4,f0,f4	21 ~ 23
fadd.d	f10,f8,f2	22 ~ 24
fsd	f10,0(a0)	25 ~ 26
fsd	f4,0(a1)	26 ~ 27
addi	a0,a0,8	27
addi	a1,a1,8	28
sub	x20,x4,a0	29
bnz	x20,Loop	30 ~ 31

故一次需要 31 个周期。

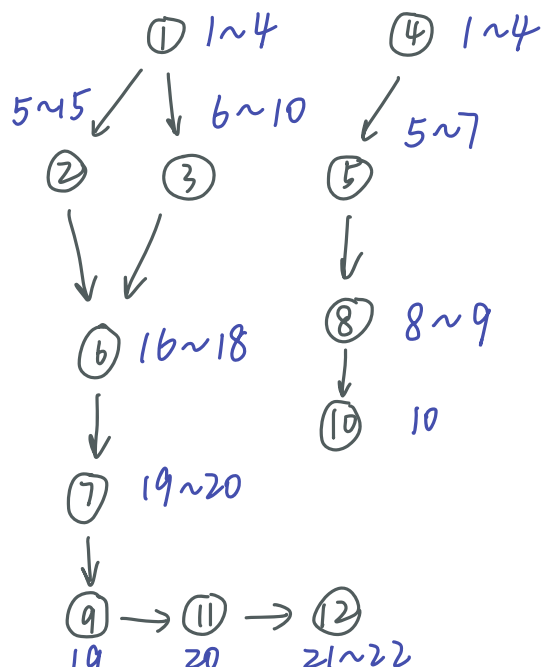
(2) 周期

① fld	f2,0(a0)	1 ~ 4
② fdiv.d	f8,f0,f2	5 ~ 15
③ fmul.d	f2,f6,f2	5 ~ 9
④ fld	f4,0(a1)	6 ~ 9
⑤ fadd.d	f4,f0,f4	10 ~ 12
⑥ fadd.d	f10,f8,f2	16 ~ 18
⑦ fsd	f10,0(a0)	19 ~ 20
⑧ fsd	f4,0(a1)	19 ~ 20
⑨ addi	a0,a0,8	20
⑩ addi	a1,a1,8	20
⑪ sub	x20,x4,a0	21
⑫ bnz	x20,Loop	22 ~ 23

故一次需要 23 个周期。

(3) 将没有数据依赖的指令提前。

依赖关系：



一次需要22个周期。

指令顺序: ①④②⑤③⑧⑩⑥⑦⑨  
⑪⑫。

10. 考虑如下的代码片段:

```
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)
```

现将其进行简单的寄存器重命名, 假定有 T0~T63 的临时寄存器池, 且 T9 开始的寄存器可用于重命名。写出重命名后的指令序列。

T9 ~ T63 可用于重命名。

```
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  T15, 0(a1)
```

11. 查阅资料, 简述显式重命名和隐式重命名的区别、优缺点以及可能的实现方式。

①显式重命名: 使物理寄存器堆数量大于ISA定义的寄存器数量。使用一个空闲列表记录物理寄存器堆的状态信息, 使用一个重命名列表记录物理寄存器堆与ISA寄存器间的映射关系。

指令译码时, 为目的ISA寄存器分配一个空闲的物理寄存器, 修改RT中相应映射关系。同时, 源操作数在RT中寻找对应的物理寄存器读取。

② 隐式重命名：物理实现寄存器数目与ISA规定一致，其中存放最终写回结果，处于推测状态的指令值由一些其他结构保存，如重排序缓冲区。使用一个表项记录寄存器最新值已写回ARF还是暂存在重排序缓冲区中。

③ 优点：解决WAW和WAR冲突。隐式重命名使用寄存器少于显式，成本更低。

缺点：硬件电路逻辑复杂，面积较大。