

第五次作业

2020 - 12 - 20

1. 在 *CRAY-1* 机上, V 为向量寄存器, 设向量长度均为 32, s 为标量寄存器, 所用浮点功能执行部件的执行时间分别为: 加法需 6 拍, 相乘需 7 拍, 从存储器读数需 6 拍, 求倒数近似值需 14 拍, 打入寄存器及启动功能部件 (包括寄存器) 各需 1 拍。问下列各指令组中的哪些指令可以链接? 哪些指令可以并行执行? 试说明其原因并分别计算出各指令组全部完成所需的拍数。

(1) $V0 \leftarrow \text{存储器}$ $V1 \leftarrow V2 + V3$ $V4 \leftarrow V5 \times V6$	(2) $V2 \leftarrow V0 \times V1$ $V3 \leftarrow \text{存储器}$ $V4 \leftarrow V2 + V3$
(3) $V0 \leftarrow \text{存储器}$ $V3 \leftarrow V1 + V2$ $V4 \leftarrow V0 \times V3$ $V6 \leftarrow V4 + V5$	(4) $V0 \leftarrow \text{存储器}$ $V1 \leftarrow 1/V0$ $V3 \leftarrow V1 + V2$ $V5 \leftarrow V3 \times V4$
(5) $V0 \leftarrow \text{存储器}$ $V1 \leftarrow V2 + V3$ $V4 \leftarrow V5 \times V6$ $s0 \leftarrow s1 + s2$	(6) $V3 \leftarrow \text{存储器}$ $V2 \leftarrow V0 + V1$ $s0 \leftarrow s2 + s3$ $V3 \leftarrow V1 \times V4$
(7) $V3 \leftarrow \text{存储器}$ $V2 \leftarrow V0 + V1$ $V4 \leftarrow V2 \times V3$ $\text{存储器} \leftarrow V4$	(8) $V0 \leftarrow \text{存储器}$ $V2 \leftarrow V0 + V1$ $V3 \leftarrow V2 \times V1$ $V5 \leftarrow V3 \times V4$

答:

(1) 3 条指令之间没有数据相关和功能部件冲突, 可以并行执行。全部向量指令执行完所需的时间为

$$1 \quad \max(1+6+1+31, 1+6+1+31, 1+7+1+31) = 40 \text{ (拍)}$$

(2)前两条指令之间没有数据相关和功能部件冲突，可以并行执行。计算第1条指令的第1个分量需要9拍，完成第2条指令的第1个分量需要8拍。由于执行第3条指令所需要的两个源操作数不能同时产生，因此，第3条指令不能与第1及第2条指令链接执行。共需要时间：

$$1 \quad \max(1+6+1+31, 1+7+1+31) + 1+6+1+31 = 79(\text{拍})$$

但是，如果第2条指令比第1条指令晚1拍开始执行，则执行第3条指令所需要的两个源操作数就能够同时产生，则第3条指令可以与第1及第2条指令链接执行。共需要时间：

$$1 \quad 1+7+1 + 1+6+1 + 31 = 48(\text{拍})$$

(3)前两条指令之间没有数据相关和功能部件冲突，可以并行执行，并与第3条指令链接执行，指令4与指令2存在功能部件冲突，需要等待前一流水链完成后执行，共需要时间：

$$1 \quad \max(1+6+1, 1+6+1) + 1+7+1 + 31 + 1+6+1 + 31 = 87(\text{拍})$$

(4)4条指令相连接，共需要时间为：

$$1 \quad 1+6+1 + 1+14+1 + 1+6+1 + 1+7+1 + 31 = 72(\text{拍})$$

(5)前3条指令并行执行，最后一条指令与指令2存在功能部件冲突，共需要时间：

$$1 \quad \max(1+6+1, 1+6+1, 1+7+1) + 31 + 1+6+1 = 48(\text{拍})$$

(6)前两条指令并行执行，后两条指令并行执行，由于第2条指令和第3条指令存在读读冲突，因此不能链接，共需要时间：

$$1 \quad \max(1+6+1, 1+6+1) + 31 + \max(1+6+1, 1+7+1 + 31) = 79(\text{拍})$$

(7)前两条指令并行执行，第3条指令和前两条指令链接执行，第4条指令顺序执行，共需要时间：

$$1 \quad \max(1+6+1, 1+6+1) + 1+7+1 + 31 + 1+6+1 + 31 = 87(\text{拍})$$

(8)第1条指令与第2条指令链接执行。由于第2条指令与第3条指令之间有读读数据相关，不能链接执行，只能串行执行。第3条指令与第4条指令存在功能部件冲突，只能串行执行。共需要时间：

$$1 \quad 1+6+1 + 1+6+1 + 31 + 1+7+1 + 31 + 1+7+1 + 31 = 127(\text{拍})$$

2. 在 *CRAY-1* 机上，按链接方式执行下述4条向量指令（括号中给出相应功能部件的执行时间，如果向量寄存器和功能部件之间的数据传送需1拍，试求此链接流水线的流过时间为多少拍？如果向量长度为64，则需多少拍能得到全部结果？

$V0 \leftarrow \text{存储器}$	(存储器取数：7拍)
$V2 \leftarrow V0 + V1$	(向量加：3拍)
$V3 \leftarrow V2 \ll A3$	(按(A3)左移：4拍)
$V5 \leftarrow V3 \wedge V4$	(向量逻辑乘：2拍)

答：流水线经过时间：

$$1 \quad 1+7+1 + 1+3+1 + 1+4+1 + 1+2+1 = 24(\text{拍})$$

如果向量长度为64，共需要时间：

$$1 \quad 24 + 64 - 1 = 87(\text{拍})$$

3. 若某个向量机其向量方式的执行速率 $R_v = 10 \text{ MFLOPS}$ ，标量方式的执行速率 $R_s = 1 \text{ MFLOPS}$ ，设 α 是程序中可向量化的百分比。要求：

(1) 推导该向量机的平均执行速率 R_a 的公式。

(2) 画出在 $(0, 1)$ 范围内， R_a 与 α 的关系图。

(3) 为使平均执行速率 $R_a = 7.5 \text{ MFLOPS}$ ，则 α 应取何值？

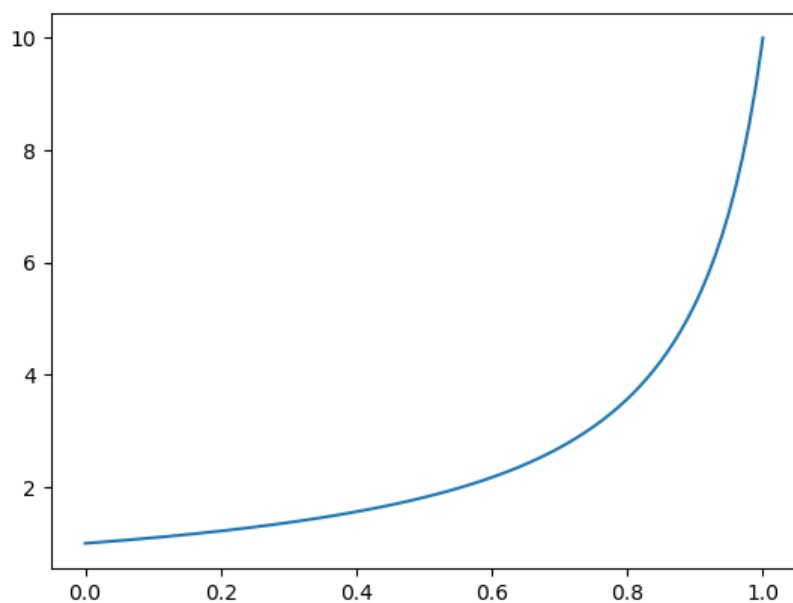
(4) 假定 $R_s = 1 \text{ MFLOPS}$ ， $\alpha = 0.7$ ，则为使 $R_a = 2 \text{ MFLOPS}$ ， R_v 应取何值？

答：

(1)

$$R_a = \frac{1}{(1 - \alpha) \frac{1}{R_s} + \alpha \frac{1}{R_v}} = \frac{10}{10 - 9\alpha} \text{ MFLOPS}$$

(2)



(3)

$$\text{令 } \frac{10}{10 - 9\alpha} = 7.5, \text{ 得 } \alpha = \frac{26}{27} = 96.30\%$$

(4)

$$\text{令 } \frac{1}{(1 - 0.7) + 0.7 \frac{1}{Rv}} = 2MFLOPS, \text{ 得 } Rv = 3.5MFLOPS$$