

计算机系统结构作业六

在 CRAY-1 机器上，采用链接技术执行下述 4 条向量指令（括号中给出了相应功能部件的执行时间），假设向量寄存器和功能部件之间的数据传送需要 1 拍，向量寄存器长度 $MVL=64$ 。

$V_0 \leftarrow \text{存储器}$	（从存储器中取数：7 拍）
$V_2 \leftarrow V_0 + V_1$	（向量加：3 拍）
$V_4 \leftarrow V_3 \ll A_3$	（按 (A_3) 左移：4 拍）
$V_6 \leftarrow V_4 \wedge V_5$	（向量逻辑乘：2 拍）

请问：

- 1) 上述向量指令可分为几个编队？
- 2) 请画出链接示意图。
- 3) 如果向量长度 $n=64$ ，上述指令执行完毕需要多少拍？请画出执行时间图。
- 4) 如果向量长度 $n=128$ ，分段后每段增加的循环开销为 4 拍，上述指令执行完毕需要多少拍？请画出执行时间图。

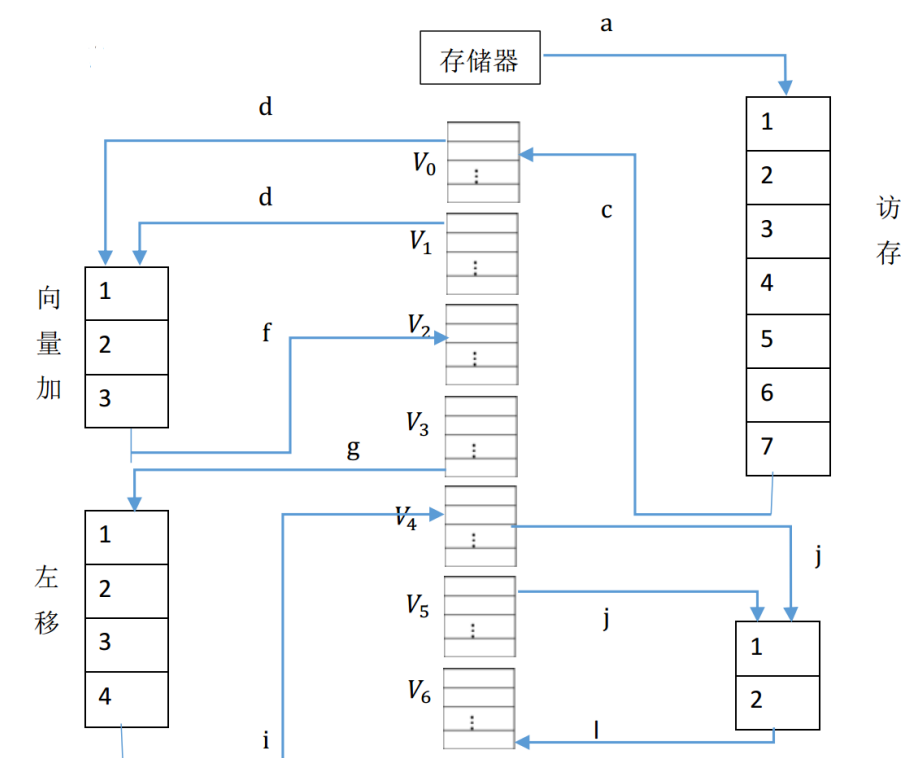
解答：

（答案不唯一，此处给出一种做参考，其他可能性在后面注解部分提出~）

- 1) 上述向量可以分为 1 个编队。

$[V_0 \leftarrow \text{存储器}]$ 和 $[V_2 \leftarrow V_0 + V_1]$ 链接起来看成一条指令， $[V_4 \leftarrow V_3 \ll A_3]$ 和 $[V_6 \leftarrow V_4 \wedge V_5]$ 链接起来看成一条指令，两条链接指令之间不存在功能部件冲突或者源寄存器冲突，可以一起开始执行，所以分为 1 个编队。

- 2) 链接示意图如下图所示：



其中：

- a: 存储字到“读功能部件”的传送时间
- b: 存储字经过“读功能部件”的通过时间
- c: 存储字从“读功能部件”到 V0 分量的传送时间
- d: V0 和 V1 中操作数到整数加功能部件的传送时间
- e: 整数加功能部件的通过时间
- f: 和从整数加功能部件到 V2 分量的传送时间
- g: V3 中的操作数分量到移位功能部件的传送时间
- h: 移位功能部件的通过时间
- i: 结果从移位功能部件到 V4 分量的传送时间
- j: V4 和 V5 中的操作数分量到逻辑部件的传送时间
- k: 逻辑功能部件的通过时间
- l: 最后结果到 V6 分量的传送时间

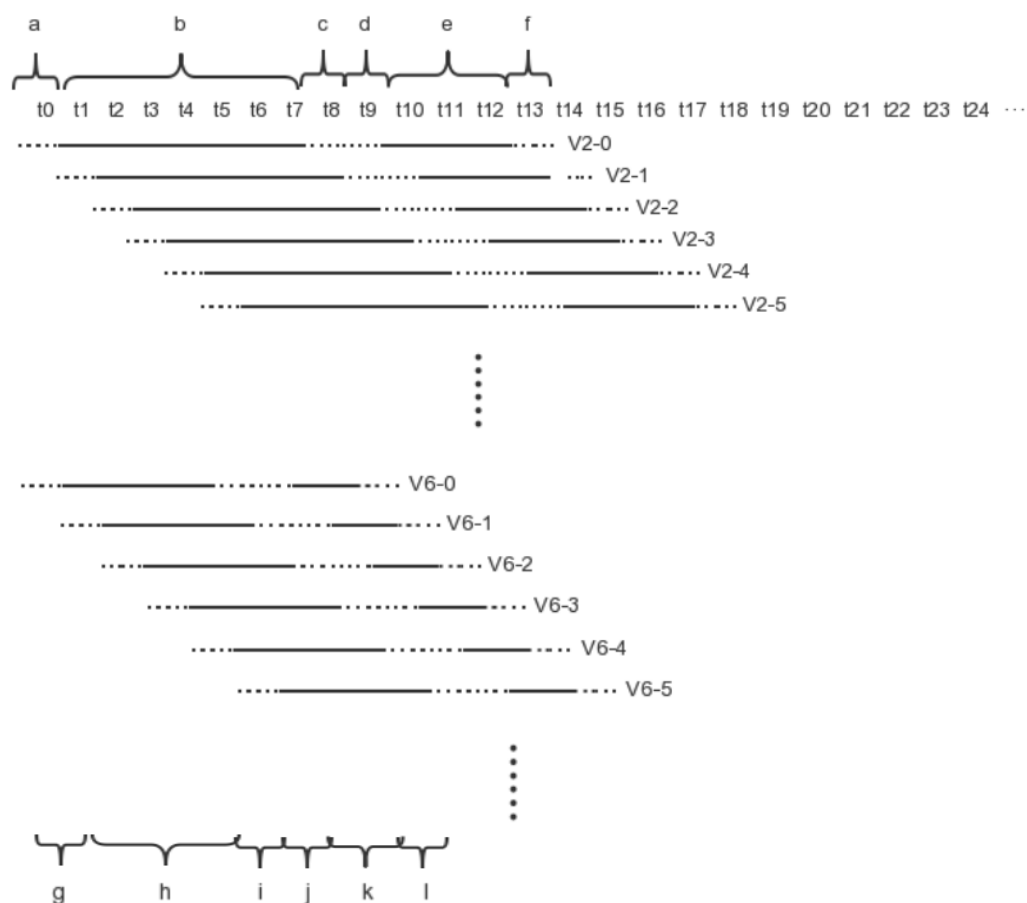
3) 向量长度 $n=64$

无需分段，两条链接指令因为没有冲突，可以并行执行，选取所需时间较长的作为所有指令执行完毕的时间。

$$T_n = \max \{ (1+7+1+1+3), (1+4+1+1+2) \} + 64$$

$$= 13+64 = 77 \text{ (拍)}$$

执行时间图如下：



4) 向量长度 $n=128$

需要分成两段，所需时间依旧选择执行时间长的

$$T_{start} = \max \{ (1+7+1+1+3), (1+4+1+1+2) \} = 13$$

$$m = 1$$

$$T_n = \left\lceil \frac{n}{MVL} \right\rceil \times (T_{loop} + T_{start}) + mn = \left\lceil \frac{128}{64} \right\rceil \times (4 + 13) + 1 \times 128 = 162 \text{ (拍)}$$

执行时间图如下：

紫色为循环开销，前面省略的部分具体细节同上题。



PS:

(上面几个图分别盗自马依慧、王子寒、李浩达同学 (๐' ๓ `๐))

其实编队的方案还有其他几种，主要是题目的说明不是很严禁：

1. 不考虑链接，且不允许调换指令顺序：

3 个编队：

1) $V0 \leftarrow \text{存储器}$

2) $V2 \leftarrow V0 + V1$, $V4 \leftarrow V3 < A3$

3) $V6 \leftarrow V4 \wedge V5$

2. 不考虑链接，允许调换指令顺序：

2 个编队：

1) $V0 \leftarrow \text{存储器}$, $V4 \leftarrow V3 < A3$

2) $V2 \leftarrow V0 + V1$, $V6 \leftarrow V4 \wedge V5$

在这两种情况下具体的执行时间分析步骤与给出的参考答案类似。