

HW05

PB19071405 王昊元

2022 年 05 月 12 日

EX1

1. 在一次循环中，4 次读浮点数，2 次写浮点数，执行 6 次浮点运算（其中包括 4 次乘法和 2 次加/减法），一个单精度浮点数占用 4 个字节，所以内核运算密度为

$$\frac{6}{(4+2) \times 4} = \frac{1}{4}$$

2. Strip Mining 第一次的 VL 为

$$VL = n \% MVL = 300 \% 64 = 44$$

则使用 Strip Mining 的 VMIPS 汇编代码如下：

```
1      li      $VL, 44          ; 设置向量长度，对应小于MVL的情况
2      li      $r1, 0          ; 初始化下标
3  loop: lv      $v1, a_re + $r1 ; load a_re
4      lv      $v3, b_re + $r1 ; load b_re
5      mulvv.s  $v5, $v1, $v3   ; a_re * b_re
6      lv      $v2, a_im + $r1 ; load a_im
7      lv      $v4, b_im + $r1 ; load b_im
8      mulvv.s  $v6, $v2, $v4   ; a_im * b_im
9      subvv.s  $v5, $v5, $v6   ; a_re * b_re - a_im * b_im
10     sv      $v5, c_re + $r1 ; store c_re
11     mulvv.s  $v5, $v1, $v4   ; a_re * b_im
12     mulvv.s  $v6, $v2, $v3   ; a_im * b_re
13     addvv.s  $v5, $v5, $v6   ; a_re * b_im + a_im * b_re
14     sv      $v5, c_im + $r1 ; store c_im
15     bne     $r1, 0, else     ; 是否首次循环
16     addi    $r1, $r1, #176   ; 首次循环
17     j loop
18 else: addi    $r1, $r1, #256 ; 非首次循环
19 skip: blt   $r1, 1200, loop ; 跳转下次循环
```

3. Convoy 划分如下：

```
1  mulvv.s    lv
2  lv         mulvv.s
3  subvv.s    sv      ; 链接
4  mulvv.s    lv      ; load 下一个向量
5  mulvv.s    lv      ; load 下一个向量
6  addvv.s    sv
```

一次循环有 6 个 Convoy，共循环 5 次，考虑最开始需要 2 个 Convoy 来 lv 最开始的向量，共 $6 \times 5 + 2 = 32$ 个 Convoy。下面计算时钟周期，基于以下几条规则：

- 一个 Chime 的时间为：向量长度 + 指令的启动时间
- 考虑最开始的加载向量的 Convoy（后续的向量在第 4、5 个 Convoy 中加载）
- 考虑在向量长度为 44 时，不能 lv 长度为 64 的指令（事实上，不确定这条规则是否成立以及实际上是否可以避免，如果有问题，还望助教指正）
- 考虑最后一次循环不需要再为下次循环 lv 向量

向量长度为 44 时：

$$44 \times 8 + 15 \times 6 + 8 \times 4 + 5 \times 2 = 484$$

向量长度为 64 时（最开始时仍需要单独 lv，因为向量长度为 44 时没有 lv）：

$$64 \times (2 + 4 \times 6) + 15 \times (6 \times 3 + 2) + 8 \times (4 \times 4) + 5 \times (2 \times 4) = 2132$$

故每个元素（复数结果值）需要 $\frac{484+2132}{300} = 8.72$ 个时钟周期。

4. Convoy 划分如下：

```

1 mulvv.s
2 mulvv.s
3 subvv.s      sv
4 mulvv.s
5 mulvv.s      lv
6 addvv.s      sv lv lv lv ; Load 下一个向量

```

一次循环有 6 个 Convoy，共循环 5 次，考虑最开始需要 2 个 Convoy 来 lv 最开始的向量，共 $6 \times 5 + 2 = 32$ 个 Convoy。向量长度为 44 时：

$$44 \times 8 + 15 \times 4 + 8 \times 4 + 5 \times 2 = 454$$

向量长度为 64 时（最开始时仍需要单独 lv，因为向量长度为 44 时没有 lv）：

$$64 \times (2 + 4 \times 6) + 15 \times (4 \times 3 + 2) + 8 \times (4 \times 4) + 5 \times (2 \times 4) = 2042$$

故每个元素（复数结果值）需要 $\frac{454+2042}{300} = 8.32$ 个时钟周期。

EX2

1. 峰值单精度浮点吞吐量为

$$1.5 \text{ GHz} \times 16 \times 16 = 384 \text{ GFLOP/s}$$

2. 考虑每个单精度运算需要 2 个读操作和 1 个写操作，需要访问 $(2 + 1) \times 4 = 12$ 个字节，需要

$$12 \text{ B/FLOP} \times 384 \text{ GFLOP/s} = 4608 \text{ GB/s}$$

而 $4608 \text{ GB/s} > 100 \text{ GB/s}$ ，因此吞吐量不可持续。