

第二次互评作业-Cache 性能评测与分析 (ชญญัตน์ ปังเส็ง)

实验目的:

- (1) 熟悉 MIPS 的核心指令，掌握 MARS 集成开发环境基本使用方法。
- (2) 学会阅读简单 MIPS 汇编语言程序，掌握基本调试技巧。
- (3) 结合 MARS 内置 cache simulator 工具，分析程序的访存行为。

备注：课程论坛中的“第二次互评作业分论坛”有 MARS 内置 cache simulator 工具的使用说明。

实验内容:

阅读下面的 MIPS 汇编程序，回答问题。

```
.data
array: .word 1,1,1
tmp: .word 0 : 25
.text
    .globl main
main:
    la $t0, array
    li $t1, 25
loop: lw $t3, 0($t0)
    lw $t4, 4($t0)
    lw $t5, 8($t0)
    add $t2, $t3, $t4
    add $t2, $t2, $t5
    sw $t2, 12($t0)
    addi $t0, $t0, 4
    addi $t1, $t1, -1
    bgtz $t1, loop
    li $v0, 10      # system call for exit
    syscall
```



问题一：请说明程序实现的功能。

计算一个数列 T 的第 28 个元素。

程序的功能是根据递推公式 $A_n = A_{n-1} + A_{n-2} + A_{n-3}$ 。

初值： $A[1] = A[2] = A[3] = 1$

问题二：分析程序的访存行为，仅考虑数据访存。

一共 25 轮循环，每轮四次访存操作，一共 $25 \times 4 = 100$ 次访存操作。

每轮循环第一次访存的地址是上一轮循环第一次访存地址加四字节。

每轮循环内部的四次访存操作，地址是依次连续的，间隔四字节。

问题三：根据 MARS 内置的 Data Cache Simulation Tool，构建一个容量为八字节的 cache，要求块大小为四字节（one word），替换策略为 LRU，组策略为直接映射。运行上述 MIPS 程序，得到 cache 命中率为多少？

百分之 24

问题四：结合程序的访存行为，详细分析问题三中 cache miss 的原因。

第一轮中四次访存操作全部 miss。

从第二轮开始，设每轮循环第一次访存的地址是 d ，则此时 cache 中保存的是分别是 $d+4$ 和 $d+8$ 地址的数据。

由于替换策略为 LRU，组策略为直接映射，对 d 的访问会修改本来存 $d+8$ 的数据的 block。

然后，对 $d+4$ 地址的访问会 hit。

接下来两次访存依然会 miss。

进入下一轮循环……

问题五：根据 MARS 内置的 Data Cache Simulation Tool，构建一个容量为八字节的 cache，要求块大小为四字节（one word），替换策略为 LRU，组策略为全相联。运行上述 MIPS 程序，得到 cache 命中率为多少？

百分之零

问题六：结合程序的访存行为，详细分析问题五中 cache miss 的原因。

第一轮中四次访存操作全部 miss。

从第二轮开始，设每轮循环第一次访存的地址是 d ，则此时 cache 中保存的是分别是 $d+4$ 和 $d+8$ 地址的数据。

由于组策略为全相联，替换策略为 LRU，对 d 的访问会修改本来存 $d+4$ 的数据的 block。

然后，对 $d+4$ 地址的访问会 miss，并覆盖掉保存 $d+8$ 地址数据的 block。

接下来两次访存依然会 miss。

进入下一轮循环……

问题七：保持其他参数不变，通过增加 block 数量的方式将 cache 的容量扩大为十六个字节，评测不同组策略下 cache 命中率的变化，并分析原因？进一步扩大 cache 容量，cache 命中率会如何变化？

将 cache 的容量扩大为十六个字节后，不同组策略下 cache 命中率均为百分之 72。

原因分析：扩大后 cache 容量为四个 blocks。在 LRU 的替换策略下，无论哪种组策略，第一轮全部 miss，四个 block 被填满。之后每一轮中，前三次访存 hit，第四次 miss。一共 72 次 hit。

进一步扩大 cache 容量，cache 命中率依然保持在百分之 72。

原因分析：无论 cache 容量再如何扩大，由于每轮访存均为连续四次。在 LRU 的替换策略下，第一轮全部 miss，四个 block 被填满。之后每一轮中，前三次访存 hit，第四次 miss。一共 72 次 hit。