

Universidade Estadual de Campinas -
UNICAMP

Instituto de Computação - IC
MO401 - Arquitetura de Computadores I

Trabalho Caches

Aluno: Nicolas Guilhermo Silva Moliterno - 232389

Junho
2023

1 Questão 1

The screenshot shows a terminal window titled "Atividades" with the title bar "Terminator" and the date "jun. 10 17:28". The terminal session is running under the user "nicolas" on a "Ubuntu" system. The terminal window has two tabs:

- Tab 1: "nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401" (highlighted in red). It displays cache statistics for a configuration with 64 bytes per block, 2 ways, and 1024 bytes per block. The statistics include:
 - D\$ Bytes Written: 540017053
 - D\$ Read Accesses: 268698459
 - D\$ Write Accesses: 135004284
 - D\$ Read Misses: 137171849
 - D\$ Write Misses: 3312517
 - D\$ Writebacks: 3505848
 - D\$ Miss Rate: 34.79%
 - IS Bytes Read: 3250084892
 - IS Bytes Written: 0
 - IS Read Accesses: 947661438
 - IS Write Accesses: 0
 - IS Read Misses: 5
 - IS Write Misses: 0
 - IS Writebacks: 0
 - IS Miss Rate: 0.00%
- Tab 2: "nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401 169x38" (background tab). It displays cache statistics for a configuration with 512 bytes per block, 2 ways, and 1024 bytes per block. The statistics include:
 - D\$ Bytes Read: 1074797141
 - D\$ Bytes Written: 540017053
 - D\$ Read Accesses: 268698459
 - D\$ Write Accesses: 135004284
 - D\$ Read Misses: 2020235
 - D\$ Write Misses: 536029
 - D\$ Writebacks: 732499
 - D\$ Miss Rate: 0.633%
 - IS Bytes Read: 3250084892
 - IS Bytes Written: 0
 - IS Read Accesses: 947661438
 - IS Write Accesses: 0
 - IS Read Misses: 5
 - IS Write Misses: 0
 - IS Writebacks: 0
 - IS Miss Rate: 0.00%

The terminal prompt is "< > ~/Documentos/cache-mo401 | ⌂ p main ?1" and the status bar shows "2m 49s" and "nicolas@nicolas-Inspiron-3442".

A melhor associação de cache foi a da imagem acima. Com:

- Cache de instruções: 64 bytes de tamanho, 2 vias e 1024 bytes por bloco; Cache de dados: 512 bytes de tamanho, 2 vias e 1024 bytes por bloco

Pois em caches associativas e totalmente associativas, nós devemos escolher entre n blocos diferentes. Existem n locais em cada conjunto para um cache associativo de n vias, enquanto um bloco de entrada de dados pode ser colocados em qualquer local em um cache totalmente associativo.

Resultados das simulações com cache miss pior do que o escolhido.


```

Atividades Terminator spike -ic=512:2:128 -dc=16:2:8 mmult.bin jun.10 16:38 78 mmult.bin nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/IARA/iara
| spike --ic=8000:2:32 mmult.bin
Cache configurations must be of the form
sets:ways:blocksize
where sets, ways, and blocksize are positive integers, with
sets and blocksize both powers of two and blocksize at least 8.

d | ~./Documentos/cache-mo401 | m\ main ?1 ..... nicolas@nicolas-Inspiron-3442
) spike --ic=8000:2:32 mmult.bin
Cache configurations must be of the form
sets:ways:blocksize
where sets, ways, and blocksize are positive integers, with
sets and blocksize both powers of two and blocksize at least 8.

d | ~./Documentos/cache-mo401 | m\ main ?1 ..... nicolas@nicolas-Inspiron-3442
) spike --ic=512:2:32 mmult.bin
Cache configurations must be of the form
sets:ways:blocksize
where sets, ways, and blocksize are positive integers, with
sets and blocksize both powers of two and blocksize at least 8.

I$ Bytes Read: 3250084892
I$ Bytes Written: 0
I$ Read Accesses: 947661438
I$ Write Accesses: 0
I$ Read Misses: 48
I$ Write Misses: 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.000%
.
.
.
d | ~./Documentos/cache-mo401 | m\ main ?1 ..... 2m 23s | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
) spike --ic=512:2:128 mmult.bin
Cache configurations must be of the form
sets:ways:blocksize
where sets, ways, and blocksize are positive integers, with
sets and blocksize both powers of two and blocksize at least 8.

I$ Bytes Read: 3250084892
I$ Bytes Written: 0
I$ Read Accesses: 947661438
I$ Write Accesses: 0
I$ Read Misses: 20
I$ Write Misses: 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.000%
.
.
.
d | ~./Documentos/cache-mo401 | m\ main ?1 ..... 2m 22s | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
Atividades Terminator spike -lc=512:2:128 -dc=32:2:16 mmult.bin jun.10 16:48 16 mmult.bin nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/IARA/iara
.
.
.
d | ~./Documentos/cache-mo401 | m\ main ?1 ..... 2m 59s | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
) spike --ic=512:2:128 --dc=32:2:8 mmult.bin
--ic no null groups: debug module won't support null groups
--dm-no-impebreak: Debug module won't support implicit ebreak in program buffer
--blocksz=<size>: Cache block size (B) for CMO operations(powers of 2) [default 64]

I$ Bytes Read: 1074797141
I$ Bytes Written: 540017053
I$ Read Accesses: 208698459
I$ Write Accesses: 1355084284
I$ Read Misses: 204469431
I$ Write Misses: 69598880
I$ Writebacks: 69726657
I$ Miss Rate: 67.88%
I$ Bytes Read: 3250084892
I$ Bytes Written: 0
I$ Read Accesses: 947661438
I$ Write Accesses: 0
I$ Read Misses: 20
I$ Write Misses: 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.000%
.
.
.
d | ~./Documentos/cache-mo401 | m\ main ?1 ..... 2m 59s | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
) spike --ic=512:2:128 --dc=32:2:8 mmult.bin
iJK done
D$ Bytes Read: 1074797141
D$ Bytes Written: 540017053
D$ Read Accesses: 208698459
D$ Write Accesses: 1355084284
D$ Read Misses: 203030053
D$ Write Misses: 68523200
D$ Writebacks: 68652097
D$ Miss Rate: 67.26%
I$ Bytes Read: 3250084892
I$ Bytes Written: 0
I$ Read Accesses: 947661438
I$ Write Accesses: 0

```

```

Atividades Terminator spike -lc=512:2:128 -dc=32:2:16 mmult.bin -Inspiron-3442:~/Documentos/IARA/ira
Captura de tela obtida
Você pode colar a imagem a partir da área de transferência.

D$ Read Accesses: 268698459
D$ Write Accesses: 135004284
D$ Read Misses: 204469431
D$ Write Misses: 69598880
D$ Writebacks: 69726057
D$ Miss Rate: 67.889%
I$ Bytes Read: 3250884892
I$ Bytes Written: 0
I$ Read Accesses: 947661438
I$ Write Accesses: 0
I$ Read Misses: 20
I$ Write Misses: 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.000%
d | ~/Documentos/cache-mo401 | m\ main ?1 | 2m 59s | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
| spike --ic=512:2:128 --dc=32:2:8 mmult.bin
ijk done
D$ Bytes Read: 1074797141
D$ Bytes Written: 540017053
D$ Read Accesses: 268698459
D$ Write Accesses: 135004284
D$ Read Misses: 203939053
D$ Write Misses: 68532300
D$ Writebacks: 68652097
D$ Miss Rate: 67.266%
I$ Bytes Read: 3250884892
I$ Bytes Written: 0
I$ Read Accesses: 947661438
I$ Write Accesses: 0
I$ Read Misses: 20
I$ Write Misses: 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.000%
d | ~/Documentos/cache-mo401 | m\ main ?1 | 2m 55s | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
| spike --ic=512:2:128 --dc=32:2:16 mmult.bin

Atividades Terminator spike -lc=512:2:128 -dc=64:2:16 mmult.bin -Inspiron-3442:~/Documentos/IARA/ira
Captura de tela obtida
Você pode colar a imagem a partir da área de transferência.

D$ Read Accesses: 268698459
D$ Write Accesses: 135004284
D$ Read Misses: 203638053
D$ Write Misses: 68532300
D$ Writebacks: 68652097
D$ Miss Rate: 67.266%
I$ Bytes Read: 3250884892
I$ Bytes Written: 0
I$ Read Accesses: 947661438
I$ Write Accesses: 0
I$ Read Misses: 20
I$ Write Misses: 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.000%
d | ~/Documentos/cache-mo401 | m\ main ?1 | 2m 55s | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
| spike --ic=512:2:128 --dc=32:2:16 mmult.bin
ijk done
D$ Bytes Read: 1074797141
D$ Bytes Written: 540017053
D$ Read Accesses: 268698459
D$ Write Accesses: 135004284
D$ Read Misses: 203638053
D$ Write Misses: 68532300
D$ Writebacks: 68652097
D$ Miss Rate: 67.266%
I$ Bytes Read: 3250884892
I$ Bytes Written: 0
I$ Read Accesses: 947661438
I$ Write Accesses: 0
I$ Read Misses: 20
I$ Write Misses: 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.000%
d | ~/Documentos/cache-mo401 | m\ main ?1 | 2m 55s | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
| spike --ic=512:2:128 --dc=32:2:16 mmult.bin
ijk done
D$ Bytes Read: 1074797141
D$ Bytes Written: 540017053
D$ Read Accesses: 268698459
D$ Write Accesses: 135004284
D$ Read Misses: 203638053
D$ Write Misses: 68532300
D$ Writebacks: 68652097
D$ Miss Rate: 67.266%
I$ Bytes Read: 3250884892
I$ Bytes Written: 0
I$ Read Accesses: 947661438
I$ Write Accesses: 0
I$ Read Misses: 20
I$ Write Misses: 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.000%
d | ~/Documentos/cache-mo401 | m\ main ?1 | 2m 55s | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
| spike --ic=512:2:128 --dc=64:2:16 mmult.bin 168x38

```

```

Atividades Terminator spike --ic=64:2:128 --dc=64:2:16 mmult.bin jun.10 16:54 16 mmult.bin nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/IARA/iara
spike --ic=64:2:128 --dc=64:2:16 mmult.bin 168x38
D$ Read Accesses: 268698459
D$ Write Accesses: 135004284
D$ Read Misses: 170194918
D$ Write Misses: 66374900
D$ Writebacks: 66503945
D$ Miss Rate: 59.095%
I$ Bytes Read: 3250084892
I$ Bytes Written: 0
I$ Read Accesses: 947661438
I$ Write Accesses: 0
I$ Read Misses: 20
I$ Write Misses: 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.000%
d | ~/Documentos/cache-mo401 | m p main ?1 ..... 2m 59s ✘ | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
) spike --ic=512:2:128 --dc=64:2:16 mmult.bin Análise e explique as variações observadas no número e taxa de misses. Qual ijk done
ijk done
D$ Bytes Read: 1074797141
D$ Bytes Written: 540017053
D$ Read Accesses: 268698459
D$ Write Accesses: 135004284
D$ Read Misses: 169115032
D$ Write Misses: 67851795
D$ Writebacks: 67981479
D$ Miss Rate: 58.998%
I$ Bytes Read: 3250084892
I$ Bytes Written: 0
I$ Read Accesses: 947661438
I$ Write Accesses: 0
I$ Read Misses: 20
I$ Write Misses: 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.000%
Entrega aproveitamento
d | ~/Documentos/cache-mo401 | m p main ?1 ..... 2m 59s ✘ | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
) spike --ic=64:2:128 --dc=64:2:16 mmult.bin
d | ~/Documentos/cache-mo401 | m p main ?1 ..... 2m 59s ✘ | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
Atividades Terminator spike --ic=64:2:32 --dc=64:2:16 mmult.bin jun.10 17:04 16 mmult.bin nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/IARA/iara
spike --ic=64:2:32 --dc=64:2:16 mmult.bin 168x38
D$ Read Accesses: 268698459
D$ Write Accesses: 135004284
D$ Read Misses: 169115032
D$ Write Misses: 67851795
D$ Writebacks: 67981479
D$ Miss Rate: 58.098%
I$ Bytes Read: 3250084892
I$ Bytes Written: 0
I$ Read Accesses: 947661438
I$ Write Accesses: 0
I$ Read Misses: 20
I$ Write Misses: 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.000%
d | ~/Documentos/cache-mo401 | m p main ?1 ..... 3m 3s ✘ | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
) spike --ic=512:2:16 --dc=64:2:16 mmult.bin Análise e explique as variações observadas no número e taxa de misses. Qual ijk done
ijk done
D$ Bytes Read: 1074797141
D$ Bytes Written: 540017053
D$ Read Accesses: 268698459
D$ Write Accesses: 135004284
D$ Read Misses: 169115032
D$ Write Misses: 67851795
D$ Writebacks: 67981479
D$ Miss Rate: 58.998%
I$ Bytes Read: 3250084892
I$ Bytes Written: 0
I$ Read Accesses: 947661438
I$ Write Accesses: 0
I$ Read Misses: 83
I$ Write Misses: 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.000%
Entrega aproveitamento
d | ~/Documentos/cache-mo401 | m p main ?1 ..... 3m 7s ✘ | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
) spike --ic=64:2:32 --dc=64:2:16 mmult.bin
d | ~/Documentos/cache-mo401 | m p main ?1 ..... 3m 7s ✘ | nicolas@nicolas-Inspiron-3442

```

```

Atividades Terminator spike -lc=64:2:512 jun.10 17:08 $12 mmult.bin
spike -lc=64:2:512 -dc=64:2:512 mmult.bin 169x39
D$ Bytes Written: 540017053
D$ Read Accesses: 268698459
D$ Write Accesses: 135804284
D$ Read Misses: 109115032
D$ Write Misses: 67851795
D$ Writebacks: 67981479
D$ Miss Rate: 58.698%
I$ Bytes Read: 3256084892
I$ Bytes Written: 0
I$ Read Accesses: 947661438
I$ Write Accesses: 0
I$ Read Misses: 83
I$ Write Misses: 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.000%
ijk done
Dados para analise de optimizacao
Analise e explique as variações observadas no número e taxa de misses. Qual é a estratégia de ordenação que resulta em menor taxa de misses?
Analise e explique as variações observadas. Qual foi a melhor ordenação?
Descreva como o seu algoritmo de multiplicação de matrizes que melhora a taxa de misses. Dica:
Analise e explique como a sua estratégia melhora o desempenho da cache.
Analise e explique o impacto para o desempenho da cache.
Analise e explique o impacto para a melhor e pior ordenações ingênuas.
Entrega: Entregue o relatório
Arquivo: Entregue o arquivo zip com seu código, instruções para execução, e um breve relatório
Entrega: Entregue via Classroom até a data limite. Open entregue uma solução completa para
Atividades Terminator jun.10 17:11
nicoles@nicoles-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401
nicoles@nicoles-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401 169x39
D$ Bytes Written: 540017053
D$ Read Accesses: 268698459
D$ Write Accesses: 135804284
D$ Read Misses: 109115032
D$ Write Misses: 67851795
D$ Writebacks: 67981479
D$ Miss Rate: 58.698%
I$ Bytes Read: 3256084892
I$ Bytes Written: 0
I$ Read Accesses: 947661438
I$ Write Accesses: 0
I$ Read Misses: 48
I$ Write Misses: 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.000%
iijk done
Analise e explique as variações observadas no número e taxa de misses. Qual é a estratégia de ordenação que resulta em menor taxa de misses?
Analise e explique as variações observadas. Qual foi a melhor ordenação?
Descreva como o seu algoritmo de multiplicação de matrizes que melhora a taxa de misses. Dica:
Analise e explique como a sua estratégia melhora o desempenho da cache.
Analise e explique o impacto para o desempenho da cache.
Analise e explique o impacto para a melhor e pior ordenações ingênuas.
Entrega: Entregue o relatório
Arquivo: Entregue o arquivo zip com seu código, instruções para execução, e um breve relatório
Entrega: Entregue via Classroom até a data limite. Open entregue uma solução completa para

```

```

Atividades Terminator jun. 10 17:18
spike --ic=64:2:1024 --dc=64:2:1024 mmult.bin
spike --ic=64:2:1024 --dc=64:2:1024 mmult.bin 169x38

D$ Read Accesses: 208698459
D$ Write Accesses: 135004284
D$ Read Misses: 137682631
D$ Write Misses: 5401311
D$ Writebacks: 5623606
D$ Miss Rate: 35.443%
I$ Bytes Read: 3256084892
I$ Bytes Written: 0
I$ Read Accesses: 947661438
I$ Write Accesses: 0
I$ Read Misses: 8
I$ Write Misses: 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.000%

d | ~ /Documentos/cache-mo401 | m p main ?1 | ..... 2m 56s ✘ | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
| spike --ic=64:2:512 --dc=64:2:1024 mmult.bin
ijk done
D$ Bytes Read: 1074797141
D$ Bytes Written: 540017053
D$ Read Accesses: 208698459
D$ Write Accesses: 135004284
D$ Read Misses: 137171849
D$ Write Misses: 3312517
D$ Writebacks: 3505848
D$ Miss Rate: 34.799%
I$ Bytes Read: 3256084892
I$ Bytes Written: 0
I$ Read Accesses: 947661438
I$ Write Accesses: 0
I$ Read Misses: 8
I$ Write Misses: 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.000%

d | ~ /Documentos/cache-mo401 | m p main ?1 | ..... 2m 49s ✘ | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
| spike --ic=64:2:1024 --dc=64:2:1024 mmult.bin
| ..... 2m 49s ✘ | nicolas@nicolas-Inspiron-3442

Atividades Terminator jun. 10 17:22
spike --ic=64:2:1024 --dc=512:2:1024 mmult.bin
spike --ic=64:2:1024 --dc=512:2:1024 mmult.bin 169x38

D$ Read Accesses: 208698459
D$ Write Accesses: 135004284
D$ Read Misses: 137171849
D$ Write Misses: 3312517
D$ Writebacks: 3505848
D$ Miss Rate: 34.799%
I$ Bytes Read: 3256084892
I$ Bytes Written: 0
I$ Read Accesses: 947661438
I$ Write Accesses: 0
I$ Read Misses: 8
I$ Write Misses: 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.000%

d | ~ /Documentos/cache-mo401 | m p main ?1 | ..... 2m 49s ✘ | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
| spike --ic=64:2:1024 --dc=64:2:1024 mmult.bin
ijk done
D$ Bytes Read: 1074797141
D$ Bytes Written: 540017053
D$ Read Accesses: 208698459
D$ Write Accesses: 135004284
D$ Read Misses: 137171849
D$ Write Misses: 3312517
D$ Writebacks: 3505848
D$ Miss Rate: 34.799%
I$ Bytes Read: 3256084892
I$ Bytes Written: 0
I$ Read Accesses: 947661438
I$ Write Accesses: 0
I$ Read Misses: 5
I$ Write Misses: 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.000%

d | ~ /Documentos/cache-mo401 | m p main ?1 | ..... 2m 49s ✘ | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
| spike --ic=64:2:1024 --dc=512:2:1024 mmult.bin
| ..... 2m 49s ✘ | nicolas@nicolas-Inspiron-3442

```

2 Questão 2

```
Atividades Terminator jun. 10 18:00
nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401
nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401 168x36

I$ Bytes Written: 0
I$ Read Accesses: 948186438
I$ Write Accesses: 0
I$ Read Misses: 5
I$ Write Misses: 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.000%
I$ Cache Size: 168x36 bytes. Para uma menor taxa de misses total lida da cache (por exemplo, 4K ou 8K), varie as configurações da cache de dados.

d | ~ /Documentos/cache-mo401 | ⌂ main ?2 ..... 2m 55s ✘ | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
) make -B CFLAGS=-D MMORDER=3"
riscv64-unknown-elf-gcc -D MMORDER=3 -std=gnu99 -O2 -ffast-math -fno-common -fno-builtin-printf -fno-tree-loop-distribute-patterns -static -nostdlib -nostartfiles -lm -lgcc -T bare.ld -DPREALLOCATE=1 -fmodel=medany crt.S syscalls.c -o mmult.bin mmult.c
/opt/riscv/lib/gcc/riscv64-unknown-elf/12.2.0/../../../../.:/opt/riscv/lib/elf/bin/riscv64-unknown-elf/bin/: warning: mmult.bin has a LOAD segment with RWX permissions
d | ~ /Documentos/cache-mo401 | ⌂ main ?2 ..... nicolas@nicolas-Inspiron-3442
) spike -ic=64:2:1024 --dc=512:2:1024 mmult.bin
jki done
DS Bytes Read: 1610625709
DS Bytes Written: 540917853
DS Read Accesses: 402654822
DS Write Accesses: 135004284
DS Read Misses: 533418
DS Write Misses: 108179
DS Writebacks: 188636
DS Miss Rate: 0.119%
DS Bytes Read: 3784862796
DS Bytes Written: 0
DS Read Accesses: 1081356438
DS Write Accesses: 0
DS Read Misses: 5
DS Write Misses: 0
DS Writebacks: 0
DS Miss Rate: 0.000%
I$ Cache Size: 168x36 bytes. Para uma menor taxa de misses total lida da cache, como tamanho e uso de segundo nível, a análise e avaliação é importante para o melhor desempenho. Explique como a sua estratégia melhorou o desempenho da cache.
I$ Cache Size: 168x36 bytes. Para uma menor taxa de misses total lida da cache, como tamanho e uso de segundo nível, a análise e avaliação é importante para o melhor desempenho. Explique como a sua estratégia melhorou o desempenho da cache.

d | ~ /Documentos/cache-mo401 | ⌂ main ?2 ..... 3m 30s ✘ | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
)
```

A melhor configuração de ordenação e menor taxa de misses foi a MMORDER=3, conforme a imagem acima.

Pois a multiplicação de matrizes é realmente composição de funções, em particular, composição de transformações lineares. Normalmente, a composição de funções não é comutativa. Como exemplo padrão, considere a operação de calçar os sapatos e a operação de calçar as meias. Se você primeiro calçar as meias e depois os sapatos, obterá o resultado desejado. Se você calçar os sapatos primeiro e depois as meias, obterá um resultado diferente.

Para um exemplo com matrizes, a matriz

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

é uma reflexão por via de uma linha horizontal, ou seja, o eixo x; enquanto a matriz

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

é a reflexão através da linha diagonal y=x. Podemos verificar que o produto da matriz AB não é igual ao produto da matriz BA. Isso corresponde a compor as duas reflexões em ordens diferentes. As duas composições são duas rotações diferentes.

Resultados das outras ordenações:

```

Atividades Terminator jun.10 17:53
spike --ic=64:2:1024 --dc=512:2:1024 mmult.bin
spike --ic=64:2:1024 --dc=512:2:1024 mmult.bin 168x36

| ~/Documentos/cache-mo401 | m p main ?1 | 2m 56s | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
) make -B CFLAGS="-D MMORDER=1"
riscv64-unknown-elf-gcc -D MMORDER=1 -std=gnu99 -O2 -ffast-math -fno-common -fno-built-in-printf -fno-tree-loop-distribute-patterns -static -nostdlib -nostartfiles -lm -lgcc -T bare.ld -DPREALLOCATE=1 -nmcmdel=medany crt.S syscalls.c -o mmult.bin mmult.c
/opt/riscv/lib/gcc/riscv64-unknown-elf/12.2.0/../../../../riscv64-unknown-elf/bin/ld: warning: mmult.bin has a LOAD segment with RWX permissions

| ~/Documentos/cache-mo401 | m p main ?1 | 2m 56s | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
) spike --ic=64:2:1024 --dc=512:2:1024 mmult.bin
jik done
D$ Bytes Read: 1010629597
D$ Bytes Written: 540017053
D$ Read Accesses: 402655308
D$ Write Accesses: 135004284
D$ Read Misses: 116414823
D$ Write Misses: 168354
D$ Writebacks: 5017794
D$ Miss Rate: 21.680%
I$ Bytes Read: 4324357082
I$ Bytes Written: 0
I$ Read Accesses: 1350841438
I$ Write Accesses: 0
I$ Read Misses: 5
I$ Write Misses: 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.000%

| ~/Documentos/cache-mo401 | m p main ?2 | 4m 3s | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
) make -B CFLAGS="-D MMORDER=2"
riscv64-unknown-elf-gcc -D MMORDER=2 -std=gnu99 -O2 -ffast-math -fno-common -fno-built-in-printf -fno-tree-loop-distribute-patterns -static -nostdlib -nostartfiles -lm -lgcc -T bare.ld -DPREALLOCATE=1 -nmcmdel=medany crt.S syscalls.c -o mmult.bin mmult.c
/opt/riscv/lib/gcc/riscv64-unknown-elf/12.2.0/../../../../riscv64-unknown-elf/bin/ld: warning: mmult.bin has a LOAD segment with RWX permissions

| ~/Documentos/cache-mo401 | m p main ?2 | 4m 3s | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
) spike --ic=64:2:1024 --dc=512:2:1024 mmult.bin
nicolas@nicolas-Inspiron-3442

Atividades Terminator jun.10 17:56
nicholas@nicolas-Inspiron-3442~/Documentos/cache-mo401 nicholas@nicolas-Inspiron-3442~/Documentos/cache-mo401
nicholas@nicolas-Inspiron-3442~/Documentos/cache-mo401 nicholas@nicolas-Inspiron-3442~/Documentos/cache-mo401 168x36

| ~/Documentos/cache-mo401 | m p main ?1 | 4m 3s | nicholas@nicolas-Inspiron-3442
) make -B CFLAGS="-D MMORDER=1"
riscv64-unknown-elf-gcc -D MMORDER=1 -std=gnu99 -O2 -ffast-math -fno-common -fno-built-in-printf -fno-tree-loop-distribute-patterns -static -nostdlib -nostartfiles -lm -lgcc -T bare.ld -DPREALLOCATE=1 -nmcmdel=medany crt.S syscalls.c -o mmult.bin mmult.c
/opt/riscv/lib/gcc/riscv64-unknown-elf/12.2.0/../../../../riscv64-unknown-elf/bin/ld: warning: mmult.bin has a LOAD segment with RWX permissions

| ~/Documentos/cache-mo401 | m p main ?1 | 4m 3s | nicholas@nicolas-Inspiron-3442
) spike --ic=64:2:1024 --dc=512:2:1024 mmult.bin
jik done
D$ Bytes Written: 0
I$ Read Accesses: 1350841438
I$ Write Accesses: 0
I$ Read Misses: 5
I$ Write Misses: 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.000%

| ~/Documentos/cache-mo401 | m p main ?2 | 4m 3s | nicholas@nicolas-Inspiron-3442
) make -B CFLAGS="-D MMORDER=2"
riscv64-unknown-elf-gcc -D MMORDER=2 -std=gnu99 -O2 -ffast-math -fno-common -fno-built-in-printf -fno-tree-loop-distribute-patterns -static -nostdlib -nostartfiles -lm -lgcc -T bare.ld -DPREALLOCATE=1 -nmcmdel=medany crt.S syscalls.c -o mmult.bin mmult.c
/opt/riscv/lib/gcc/riscv64-unknown-elf/12.2.0/../../../../riscv64-unknown-elf/bin/ld: warning: mmult.bin has a LOAD segment with RWX permissions

| ~/Documentos/cache-mo401 | m p main ?2 | 4m 3s | nicholas@nicolas-Inspiron-3442
) spike --ic=64:2:1024 --dc=512:2:1024 mmult.bin
nicolas@nicolas-Inspiron-3442

Atividades Terminator jun.10 17:56
nicholas@nicolas-Inspiron-3442~/Documentos/cache-mo401 nicholas@nicolas-Inspiron-3442~/Documentos/cache-mo401
nicholas@nicolas-Inspiron-3442~/Documentos/cache-mo401 nicholas@nicolas-Inspiron-3442~/Documentos/cache-mo401 168x36

| ~/Documentos/cache-mo401 | m p main ?1 | 2m 55s | nicholas@nicolas-Inspiron-3442
)

```

Atividades Terminator jun.10 18:10

nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos

Captura de tela obtida
Você pode colar a imagem a partir da área de transferência.

```
I$ Read Misses:      5
I$ Write Misses:    0
I$ Writebacks:      0
I$ Miss Rate:       0.000%
I$ Bytes Read:     1610629597
I$ Bytes Written:   540017053
I$ Read Accesses:   402655308
I$ Write Accesses:  135084284
I$ Read Misses:    115937988
I$ Write Misses:   162683
I$ Writebacks:     57837202
I$ Miss Rate:      21.59%
I$ Bytes Read:     4324357082
I$ Bytes Written:   0
I$ Read Accesses:   1350841438
I$ Write Accesses:  0
I$ Read Misses:    0
I$ Write Misses:   0
I$ Writebacks:     0
I$ Miss Rate:       0.000%
```

nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401

```
I | > ~/Documentos/cache-mo401 | mp main ?2 ..... 3m 30s | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
| make -B CFLAGS="-O MMORDER=4"
riscv64-unknown-elf-gcc -O MMORDER=4 -std=gnu99 -O2 -ffast-math -fno-common -fno-builtin-printf -fno-tree-loop-distribute-patterns -static -nostdlib -nostartfiles -lm -lgcc -T bare.ld -DPREALLOCATE=1 -mmodel=medany crt.s syscalls.c -o mmult.bin mmult.c
/opt/riscv/lib/gcc/riscv64-unknown-elf/12.2.0/../../../../riscv64-unknown-elf/bin/ld: warning: mmult.bin has a LOAD segment with RWX permissions

I | > ~/Documentos/cache-mo401 | mp main ?2 ..... nicolas@nicolas-Inspiron-3442
| spike --ic=64:2:1024 --dc=512:2:1024 mmult.bin
kj! done
I$ Bytes Read:     1610629597
I$ Bytes Written:   540017053
I$ Read Accesses:   402655308
I$ Write Accesses:  135084284
I$ Read Misses:    115937988
I$ Write Misses:   162683
I$ Writebacks:     57837202
I$ Miss Rate:      21.59%
I$ Bytes Read:     4324357082
I$ Bytes Written:   0
I$ Read Accesses:   1350841438
I$ Write Accesses:  0
I$ Read Misses:    0
I$ Write Misses:   0
I$ Writebacks:     0
I$ Miss Rate:       0.000%
```

nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401

Análise de otimização

```
I | > ~/Documentos/cache-mo401 | mp main ?2 ..... 3m 52s | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
| make -B CFLAGS="-D MMORDER=5"
riscv64-unknown-elf-gcc -D MMORDER=5 -std=gnu99 -O2 -ffast-math -fno-common -fno-builtin-printf -fno-tree-loop-distribute-patterns -static -nostdlib -nostartfiles -lm -lgcc -T bare.ld -DPREALLOCATE=1 -mmodel=medany crt.s syscalls.c -o mmult.bin mmult.c
/opt/riscv/lib/gcc/riscv64-unknown-elf/12.2.0/../../../../riscv64-unknown-elf/bin/ld: warning: mmult.bin has a LOAD segment with RWX permissions
```

Atividades Terminator jun.10 18:10

nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401

nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401 168x36

```
I$ Bytes Written:   0
I$ Read Accesses:   1350841438
I$ Write Accesses:  0
I$ Read Misses:    5
I$ Write Misses:   0
I$ Writebacks:     0
I$ Miss Rate:       0.000%
```

nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401

```
I | > ~/Documentos/cache-mo401 | mp main ?2 ..... 3m 52s | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
| make -B CFLAGS="-D MMORDER=5"
riscv64-unknown-elf-gcc -D MMORDER=5 -std=gnu99 -O2 -ffast-math -fno-common -fno-builtin-printf -fno-tree-loop-distribute-patterns -static -nostdlib -nostartfiles -lm -lgcc -T bare.ld -DPREALLOCATE=1 -mmodel=medany crt.s syscalls.c -o mmult.bin mmult.c
/opt/riscv/lib/gcc/riscv64-unknown-elf/12.2.0/../../../../riscv64-unknown-elf/bin/ld: warning: mmult.bin has a LOAD segment with RWX permissions
```

nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401

```
I | > ~/Documentos/cache-mo401 | mp main ?2 ..... nicolas@nicolas-Inspiron-3442
| spike --ic=64:2:1024 --dc=512:2:1024 mmult.bin
kj! done
I$ Bytes Read:     1610619997
I$ Bytes Written:   540017053
I$ Read Accesses:   402654108
I$ Write Accesses:  135084284
I$ Read Misses:    1183125
I$ Write Misses:   238736
I$ Writebacks:     482739
I$ Miss Rate:      0.264%
I$ Bytes Read:     3787481372
I$ Bytes Written:   0
I$ Read Accesses:   1082141438
I$ Write Accesses:  0
I$ Read Misses:    5
I$ Write Misses:   0
I$ Writebacks:     0
I$ Miss Rate:       0.000%
```

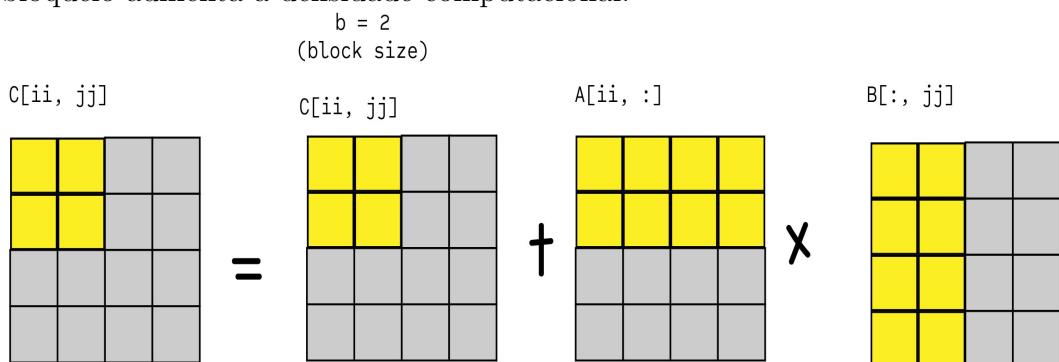
nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401

Análise de otimização

```
I | > ~/Documentos/cache-mo401 | mp main ?2 ..... 3m 28s | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
| spike --ic=64:2:1024 --dc=512:2:1024 mmult.bin
kj! done
I$ Bytes Read:     1610619997
I$ Bytes Written:   540017053
I$ Read Accesses:   402654108
I$ Write Accesses:  135084284
I$ Read Misses:    1183125
I$ Write Misses:   238736
I$ Writebacks:     482739
I$ Miss Rate:      0.264%
I$ Bytes Read:     3787481372
I$ Bytes Written:   0
I$ Read Accesses:   1082141438
I$ Write Accesses:  0
I$ Read Misses:    5
I$ Write Misses:   0
I$ Writebacks:     0
I$ Miss Rate:       0.000%
```

3 Questão 3

A matriz de multiplicação por blocos, utiliza a expansão de elementos, expandindo a multiplicação interna. A principal diferença de uma multiplicação de matriz não bloqueada é que não podemos mais manter uma linha inteira de A na memória rápida por causa do bloqueio. Para cada iteração de kk, precisaremos carregar A[ii, kk] na memória rápida. No entanto, o bloqueio aumenta a densidade computacional.



ii, jj, kk denote block indices while i, j, k denote element indices

```
// C = C + A * B
// b = n / N (where b is the block size)
for ii = 1 to N:
    for jj = 1 to N:
        for kk = 1 to N:
            C[ii, jj] += A[ii, kk] * B[kk, jj]
```

```
Atividades Terminator jun. 10 18:38
nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401
```

```
nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401 x nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401
```

```
nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401 168x36 nicolas@nicolas-Inspiron-3442
```

```
↳ | > ~/Documentos/cache-mo401 | m p main ?3
) ./block_matrix_mul
Please enter matrix dimension n : 100
Multiply matrices 5 times...
[1] 19629 segmentation fault (core dumped) ./block_matrix_mul
```

```
↳ | > ~/Documentos/cache-mo401 | m p main ?3 SERV ↳ | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
) ./block_matrix_mul
Please enter matrix dimension n : 1000
Multiply matrices 5 times...
Time = 67.39690
```

```
↳ | > ~/Documentos/cache-mo401 | m p main ?3 1m 9s ✘ | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
)
```

4 Questão 4

The screenshot shows a terminal window titled "Atividades" with the application "Terminator". The terminal window displays the output of the Spike simulation tool. The command run was "spike -lc=64:2:1024 -dc=512:2:1024 -l2=64:4:1024 mmult.bin". The results show memory access statistics for three levels of cache (L1, L2, and IS). The L1 cache has 2 ways and 1024 bytes per way, while the L2 cache has 4 ways and 2048 bytes per way. The IS cache has 2 ways and 1024 bytes per way. The results indicate that the L2 cache configuration is the most efficient, with the lowest miss rate (0.633%) and the highest hit rate (99.36%).

Cache Level	Ways	Size (bytes)	Accesses	Misses	Miss Rate (%)
L1	2	1024	2617617408	859716	0.31%
L2	4	2048	750078976	0	0.00%
IS	2	1024	268698459	0	0.00%

A melhor configuração de cache achada foi:

- Cache de instruções: 64 bytes de tamanho, 2 vias e 1024 bytes por bloco; Cache de dados: 512 bytes de tamanho, 2 vias e 1024 bytes por bloco; Cache de L2: 32 bytes de tamanho, 4 vias e 2048 bytes por

O cache L2 (nível 2) é mais lento que o cache L1, mas maior em tamanho. Onde um cache L1 pode medir em kilobytes, os caches de memória L2 modernos medem em megabytes.

Dados das simulações com demais resultados.

```

Atividades Terminator jun. 10 18:47
spike --ic=64:2:1024 --dc=512:2:1024 --l2=32:4:1024 mmult.bin | nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401 nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401
spike --ic=64:2:1024 --dc=512:2:1024 --l2=32:4:1024 mmult.bin 168x36

I$ Read Misses: 5
I$ Write Misses: README.md 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.000% (não houve nenhuma)

d | ~./Documentos/cache-mo401 | m\ main ?3 ..... 2m 49s | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
) spike --ic=64:2:1024 --dc=512:2:1024 --l2=32:4:1024 mmult.bin

ijk done
L2$ Bytes Read: 2617617408
L2$ Bytes Written: 756078976
L2$ Read Accesses: 2556267
L2$ Write Accesses: 732499
L2$ Read Misses: 1366786
L2$ Write Misses: 116718
L2$ Writebacks: 386221
L2$ Miss Rate: 44.926%
D$ Bytes Read: 1074797141
D$ Bytes Written: 540017053
D$ Read Accesses: 268698459
D$ Write Accesses: 135604284
D$ Read Misses: 2020233
D$ Write Misses: 536629
D$ Writebacks: 732499 PDF Enregue via Classroom até a data limite. Quem entregar uma solução completa para
D$ Miss Rate: 0.633%
I$ Bytes Read: 3256084892
I$ Bytes Written: 0
I$ Read Accesses: 947661438
I$ Write Accesses: 0
I$ Read Misses: 5
I$ Write Misses: 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.000%

d | ~./Documentos/cache-mo401 | m\ main ?3 ..... 2m 48s | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
) spike --ic=64:2:1024 --dc=512:2:1024 --l2=32:4:1024 mmult.bin

Atividades Terminator jun. 10 18:51
spike --ic=64:2:1024 --dc=512:2:1024 --l2=32:2:1024 mmult.bin | nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401 nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401
spike --ic=64:2:1024 --dc=512:2:1024 --l2=32:2:1024 mmult.bin 168x36

I$ Read Misses: 5
I$ Write Misses: README.md 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.000% (não houve nenhuma)

d | ~./Documentos/cache-mo401 | m\ main ?3 ..... 2m 48s | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
) spike --ic=64:2:1024 --dc=512:2:1024 --l2=32:2:1024 mmult.bin

ijk done
L2$ Bytes Read: 2617617408
L2$ Bytes Written: 756078976
L2$ Read Accesses: 2556267
L2$ Write Accesses: 732499
L2$ Read Misses: 1366692
L2$ Write Misses: 116812
L2$ Writebacks: 386278
L2$ Miss Rate: 44.926%
D$ Bytes Read: 1074797141
D$ Bytes Written: 540017053
D$ Read Accesses: 268698459
D$ Write Accesses: 135604284
D$ Read Misses: 2020233
D$ Write Misses: 536629
D$ Writebacks: 732499 PDF Enregue via Classroom até a data limite. Quem entregar uma solução completa para
D$ Miss Rate: 0.633%
I$ Bytes Read: 3256084892
I$ Bytes Written: 0
I$ Read Accesses: 947661438
I$ Write Accesses: 0
I$ Read Misses: 5
I$ Write Misses: 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.000%

d | ~./Documentos/cache-mo401 | m\ main ?3 ..... 2m 52s | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
) spike --ic=64:2:1024 --dc=512:2:1024 --l2=32:2:1024 mmult.bin

```

Atividades Terminator jun. 10 18:55

nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401

```
I$ Write Accesses: 0
I$ Read Misses: 5
I$ Write Misses: 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.000%
```

q | ~./Documentos/cache-mo401 | mp main ?3

```
nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401 2m 52s | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
```

```
nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401 168x36
```

```
I$ Write Accesses: 0
I$ Read Misses: 5
I$ Write Misses: 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.000%
```

q | ~./Documentos/cache-mo401 | mp main ?3

```
nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401 2m 55s | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
```

Atividades Terminator jun. 10 19:01

nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401

```
I$ Write Accesses: 0
I$ Read Misses: 5
I$ Write Misses: 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.000%
```

q | ~./Documentos/cache-mo401 | mp main ?3

```
nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401 2m 55s | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
```

```
nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401 168x36
```

```
I$ Write Accesses: 0
I$ Read Misses: 5
I$ Write Misses: 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.000%
```

q | ~./Documentos/cache-mo401 | mp main ?3

```
nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401 2m 46s | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
```

```

Atividades Terminator jun.10 19:06
spike -ic=64:2:1024 --dc=512:2:1024 -l2=32:4:64 mmult.bin
spike -ic=64:2:1024 --dc=512:2:1024 -l2=32:4:64 mmult.bin 168x36
I$ Read Misses: 5
I$ Write Misses: README.md 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.000% (na medida do meu conhecimento, por que?)

d | = ~/Documentos/cache-mo401 | m p main ?3 ..... 2m 46s | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
) spike --ic=64:2:1024 --dc=512:2:1024 -l2=32:2:128 mmult.bin
ijkl done
L2$ Bytes Read: 2617617408
L2$ Bytes Written: 750078976
L2$ Read Accesses: 2556267
L2$ Write Accesses: 732499
L2$ Read Misses: 1991755
L2$ Write Misses: 306679
L2$ Writebacks: 554209
L2$ Miss Rate: 69.887%
D$ Bytes Read: 1074797141
D$ Bytes Written: 540017053
D$ Read Accesses: 208698459
D$ Write Accesses: 135004284
D$ Read Misses: 2020233
D$ Write Misses: 536029
D$ Writebacks: 732499 PDF Entregue via Classroom até a data limite. Quem entregar uma solução completa para
D$ Miss Rate: 0.633%
I$ Bytes Read: 3250084892
I$ Bytes Written: 0
I$ Read Accesses: 947661438
I$ Write Accesses: 0
I$ Read Misses: 5
I$ Write Misses: 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.000%

d | = ~/Documentos/cache-mo401 | m p main ?3 ..... 2m 53s | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
) spike --ic=64:2:1024 --dc=512:2:1024 -l2=32:4:64 mmult.bin

Atividades Terminator jun.10 19:11
nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401
nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401 nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401
nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401 168x36
I$ Write Accesses: 0
I$ Read Misses: README.md 5
I$ Write Misses: 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.000% (na medida do meu conhecimento, por que?)

d | = ~/Documentos/cache-mo401 | m p main ?3 ..... 2m 53s | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
) spike --ic=64:2:1024 --dc=512:2:1024 -l2=32:4:64 mmult.bin
ijkl done
L2$ Bytes Read: 2617617408
L2$ Bytes Written: 750078976
L2$ Read Accesses: 2556267
L2$ Write Accesses: 732499
L2$ Read Misses: 1815286
L2$ Write Misses: 357063
L2$ Writebacks: 529238
L2$ Miss Rate: 66.054%
D$ Bytes Read: 1074797141
D$ Bytes Written: 540017053
D$ Read Accesses: 208698459
D$ Write Accesses: 135004284
D$ Read Misses: 2020233
D$ Write Misses: 536029 PDF Entregue via Classroom até a data limite. Quem entregar uma solução completa para
D$ Writebacks: 732499
D$ Miss Rate: 0.633%
I$ Bytes Read: 3250084892
I$ Bytes Written: 0
I$ Read Accesses: 947661438
I$ Write Accesses: 0
I$ Read Misses: 5
I$ Write Misses: 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.000%

d | = ~/Documentos/cache-mo401 | m p main ?3 ..... 2m 48s | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
)

```

```

Atividades Terminator jun. 10 19:16
nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401
```

nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401 nicolas@nicolas-Inspiron-3442:~/Documentos/cache-mo401

```

| spike --ic=64:2:1024 --dc=512:2:1024 --l2=32:4:2048 mmult.bin
Cache configurations must be of the form
`sets:ways:blocksize'
where sets, ways, and blocksize are positive integers, with
sets and blocksize both powers of two and blocksize at least 8.

↳ | ~./Documentos/cache-mo401 | m p main ?3 | nicolas@nicolas-Inspiron-3442
| spike --ic=64:2:1024 --dc=512:2:1024 --l2=32:4:2048 mmult.bin

ijk done
L2$ Bytes Read: 2617617408
L2$ Bytes Written: 750878976
L2$ Read Accesses: 2556267
L2$ Write Accesses: 732499
L2$ Read Misses: 1364143
L2$ Write Misses: 110317
L2$ Writebacks: 38466
L2$ Miss Rate: 44.83%
D$ Bytes Read: 1074797141
D$ Bytes Written: 540017053
D$ Read Accesses: 208698459
D$ Write Accesses: 135004284
D$ Read Misses: 2020233
D$ Write Misses: 536029
D$ Writebacks: 732499
D$ Miss Rate: 0.63%
I$ Bytes Read: 3250084892
I$ Bytes Written: 0
I$ Read Accesses: 947661438
I$ Write Accesses: 0
I$ Read Misses: 5
I$ Write Misses: 0
I$ Writebacks: 0
I$ Miss Rate: 0.00%  

Dependemos de doações em média de R$ 25 no Brasil.
How about a donation? We kindly request that you contribute 25% of the amount to help us.
Agradecemos os amigos que entenderam nosso lema: "doação R$ 10 e tudo o que
acrescer". Doação R$ 10 e conseguimos atingir nossa meta em poucos meses. R$ 10 é tudo o que
precisamos para manter o projeto vivo. Se todos os pessoas que entenderem lerem esta mensagem façam doação.
DOAR R$ 10 | DOAR O QUE PODE
```

↳ | ~./Documentos/cache-mo401 | m p main ?3 | nicolas@nicolas-Inspiron-3442 | 2m 47s | nicolas@nicolas-Inspiron-3442