



Nome: _____ Matrícula: _____

Prova

(10.0) 1) Respeitando a convenção do uso dos registradores e utilizando chamadas ao sistema do SPIM.

(5.0) a) Compile o seguinte programa C para Assembly MIPS.

$$A_{3 \times 2} = \begin{pmatrix} 2 & 5 \\ 1 & 2 \\ 4 & 6 \end{pmatrix} \quad B_{2 \times 3} = \begin{pmatrix} 2 & -1 & 5 \\ -4 & 3 & 2 \end{pmatrix} \quad C_{3 \times 3} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

```
#include <stdio.h>

void showM(int *mat, int nlin, int ncol)
{
    int i,j;
    for(i=0;i<nlin;i++){
        for(j=0;j<ncol;j++){
            printf("%d\t",*(mat+i*ncol+j));
            printf("\n");
        }
        printf("\n");
    }
}

void main()
{
    int m=3, n=2, p=3;
    int A[3*2]={2,5,1,2,4,6};
    int B[2*3]={2,-1,5,-4,3,2};
    int C[3*3]={0,0,0,0,0,0,0,0,0};
    int D[3*3]={0,0,0,0,0,0,0,0,0};

    showM(A,m,n);
    showM(B,n,p);
    multM(C,A,m,n,B,n,p);
    showM(C,m,p);
    addM(D,C,m,p,C,m,p);
    showM(D,m,p);
}
```

```
void multM( int *resultado, int *mata, int nlin,int ncola,
            int *matb, int nlinb, int ncolb)
{
    int i,j,k,temp;

    if(ncola!=nlinb)
        printf("Dimensões Incompatíveis!\n");
    else
        for(i=0;i<nlin;i++){
            for(j=0;j<ncolb;j++){
                temp=0;
                for(k=0;k<ncola;k++){
                    temp+=*(mata+i*ncola+k)**(matb+k*ncolb+j));
                    *(resultado+i*ncolb+j)=temp;
                }
            }
        }

    void addM( int *resultado, int *mata, int nlin,int ncola,
              int *matb, int nlinb, int ncolb)
    {
        int i;
        if(nlin!=nlinb && ncola!=ncolb)
            printf("Dimensões Incompatíveis!\n");
        else
            for(i=0;i<nlin*ncola;i++){
                *(resultado+i)=*(mata+i)+*(matb+i);
            }
    }
}
```

A empresa Silicon Inc. implementou um processador com a ISA MIPS, chamando-o SI-1. Nos anos seguintes esta empresa lança o SI-2 e o SI-3 com a mesma ISA.

A tabela abaixo relaciona o tipo de instrução MIPS ao número de ciclos de clock necessários a sua execução em cada versão do processador SI:

Tipo da Instrução	SI-1	SI-2	SI-3	SI-4
Tipo-R	2	2	3	
Tipo-I	3	2	2	
Tipo-J	1	2	1	

A frequência de clock do processador SI-1 é de 1GHz, do processador SI-2 é de 1.5 GHz e do processador SI-3 é de 2 GHz. Para o seguinte trecho de código C:

```
...
multM(X,Y,4,3,Z,3,4); /* X=YxZ */
multM(T,Z,4,4,Z,4,4); /* T=ZxZ */
addM(V,Z,4,4,Z,4,4); /* V=Z+Z */
...
```

Tipo	multM	addM
Tipo-R	5+nlin.(1+ncolb.(5+6.ncola))	5+4.nlin.ncol
Tipo-I	17+nlin.(1+ncolb.(4+6.ncola))	18+6.nlin.ncol
Tipo-J	1+nlin.(1+ncolb.(1+ncola))	1+nlin.ncol

(1.0) b) Quais os tempos que cada processador demora para executar este trecho?

(1.0) c) Qual o fator de desempenho conseguido pela 2ª versão do processador em relação à 1ª versão?

(1.0) d) Para melhorar o desempenho do melhor processador para este trecho de código, que ciclos por instrução (Tabela) é necessário implementar em uma nova versão de baixo consumo do processador, chamada SI-4 de apenas 1.0 GHz, sabendo que devido a limitação da tecnologia de fabricação do processador, a soma dos ciclos das instruções tipo R, I e J deve ser sempre 6. Qual será o ganho de desempenho alcançado?

(2.0) e) Escreva o quadro acima com as medidas das suas rotinas de multM e addM.

(1.0) 2) Complete a lacuna: O _____ é o único indicador consistente do desempenho de um computador.

BOA SORTE!!!

1) .data

A: .word 2,5,1,2,4,6

B: .word 2,-1,5,-4,3,2

C: .word 0,0,0,0,0,0,0,0

D: .word 0,0,0,0,0,0,0,0

M: .word 3

N: .word 2

P: .word 3

newl: .asciiz "\n"

Tab: .asciiz "\t"

ERROST: .asciiz "dinesos, rompativos\n"

.text

.globl __start

__start:

la \$a0, A

lw \$a1, m(\$zero)

lw \$a2, n(\$zero)

jal \$raum

→ la \$a0, B

lw \$a1, n(\$zero)

lw \$a2, p(\$zero)

jal \$raum

→ la \$a0, C

lw \$a1, m(\$zero)

lw \$a2, p(\$zero)

jal \$raum

la \$a0, C

la \$a1, A

lw \$a2, m(\$zero)

lw \$a3, n(\$zero)

addi \$sp, \$sp, -12

la \$t0, B

sw \$t0, 8(\$sp)

lw \$t0, n(\$zero)

sw \$t0, 4(\$sp)

lw \$t0, p(\$zero)

sw \$t0, 0(\$sp)

jal \$raum

la \$a0, D

la \$a1, C

lw \$a2, m(\$zero)

lw \$a3, p(\$zero)

addi \$sp, \$sp, -12

la \$t0, C

sw \$t0, 8(\$sp)

lw \$t0, m(\$zero)

sw \$t0, 4(\$sp)

lw \$t0, p(\$zero)

sw \$t0, 0(\$sp)

jal addM

\$90, 0

30

MULTM?

\$a1, m(\$ZERO)

MOVE \$t0, \$a0

\$a2, r(\$ZERO)

MOVE \$t1, \$a1

JAL SHOWM

MOVE \$t2, \$a2

MOVE \$t3, \$a3

EXIT: Li \$v0, 10

LW \$t6, 0(\$SP)

SYSCALL

LW \$t5, 4(\$SP)

LW \$t4, 8(\$SP)

SHOWM:

addi \$SP, \$SP, 12

MOVE \$t0, \$a0

bne \$t3, \$t5, END1

MOVE \$t1, \$a1

MOVE \$t7, \$ZERO

MOVE \$t2, \$a2

LAC01: beq \$t7, \$t2, END1

#i rura

MOVE \$t3, \$ZERO

MOVE \$t8, \$ZERO

MOVE \$t5, \$a0

LAC02: beq \$t8, \$t6, END2

#j NCOLB

LOOP1: beq \$t3, \$t1, FIM1

MOVE \$S0, \$ZERO

MOVE \$t4, \$ZERO

MOVE \$t9, \$ZERO

LOOP2: beq \$t4, \$t2, FIM2

LAC03: beq \$t9, \$t3, END3

#K NCOLA

Li \$v0, 1

MUL \$S1, \$t7, \$t3

LW \$a0, 0(\$t5)

add \$S1, \$S1, \$t9

SYSCALL

SLL \$S1, \$S1, 2

Li \$v0, 4

add \$S1, \$S1, \$t1

La \$a0, Tab

MUL \$S2, \$t9, \$t6

SYSCALL

add \$S2, \$S2, \$t8

addi \$t5, \$t5, 4

SLL \$S2, \$S2, 2

addi \$t4, \$t4, 1

add \$S2, \$S2, \$t4

j LOOP2

LW \$S3, 0(\$S1)

FIM2: Li \$v0, 4

LW \$S4, 0(\$S2)

La \$a0, NEWL

MUL \$S5, \$S3, \$S4

SYSCALL

add \$S0, \$S0, \$S5

addi \$t3, \$t3, 1

add \$t9, \$t9, 1

j LOOP1

j LAC03

FIM1: Li \$v0, 4

END3: MUL \$S1, \$t6, \$t7

La \$a0, NEWL

add \$S1, \$S1, \$t8

SYSCALL

SLL \$S1, \$S1, 2

jr \$ra

add \$S1, \$S1, \$t0

(2,0)

```

sw $s0, 0($s1)
add $t8, $t8, 1
j loop2

```

```

Error: add $t7, $t7, 1
j loop1

```

```

End1: jr $ra

```

```

Error1: li $v0, 4
la $a0, Error1
syscall
j Exit

```

0) Analise do nº de instruções
MULTM:

$$R = 5 + \text{MLIN}(1 + \text{PCOLB}(5 + 8 \text{NCOLA}))$$

$$I = 17 + \text{MLIN}(1 + \text{PCOLB}(4 + 6 \text{NCOLA}))$$

$$J = 1 + \text{MLIN}(1 + \text{PCOLB}(1 + \text{NCOLA}))$$

ADD M:

$$R = 5 + 4 \text{MLIN} \times \text{PCOL}$$

$$I = 18 + 6 \text{MLIN} \times \text{PCOL}$$

$$J = 1 + \text{MLIN} \times \text{PCOL}$$

```

addM: move $t0, $a0
      move $t1, $a1
      move $t2, $a2
      move $t3, $a3
      lw $t6, 0($s0)
      lw $t5, 4($s0)
      lw $t4, 8($s0)
      addi $s0, $s0, 12
      bne $t2, $t5, Error1
      bne $t3, $t6, Error1
      mul $t7, $t2, $t3
      move $t8, $zero

```

(1,0)

```

Loop1: beq $t8, $t7, Final1
      sll $t9, $t8, 2
      add $s1, $t1, $t9
      add $s2, $t4, $t9
      lw $s3, 0($s1)
      lw $s4, 0($s2)
      add $s0, $s3, $s4
      add $s1, $t0, $t9
      sw $s0, 0($s1)
      addi $t8, $t8, 1
      j Loop1

```

i MLIN X NCOLA

{ OBS: Na prova está BB → Error.
considerado

```

Final1: jr $ra

```


TURMA B^o

1143

956

171

b) SI-1: $CI = 2(473 + 601 + 69) + 3(373 + 469 + 114) + 1(69 + 85 + 17)$
 $CI = 5325 \text{ ciclos} \rightarrow 5,325 \mu s \quad 16 \text{ Hz}$

SI-2: $CI = 2 \times 1143 + 2 \times 956 + 2 \times 171 =$

$CI = 4540 \text{ ciclos} \rightarrow 3,02667 \mu s \quad 1,56 \text{ Hz}$

SI-3: $CI = 3 \times 1143 + 2 \times 956 + 1 \times 171 = 7821 \text{ ciclos}$

$CI = 5512 \text{ ciclos} \rightarrow 2,756 \mu s \quad 2 \text{ GHz}$

c) $\eta = \frac{T_{SI-1}}{T_{SI-2}} = 1,759 \rightarrow 75,9\% \text{ mais rápido}$

d) R \rightarrow 1 I \rightarrow 1 J \rightarrow 4

$SI-4 = 1 \times 1143 + 1 \times 956 + 4 \times 171 = 2783 \text{ ciclos} \quad 16 \text{ Hz}$
 $\rightarrow 2,783 \mu s$

$\eta = 0,99029 \rightarrow -0,97\% \text{ mais rápido (0,97\% mais lento)}$

TURMA A^o

3400

2628

d) SI-1: $CI = 2(935 + 1135 + 729 + 601) + 3(722 + 872 + 565 + 469) +$
 $+ 1(131 + 156 + 101 + 85) = 15157 \text{ ciclos} \rightarrow 15,157 \mu s$

473

SI-2: $CI = 2 \times 3400 + 2 \times 2628 + 2 \times 473 = 13002 \text{ ciclos} \rightarrow 8,668 \mu s$

SI-3: $CI = 3 \times 3400 + 2 \times 2628 + 1 \times 473 = 15929 \text{ ciclos} \rightarrow 7,964 \mu s$

e) $\eta = \frac{T_{SI-1}}{T_{SI-2}} = 1,7986$

f) R \rightarrow 1 I \rightarrow 1 J \rightarrow 4

$SI-4: CI = 1 \times 3400 + 1 \times 2628 + 4 \times 473 = 7920 \rightarrow 16 \text{ Hz} \rightarrow 7,920 \mu s$

$\eta = 1,0056$

2) TEMPO DE EXECUÇÃO