UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

EACH – Bacharelado em Sistemas de Informação

DISCIPLINA – Organização de Computadores Digitais

1º Semestre - 2017

Relatório MIPS

Docente - Profa. Dra. Gisele da Silva Craveiro

São Paulo

2017

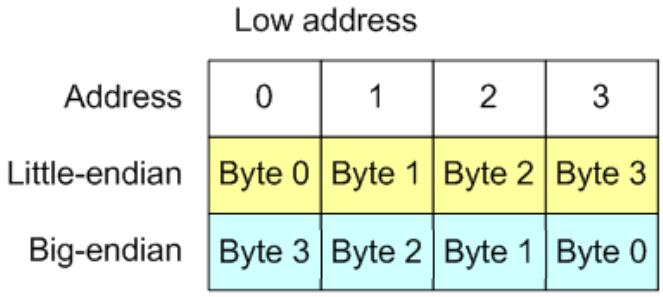
Índice

Seção 1 – Organização e Arquitetura MIPS

1.1 – Visão Geral

- Dados e endereços na arquitetura MIPS são de 32 bits (Palavra de 32 bits)
- Barramento único de 32 bits para dados e instruções
- Barramento separado de 32 bits para endereçamento
- Barramento único de 32 bits para dados e instruções
- Barramento separado de 32 bits para endereçamento
- Memória endereçada por byte
  - Endereços precisam ser múltiplos de 4
- Tres operandos -> duas origens, um destino
  - add a, b, c a = b + c

- Big Endian - byte mais significativo no endereço está no byte menos significativo da palavra [tabela]



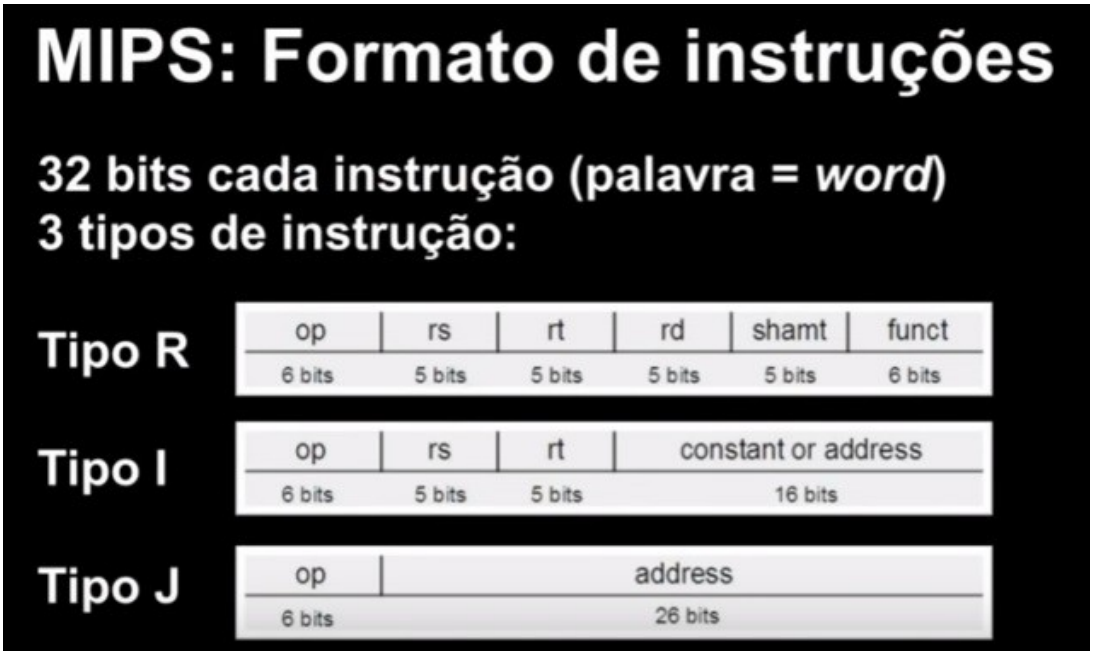
1.2 – Registradores

# do Reg.	Nome	Descrição
0	$zero	retorna o valor 0
1	$at	(assembler temporary) reservado pelo assembler
2~3	$v0-$v1	(values) das expressões de avaliação e resultados de função
4~7	$a0-$a3	(arguments) Primeiros quatro parametros para subrotinas. Não é preservado em chamadas de procedures.
8~15	$t0-$t7	(temporaries) Subrotinas pode usar salvando-os ou não. Não é preservado em chamadas de procedures.
16~23	$s0-$s7	(saved values) Uma subrotina que usa um desses deve salvar o valor original e restaurar antes de terminar. Preservados na chamada de procedures.
24~25	$t8-$t9	(temporaries) Usados em adição aos $t0-$t7
26~27	$k0-$k1	Reservados para uso do tratamento de interrupção/trap.
28	$gp	(global pointer) Aponta para o meio do block de 64k de memoria no segmento de dados estaticos.
29	$sp	(stack pointer) Aponta para o top da pilha
30	$s8/$fp	(saved values/ frame pointer) Preservado na chamada de procedures.
31	$ra	(return address)
	$f0	Recebe o retorno de floats em funções
	$f12/$f14	Usados para passar floats para funções
	($f12,$f13) ($f14,$f15)	Usados em conjunto para passar doubles para funções

- $t0 a $t9 – valores temporários
- $s0 a $s7 – variáveis a serem salvas

- Registrador ZERO ($zero) – é a constante zero / não pode ser sobrescrito (muito usado – for)
  - Também usado para mover conteúdo – add $t2, $s1, $zero (soma zero ao valor em $s1 e armazena em $t2, ou seja, move o valor de $s1 para $t2)
    ⇨ MIPS **não** tem instrução de movimentação

1.3 – Instruções



- **Leitura/Escrita**
  - Acesso à memória com instruções de escrita e leitura
  - As outras instruções geralmente utilizam registradores como operando
- **Leitura/Escrita de endereçamento direto**
  - lw - registrador, end_na_mem
    - copia word da posição da ram dada, para o registrador dado.
  - Lb - registrador, end_na_mem
    - copia byte da posição da ram dada, para a parte baixa do registrador dado.
  - li - registrador, valor
    - carrega o valor para o registrador de destino.

Escrita:

- sw registrador, end_na_mem
    - escreve a word do registrador dado na posição da ram dada.
- sb registrador, end_na_mem
    - escreve o byte da parte mais baixa do registrador dado para a posição da ram

Leitura/Escrita de endereçamento indireto e por base

Leitura

- la - registrador, label
    - copia o endereço do label na memória para o registrador dado

Endereçamento indireto

- lw - registrador1, (registrador2)
    - carrega a word que está no endereço dado pelo registrador2, para o registrador1

Endereçamento por base

- lw - registrador1, offset(registrador2)
- carrega a word que está no endereço (registrador2 + offset) para o registrador1

Escrita

Endereçamento indireto

- sw - registrador1, (registrador2)
    - copia a word no registrador1 para posição de memória de endereço dado pelo registrador2

Endereçamento por base

- sw - registrador1, offset(registrador2)
    - copia a word no registrador1 para posição de memória de endereço dado por (registrador2+offset)
    -

Movimentação

- move - registrador0, registrador1
    - copia o valor do registrador1 para o registrador0

- mfhi - registrador
    - copia o valor do registrador Hi para o registrador0
- mflo - registrador0
    - copia o valor do registrador Lo para o registrador0

Aritméticas

- add - registrador0, registrador1, registrador2
    - salva o resultado da soma do registrador1 com o registrador2 no registrador0
- addi - registrador0, registrador1, imediato
    - salva o resultado da soma do registrador1 com o imediato no registrador0
- addu - registrador0, registrador1, registrador2
    - salva o resultado da soma do registrador1 com o registrador2 no registrador0
- sub - registrador0, registrador1, registrador2
    - salva o resultado da subtração do registrador1 c/ o registrador2 no registrador0
- subu - registrador0, registrador1, registrador2
    - salva o resultado da subtração do registrador1 c/ o registrador2 no registrador0
- mul - registrador0, registrador1, registrador2
    - multiplica o registrador1 pelo registrador2 e guarda no registrador0
- mulo - registrador0, registrador1, registrador2
    - multiplica o registrador1 pelo registrador2 e guarda no registrador0
- mulou - registrador0, registrador1, registrador2
    - multiplica o registrador1 pelo registrador2 e guarda no registrador0
- mult - registrador1, registrador2
    - multiplica o registrador1 pelo registrador2 e guarda nos registradores especiais
- multu - registrador1, registrador2

- multiplica o registrador1 pelo registrador2 e guarda nos registradores especiais

- div - registrador0, registrador1, registrador2
  - guarda o resultado da divisão inteira do reg1 pelo reg2 no registrador0
- divu - registrador0, registrador1, registrador2
  - guarda o resultado da divisão inteira do reg1 pelo reg2 no registrador0
- div - registrador1, registrador2
  - divide o registrador1 pelo registrador2 e guarda nos registradores especiais
- divu - registrador1, registrador2
  - divide o registrador1 pelo registrador2 e guarda nos registradores especiais
- rem - registrador0, registrador1, registrador2
  - guarda o resto da divisão do registrador1 pelo registrador2 no registrador0
- remu - registrador0, registrador1, registrador2
  - guarda o resto da divisão do registrador1 pelo registrador2 no registrador0

Lógicas

- and - - registrador0, registrador1, registrador2
  - guarda o resultado da operação lógica AND entre reg1 e reg2 no registrador0
- andi - registrador0, registrador1, imediato
  - guarda o resultado da operação lógica AND entre reg1 e imed no registrador0
- neg - registrador0, registrador1
  - guarda o inverso do valor do registrador1 no registrador0
- negu - registrador0, registrador1
  - guarda o inverso do valor do registrador1 no registrador0
- nor -registrador0, registrador1, registrador2
  - guarda o resultado da operação lógica NOR entre reg1 e reg2 no registrador0

- not - registrador0, registrador1
  - guarda o resultado da negação binária do valor do registrador1 no registrador0
- or - registrador0, registrador1, registrador2
  - guarda o resultado da operação lógica OR entre reg1 e reg2 no registrador0

- ori - registrador0, registrador1, imediato
  - guarda o resultado da operação lógica OR entre reg1 e imed no registrador0
- rol - registrador0, registrador1, imediato
  - guarda o resultado da rotação para esquerda, de distancia dada pelo valor do imediato, de bits do valor do registrador1 no registrador0
- ror - registrador0, registrador1, imediato
  - guarda o resultado da rotação para direita, de distancia dada pelo valor do imediato, de bits do valor do registrador1 no registrador0
- sll - registrador0, registrador1, imediato
  - guarda o resultado do deslocamento lógico para esquerda, de distancia dada pelo valor do imediato, de bits do valor do registrador1 no registrador0
- sla - registrador0, registrador1, imediato
  - guarda o resultado do deslocamento aritmético para esquerda, de distancia dada pelo valor do imediato, de bits do valor do registrador1 no registrador0
- srl - registrador0, registrador1, imediato
  - guarda o resultado do deslocamento lógico para direita, de distancia dada pelo valor do imediato, de bits do valor do registrador1 no registrador0
- sra - registrador0, registrador1, imediato
  - guarda o resultado do deslocamento aritmético para direita, de distancia dada pelo valor do imediato, de bits do valor do registrador1 no registrador0
- xor - - registrador0, registrador1, registrador2
  - guarda o resultado da operação lógica XOR entre reg1 e reg2 no registrador0
- xori - registrador0, registrador1, imediato

- guarda o resultado da operação lógica XOR entre reg1 e imed no registrador0

Desvio

Incondicional

- b - label
  - muda o registrador PC(registrador que guarda o endereço da próxima instrução a ser executada) para o valor do label
- j - label
  - muda o registrador PC(registrador que guarda o endereço da próxima instrução a ser executada) para o valor do label
- jr - registrador
  - muda o registrador PC(registrador que guarda o endereço da próxima instrução a ser executada) para o endereço contido no registrador

Condicional

- beq - registrador0, registrador1, label
  - desvia para o label, se: registrador0 = registrador1
- blt - registrador0, registrador1, label
  - desvia para o label, se: registrador0 < registrador1
- ble - registrador0, registrador1, label
  - desvia para o label, se: registrador0 <= registrador1
- bgt - registrador0, registrador1, label
  - desvia para o label, se: registrador0 > registrador1
- bge - registrador0, registrador1, label
  - desvia para o label, se: registrador0 >= registrador1
- bne - registrador0, registrador1, label
  - desvia para o label, se: registrador0 != registrador1

Entrada/Saída e chamadas de sistema

- Usado para ler ou imprimir valores ou strings da Entrada/Saída, e indicar o fim de programa

- Usa a chamada de rotina **syscall**
- Deve-se informar os valores necessários nos registradores v0, a0 e a1
- Se houver um retorno, ele será no registrador v0

Função	Código em v0	Argumentos	Resultado
imprime int	1	a0 = inteiro a ser impresso	
imprime float	2	f12 = float a ser impresso	
imprime double	3	f12 = double a ser impresso	
imprime string	4	a0 = endereço de memoria da string	
ler int	5		inteiro retornado em v0
ler float	6		float retornado em v0
ler double	7		double retornado em v0
ler string	8	a0 = endereço de memoria da string a1 = tamanho da string	
exit	10		endereço em v0

- A função de imprimir string espera uma string terminada com caractere nulo. A diretiva .asciiz cria uma string terminada em caracter nulo.
- A leitura de inteiros, floats e doubles lêem um liha inteira, inclusive o caractere de nova linha.
- A função exit finaliza o programa.

Seção 2 – Explicação detalhada das instruções utilizadas no código feito pela equipe

LI / Load Immediate – Params: $R e número	Recebe um parâmetro numérico imediato e coloca-o no registrador alvo. Coloca no IR o OpCode de Soma, o endereço alvo, o endereço do registrador $zero e o valor imediato entrado. Instrução no formato I
Syscall	Busca o que está armazenado no registrador $v0, executa, e coloca no registrador $v0 o potencial resultado.
Jal / Jump and Link – Params: $R	Coloca o que estiver presente no ProgramCounter em $ra e executa uma função de salto para o endereço de parâmetro
LA / Load Address – Params $alvo, ($buscado)	Coloca no IR o OpCode de soma, o endereço alvo, e o valor que está armazenado no endereço buscado, é então executado e o valor da soma é colocado no endereço alvo. Instrução no formato I
BGE / Branch if Greater or Equal – Params $a, $b, end. destino	Verifica se $a < $b, e coloca num registrador temporário o valor 1 caso verdadeiro, e o valor 0 caso contrário. Depois disso verifica o valor colocado no registrador temporário e pula para o destino caso seja 0
ADD – Params $r0, $r1, $r2	Coloca em $r0 o valor resultado da soma $r1 e $r2
ADDI – Add Imediato – Params $r0, $r1, imm	Executa a instrução Add com os parâmetros $r0, $zero, e o valor imediato
BEQ – Branch if Equals – Params $r0, $r1, end	Pula para o endereço end se o valor em $r0 for igual ao valor em $r1
BEQZ – Branch if Equals Zero – Params $r0, end	Executa a instrução BEQ com os parâmetros $r0, $zero, end

BNE – Branch if Not Equal – Params $a, $b e end	Verifica se $a < $b ou $a > $b, e coloca num registrador temporário o valor 1 caso qualquer um seja verdadeiro, e o valor 0 caso contrário. Depois disso verifica o valor colocado no registrador temporário e pula para o destino caso seja 0
J / Jump – Params end	Pula para o endereço end
Mul / Multiply – Params $r0, $r1, $r2	Coloca em $r0 o valor resultante da multiplicação $r1 * $r2
BLEZ / Brench if Less or Equal Zero – Params $a, $b, end	Verifica se $a0 for menor que 0 e $a0 não for maior que 0. Coloca num registrador temporário 1 caso verdadeiro para os dois e 0 caso contrário. Se for verdadeiro, pula para end
SUBI / Subtract Immediate – Params $a, $b, $c	Executa a função ADDI com os parâmetros $a, $b e valor $c com o bit de sinal invertido
REM / Remainder – Params $a, $b, $c	Coloca no registrador $a o valor do resto da divisão $b por $c. Possui um registrador exclusivo para fazer operações de divisão, o *hi* e o *lo,* que guardam os valores intermediários da divisão.
BNEZ – Branch if not equal 0 – Params $a0, end	Executa a função BNE com os parâmetros $a0, $zero, end
JR – Jump Register – Params $a	Recupera o endereço presente no registrador $a e executa a instrução Jump para ele
SUB / Subtract – Params $a, $b, $c	Executa a função ADD com os parâmetros $a, $b, e valor $c com o bit de sinal invertido

Seção 3 – Descrição do problema e código alto nível da solução

3.1 – Problema sugerido (3.b)

3. Uma seqüência de *n* números inteiros não nulos é dita *piramidal m-alternante* se é constituída por *m* segmentos: o primeiro com um elemento, o segundo com dois elementos e assim por diante até o *m*-ésimo, com *m* elementos. Além disso, os elementos de um mesmo segmento devem ser todos pares ou todos ímpares e para cada segmento, se seus elementos forem todos pares (ímpares), os elementos do segmento seguinte devem ser todos ímpares (pares).

Por exemplo, a seqüência com *n* = 10 elementos:

12 3 7 2 10 4 5 13 5 11 é piramidal 4-alternante.

A seqüência com *n* = 3 elementos:

7 10 2 é piramidal 2-alternante.

A seqüência com *n* = 8 elementos:

1 12 4 3 13 5 12 6 não é piramidal alternante pois o último segmento não tem tamanho 4.

(a) Escreva uma função *bloco* que recebe como parâmetro um inteiro *n* e lê *n* inteiros do teclado, devolvendo um dos seguintes valores:

0, se os *n* números lidos forem pares;
1, se os *n* números lidos forem ímpares;
-1, se entre os *n* números lidos há números com paridades diferentes.

(b) usando a função do item anterior, escreva um programa que, dados um inteiro $n \geq 1$ e uma seqüência de *n* números inteiros, verifica se ela é piramidal *m*-alternante. O programa deve imprimir o valor de *m* ou dar a resposta *não*.

3.2 – Código em linguagem de alto nível (Java)

```
import java.util.Scanner;

public class EpOCD {

	private static int bloco(int n) {

		Scanner s = new Scanner(System.in);
		int total = 2;

		while (n > 0) {
			n--;
			int next = s.nextInt();

			if (total == 2)
				total = next % 2;

			else if (total == 1) {

				if (next % 2 != 0) {

				} else {
```

```
                                        total = -1;
                                }

                        } else if (total == 0) {
                                if (next % 2 == 0) {

                                } else {
                                        total = -1;

                                }
                        }

                }


                return total;

        }

        public static boolean verificaPiramidavel(int elementos) {

                int i = elementos;
                for (int j = 0; j < elementos; j++) {
                        i -= j + 1;

                        if (i == 0)return true;
                }

                return false;

        }

        public static void main(String[] args) {


                Scanner s = new Scanner(System.in);

                int blocosALer = s.nextInt();

                if (!verificaPiramidavel(blocosALer)){
                        System.out.println("não");
                        return;
                }


                int proxBlocoDeveSer = 0;
                int j = 0;

                for (int i = 0; i < blocosALer;) {

                        int numerosNoBloco = j + 1;
                        j++;


                        int blocoTotal = bloco(numerosNoBloco);

                        if (blocoTotal == -1){
                                System.out.println("não");
                                return;
```

```
                }


                if (i == 0) {
                        proxBlocoDeveSer = inverteBit(blocoTotal);

                }else {
                        if (blocoTotal != proxBlocoDeveSer) {
                                System.out.println("não");
                                return;
                        }

                        proxBlocoDeveSer = inverteBit(blocoTotal);
                }

                i = numerosNoBloco + i;

            }

            System.out.println(j);

        }

        private static int inverteBit(int bit) {
                return bit * -1 + 1;
        }

}
```

Seção 4 – Código em Assembly desenvolvido

```
.text

main:
        li $v0, 5
        syscall
        jal verificapiramide
        li $t9, 0       #proxBlocoDeveSer
        li $t8, 0       #j
        li $t7, 0       #i do for
        la $t6, ($v0)   # blocos a ler
loopMain:
        bge $t7, $t6, printaJeSai
        li $t5, 1       #numeros no bloco, inicia em 1 pra somar j na linha de baixo
        add $t5, $t5, $t8       # coloca no $t5 / numeros no bloco o valor j + 1
        addi $t8, $t8, 1        # j++
        la $a0, ($t5)           #Argumento de bloco: numero no blocos
        la $s2 ($a0)
        jal bloco               #entrando em bloco com argumento #a0
        #Resposta do lboco no $s0
        beq $s0, -1, falsoPiramide
        la $a0, ($t5)
        beqz $t7, inverteBit            #proxBlocoDeveSer = inverteBit(blocoTotal)
        bne $s0, $t9, falsoPiramide
        j inverteBit            #proxBlocoDeveSer = inverteBit(blocoTotal)
#Inverte o valor binario de $s0
inverteBit:
        mul $t9, $s0, -1
        addi $t9, $t9, 1
```

```
        add $t7, $t7, $s2
#       add $t7, $t7, ($s2)
        j loopMain
printaJeSai:
        la $a0, ($t8)
        li $v0, 1
        syscall
        li $v0, 10
        syscall
#coloca no $s0 o valor 1, 0, ou -1
#puxa do valor a0
bloco:
        #a0 == n
        la $a1, ($a0)   # a1 == n
        li $t4, 2       #TOTAL
loopBloco:
        blez $a1, voltaMain
        subi $a1, $a1, 1
        li $v0, 5
        syscall         # V0 = next
        beq $t4, 2, ifTotalEDois
        beq $t4, 1, totalEUm
        beq $t4, 0, totalEZero
ifTotalEDois:           #if total ==2
        rem $t4, $v0, 2
        j loopBloco
totalEUm:
        rem $t3, $v0, 2
        bnez $t3, loopBloco
```

```
        j falsoPiramide
totalEZero:
        rem $t3, $v0, 2
        beqz $t3, loopBloco
        j falsoPiramide
voltaMain:
        la $s0, ($t4)
        jr $ra
#Verifica numero inserido, e volta caso seja possivel piramidar
#caso nao seja possivel encerra com 'nao'
verificapiramide:
        li $t1, 0           #j do for
        la $t0, ($v0)    #elementos = valor lido
        la $t2, ($t0)     #i = elementos
looppiramide:
        bge $t1, $t0, falsoPiramide
        sub $t2, $t2, 1
        sub $t2, $t2, $t1
        beqz $t2, verdadeiroPiramide
        addi $t1, $t1, 1
        j looppiramide
verdadeiroPiramide:
        jr $ra
falsoPiramide:
        li $v1, 0
        la $a0, $nao
        li $v0, 4
        syscall
        li $v0, 10
```

```
        syscall
teste:
        li $v1, 0
        la $a0, $sim
        li $v0, 4
        syscall
        li $v0, 10
        syscall
.data
$nao:
        .asciiz "não"
$sim:
        .asciiz "sim"
```

Seção 5 – Referências:

- Patterson, D.A.; Hennessy, J.L. **Organização e Projeto de Computadores – A Interface Hardware/Software.** Campus, 2013, 4ª Ed, Capítulo 2.
- Stallings, W. **Arquitetura e Oragnização de Computadores.** Pearson, 2010, 8ª Ed., Capítulo10.
- http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms253512%28VS.80%29.aspx **Acesso em: 23/06/2017**
- http://www.doc.ic.ac.uk/lab/secondyear/spim/node13.html **Acesso em: 23/06/2017**
- http://logos.cs.uic.edu/366/notes/MIPS%20Quick%20Tutorial.htm **Acesso em: 23/06/2017**