INSTITUTO FEDERAL
Minas Gerais
Campus Ouro Branco

TRABALHO PRÁTICO III

Disciplina: Arquitetura e Organização de Computadores

Professor: Saulo Henrique Cabral Silva

Alunos: Eduardo Octávio de Paula e Rodolfo Oliveira Miranda

Assembly – Troca de Vagões

1. Introdução

A linguagem Assembly MIPS é uma linguagem de baixo nível usada para programar diretamente microprocessadores MIPS. Esses processadores são amplamente utilizados em sistemas embarcados, dispositivos de redes, e até em alguns sistemas educacionais devido à sua simplicidade e eficiência. A arquitetura MIPS é baseada em um conjunto de instruções RISC, o que significa que ela possui um conjunto reduzido de instruções, facilitando a otimização do desempenho e a simplificação do design do processador.

1.1. Arrays em MIPS

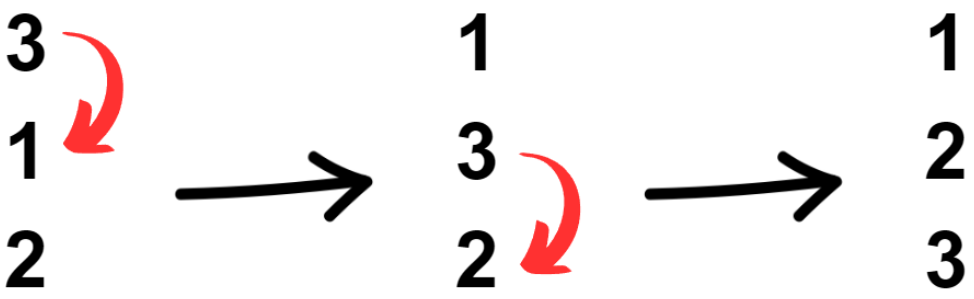
Em MIPS, arrays são estruturas de dados sequenciais que armazenam múltiplos elementos do memos tipo, como inteiros, em posições contíguas na memória. Cada elemento do array é acessado por meio de um índice, que representa o deslocamento em relação ao início do array. No MIPS, trabalhar com arrays envolve manipular endereços de memória diretamente.

Para acessar elementos em um array em MIPS, é preciso calcular o endereço do elemento desejado. Isso é feito somando o deslocamento do elemento (o índice multiplicado pelo tamanho de cada elemento, por exemplo, 4 bytes para inteiros) ao endereço base do array.

1.2. Desafio Proposto

Para este trabalho, foi proposto a ordenação de arrays, considerado no contexto como uma locomotiva, em que seus índices são os vagões. Cada vagão possui uma marcação (número inteiro) e o desafio é ordena-los de forma que as trocas devem ser feitas apenas com vagões adjacentes e que seja a menor quantidade de trocas possíveis.

Exemplo de caso: Dado uma locomotiva com vagões marcados da seguinte ordem: 3, 1 e 2. As trocas devem ocorrer da seguinte maneira:



2. Implementação no MIPS

2.1. “.data”

No *.data* do algoritmo, foi definido um array na memória do tipo *.space* (utilizado para alocar *words*, que possuem tamanho de 4 bytes), chamado de “locomotiva”. No código, foi definido o tamanho como 16 bytes, entretanto, é possível aumenta-lo.

```
.data
        locomotiva: .space 16
```

2.2. “.text”

No *.text* do algoritmo, foi definido algumas funções utilizadas para requisitar dados ao usuário, iniciar o array, verificar casos de trocas, executar as trocas e exibir o resultado.

2.2.1. “main”

Na função *main,* é solicitado ao usuário o primeiro input, que consiste na quantidade de casos que serão executados. No algoritmo, utilizamos o registrador *$t0* para armazenar a quantidade de casos e também como contador para a próxima função, sendo decrementado em um quando uma locomotiva ter sido ordenada. Quando chegar em zero, o programa é finalizado.

```
.text
        main:
                li $v0, 4
                la $a0, msg_introducao
                syscall

                li $v0, 5
                syscall
                move $t0, $v0
```

2.2.2. “iniciar_locomotiva”

A função *iniciar_locomotiva,* é utilizada para iniciar o array (locomotiva), solicitando ao usuário o seu tamanho. Porém, antes disso, é verificado se a quantidade de locomotivas a serem iniciadas é igual a zero, e se for verdadeiro, o código é finalizado. Caso contrário, o algoritmo é continuado e se pede ao usuário a quantidade de vagões.

```
iniciar_locomotiva:
        beqz $t0, fim

        li $v0, 4
        la $a0, msg_quantidade_vagoes
        syscall

        li $v0, 5
        syscall
        move $t2, $v0

        la $t4, locomotiva
        li $t1, 0
```

2.2.3. “acoplar_vagoes”

Nesta função, primeiramente, é verificado se todos os vagões já foram preenchidos. Caso verdadeiro, a função de ordena-los é chamada, e caso contrário, mais um vagão é acoplado.

```
acoplar_vagoes:
        bge $t1, $t2, ordenar
```

Para acoplar um vagão, é solicitado ao usuário sua marcação (número inteiro). Caso seja o primeiro vagão, o endereço de memória onde será registrado é o inicio da locomotiva. Caso contrário, este endereço será a soma entre o endereço que está no registrador e 4 bytes.

Por exemplo, considerando que já foi adicionado um vagão, o endereço do segundo a ser adicionado será o endereço de memória da locomotiva mais 4 bytes. Para ser adicionado o terceiro, o endereço que este será adicionado será o a última soma com mais 4 bytes, e assim por diante.

Finalmente, é incrementado um no contador de vagões e recomeça o loop para acoplar o vagão seguinte ou não.

```
li $v0, 4
la $a0, msg_numero_vagao
syscall

li $v0, 5
syscall
move $t3, $v0

sw $t3, 0($t4)
addi $t4, $t4, 4
addi $t1, $t1, 1
j acoplar_vagoes
```

2.2.4. “ordenar”

Na função ordenar, recarregamos o inicio da locomotiva, instanciamos um novo contador, começado em zero, e guardamos em um novo registrador o tamanho do array subtraído de um.

Em seguida, a função de carregar os vagões a serem trocados ou não é iniciada.

```
ordenar:
        la $t4, locomotiva
        li $t1, 0
        move $t7, $t2
        subi $t7, $t7, 1
```

2.2.5. “carregar_vagoes”

Nessa função, primeiro verifica se o contador ultrapassou a quantidade de vagões. Caso verdadeiro, significa que a locomotiva já foi ordenada e já pode ser exibida. Caso contrário, a lógica de trocar vagões é continuada.

Inicialmente, carregamos o primeiro valor que está no início do endereço do array daquele ciclo no registrador *$t5* e o segundo no registrador *$t6.* Depois, é verificado se o primeiro é maior que o segundo. Caso seja falso, significa que os valores já estão ordenados e não precisam ser trocados, portanto, apenas é adicionado mais 4 bytes ao endereço do array, passando pros próximos valores a serem comparados, e incrementado um no contador de vagões. Finalmente, o loop reinicia-se.

```
carregar_vagoes:
        bge $t1, $t7, printar_locomotiva

        lw $t5, 0($t4)
        lw $t6, 4($t4)

        bge $t5, $t6, trocar_vagoes

        addi $t4, $t4, 4
        addi $t1, $t1, 1
        j carregar_vagoes
```

Caso seja verdadeiro, é chamada a função que faz as trocas dos vagões. Para fazer essa troca, simplesmente, copiamos o valor que está no endereço de memória do clico incrementado de 4 bytes para o registrador $t5, que é o primeiro elemento, e depois copiamos o valor que está no endereço de memória do inicio do array do ciclo ao registrador $t6, que é o segundo elemento. Por fim, recomeçamos o loop de ordenação.

```
trocar_vagoes:
            sw $t5, 4($t4)
            sw $t6, 0($t4)
            j ordenar
```

2.2.6. “printar_locomotiva”

Para exibir a locomotiva ordenada, primeiro recarregamos o início da locomotiva, instanciamos um novo contador, começado em zero, e decrementamos em um a quantidade de locomotivas a serem ordenadas.

```
printar_locomotiva:
        la $t4, locomotiva
        li $t1, 0
        subi $t0, $t0, 1

        li $v0, 4
        la $a0, msg_printando_locomotiva
        syscall
```

Quando é iniciado o loop para exibir os vagões da locomotiva, primeiro, verifica se o contador já excedeu o tamanho desta. Caso verdadeiro, é iniciado outra locomotiva para ser ordenada, e caso contrário, o próximo vagão é exibido.

```
printar_locomotiva_loop:
        bge $t1, $t2, iniciar_locomotiva

        lw $a0, 0($t4)
        li $v0, 1
        syscall
```

Após exibir o vagão, é incrementado mais 4 bytes ao endereço de memória da locomotiva e incrementado, também, mais 1 no contador de vagões. Por fim, é reiniciado o loop.

```
        addi $t4, $t4, 4
        addi $t1, $t1, 1

        j printar_locomotiva_loop
```

2.2.7. “fim”

Como o nome já indica, a função *fim* termina a execução do programa.

```
fim:
        li $v0, 10
        syscall
```

3. Conclusão

Em suma, apesar das instruções simples da arquitetura MIPS, a implementação de um algoritmo para a ordenação de vagões foi um desafio significativo. A manipulação direta de endereços de memória, especialmente na gestão de arrays, exigiu uma compreensão aprofundada da organização e operação interna da linguagem.

O processo de implementar a ordenação por meio de trocas de elementos adjacentes, com foco em minimizar o número de trocas, demandou uma atenção cuidadosa à lógica e ao controle de fluxo do programa.

Esta experiência reforçou nossa habilidade de trabalhar com a linguagem e nos deu uma apreciação maior das complexidades envolvidas na programação de baixo nível, destacando a importância de uma boa compreensão dos conceitos de arquitetura e organização de computadores.