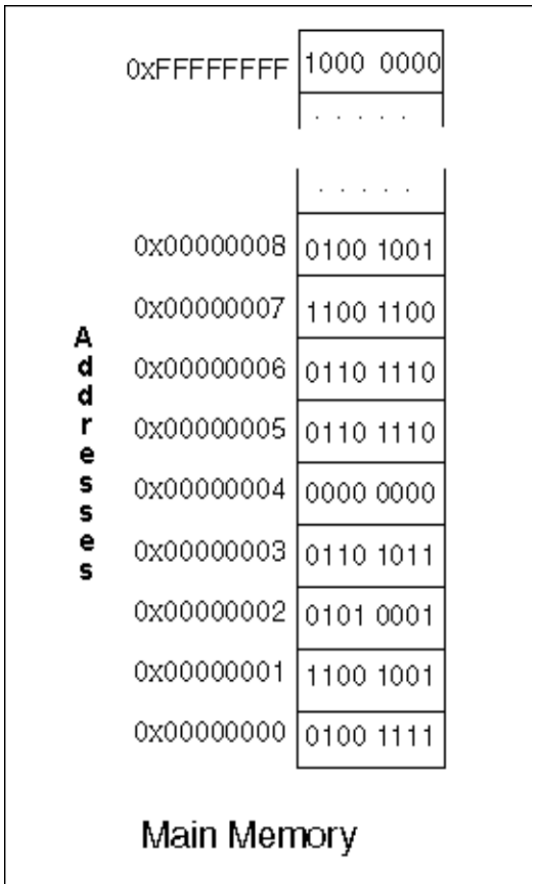
AULA 2
Modelo de programação no MIPS

Modelo de memória

Sistemas de computadores modernos quase sempre usam memória cache e memória virtual. Na nossa visão abstrata de memória não os inclui. O propósito de memória virtual é fazer parecer como se um programa tivesse todo o espaço de endereço disponível. Assim, nosso modelo de programação tem o espaço de endereço cheio.

O propósito da cache é, de forma transparente, acelerar o acesso à memória. Assim nosso modelo de programação não incluirá cache. A Memória no nosso modelo de programação é como segue:



DADOS:

A Memória do MIPS é um vetor de 2^{32} bytes. Cada byte tem um 32 bit de endereço. Cada byte com 8 bits, e 256 possíveis padrões. Os endereços de MIPS de memória principal estão na faixa de 0x00000000 até 0xFFFFFFFF.

Porém, os programas e dados do usuário estão restritos aos primeiros 2^{31} bytes. A última metade do espaço de endereço é usado pelo sistema operacional e para propósitos especializados.

OPERAÇÕES:

O processador contém registradores que são componentes eletrônicos capazes de armazenar padrões de bits.

O processador interage com memória movendo bits entre a memória e seus registradores.

Load: um padrão de bits em um endereço da memória é carregado para um registrador.

Store: um padrão de bits em em um registrador é carregado para um determinado endereço da memória.

Os padrões de bits são copiados entre a memória e o processador em grupos de um, dois, quatro, ou oito bytes contíguos. Quando vários bytes de memória forem usados em uma operação, só o endereço do primeiro byte do grupo é especificado.

Perguntas:

Uma operação de **load** altera o padrão de bits na memória?

NÃO: uma cópia da memória é realizada em algum registrador.

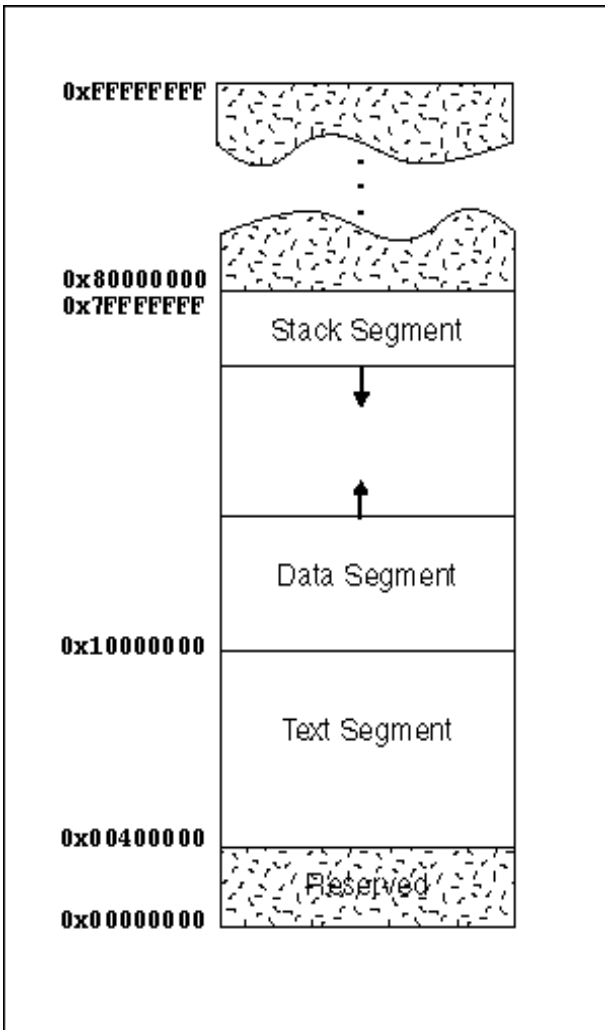
Uma operação de **store** altera o padrão de bits na memória?

SIM: o padrão de bits substitui o conteúdo da memória no endereço designado.

Layout da Memória

Operações de Load e Store copiam o padrão de bits da fonte no destino. A fonte (registrador ou memória) não muda. Claro que, o padrão no destino é substituído pelo padrão da fonte.

A Memória é construída para armazenar esses padrões. Tanto Instruções quanto dados são esses padrões, e qualquer um destes pode ser armazenado em qualquer lugar da memória (pelo menos, tão longe quanto o hardware esteja preparado para tal.) Porém, é conveniente para os programadores e sistemas de software organizarem a memória de forma que instruções e dados estejam separados. A figura ilustra o modo que freqüentemente os sistemas operacionais do MIPS dispõem a memória.



Embora o espaço de endereçamento seja de 32 bits, o endereço de 0x80000000 a 0xFFFFFFFF não está completamente disponível aos programas do usuário. Eles são usados para o sistema operacional e para ROM. Quando um chip do MIPS é usado em um controlador embutido, o programa de controle existe em uma ROM, dentro desta metade superior do espaço de endereçamento.

As partes do espaço de endereçamento acessíveis a um programa do usuário são divididas como se segue:

Segmento de texto (Text Segment): Significa o programa do usuário em linguagem de máquina (ou text).

Segmento de dados(Data Segment): Os dados nos quais o programa opera. Parte dos dados é estática. Este são os dados que são alocados pelo montador os quais não mudam o tamanho enquanto um programa é executado. Os valores contidos nesses dados mudam; "estático" significa que o tamanho em bytes não muda durante execução. Na parte superior dos dados estáticos estão os dados dinâmicos. Estes são dados alocados e desalocados enquanto o programa é executado. Em "C" , a alocação e desalocação são realizadas pelos comandos malloc () e free ().

Segmento de pilha (Stack segment): No topo do espaço de endereçamento do usuário está a pilha. Em linguagens de níveis mais altos, variáveis locais e parâmetros são empilhados e desempilhados na pilha quando procedimentos são ativados ou desativados.

Pergunta:

Quando o programa roda, cresce o segmento de dados para cima (quando variáveis dinâmicas são alocadas) e a pilha cresce descendentemente (quando procedimentos são chamados). Isso é sensato? (Sugestão: quanto de memória resta ao usuário quando os dois segmentos se encontram?)

Resp.:
Sim. Em lugar de se alocar uma quantia fixa de memória para cada, este arranjo significa que cada parte pode crescer dentro da memória disponível. Quando os dois se encontrarem, não resta nenhuma memória disponível.

Registradores

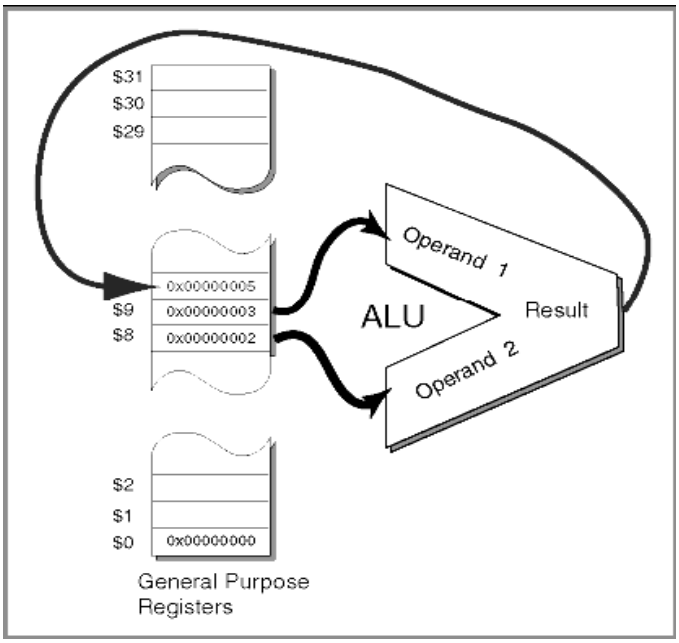
Freqüentemente dados consistem em vários bytes contíguos. Cada fabricante de computador tem sua própria idéia do que chamar agrupamento maior que um byte. O seguinte é usado para o MIPS:

byte - oito bit.
word - quatro bytes, 32 bit.
Double word - oito bytes, 64 bit.

Um registrador é uma parte do registrador que armazena um padrão de bits. No MIPS, um registrador armazena 32 bits.
Existem diversos registradores em um processador, mas apenas alguns podem ser utilizados para a programação em assembly, os outros são utilizados por outras atividades do processador.
Uma operação de **load** copia um padrão de bits da memória em um registrador.
Uma operação de **store** copia um padrão de bits de um registrador para a memória.
Os registradores utilizáveis para a programação em assembly são chamados registradores de uso geral (**general purpose** registers e **floating point** registers). Existem 32 **general purpose registers**. Cada um possui 32 bit. Para a programação eles serão nomeados como $0, $1, $2, ... , $31. Existem 32 floating point registers. Esses serão discutidos mais tarde.
Um dos registradores de uso geral possui um valor fixo com o valor 0x00000000 (todos os bits em zero).
Pergunta:
Qual dos registradores $0, $1, $2, ... , $31 você acha que possui zeros?
Resp.: O registrador $0, isso acontece porque o padrão 0x00000000 ocorre com muita freqüência durante a programação. Ele também representa o **null**, usado na representação de algumas estruturas de dados.

Registradores e a ALU

A unidade lógica e aritmética (ALU) de um processador executa a aritmética inteira e as operações lógicas.
Por exemplo, uma de suas operações é somar dois inteiros de 32-bit. Um inteiro usado como entrada em uma operação é chamado um operando. Um dos operandos para a ALU sempre é contido em um registrador. O outro operando podem estar em um registrador ou pode fazer parte da própria instrução de máquina. O resultado da operação é armazenado em um registrador de uso geral.



Instruções de máquina que usam a ALU especificam quatro coisas:
1. a operação para executar.
2. um primeiro operando (freqüentemente em um registrador).
3. um segundo operando (freqüentemente em um registrador).
4. um registrador que recebe o resultado.

Convenções da nomeclatura de registradores

Os registradores de propósito geral são numerados $0 a $31. Porém, através de convenção (e às vezes através de hardware) registradores diferentes são usados para propósitos diferentes.
Além de um número $0 - $31, registros têm um nome mnemônico (um nome que faz lembrar de seu uso), por exemplo o registrador $0 tem o zero de nome mnemônico. A tabela a seguir mostra os 32 registradores e o uso convencional de cada um.
Registros $0 e $31 são os únicos com comportamentos diferentes dos outros. O Registrador $0 é permanentemente ajustado para conter zero e o registrador $31 é automaticamente usado por algumas instruções de acoplamento de subrotinas para armazenar o endereço de retorno.

Número do Registrador	**Nome Mnemonico**	**Uso Convencional**
$0	zero	Permanently 0
$1	$at	Assembler Temporary (reserved)
$2, $3	$v0, $v1	Value returned by a subroutine
$4-$7	$a0-$a3	Arguments to a subroutine
$8-$15	$t0-$t7	Temporary (not preserved across a function call)
$16-$23	$s0-$s7	Saved registers (preserved across a function call)
$24, $25	$t8, $t9	Temporary
$26, $27	$k0, $k1	Kernel (reserved for OS)
$28	$gp	Global Pointer
$29	$sp	Stack Pointer
$30	$fp	Frame Pointer
$31	$ra	Return Address (Automatically used in some instructions)

Transferência de Dados: Memória para Registradores (lw)

Para transferir uma palavra de dados, nós devemos especificar duas coisas:
Registrador: especifique este pelo número (0 - 31)
Endereço da memória: mais difícil

Pense a memória como um array único uni-dimensional, de modo que nós podemos endereçá-la simplesmente fornecendo um ponteiro para um endereço da memória. Outras vezes, nós queremos ser capazes de deslocar a partir deste ponteiro.

Para especificar um endereço de memória e copiar dele, especifique duas coisas:
- Um registrador que contém um ponteiro para a memória.
- Um deslocamento numérico (em bytes)
O endereço de memória desejado é a soma destes dois valores.
Exemplo: 8($t0)
Especifica o endereço de memória apontado pelo valor em $t0, mais 8 bytes

Sintaxe da instrução de carga (load): 1 2,3(4)
1) nome da operação (instrução)
2) registrador que receberá o valor
3) deslocamento numérico em bytes.
4) registrador contendo o ponteiro para a memória

Nome da Instrução:
lw (significa Load Word, logo 32 bits ou uma palavra é carregada por vez)
Exemplo: lw $t0,12($s0)
Esta instrução pegará o ponteiro em $s0, soma 12 bytes a ele, e então carrega o valor da memória apontado por esta soma calculada no registrador $t0
Notas:
$s0 é chamado registrador base
12 é chamado deslocamento (offset)
Deslocamento é geralmente utilizado no acesso de elementos de array ou estruturas: reg base aponta para o início do array ou estrutura.

Transferência de Dados: Registrador para Memória (sw)

Também queremos armazenar um valor do registrador na memória.
Sintaxe da instrução store é idêntica à da instrução load.
Nome da Instrução:
sw (significa Store Word, logo 32 bits ou uma palavra será carregada por vez)
Exemplo: sw $t0,12($s0)
Esta instrução tomará o ponteiro em $s0, somará 12 bytes a ele, e então armazenará o valor do registrador $t0 no endereço de memória apontado pela soma calculada.

Relatório (inst: beq, bne, j, sw, lw, slt)

Consulte as transparências para as instruções:
Jump (j)
Branch if equal (beq)
Branch if not equal (bne)
Set on less then (slt)
Set on less then com imediato (slti)

// programa 9

Digite, compile e observe o programa a seguir:

```
# x mapeado em $s1
.text
.globl teste
teste:
addi $s1, $zero, 1    # x=1

.data
x1: .word 15
x2: .word 25
x3: .word 13
x4: .word 17
```

Quando o programa é carregado em quais posições de memória os dados foram armazenados?

_____ _____ _____ _____

Complete o programa anterior de maneira a ler os valores armazenados em x1, x2, x3 e x4 em registradores ($s1, $s2, $s3, $s4)

Crie mais uma variável denominada soma e atribua um valor inicial de -1. A variável soma deverá estar na posição seguinte a x4:

```
.data
x1: .word 15
x2: .word 25
x3: .word 13
x4: .word 17
soma: .word -1
```

Escrever um programa que leia todos os números, calcule e substitua o valor da variável soma por este valor.

// programa 10

Considere o seguinte programa: $y = 127x – 65z + 1$
Faça um programa que calcule o valor de y conhecendo os valores de x e z. Os valores de x e z estão armazenados na memória e, na posição imediatamente a seguir, o valor de y deverá ser escrito, ou seja:

```
.data
x: .word 5
z: .word 7
y: .word 0   # esse valor deverá ser sobrescrito após a execução do programa.
```

// programa 11

Considere o seguinte programa: y = x – z + 300000
Faça um programa que calcule o valor de y conhecendo os valores de x e z. Os valores de x e z estão armazenados na memória e, na posição imediatamente a seguir, o valor de y deverá ser escrito, ou seja:

```
.data
x: .word 100000
z: .word 200000
y: .word 0   # esse valor deverá ser sobrescrito após a execução do programa.
```

// programa 12

Considere a seguinte situação:
int ***x;
onde x contem um ponteiro para um ponteiro para um ponteiro para um inteiro.
Nessa situação, considere que a posição inicial de memória contenha o inteiro em questão.
Coloque todos os outros valores em registradores, use os endereços de memória que quiser dentro do espaço de endereçamento do Mips.

Resumo do problema:
k = MEM [MEM [MEM [x]]].

Crie um programa que crie a estrutura de dados acima, leia o valor de K, dobre e o reescreva conhecendo-se apenas o valor de x.

// programa 13:

Escreva um programa que leia um valor A da memória, identifique se o número é negativo ou não e encontre o seu módulo. O valor deverá ser reescrito sobre A.

// programa 14:

Escreva um programa que leia da memória um valor de Temperatura TEMP. Se TEMP>=30 e TEMP <=50 uma variável FLAG, também na memória, deverá receber o valor 1, caso contrário, FLAG deverá ser zero.

// programa 15:

Escrever um programa que crie um vetor de 100 elementos na memória onde vetor[i] = 2*i + 1. Após a última posição do vetor criado, escrever a soma de todos os valores armazenados do vetor.

// programa 16:

Considere que a partir da primeira posição livre da memória temos um vetor com 100 elementos. Escrever um programa que ordene esse vetor de acordo com o algoritmo da bolha. Faça o teste colocando um vetor totalmente desordenado e verifique se o algoritmo funciona.