GBC046–Arq. e Org. de Computadores II

Suporte a Subrotinas

Universidade Federal de Uberlândia
Faculdade de Computação
Prof. Dr. rer. nat. Daniel D. Abdala

Na Aula Anterior ...

- Introdução;
- Saída de Dados;
- Entrada de Dados;
- Outros Serviços do Sistema;
- Término do programa;

Nesta Aula

- Revisão acerca das instruções de salto;
- Passos para a execução de um procedimento;
- Registradores para suporte a sub-rotinas;
- Pilha para argumentos e dados;
- Estrutura geral de um procedimento;
- Procedimentos aninhados.

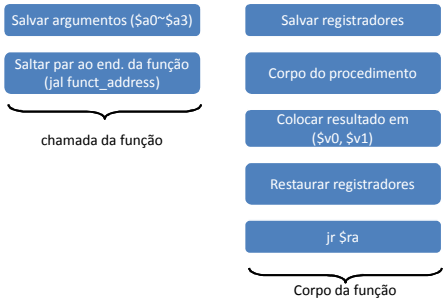
Revisão – Instruções de Salto

- jr → jump register
  - Usado para saltos absolutos;
  - Usado em sub-rotinas (retorno da sub-rotina);
  - Endereços de até 32 bits (capacidade do registrador);
  - Ex: `jr $s0`
- jal →jump and link
  - Usado em sub-rotinas;
  - Seta $ra para o endereço de PC+4 (prox. instrução);
  - Salta para o endereço especificado;
  - Ex: `jal LABEL`
- jalr →jump and link register
  - Usado em sub-rotinas;
  - Seta $ra para PC+4 e salta para a pos. de mem. em $s0;
  - Ex: `jalr $s0`

Passos para a Execução de um Procedimento

1. Colocar os parâmetros em algum lugar acessível pelo procedimento;
2. Transferir o controle para o procedimento;
3. Adquirir os recursos armazenados necessários para a execução do procedimento;
4. Executar o código do procedimento;
5. Colocar os valores de retorno em algum lugar acessível ao programa chamador;
6. Retornar o controle de execução ao ponto de origem.

Estrutura Geral de um Procedimento



Registradores para Suporte a Sub-rotinas

- $a0~$a3 – registradores para passagem de argumentos;
- $v0,$v1 – registradores para retorno de resultados;
- $ra – registrador para endereço de retorno da sub-rotina.

7

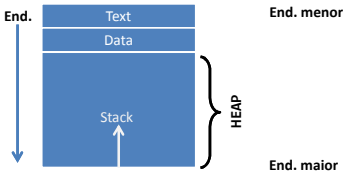
Exemplo

```
int leaf(int g, int h, int i, int j){
    int f;
    f =(g+h)-(i+j);
    return f;
}
```

```
leaf:  addi   $sp,$sp,-12   } overhead de suporte a funções
       sw     $t1,8($sp)
       sw     $t0,4($sp)
       sw     $s0,0($sp)
       add    $t0,$a0,$a1   } corpo da função
       add    $t1,$a2,$a3
       sub    $s0,$t0,$t1
       lw     $s0,0($sp)    } overhead de suporte a funções
       lw     $t0,4($sp)
       lw     $t1,8($sp)
       addi   $sp,$sp,12
       jr     $ra
```

8

Pilha para Argumentos e Dados



9

Mais de 4 Argumentos?

- É comum escrevermos procedimentos em linguagens de alto nível que utilizam mais do que quatro argumentos;
- Possuímos apenas quatro registradores!
- Solução:
  - Utilizamos a pilha para acomodar os argumentos adicionais!

10

Porque Dois Valores de Retorno?

- Considere o seguinte fragmento de código:

```
addi    $t1,$zero,4294967295
addi    $t2,$zero,2
mul     $t3,$t1,$t2
```

- O resultado é maior que 32 bits
- MIPS utiliza dois registradores especiais, $hi para os 32 bits mais significativos e $lo para os 32 menos significativos;
- Como retornar esse valor de uma função?

11

Procedimentos Aninhados

- Problema:
  - $ra contém o endereço de retorno. Se chamarmos um procedimento a partir de outro procedimento, seu valor será sobrescrito e não será possível retornar da chamada original
  - O mesmo problema se aplica aos registradores de argumentos;
- Solução:
  - Salvar os valores de argumentos e endereço de retorno na pilha!

12

Exemplo

```
int fat(int n) {
        if(n<1) return 1;
        else return n*fat(n-1);
}

fat:    addi            $sp,$sp,-8
        sw              $ra,4($sp)
        sw              $a0,0($sp)
        slti            $t0,$a0,1
        beq             $t0,$zero,L1
        addi            $v0,$zero,1
        addi            $sp,$sp,8
        jr              $ra
L1:     addi            $a0,$a0,-1
        jal             fat
        lw              $a0,0($sp)
        lw              $ra,4($sp)
        addi            $sp,$sp,8
        mul             $v0,$a0,$v0
        jr              $ra
```

13

Bibliografia Comentada

- **PATTERSON, D. A. e HENNESSY, J. L. 2014.** *Organização e Projeto de Computadores – A Interface Hardware/Software.* Elsevier/ Campus 4ª edição.

- **HENNESSY, J. L. e PATTERSON, D. A. 2012.** *Arquitetura de Computadores – Uma Abordagem Quantitativa.* Elsevier/ Campus 5ª edição.

14

Bibliografia Comentada

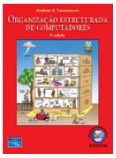
- **MONTEIRO, M. A. 2001.** *Introdução à Organização de Computadores.* s.l. : LTC, 2001.

- **MURDOCCA, M. J. e HEURING, V. P. 2000.** *Introdução à Introdução de Computadores.* 2000. 85-352-0684-1.

15

Bibliografia Comentada

- **STALLINGS, W. 2002.** *Arquitetura e Organização de Computadores.* 2002.



- **TANENBAUM, A. S. 2007.** *Organização Estruturada de Computadores.* 2007.

16