

# Microprocessadores

Hugo Marcondes  
[hugo.marcondes@ifsc.edu.br](mailto:hugo.marcondes@ifsc.edu.br)

Aula 11

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina

## Exceções



- Exceções são desvios do fluxo de controle de um processador ocasionado por situações inesperadas (de exceção)
- Exceções são **síncronas**, quando ocasionadas por uma instrução executada pelo programa.
  - exceções aritméticas
  - endereços de memória inválidos
  - break
  - trap
  - syscall
- Exceções **assíncronas** são também chamadas de interrupções e estão geralmente ligadas a eventos gerados pelos dispositivos externos ao processador

2 IFSC - Departamento Acadêmico de Eletrônica

## Tratamento de Exceções



- Quando uma exceção ocorre, o processador desvia o seu fluxo para um tratador de exceção
- No caso do MIPS qualquer exceção irá desviar para o endereço 0x80000180
- Uso do coprocessador 0 para o tratamento de exceções
  - Acessível apenas em modo kernel
  - Provê registradores utilizados pelo tratador para identificar a causa da exceção
    - Vaddr (\$8): Contém o endereço de memória inválido solicitado por load, store ou fetch;
    - Status (\$12): Contém a máscara de interrupção e bits de habilitação;
    - Causa (\$13): Contém o tipo de exceção e bits pendentes;
    - EPC (\$14): Contém o endereço da instrução quando ocorreu a exceção.

3 IFSC - Departamento Acadêmico de Eletrônica

## Exemplo de Exceção



Diagram illustrating the MIPS exception handling mechanism. It shows the Interrupt Mask register (bits 15-0) and the Exception Level (EL) and Interrupt Enable (IE) bits. The diagram also shows the Coprocessor 0 Registers (Registers, Coproc 1, Coproc 0) and the Exception Code (bits 15-0).

**Examples of Exceptions**

```
# Arithmetic Overflow Exception
li $t0, 0x7fffffff # $t0 = MAX_INT
li $t1, 1          # $t1 = 1
addu $t2, $t0, $t1 # Ignores Overflow
add $t3, $t0, $t1  # Detects Overflow

# Mismatched Load Address Exception
.data
arr: .word 12, 17
...
la $t0, arr
lw $t0, 1($t0)
```

**Coprocessor 0 Registers**

Registers	Coproc 1	Coproc 0
Name	Number	Value
\$8 (vaddr)	8	0x00000000
\$12 (status)	12	0x00000013
\$13 (cause)	13	0x00000010
\$14 (epc)	14	0x00400010

**Exception Code**

Registers	Coproc 1	Coproc 0
Name	Number	Value
\$8 (vaddr)	8	0x10010001
\$12 (status)	12	0x00000013
\$13 (cause)	13	0x00000010
\$14 (epc)	14	0x00400028

Labels: Exception Level, Interrupt enable, Endereço instrução, Endereço inválido.

4 IFSC - Departamento Acadêmico de Eletrônica

## Principais Exceções do MIPS



Code	Name	Description
0	INT	Hardware Interrupt
4	ADDRL	Address error exception caused by load or instruction fetch
5	ADDRS	Address error exception caused by store
6	IBUS	Bus error on instruction fetch
7	DBUS	Bus error on data load or store
8	SYSCALL	System call exception caused by the <b>syscall</b> instruction
9	BKPT	Breakpoint exception caused by the <b>break</b> instruction
10	RI	Reserved instruction exception
12	OVF	Arithmetic overflow exception
13	TRAP	Exception caused by a trap instruction
15	FPE	Floating-Point exception cause by a floating-point instruction

5 IFSC - Departamento Acadêmico de Eletrônica

## Coprocessador 0



- Para manipular os registradores do coprocessador 0 é necessário estar no modo kernel
- As instruções abaixo só podem ser acessadas neste modo e servem para manipular os registradores do coprocessador 0
- Ao final do tratamento da exceção, a instrução **eret** deve ser utilizada.

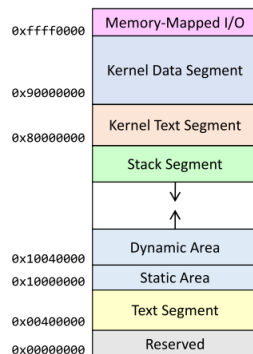
Instruction	Meaning
<b>mfcc0 Rd, C0src</b>	Move from Coprocessor 0 register <b>C0src</b> into destination register <b>Rd</b>
<b>mtc0 Rs, C0dst</b>	Move to Coprocessor 0 register <b>C0dst</b> the value of register <b>Rs</b>
<b>lwc0 C0dst, addr</b>	Load a word from memory into Coprocessor 0 register <b>C0dst</b>
<b>swc0 C0src, addr</b>	Store Coprocessor 0 register <b>C0src</b> in memory
<b>eret</b>	Reset <b>EL = 0</b> (back to user mode) and return: <b>PC = EPC</b>

6 IFSC - Departamento Acadêmico de Eletrônica

## Organização da memória



- Quando uma exceção ocorre, o controle da execução é transferido para o endereço fixo: 0x80000180;
- .ktext**
- O tratador dessa exceção deve ser descrito nesse endereço;
- O endereço de retorno é salvo em EPC;
- Caso seja necessário utilizar a memória, é interessante usar a seção do kernel (**.kdata**)



7 IFSC - Departamento Acadêmico de Eletrônica

## Tratando uma exceção



- Alguns cuidados devem ser feitos para implementar um tratador de exceção
  - Cuidado com os registradores que serão manipulados
    - TODOS devem ser salvos e restaurados após o tratamento da interrupção
- Ler os registradores do coprocessador para determinar qual exceção ocorreu;
- Executar a tarefa específica para o código da exceção;
- Restaurar todos os registradores que foram modificados pelo tratador de exceção;
- Retornar ao programa de usuário ou encerrar o programa.

8 IFSC - Departamento Acadêmico de Eletrônica

## Um tratador simples



```
.ktext 0x80000180
move $k0, $at      # $k0 = $at
la $k1, _regs      # $k1 = address of _regs
sw $k0, 0($k1)     # save $at
sw $v0, 4($k1)     # save $v0
sw $a0, 8($k1)     # save $a0

la $a0, _msg1      # $a0 = address of _msg1
li $v0, 4          # $v0 = service 4
syscall           # Print _msg3

la $k1, _regs      # $k1 = address of _regs
lw $at, 0($k1)     # restore $at
lw $v0, 4($k1)     # restore $v0
lw $a0, 8($k1)     # restore $a0

mfc0 $k0, $14      # $k0 = EPC
addiu $k0, $k0, 4  # Increment $k0 by 4
mtc0 $k0, $14      # EPC = point to next instruction
eret
```

```
.kdata
_msg1: .asciiz "\n!! Ocorreu uma exceção !!\n "
_regs: .space 12
```

9 IFSC - Departamento Acadêmico de Eletrônica

---

---

---

---

---

---

---

---

## Exercício



- Melhore o exemplo do tratador apresentado no slide para exibir todas as informações pertinentes da exceção de ocorreu
- Escrever um programa que gere diversas exceções distintas e veja o funcionamento do mesmo
  - Overflow aritmético
  - Acessos a endereços inválidos
  - Acessos a memória desalinhados

10 IFSC - Departamento Acadêmico de Eletrônica

---

---

---

---

---

---

---

---