

AULA PRÁTICA N.º 1

Objetivos:

- Conceitos básicos de Arquitetura de Computadores.
- Programação em linguagem *assembly*: estrutura de um programa e instruções básicas do MIPS.
- Apresentação das ferramentas a utilizar nas aulas práticas.

Conceitos básicos:

- Os registos internos do MIPS. Caso particular do registo **\$0**.
- Linguagem *assembly* e código máquina.
- O simulador MARS para o MIPS¹:
 - As janelas do simulador: Editor, Text Segment, Data Segment, Registers, Labels e Messages.
 - Configuração da ferramenta.
 - Edição e compilação de um programa.
 - Execução controlada de um programa: *run*, *single-step* e *breakpoints*.

Guião:


1. Pretende-se escrever um programa, em linguagem *assembly*, que implemente a expressão aritmética $y = 2x + 8$. Supondo que o valor de x é passado através do registo **\$t0** (\$8) do CPU e que o resultado é depositado no registo **\$t1** (\$9), uma possível solução é:

```

.data
                                # nada a colocar aqui, de momento

.text
.globl  main
main:   ori  $t0,$0,val_x # $t0 = x (substituir val_x pelo
                                # valor de x pretendido)
        ori  $t2,$0,8     # $t2 = 8
        add  $t1,$t0,$t0  # $t1 = $t0 + $t0 = x + x = 2 * x
        add  $t1,$t1,$t2  # $t1 = $t1 + $t2 = y = 2 * x + 8
        jr   $ra          # fim do programa

```

- a) Edite o programa (com o editor do MARS) e substitua "**val_x**" pelo valor de x com que pretende efetuar o cálculo (por exemplo, o valor 3).
- b) Compile o programa (opção Run → Assemble ou ). Se for assinalado algum erro de sintaxe na janela de mensagens, corrija o erro e repita a compilação.
- c) Execute o programa (opção Run → Go). Observe, e anote no seu *logbook*, o resultado presente no registo **\$t1**. Repita os procedimentos anteriores para outros valores de x .

- **\$t1 = 0x0000000e**

¹ Deve fazer o *download* do MARS ("Mars.jar" e "exceptions.s") na página *elearning* da Unidade Curricular.

- d) Preencha a tabela seguinte com o endereço de memória e o código máquina de cada uma das instruções do programa que escreveu².

Endereço de memória	Código máquina	Instrução
0x00400050	0x34080003	ori \$t0, \$0, 3
0x00400054	0x34a0008	ori \$t2, \$0, 8
0x00400058	0x01084820	add \$t1, \$0, 8
0x0040005c	0x012a4820	add \$t1, \$t1, \$t2
0x00400060	0x03e00008	jr \$ra

- e) Coloque um *breakpoint* na primeira instrução do programa (`ori $t0, $0, ...`). Faça o *reset* ao sistema (opção Run → Reset) e execute novamente o programa - a execução vai parar na instrução "`ori $t0, $0, ...`". Execute a parte restante do programa passo a passo (opção Run → Step) e preencha a tabela com os valores que os vários registos vão tomando.

Nota: Para ativar um *breakpoint*, selecione o quadrado correspondente à instrução onde pretende que a execução do programa seja interrompida (coluna **Bkpt** na janela *execute* do MARS).

PC	Instrução	\$t0	\$t1	\$t2
0x00400050	ori \$t0, \$0, 3	0x00000000	0x00000000	0x00000000
0x00400054	ori \$t2, \$0, 8	0x00000003	0x00000000	0x00000000
0x00400058	add \$t1, \$t0, \$t0	0x00000003	0x00000000	0x00000008
0x0040005c	add \$t1, \$t1, \$t2	0x00000003	0x00000006	0x00000008
0x00400060	jr \$ra	0x00000003	0x0000000e	0x00000008

2. Altere o programa que escreveu no ponto 1, de modo a implementar a expressão aritmética $y = 2x - 8$.

- a) Execute o programa para $x=2$, 3 , 4 e 5 e observe os resultados no registo **\$t1**. Interprete o resultado de y para $x=3$ e $x=5$. Anote os resultados no seu *logbook*. no caderno
- b) Proceda do modo descrito na alínea e) do ponto anterior e preencha a tabela seguinte na situação em que $x=3$.

PC	Instrução	\$t0	\$t1	\$t2
0x00400050	ori \$t0, \$0, 3	0x00000000	0x00000000	0x00000000
0x00400054	ori \$t2, \$0, 8	0x00000003	0x00000000	0x00000000
0x00400058	add \$t1, \$t0, \$t0	0x00000003	0x00000000	0x00000008
0x0040005c	? sub \$t1, \$t1, \$t2	0x00000003	0x00000006	0x00000008
0x00400060	jr \$ra	0x00000003	0xffffffffe	0x00000008

3. Na solução adotada nos exercícios anteriores, a atribuição do valor de x faz parte da codificação do programa. A alteração do valor de x pressupõe a edição do código fonte e a geração de novo código máquina, ou seja, x é encarado pelo programa como uma constante.

Também a observação do resultado tem que ser efetuada diretamente no registo do CPU. Neste exercício vão ser utilizadas funções de interação com o utilizador (normalmente designadas por *system calls*) para permitir a leitura do valor de x a partir do teclado (durante a execução do programa) e a apresentação do correspondente valor de y .

O MARS disponibiliza cerca de 50 *system calls*, com diferentes funcionalidades (na tabela de instruções do MIPS, disponível no site da UC, pode encontrar uma tabela com a listagem das mais utilizadas - a lista completa pode ser observada no *help* do MARS). Uma

² Se está a executar o MARS no seu computador pessoal, certifique-se que o ficheiro "exceptions.s" está associado ao *exception handler* do simulador: menu "Settings → Exception Handler..." (o ficheiro "exceptions.s" está disponível no moodle da UC na secção "Ferramentas de Software").

system call é chamada através da colocação no registo **\$v0** (\$2) do número que a identifica (ver tabela de instruções), seguida da instrução *syscall*. Por exemplo, para a leitura de um valor inteiro do teclado, pode ser usada a *system call* **read_int()** através da seguinte sequência de instruções:

```
ori $v0,$0,5      # a system call read_int() é
                  # identificada com o número 5 (ver
                  # tabela de instruções)
syscall           # a system call read_int() é chamada
```

Para a *system call* **read_int()** o valor lido do teclado é devolvido através do registo **\$v0** do CPU.

Para visualizar o conteúdo de um registo do CPU no ecrã pode ser usada a *system call* **print_int10()**; nesse caso o valor que se pretende visualizar no ecrã é passado através do registo **\$a0** (\$4), pelo que, para além da inicialização do registo **\$v0** com o identificador do **print_int10()**, é necessário copiar para o registo **\$a0** o valor a imprimir. Por exemplo, mostrar no ecrã o valor do registo **\$t5** (\$13) pode ser feito através da seguinte sequência de instruções:

```
or  $a0,$0,$t5    # copia o registo $t5 para o registo $a0
ori $v0,$0,1      # a system call print_int10() é
                  # identificada com o número 1 (ver
                  # tabela de instruções)
syscall           # a system call print_int10() é chamada
```

- a) Faça as alterações ao programa que escreveu no **exercício 2**, de modo a ler do teclado o valor de **x** e a imprimir no ecrã o resultado do cálculo de **y**.

```
.data
.text
.globl main
main: ori $v0,$0,5      #
      syscall          # chamada ao syscall "read_int()"
      or  $t0,$0,???   # $t0 = $v0 = valor lido do teclado
                        # (valor de x pretendido)
      ori $t2,$0,8     # $t2 = 8
      add $t1,$t0,$t0  # $t1 = $t0 + $t0 = x + x = 2 * x
      sub $t1,$t1,$t2  # $t1 = $t1 + $t2 = y = 2 * x - 8
                        # ($t1 tem o valor calculado de y)
      or  $a0,$0,???   # $a0 = y
      ori $v0,$0,1     #
      syscall          # chamada ao syscall "print_int10()"
                        #
      jr  $ra          # fim do programa
```

- b) Execute o programa para diferentes valores de **x** e observe, em particular, o resultado para **x=3** e **x=5**. Anote os resultados no seu *logbook*.
- c) Acrescente ao programa as instruções necessárias para imprimir o resultado da expressão usando também a *system call* **print_int16()**. Execute o programa para diferentes valores de **x** e observe, em particular, o resultado para **x=2, 3, 4** e **5**. Anote os resultados.
- d) Acrescente, finalmente, a *system call* **print_intu10()**. Execute o programa e observe os resultados para **x=2, 3, 4** e **5**, impressos pelas 3 *systems calls* que utilizou. Anote os resultados e interprete-os.