

## AULA PRÁTICA N.º 3

### Objetivos:

- Implementação e codificação de estruturas de controlo de fluxo do tipo **if..else**, **for()**, **while()**, **do..while()**.

### Conceitos básicos:

- Instruções de alteração de fluxo de execução no MIPS.
- Codificação de lógica relacional.

### Guião:

1. O programa seguinte lê do teclado 5 valores inteiros (positivos ou negativos) e apresenta a soma dos valores positivos.

```
void main(void)
{
    int soma, value, i;

    for(i=0, soma=0; i < 5; i++)
    {
        print_string("Introduza um numero: ");
        value = read_int();
        if(value > 0)
            soma = soma + value;
        else
            print_string("Valor ignorado\n");
    }
    print_string("A soma dos positivos e': ");
    print_int10(soma);
}
```

- a) Codifique o programa em *assembly* do MIPS e teste o seu funcionamento no MARS. Para o armazenamento das variáveis do programa utilize registos **\$tN**, onde N=0, 1, ..., 9.

Tradução incompleta para *assembly*:

```
# Mapa de registos:
# $t0 - soma
# $t1 - value
# $t2 - i
.data
str1: .asciiz "Introduza um numero: "
str2: .asciiz ...
str3: .asciiz ...
.eqv print_string, 4
.eqv read_int, ...
```

```

        .text
        .globl main
main:    li      $t0, 0           # soma = 0;
        li      ...           # i = 0;
for:     b??     $t2, ..., endfor # while(i < 5) {
        (...)    #     print_string("...");
        (...)    #     value=read_int();
        ble     $t1, $0, else    #     if(value > 0)
        add     $t0, ...        #         soma += value;
        j       ...            #
else:    (...)    #     else
        addi    $t2, ...        #         print_string("...");
endif:   addi    $t2, ...        #         i++;
        j       for            #     }
endfor:  (...)    # print_string("...");
        (...)    # print_int(soma);
        jr      $ra

```

2. O programa seguinte lê um número introduzido pelo utilizador e apresenta esse mesmo valor representado em binário.

```

void main(void)
{
    unsigned int value, bit, i;

    print_string("Introduza um numero: ");
    value = read_int();
    print_string("\nO valor em binário é: ");
    for(i=0; i < 32; i++)
    {
        bit = value & 0x80000000; // isola bit 31
        if(bit != 0)
            print_char('1');
        else
            print_char('0');
        value = value << 1;      // shift left de 1 bit
    }
}

```

- b) Codifique o programa em *assembly* do MIPS e teste o seu funcionamento no MARS. Para o armazenamento das variáveis do programa utilize registos  $\$tN$ , onde  $N=0, 1, \dots, 9$ .

Tradução incompleta para *assembly*:

```

# Mapa de registos:
# $t0 - value
# $t1 - bit
# $t2 - i
.data
str1: .asciiz "Introduza um numero: "
str2: .asciiz ...
        .eqv    print_string, 4
        .eqv    read_int, ...
        .eqv    print_char, ...

```

```

        .text
        .globl main
main: la    $a0, str1
      li    $v0, print_string      # (instrução virtual)
      syscall                      # print_string(str1);
      (...)                       # value=read_int();
      (...)                       # print_string("...");
      li    $t2, 0                 # i = 0
for:  b??   $t2, ..., endfor       # while(i < 32) {
      andi   $t1, ..., 0x80000000  # (instrução virtual)
      b??   $t1, $0, else          # if(bit != 0)
      (...)                       # print_char('1');
else:                                     # else
      (...)                       # print_char('0');
                                     # value = value << 1;
                                     # i++;
      j      for                  # }
endfor:                                     #
      jr     $ra                  # fim do programa

```

- c) Altere o programa anterior de modo a imprimir um espaço entre cada grupo de 4 bits (por exemplo, 1010 0110 0001 ...). Sugestão para implementar esta alteração:

```

(...)
for(i=0; i < 32; i++)
{
    if((i % 4) == 0) // resto da divisão inteira
        print_char(' ');
    bit = value & 0x80000000; # isola bit 31
    (...)
}

```

**Nota:** em *assembly* do MIPS, o resto da divisão inteira pode ser obtido usando a instrução virtual "**rem**" (remainder), "**rem Rdst, Rsrc, Src**", em que **Src** pode ser um registo ou uma constante (Exemplo: **rem \$t0, \$t1, 4** coloca em **\$t0** o resto da divisão inteira do valor de **\$t1** por 4).

- d) Sabendo que o código ASCII do 0 é 0x30 e do 1 é 0x31, o programa anterior pode ser simplificado, eliminando a estrutura condicional. Ou seja, a sequência:

```

bit = value & 0x80000000; // isola bit 31
if(bit != 0)
    print_char('1');
else
    print_char('0');

```

pode ser substituída por:

```

bit = (value & 0x80000000) >> 31;
// ou, em alternativa: bit = (value >> 31) & 0x00000001;
// ou, como value é do tipo unsigned: bit = value >> 31;

print_char(0x30 + bit); // Ou: print_char('0' + bit);

```

Inclua esta alteração no programa em C. Traduza as alterações para *assembly* e teste o resultado no MARS.

- e) Altere o programa em C que resultar da alínea anterior, de modo a que não sejam impressos os zeros à esquerda. O programa seguinte apresenta uma possível solução.

```
int flag;
(...)
for(i=0, flag=0; i < 32; i++)
{
    bit = value >> 31;
    if(flag == 1 || bit != 0)
    {
        flag = 1;
        if((i % 4) == 0)
            print_char(' ');
        print_char(0x30 + bit);
    }
    value = value << 1;
}
```

Codifique as alterações em *assembly* e teste novamente o programa.

- f) Reescreva o programa em C que resultou da alínea anterior, de modo a substituir o ciclo "for" por uma estrutura do tipo "do ... while". Reflita essas alterações no programa *assembly* e teste o código resultante no MARS.

## Exercícios adicionais

1. O programa seguinte converte uma quantidade, introduzida pelo utilizador, considerada em código Gray para o equivalente em binário natural.

```
void main(void)
{
    unsigned int gray, bin, mask;

    print_string("Introduza um numero: ");
    gray = read_int();

    mask = gray >> 1;
    bin = gray;
    while(mask != 0)
    {
        bin = bin ^ mask;
        mask = mask >> 1;
    }

    print_string("\nValor em código Gray: ");
    print_int16(gray);
    print_string("\nValor em binario: ");
    print_int16(bin);
}
```

- a) Codifique o programa em *assembly* do MIPS e teste o seu funcionamento no MARS. Para o armazenamento das variáveis do programa utilize registos **\$tn**.

2. A multiplicação de inteiros pode ser realizada recorrendo a sucessivas operações de deslocamentos e somas, tal como esquematizado na figura seguinte para operandos de 4 bits (o algoritmo usado é em tudo semelhante ao que todos aprendemos no ensino básico, aplicado agora a quantidades expressas em binário).

$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{ccccccccc}
 & & & & 0 & 1 & 0 & 1 & \\
 & & & & x & 0 & 1 & 1 & 0 \\
 \hline
 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \text{Res. Inicial} \\
 + & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.\text{mdo}.2^0 \\
 \hline
 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \\
 + & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1.\text{mdo}.2^1 \\
 \hline
 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & \\
 + & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1.\text{mdo}.2^2 \\
 \hline
 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0.\text{mdo}.2^3 \\
 + & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \\
 \hline
 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & \text{Res. FINAL}
 \end{array}
 \end{array}$$

A implementação desse algoritmo, para quantidades de 4 bits, pode ser efetuada do modo que o programa seguinte apresenta.

```

void main(void)
{
    unsigned int res=0, i=0, mdor, mdo;

    print_string("Introduza dois numeros: ");
    mdor = read_int() & 0x0F;
    mdo = read_int() & 0x0F;

    while( (mdor != 0) && (i++ < 4) )
    {
        if( (mdor & 0x00000001) != 0 )
            res = res + mdo;
        mdo = mdo << 1;
        mdor = mdor >> 1;
    }
    print_string("Resultado: ");
    print_int10(res);
}

```

- a) Codifique o programa em *assembly* do MIPS e teste o seu funcionamento no MARS. Para o armazenamento das variáveis do programa utilize registos *\$tn*.
- b) Execute o programa passo a passo e preencha a tabela seguinte, supondo que os valores iniciais do multiplicador e multiplicando são 11 e 6, respetivamente.

mdor	mdo	i	res	
0x0B	0x06			Valores iniciais
				Fim da 1ª iteração
				Fim da 2ª iteração
				Fim da 3ª iteração
				Fim da 4ª iteração

- c) O programa apresentado apenas manipula valores de 4 bits. Altere o programa em C de modo a poder manipular valores de 16 bits. Codifique as alterações em *assembly* e teste o funcionamento com valores de entrada de 16 bits.