

## Trabalho Prático 9

### Funções e Convenções de Uso de Registos

#### Objetivos

- Implementação de funções ou subrotinas.
- Utilização da convenção do MIPS para uso de registos e passagem de argumentos.
- A *stack* do MIPS.

#### Introdução

As linguagens de Alto-Nível usam funções para estruturar os programas em módulos reutilizáveis e para aumentar a clareza do código. As funções podem ter argumentos como entradas e um valor de retorno como saída.

A convenção de uso de registos no MIPS pode resumir-se da seguinte forma:

Passagem de <u>argumentos</u>	\$a0..\$a3
Retorno de <u>valores</u>	\$v0, \$v1
Uso Geral (não preservados pelas funções)	\$t0..\$t9
Uso Geral (preservados pelas funções)	\$s0..\$s7
Stack Pointer	\$sp
Endereço de Retorno	\$ra

Durante a invocação a função chamadora (*caller*) passa os argumentos nos registos **\$a's** à função chamada (*callee*) e 'salta' para o código desta. A função chamada executa o seu código e devolve o resultado à função chamadora nos registo **\$v's**, regressando ao código de onde foi chamada. Durante este processo o valor dos registos (**\$s's e \$ra**) necessários à *caller* não pode ser alterado.

#### Guião

##### Parte I

1. A função seguinte, escrita em C, devolve o factorial de um número passado como argumento (compare com o código do exercício 1.3 do guião 7).

```
int factorial(int num)
{
    int res,i;
    res=1;
    for ( i = num; i>0; i--)
    {
        res = res*i;
    }
    return res;
}
```

- a) Traduza função `factorial` para *Assembly*.
- b) A função `main`, apresentada de seguida permite testar a função anterior. Traduza-a para *assembly* e teste o seu funcionamento.

```
void main(void)
{
    int n, f;
    char prompt1[] = "Introduza um numero\n";
    char result[] = "O fatorial do número inserido é: ";

    print_str( prompt1 );
    n = read_int();

    f = factorial(n);

    print_str( result );
    print_int( f );

    exit();
}
```

- c) Que alterações teria de fazer na função `main` caso a mensagem final a imprimir fosse da forma: "O factorial do número [imprimir o número] é: [imprimir o factorial]". Faça as alterações e teste o programa.

## Parte II

O conjunto de exercícios abaixo propostos constituem um conjunto de funções úteis para trabalhar com *strings*, tais como a função `strlen` que devolve o número de caracteres, a função `strcpy` e `strcat` que fazem respetivamente a cópia e a concatenação de *strings*.

2. A função seguinte, escrita em C, devolve o número de caracteres de uma *string*.

```
int strlen( char * str ){
    int n=0, i=0;

    while ( str[i++] != '\0' ) // i é pós-incrementada
    {
        n++;
    }
    return n; // o valor deve ser retornado em $v0
}
```

- d) Traduza o programa para *Assembly* e teste o seu funcionamento.
- e) Escreva uma função `main` que permita testar a função anterior.

3. O código seguinte é uma possível implementação das funções `strcpy` e `strcat`.

```
char * strcpy(char *dst, char *src)
{
    int i=0;

    while ( src[i] != '\0' ) {
```

```

        dst[i] = src[i];
        i++;
    }
    dst[i] = '\0' ;
    return dst;
}

char * strcat(char *dst, char *src)
{
    char * aux = dst;
    while (*dst != '\0' )
        dst++;          // o ponteiro dst é incrementado ficando a apontar
                        // para a posição de memória seguinte
    strcpy( dst, src );
    return aux;
}

```

- a) Traduza a função `strcpy` para *Assembly* e verifique o seu funcionamento.
- b) Implemente em *Assembly* a função `strcat`.

4. Considere o seguinte programa que testa as funções anteriores.

```

void main( void )
{
    static char frase1[20];
    static char frase2[20];
    static char frase3[40];
    int n;

    print_string( "\nInsira a frase1: " );
    read_string(frase1,20);

    print_string( "\nInsira a frase2: " );
    read_string(frase2,20);

    print_string( "\n O numero de caracteres da frase1 é: " );
    n = strlen( frase1 );
    print_int10(n);

    str_copy( frase3,frase1 );
    str_cat( frase3, frase2 );

    print_string( "\nA frase concatenada é: " );
    print_string( frase3 );

    exit();
}

```

## Exercícios Adicionais

1. A função seguinte calcula recursivamente o valor de uma potência de um número.

```
int x_to_y( int base, int exp )
{
    if (exp == 0) return 1;
    return base * x_to_y(base, exp - 1);
}
```

- Traduza a função `x_to_y` para assembly e escreva uma função *main* que permita testá-la.
- Ensaie a chamada à função `x_to_y` com diferentes pares de valores (por exemplo:  $10^1$ ,  $2^3$ ,  $4^2$ ) e preencha a tabela seguinte com o valor das variáveis e o conteúdo da *stack* a cada chamada da função. (coloque um *breakpoint* no início da função).

Stack Pointer	Return Address	Conteúdo da Stack		base	Exp

2. A função seguinte implementa o algoritmo *bubble\_sort* usando ponteiros.

- Traduza-a para Assembly respeitando a convenção de uso de registos do MIPS.

```
void bubble_sort( int *array, int n )
{
    int i;
    int * p_aux;
    char houvetroca;
    do {
        houveTroca = FALSE;

        for (p_aux = array; p_aux < array+n-1; p_aux++ )
        {
            if ( *p_aux > *(p_aux+1) )
            {
                aux = *p_aux;
                *p_aux = *(p_aux+1);
                *(p_aux+1) = aux;
                houveTroca = TRUE;
            }
        }
    } while (houveTroca == TRUE );
}
```

- Escreva uma função *main* para realizar o teste a função `bubble_sort`. O teste pode ser feito considerando um *array* de inteiros previamente inicializado na memória (usando a directiva `.word`) ou lendo um *array* de inteiros do teclado, preenchendo-o na memória e invocando a função `bubble_sort` de seguida.