



1. Introdução

Pretende-se com esta aula prática que os alunos se familiarizem com o formato de instruções do MIPS32, convertendo um programa de *assembly* para código máquina.

2. Conversão para binário

Considere o seguinte programa, escrito em C:

```
prog.c
typedef struct {
    char nome[10];
    int idade; } Telem;

Telem membros[10];

main ()
{
    int i, total;

    total = 0;
    for (i=0 ; i< 10 ; i++)
        total += membros[i].idade;
    printf ("%d\n", total);
}
```

Uma vez compilado usando o comando

```
mips-gcc -S -O1 -mrnames prog.c
```

gera o código *assembly* apresentado na próxima tabela.

```

                                prog.s
$LC0: .ascii      "%d\n\000"
main:
    subu  $sp,$sp,24      #####
    sw    $ra,16($sp)     #####
    move  $a1,$zero      #####
    move  $v1,$zero
    la    $a0,membros     #####
    sll   $v0,$v1,4       #####
$L9:
    addu  $v0,$v0,$a0
    lw    $v0,12($v0)     #####
    nop
    addu  $a1,$a1,$v0
    addu  $v1,$v1,1
    slt   $v0,$v1,10      #####
    .set  noreorder
    .set  nomacro
    bne   $v0,$zero,$L9   #####
    sll   $v0,$v1,4
    .set  macro
    .set  reorder

    lui   $a0,%hi($LC0) # high
    .set  noreorder
    .set  nomacro
    jal   printf
    addiu $a0,$a0,%lo($LC0) # low
    .set  macro
    .set  reorder

    lw    $ra,16($sp)
    nop
    .set  noreorder
    .set  nomacro
    j     $ra
    addu  $sp,$sp,24
    .set  macro
    .set  reorder
    .end  main
    .comm membros,160

```

Questão 1 – Passe para código máquina as instruções assinaladas com ##### , sabendo que:

- `subu`, `move`, `la` são pseudo-instruções;
- algumas instruções com valores imediatos aparecem com a mnemónica da instrução correspondente do tipo R, mas o opcode apropriado é do tipo I (exemplo: `slt` versus `slti`).
- `nop` consiste numa sequência de 32 bits a 0;
- os endereços de membros, `$LC0` e `printf` não são conhecidos em tempo de compilação; devem ser considerados `0x00000000`, com 32 bits de tamanho;
- os números dos registos são dados na próxima tabela:

Nome	Número	Utilização	Preservado na chamada?
<code>\$zero</code>	0	Constante 0	n.a.
<code>\$v0-\$v1</code>	2-3	Valores para resultados e avaliação de expressões	Não
<code>\$a0-\$a3</code>	4-7	Argumentos	Sim
<code>\$t0-\$t7</code>	8-15	Temporários	Não
<code>\$s0-\$s7</code>	16-23	Seguros	Sim
<code>\$t8-\$t9</code>	24-25	Mais temporários	Não
<code>\$gp</code>	28	Apontador global	Sim
<code>\$sp</code>	29	Apontador para pilha	Sim
<code>\$fp</code>	30	Apontador para a <i>frame</i>	Sim
<code>\$ra</code>	31	Endereço de retorno	Sim

Verifique as suas respostas usando os comandos

```
mips-gcc -O1 -c prog.c
mips-objdump -d prog.o
```