

# ARQUITETURA DE COMPUTADORES

LEETC | LEIC | LEIRT



## TRABALHO DE AVALIAÇÃO #1

### Programação em Assembly do P16



**ISEL**  
INSTITUTO SUPERIOR DE  
ENGENHARIA DE LISBOA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA  
ELETRÓNICA E TELECOMUNICAÇÕES  
E DE COMPUTADORES

Março de 2024

## 1 Introdução

Este trabalho tem como principais objetivos o exercício da programação em linguagem *assembly* do processador P16, incluindo a organização dos programas em rotinas e a exploração de um ambiente de programação nesta linguagem.

## 2 Especificação do Exercício

O trabalho consiste no desenvolvimento e teste de um programa envolvendo *i*) operações com números inteiros, com e sem sinal, *ii*) utilização de variáveis em memória, *iii*) invocação de rotinas e *iv*) acesso a *arrays* em memória. Na Listagem 1 apresenta-se a especificação do programa pretendido usando a linguagem C [3], em que os tipos de dados utilizados são os definidos na biblioteca C [4].

O programa a desenvolver deverá ser escrito em linguagem *assembly* do P16, respeitando todas as regras da convenção P16 para a utilização de rotinas, e o seu teste deverá ser realizado recorrendo ao simulador do P16.

## 3 Trabalho a Realizar

1. Considere as definições apresentadas para os símbolos `RED_SCALE`, `AMBAR_SCALE`, `GREEN_SCALE`, `WARNING_TIME` e `CRITICAL_TIME`.
  - a) Implemente as correspondentes definições usando a sintaxe do assembler `p16as` e definindo as secções que entender necessárias.
  - b) Indique, em número de bytes, os requisitos de memória para a implementação proposta. Justifique a sua resposta.
2. Implemente as definições de todas as variáveis globais apresentadas, definindo as secções que entender necessárias. Justifique a sua resposta.
3. Considere a definição apresentada para a função `color_scale`.
  - a) Implemente a função usando a linguagem *assembly* do P16.
  - b) Indique, em número de bytes, a quantidade de memória de código ocupada pela implementação proposta. Justifique a sua resposta.
4. Considere a definição apresentada para a função `test_color_scale`.
  - a) Comente a seguinte afirmação: "Para implementar a variável local `i` é preferível utilizar o registo `R4` em vez do registo `R3`."
  - b) Implemente a função usando a linguagem *assembly* do P16.
5. Implemente o programa apresentado na Listagem 1 usando a linguagem *assembly* do P16 e as implementações propostas nos exercícios 1, 2, 3 e 4.

```
1 #define RED_SCALE 2
2 #define AMBAR_SCALE 1
3 #define GREEN_SCALE 0
4
5 #define WARNING_TIME 300
6 #define CRITICAL_TIME 150
7
8 uint8_t color_histogram[3];
9
10 uint16_t times[] = { 65535, 500, 301, 300, 299, 151, 150, 149, 1, 0 };
11
12 uint8_t color_scale( uint16_t t ) {
13     uint8_t c = GREEN_SCALE;
14
15     if ( t >= CRITICAL_TIME && t <= WARNING_TIME ) {
16         c = AMBAR_SCALE;
17     } else if ( t < CRITICAL_TIME ) {
18         c = RED_SCALE;
19     }
20     return c;
21 }
22
23
24 void test_color_scale( uint16_t array_t[], uint8_t array_c[],
25                       int16_t array_t_size ) {
26
27     int16_t i;
28
29     for( i = 0; i < array_t_size; i++ ) {
30         array_c[ color_scale( array_t[i] ) ]++;
31     }
32 }
33
34 int16_t main( void ) {
35
36     uint16_t i = 0;
37
38     while( i < 3 ) {
39         color_histogram[i++] = 0;
40     }
41     test_color_scale( times, color_histogram, 10 );
42     return 0;
43 }
```

Listing 1: Programa a desenvolver descrito na linguagem C.

## 4 Avaliação

O trabalho deve ser realizado em grupo e conta para o processo de avaliação da Unidade Curricular (UC) Arquitetura de Computadores (AC).

Cada grupo deverá submeter o trabalho realizado na página de meta disciplina de AC na plataforma Moodle do ISEL, na forma de listagem do programa desenvolvido (ficheiros .S e .lst), devidamente indentado e sucintamente comentado. As respostas às perguntas formuladas neste enunciado devem ser incluídas na própria listagem do programa, sob a forma de comentários.

**A data limite para a entrega dos trabalhos é 25 de março de 2024.**

Após a entrega do trabalho, poderá ser combinado com algum(ns) grupo(s) uma data e hora para a realização de uma discussão para apresentação e defesa do trabalho realizado, situações que serão devidamente justificadas.

## Bibliografia

- [1] Dias, Tiago: **Manual de consulta rápida das instruções do P16**. ISEL, Lisboa, Portugal, 2024. [https://iselpt.sharepoint.com/:b:/s/acp/EVR0vj3IxJZHp--3eH88wQUBspGUrKP0VXqGcR\\_USuoeBQ?e=Jwtpvx](https://iselpt.sharepoint.com/:b:/s/acp/EVR0vj3IxJZHp--3eH88wQUBspGUrKP0VXqGcR_USuoeBQ?e=Jwtpvx) (Acedido em 26-02-2024).
- [2] Harris, Sarah e David Harris: **Digital Design and Computer Architecture: ARM Edition**. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA, 1a edição, 2015, ISBN 978-0128000564.
- [3] Kernighan, Brian W. e Dennis M. Ritchie: **The C Programming Language**. Prentice Hall Professional Technical Reference, 2nd edição, 1988, ISBN 0131103709.
- [4] Loosemore, Sandra, Richard M. Stallman, Roland McGrath, Andrew Oram e Ulrich Drepper: **The GNU C Library Reference Manual**, 2022. [https://www.gnu.org/software/libc/manual/html\\_node/Integers.html](https://www.gnu.org/software/libc/manual/html_node/Integers.html), acedido em 23-02-2024.