



Trabalho Prático 1

Introdução à Programação em Assembly

ARQUITETURA DE COMPUTADORES

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETRÓNICA E DE
TELECOMUNICAÇÕES E COMPUTADORES

3 de outubro de 2022

1 Objetivos

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 para gerar valores pseudo-aleatórios, envolvendo *i)* operações com números inteiros, *ii)* utilização de variáveis em memória, *iii)* invocação de funções e *iv)* manipulação de *arrays* em memória.

Na Listagem 1 apresenta-se a especificação do programa pretendido na linguagem C, 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 a definição da função `umull32` que realiza a multiplicação de dois números naturais codificados com 32 bits, em que o parâmetro `M` corresponde ao multiplicando e o parâmetro `m` ao multiplicador.
 - a) Implemente a função `umull32`¹.
 - b) Indique, em número de bytes, a quantidade de memória de código ocupada por essa implementação. Justifique a sua resposta.
2. Considere a definição da função `srand` que afeta a variável global `seed` com o valor de uma nova semente.
 - a) Implemente a definição da variável `seed`, definindo as secções necessárias. Justifique a sua resposta.
 - b) Implemente a função `srand`¹.
3. Considere a definição da função `rand` que implementa um gerador congruencial linear (do Inglês Linear Congruential Generator – LCG) para gerar números pseudo-aleatórios entre zero e `RAND_MAX` [3]. A constante `RAND_MAX` corresponde ao maior valor possível de codificar numa variável com tipo `uint32_t`.
 - a) Indique duas possibilidades de implementação da constante `RAND_MAX` e discuta as suas vantagens e desvantagens quanto aos requisitos de memória.
 - b) Implemente a função `rand`¹.
4. Considere a definição da função `main` que
 - a) Indique, justificando, que registo é preferível utilizar para implementar a variável `error`: `R0` ou `R5`?
 - b) Implemente a função `main` e a definição da variável `result`.

¹Recomenda-se a elaboração de um programa de teste que permita verificar o comportamento da rotina desenvolvida em diversos cenários de utilização.

```
1 #define N 10
2
3 uint16_t result[N] = { 17747, 2055, 3664, 15611, 9819, 18005, 7515, 4525, 17337, 30985 };
4
5 uint32_t seed = 1;
6
7
8 uint32_t umull32( uint32_t M, uint32_t m ) {
9
10     int64_t p = m;
11     uint8_t p_1 = 0;
12
13     for( uint16_t i = 0; i < 32; i++ ) {
14         if ( ( p & 0x1 ) == 0 && p_1 == 1 ) {
15             p += M << 32;
16         } else if ( ( p & 0x1 ) == 1 && p_1 == 0 ) {
17             p -= M << 32;
18         }
19         p_1 = p & 0x1;
20         p >>= 1;
21     }
22     return p;
23 }
24
25
26 void srand( uint32_t nseed ) {
27
28     seed = nseed;
29 }
30
31
32 uint16_t rand( void ) {
33
34     seed = ( umull32( seed, 214013 ) + 2531011 ) % RAND_MAX;
35     return ( seed >> 16 );
36 }
37
38
39 int main( void ) {
40
41     uint8_t error = 0;
42     uint16_t rand_number;
43     uint16_t i;
44
45     srand( 5423 );
46     for( i = 0; error == 0 && i < N; i++ ) {
47         rand_number = rand();
48         if( rand_number != result[i] ) {
49             error = 1;
50         }
51     }
52     return 0;
53 }
```

Listagem 1: Descrição em linguagem C do programa a desenvolver.

4 Avaliação

O trabalho deve ser realizado em grupo e conta para o processo de avaliação da unidade curricular.

Cada grupo deverá submeter o trabalho realizado na plataforma Moodle, na forma de listagem do programa desenvolvido, 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 17 de outubro de 2022. Após esta entrega, o docente responsável pela lecionação das aulas teórico-práticas combinará com cada grupo uma data e hora para a realização da apresentação do trabalho.

Bibliografia

- [1] Dias, Tiago: *Manual de consulta rápida das instruções do P16*. ISEL, Lisboa, Portugal, março 2022. <https://iselppt.sharepoint.com/:b:/s/acp/Ect94a0vx4NHnTtZy8fIAVMBex8SHGQErnM4rzYqh0Zzcw?e=huQLgy> (Acedido em 23-09-2022).
- [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] L'Ecuyer, Pierre: *History of uniform random number generation*. Em *2017 Winter Simulation Conference (WSC)*, páginas 202–230, Las Vegas, USA, dezembro 2017.
- [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, acedido em 23-09-2022.