



---

## Atividade Laboratorial 1

*Guia de Laboratório*

---

**ARQUITETURA DE COMPUTADORES**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETRÓNICA E DE  
TELECOMUNICAÇÕES E COMPUTADORES

Março de 2023

## 1 Objetivos

Este trabalho tem como principais objetivos fazer a introdução ao ambiente de programação em linguagem *assembly* P16 utilizado na unidade curricular Arquitetura de Computadores (AC), incluindo a familiarização com a placa SDP16.

## 2 Requisitos

- Computador pessoal com uma instalação do sistema operativo Microsoft Windows 10 nativa ou em máquina virtual;
- Editor de texto Notepad++ ou IDE Visual Studio Code com a extensão P16;
- *Toolchain* para o processador P16 (assemblador p16as, depurador p16dbg e simulador p16sim);
- Placa SDP16 com cabo USB;
- Ficheiro `lab01.S` disponibilizado na página de meta disciplina de AC na plataforma Moodle, na secção 'Aulas Laboratoriais'.

## 3 Trabalho de preparação à atividade laboratorial

As tarefas indicadas nesta secção constituem o trabalho de preparação para esta atividade laboratorial, pelo que deverão ser realizadas antecipadamente à sessão em laboratório. **Os grupos de alunos/as que não cumprirem este requisito ficarão impedidos de realizar a aula laboratorial.**

### 3.1 Preparação do ambiente de trabalho

1. No seu computador pessoal, crie uma diretoria com o nome `lab01` dentro da diretoria base que irá guardar os trabalhos que realizará em AC no corrente semestre letivo.
2. Copie para essa diretoria o ficheiro `lab01.S` disponibilizado na página de meta disciplina de AC na plataforma Moodle.
3. Copie para essa diretoria também o "Manual de Utilização da Placa de Desenvolvimento SDP16" [3]. Este documento está igualmente disponível na página de meta disciplina de AC na plataforma Moodle.

### 3.2 Análise e desenvolvimento de programas

1. Usando o editor de texto Notepad++ ou o IDE Visual Studio Code, abra o ficheiro `lab01.S` e analise o seu conteúdo.
2. Altere o ficheiro `lab01.S` para que o troço de código nele contido passe a realizar a funcionalidade especificada na Listagem 1, que faz a multiplicação de dois números naturais –  $M$  e  $m$  –, codificados com 8 bits, recorrendo ao algoritmo das adições sucessivas.

```
uint16_t p = 0;

if ( M != 0 ) {
    while ( m > 0 ) {
        p = p + M;
        m--;
    }
}
```

Listagem 1: Multiplicação de dois números naturais usando o algoritmo das adições sucessivas.

### 3.3 Aferição do cumprimento dos objetivos propostos

1. Usando a aplicação navegadora de Internet (*browser*) da sua preferência, aceda à página de AC para a sua turma na plataforma Moodle e selecione a atividade com o título "Preparação relativa à Atividade Laboratorial 1".
2. Carregue no botão "Responder ao teste" para iniciar a atividade.

**Atenção:** Espera-se que apenas um dos elementos de cada grupo de alunos/as submeta as respostas através desta atividade.

## 4 Trabalho a realizar no laboratório

### 4.1 Preparação da placa SDP16

1. Dirija-se à sala de apoio aos laboratórios e requisite uma placa SDP16 e um cabo USB.
2. Inicie a sessão no seu computador pessoal.
3. Utilize o cabo USB disponibilizado para estabelecer a comunicação entre a placa SDP16 e o seu computador pessoal, ligando a ficha macho do tipo B do cabo USB no conector U20 da placa SDP16 e a ficha macho do tipo A do referido cabo numa porta USB do seu computador.
4. Posicione o interruptor SW3 da placa SDP16 na posição 'CPU' para habilitar o funcionamento do processador P16.
5. Posicione o interruptor SW4 da placa SDP16 na posição 'RUN' para habilitar o funcionamento em modo contínuo aquando da execução de programas na placa SDP16.
6. Posicione o interruptor SW6 da placa SDP16 na posição 'ON' para fornecer energia elétrica à placa.
7. Verifique o estado do LED 'PWR', que deverá estar aceso para informar que a placa SDP16 está ligada à energia elétrica. Contacte o docente se esse LED não estiver aceso.
8. Verifique o estado do LED 'CPU', que deverá estar aceso para informar que está a ser fornecida energia elétrica ao processador P16 instalado na placa SDP16. Contacte o docente se esse LED não estiver aceso.
9. Posicione o interruptor SW6 da placa SDP16 na posição 'OFF' para desligar a placa.

### 4.2 Geração do ficheiro binário de um programa

1. Utilize o assembler p16as para gerar o ficheiro binário para o processador P16 correspondente ao ficheiro lab01.S. Para tal, abra a 'Prompt de Comando' do Windows na diretoria lab01 e escreva o seguinte comando:

```
$ p16as lab01.S
```

2. Analise o conteúdo do ficheiro lab01.lst resultante do processo de montagem e compare-o com o conteúdo do ficheiro lab01.S.

### 4.3 Teste de programas na placa SDP16 usando a aplicação p16dbg

1. Posicione o interruptor SW6 da placa SDP16 na posição 'ON' para fornecer energia elétrica à placa.
2. Pressione o botão de pressão SW2 ('RESET') para fazer *hard reset* ao processador P16 e reiniciar o programa monitor incluído no *firmware* do processador P16, responsável pela interação com a aplicação p16dbg para o carregamento em memória dos programas e o suporte em *hardware* à sua execução em modo de teste.
3. Execute a aplicação p16dbg e identifique a informação contida nas várias janelas, bem como os vários comandos disponíveis.
4. Estabeleça a comunicação entre aplicação p16dbg e a placa SDP16 selecionando, na barra de ferramentas 'Target', primeiramente a porta série adequada na caixa de combinação 'Serial port' e depois carregando no botão 'Connect' que lhe está associado. Verifique a alteração do conteúdo das vistas 'CPSR register', 'Registers' e 'Memory Content'.
5. Carregue o ficheiro `lab01.S` para a aplicação p16dbg usando o botão da sua barra de ferramentas 'File' ou escolhendo a opção 'Load...' existente no menu 'File'.
6. Faça *reset* ao processador P16, usando o botão da barra de ferramentas 'Debug' da aplicação p16dbg ou escolhendo a opção 'CPU reset' existente no seu menu 'Debug'.
7. Utilize a vista 'Registers' da aplicação p16dbg para iniciar os registos R0 e R1 com os valores três e dois, respetivamente.
8. Execute o programa no modo passo-a-passo usando a aplicação p16dbg e verifique o seu comportamento observando as alteração de conteúdo das vistas 'Registers', 'CPSR register' e 'Memory content'.  
O modo de execução passo-a-passo pode ser implementado carregando, sucessivamente *i*) na tecla F11, *ii*) no botão da barra de ferramentas 'Debug', ou *iii*) na opção 'Step into' existente no menu 'Debug'.
9. Termine a comunicação entre aplicação p16dbg e a placa SDP16 carregando no botão 'Connect' da barra de ferramentas 'Target'.
10. Posicione o interruptor SW6 da placa SDP16 na posição 'OFF' para desligar a placa.

### 4.4 Teste de programas usando o simulador p16sim

1. Abra uma nova 'Prompt de Comando' do Windows e, de seguida, escreva o seguinte comando para colocar em execução o simulador p16sim na configuração padrão:

```
$ p16sim
```

2. Estabeleça a comunicação entre o simulador e a aplicação p16dbg carregando no botão 'Connect' que está associado a esta aplicação. Verifique a alteração do conteúdo das vistas 'CPSR register', 'Registers' e 'Memory Content'.
3. Carregue o ficheiro `lab01.S` para a aplicação p16dbg seguindo o procedimento descrito no ponto 5 da secção 4.3.
4. Faça *reset* ao simulador usando o botão da barra de ferramentas 'Debug' da aplicação p16dbg ou escolhendo a opção 'CPU reset' existente no seu menu 'Debug'.

5. Utilize a vista 'Registers' da aplicação p16dbg para iniciar os registos R0 e R1, desta vez com os valores dois e três, respetivamente.
6. Repita o procedimento descrito no ponto 8 da secção 4.3 para verificar a execução do programa no modo passo-a-passo.
7. Termine a comunicação entre aplicação p16dbg e o simulador carregando no botão 'Connect' da barra de ferramentas 'Target'.
8. Feche a janela 'Prompt de Comando' do Windows utilizada para executar o simulador p16sim.

#### 4.5 Aferição do cumprimento dos objetivos propostos

1. Usando a aplicação navegadora de Internet (*browser*) da sua preferência, aceda à página de AC para a sua turma na plataforma Moodle e selecione a atividade com o título "Ficha de aferição de conhecimentos relativa à Atividade Laboratorial 1".
2. Carregue no botão "Responder ao teste" para iniciar a atividade.

**Atenção:** Espera-se que apenas um dos elementos de cada grupo de alunos/as submeta as respostas através desta atividade.

### 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 28-02-2023).
- [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] Paraíso, José e Tiago Dias: *Placa de Desenvolvimento SDP16 - Manual de Utilização*. ISEL, Lisboa, Portugal, junho 2020. <https://iselppt.sharepoint.com/:b:/s/acp/EYLbn2wMpx5BsiVHpjEHmT4BQXC71rwSbEScMs-m0Ims2A?e=mZWNs9> (Acedido em 28-02-2023).