



---

## Atividade Laboratorial 4

### *Guia de Laboratório*

---

#### ARQUITETURA DE COMPUTADORES

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETRÓNICA E DE  
TELECOMUNICAÇÕES E COMPUTADORES

Maio de 2022

## 1 Objetivos

Este trabalho tem como principal objetivo estudar o sistema de interrupções do processador P16. A componente experimental do trabalho incide sobre a placa SDP16 e é apoiada pelas ferramentas PAS e P16Debugger.

## 2 Requisitos

- Placa SDP16 com cabo USB;
- Placa ATB com cabo USB;
- PAL ATF750C com implementação de circuito **Falling Edge Detector**;
- Oito cabos *jumper* Dupont macho-macho (ou seis fios AWG 22 ou 24);
- Uma placa de ensaio *breadboard*;
- Computador pessoal com uma instalação nativa, ou em máquina virtual, do sistema operativo Microsoft Windows 10, ou de uma versão superior a esta;
- Assemblador PAS para o processador P16;
- Depurador P16Debugger para o processador P16;
- Editor de texto Notepad++;
- Ficheiros `lab04_ex1.S` e `lab04_ex2.S` disponibilizados na página de meta disciplina de Arquitetura de Computadores (AC) na plataforma Moodle, na secção 'Aulas Laboratoriais e Práticas'.

## 3 Trabalho de preparação à atividade laboratorial

### 3.1 Preparação do ambiente de trabalho

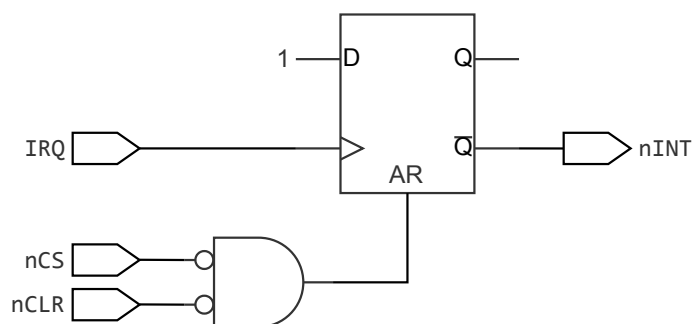
1. No seu computador pessoal, crie uma diretoria com o nome `lab04` dentro da diretoria base que guarda os trabalhos realizados em AC no corrente semestre letivo.
2. Copie para essa diretoria os ficheiros `lab04_ex1.S` e `lab04_ex2.S` disponibilizados na página de meta disciplina de AC na plataforma Moodle.
3. Copie também para essa diretoria 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 Funcionamento do sistema de interrupções do P16

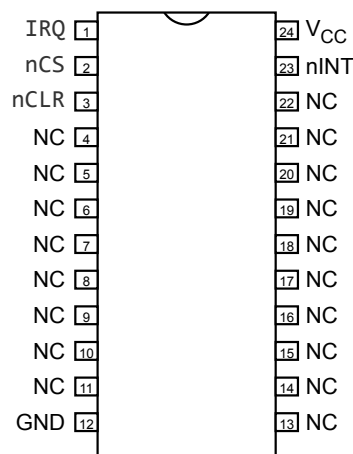
1. Usando o editor de texto Notepad++, abra o ficheiro `lab04_ex1.S` e analise o seu conteúdo.
2. Indique o valor que deve ser associado ao símbolo `ENABLE_EXTINT` para que o programa possa dar resposta a pedidos de interrupção externa. Justifique a sua resposta.
3. Apresente a(s) condição(ões) necessária(s) para a execução do troço de código compreendido entre as linhas 25 e 33 do ficheiro `lab04_ex1.S`.
4. Indique a funcionalidade do programa implementado no ficheiro `lab04_ex1.S`.

### 3.3 Funcionamento do circuito Falling Edge Detector

1. Indique a funcionalidade do circuito Falling Edge Detector (FED) apresentado na Figura 1a, que será utilizado para excitar a entrada 'nEXTINT' da placa SDP16 na segunda fase do trabalho a realizar no laboratório.
2. Analise o conteúdo do ficheiro `lab04_ex2.S` usando o editor de texto Notepad++ e explique as alterações introduzidas relativamente ao programa implementado no ficheiro `lab04_ex1.S`.
3. Indique o sinal da placa SDP16 que deve ser ligado à entrada 'nCS' do circuito FED. Justifique a sua resposta.
4. Indique o sinal da placa SDP16 que deve ser ligado à entrada 'nCLR' do circuito FED. Justifique a sua resposta.



(a) Diagrama lógico equivalente.



(b) Distribuição de terminais.

Figura 1: Circuito Falling Edge Detector (FED).

## 4 Trabalho a realizar no laboratório

### 4.1 Preparação das placas SDP16 e ATB

1. Dirija-se à sala de apoio aos laboratórios e requisiite uma placa SDP16, uma placa ATB e dois cabos USB.
2. Repita o procedimento descrito na secção 4.1 do guia de laboratório da "Atividade Laboratorial 1" [1] de AC para validar o funcionamento da placa SDP16. Contacte o docente caso detete alguma anomalia no funcionamento da placa que lhe foi atribuída.
3. Repita o procedimento descrito na secção 4.1 do guia de laboratório da "Atividade Laboratorial 3" [2] de AC, **ignorando o ponto 5**, para validar o funcionamento da placa ATB. Contacte o docente caso detete alguma anomalia no funcionamento da placa que lhe foi atribuída.

### 4.2 Verificação do funcionamento do sistema de interrupções do P16

1. Usando o editor de texto Notepad++, altere o ficheiro `lab04_ex1.S` definindo o valor a associar ao símbolo `ENABLE_EXTINT`.

2. Utilize o assembler PAS para gerar o ficheiro binário para o processador P16 correspondente à nova versão do ficheiro `lab04_ex1.S`.
3. Utilize um cabo *jumper* Dupont macho-macho para ligar o interruptor S1 da placa ATB ao sinal 'nEXTINT' da placa SDP16, conectando uma das suas extremidades a um dos alvéolos da coluna com a designação '~S1' do *Tie-Point Block* P15 da placa ATB e a outra extremidade a um dos alvéolos da quarta linha do *Tie-Point Block* B12 da placa SDP16.
4. Utilize outro cabo *jumper* Dupont macho-macho para ligar a ponta de prova da placa ATB também ao sinal 'nEXTINT' da placa SDP16, conectando uma das suas extremidades a um dos alvéolos do *Tie-Point Block* P2 da placa ATB e a outra extremidade a outro alvéolo da quarta linha do *Tie-Point Block* B12 da placa SDP16.
5. Posicione o interruptor SW6 da placa SDP16 na posição 'ON' para fornecer energia elétrica à placa.
6. Posicione o interruptor SW1 da placa ATB na posição 'ON' para fornecer energia elétrica à placa.
7. Posicione o interruptor S1 da placa ATB na posição '0' e observe as alterações no estado dos LED D3 ('HIGH') e D4 ('LOW') da placa ATB.
8. Repita o procedimento descrito nos pontos 2 a 6 da secção 4.3 do guia de laboratório da "Atividade Laboratorial 1" [1] de AC para carregar o ficheiro `lab04_ex1.S` para a aplicação P16Debugger.
9. Usando a aplicação P16Debugger, execute o programa no modo passo-a-passo por forma a realizar duas iterações do ciclo `main_loop` e verifique o seu comportamento observando as alteração de conteúdo das vistas 'Registers', 'CPSR register' e 'Memory content', bem como no estado dos LED 'O0' a 'O7' da placa SDP16.
10. Posicione o interruptor S1 da placa ATB na posição '1' e observe as alterações no estado dos LED D3 ('HIGH') e D4 ('LOW') da placa ATB.
11. Faça novamente *reset* ao processador P16, seguindo o procedimento indicado no ponto 6 da secção 4.3 do guia de laboratório da "Atividade Laboratorial 1" [1] de AC, e, depois, repita o procedimento descrito no ponto 9.
12. Compare os resultados observados nos pontos 9 e 11, explicando o valor obtido no registo CPSR.
13. Reposicione o interruptor S1 da placa ATB na posição '0'.
14. Na aplicação P16Debugger, introduza um ponto de paragem (*breakpoint*) na linha 25 do programa (`push r0`), fazendo duplo clique com o botão esquerdo do rato sobre essa linha.
15. Volte a fazer *reset* ao processador P16, repetindo o procedimento mencionado no ponto 11.
16. Coloque o programa em execução no modo contínuo, carregando *i*) no botão ► da barra de ferramentas 'Debug', *ii*) na opção 'Continue' existente no menu 'Debug', ou *iii*) na tecla F5.
17. Varie o posicionamento do interruptor S1 da placa ATB entre as posições '1' e '0' e verifique o comportamento do programa, observando as alteração de conteúdo das vistas 'Registers', 'CPSR register' e 'Memory content', bem como no estado dos LED 'O0' a 'O7' da placa SDP16.
18. Compare os resultados observados no ponto 17 com a resposta indicada no ponto 12.
19. Termine a comunicação entre aplicação P16Debugger e a placa SDP16 carregando no botão 'Connect' da barra de ferramentas 'Target' da aplicação P16Debugger.
20. Posicione o interruptor SW1 da placa ATB na posição 'OFF' para desligar a placa.
21. Posicione o interruptor SW6 da placa SDP16 na posição 'OFF' para desligar a placa.

### 4.3 Programação com interrupções

1. Usando o editor de texto Notepad++, altere o ficheiro `lab04_ex2.S` definindo o valor a associar ao símbolo `ENABLE_EXTINT`.
2. Utilize o assembler PAS para gerar o ficheiro binário para o processador P16 correspondente à nova versão do ficheiro `lab04_ex2.S`.
3. Realize a montagem do circuito FED usando a placa de ensaio *breadboard* e utilizando os restantes cabos *jumper* Dupont macho-macho para fazer as ligações da PAL ATF750C às placas SDP16 e ATB.

Considere a utilização dos *Tie-Point Blocks* B1 para a obtenção dos sinais VCC e GND, a ligação do interruptor S1 da placa ATB à entrada 'IRQ' do circuito FED e a ligação da saída 'nINT' desse circuito a um dos alvéolos da quarta linha do *Tie-Point Block* B12 da placa SDP16.

4. Posicione o interruptor S1 da placa ATB na posição '0'.
5. Posicione o interruptor SW1 da placa ATB na posição 'ON' para fornecer energia elétrica à placa.
6. Posicione o interruptor SW6 da placa SDP16 na posição 'ON' para fornecer energia elétrica à placa.
7. Repita o procedimento mencionado no ponto 8 da subsecção 4.2 para carregar o ficheiro `lab04_ex2.S` para a aplicação P16Debugger.
8. Na aplicação P16Debugger, introduza um ponto de paragem (*breakpoint*) na linha 28 do programa (`ldr pc, isr_addr`), fazendo duplo clique com o botão esquerdo do rato sobre essa linha.
9. Faça *reset* ao processador P16, repetindo o procedimento mencionado no ponto 11 da subsecção 4.2.
10. Coloque o programa em execução no modo contínuo e, repetindo o procedimento indicado no ponto 17 da subsecção 4.2, verifique o comportamento do programa observando as alterações de conteúdo das vistas 'Registers', 'CPSR register' e 'Memory content', bem como no estado dos LED 'O0' a 'O7' da placa SDP16.
11. Compare os resultados observados no ponto 10 com a resposta indicada no ponto 18 da subsecção 4.2.
12. Termine a comunicação entre aplicação P16Debugger e a placa SDP16 carregando no botão 'Connect' da barra de ferramentas 'Target' da aplicação P16Debugger.
13. Posicione o interruptor SW1 da placa ATB na posição 'OFF' para desligar a placa.
14. Posicione o interruptor SW6 da placa SDP16 na posição 'OFF' para desligar a placa.

## 5 Aferição do cumprimento dos objetivos propostos

1. As tarefas indicadas na secção 3 constituem o trabalho de preparação para esta atividade laboratorial, pelo que deverão ser realizadas antecipadamente.
2. As respostas preparadas por cada grupo de alunos para as questões enunciadas nas subsecções 3.2 e 3.3 devem ser entregues ao docente da respetiva turma até ao início da aula de laboratório, através da página dessa turma de AC na plataforma Moodle.

**Os grupos que não cumprirem este requisito ficarão impedidos de realizar a aula laboratorial.**

3. Na parte final da aula, cada grupo de alunos deverá voltar a aceder à página da sua turma de AC na plataforma Moodle para responder às questões enunciadas na ficha de aferição de conhecimentos associada a esta atividade laboratorial.

## Bibliografia

- [1] Dias, Tiago: *Atividade Laboratorial 1 de Arquitetura de Computadores – Guia de Laboratório*. ISEL, Lisboa, Portugal, 1a edição, março 2022.
- [2] Dias, Tiago: *Atividade Laboratorial 3 de Arquitetura de Computadores – Guia de Laboratório*. ISEL, Lisboa, Portugal, 1a edição, maio 2022.
- [3] Paraíso, José e Tiago Dias: *Manual de Utilização da Placa de Desenvolvimento SDP16*. ISEL, Lisboa, Portugal, junho 2020. [https://2122moodle.isel.pt/pluginfile.php/1148364/mod\\_label/intro/sdp16\\_manual\\_utilizador\\_v3.0.pdf](https://2122moodle.isel.pt/pluginfile.php/1148364/mod_label/intro/sdp16_manual_utilizador_v3.0.pdf) (Acedido em 04-05-2022).