



Atividade Laboratorial 5

Guia de Laboratório

ARQUITETURA DE COMPUTADORES

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETRÓNICA E DE
TELECOMUNICAÇÕES E COMPUTADORES

Maio de 2023

1 Objetivos

Este exercício tem como objetivo principal explorar a utilização do circuito Pico Timer/Counter (pTC) [1] para gerar uma base de tempo num sistema computacional baseado no processador P16, designadamente implementar um *system clock*. A componente experimental do trabalho incide sobre a placa SDP16 [4] e é apoiada pelas ferramentas p16as e p16dbg.

2 Requisitos

- Placa SDP16 com cabo USB;
- Placa ATB com cabo USB;
- PAL ATF750C com implementação de circuito pTC;
- 19 cabos *jumper* Dupont macho-macho (ou 19 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 p16as para o processador P16;
- Depurador p16dbg para o processador P16;
- Ferramenta de edição de código-fonte para o P16, e.g. Notepad++ ou Visual Studio Code;
- Software de desenho gráfico diagrams.net;
- Ficheiro lab05.S disponibilizado 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

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 `lab05` dentro da diretoria base que guarda os trabalhos realizados em AC no corrente semestre letivo.
2. Copie para essa diretoria o ficheiro `lab05.S` disponibilizado 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" [4], que está igualmente disponível na página de meta disciplina de AC na plataforma Moodle.
4. Copie ainda para essa diretoria o *datasheet* do circuito pTC [1], que também é disponibilizado na página de meta disciplina de AC na plataforma Moodle.

3.2 Mapa de endereçamento do sistema

Elabore o mapa de endereçamento do sistema objeto de estudo, composto pela placa SDP16 e por um circuito pTC. Considere que o registo TIR do periférico pTC deverá ser acessível no endereço 0xFF7E.

Utilize o software diagrams.net para desenhar o mapa, que deverá explicitar o tipo, a capacidade e os endereços de início e fim do espaço atribuído a cada dispositivo. Se for o caso, o mapa também deverá explicitar a ocorrência de subaproveitamento e/ou de *foldback* e a localização de eventuais zonas interditas (também designadas por "conflito").

3.3 Ligação física do circuito pTC ao sistema

Utilize o software diagrams.net para desenhar o esquema de ligações do circuito pTC às placas SDP16 e ATB, considerando que o sinal de relógio aplicado ao circuito pTC é obtido do *Tie-Point Block* P3 ('OSCILLATOR') da placa ATB.

3.4 Gestor de periférico para o *system clock* (sysclk)

1. Usando a ferramenta de edição de código-fonte para o P16, abra o ficheiro `lab05.S` e analise o seu conteúdo.
2. Indique o valor que deve ser associado ao símbolo `PTC_ADDRESS`. Justifique a sua resposta.
3. Considerando que o sinal de relógio a aplicar ao circuito pTC tem período 1 ms, indique o valor que deve ser associado ao símbolo `SYSClk_FREQ` para que o intervalo de contagem do periférico pTC corresponda a 100 ms. Justifique a sua resposta.
4. Implemente a rotina `ptc_init`, responsável por iniciar uma nova contagem no circuito pTC com o intervalo de contagem `interval`, em *ticks*, limpando eventuais pedidos de interrupção pendentes.

```
void ptc_init( uint8_t interval );
```
5. Implemente a rotina `isr`, responsável pelo incremento do valor da variável global `sysclk`, do tipo `uint16_t`.
6. Implemente a rotina `sysclk_get_ticks`, que devolve o valor atual da variável global `sysclk`.

```
uint16_t sysclk_get_ticks( );
```
7. Implemente a rotina `delay`, que realiza uma espera de `hms` milissegundos por teste sucessivo do valor da variável global `sysclk`.

```
void delay( uint16_t hms );
```
8. Indique a funcionalidade do programa implementado no ficheiro `lab05.S`.

3.5 Entrega do trabalho de preparação

1. Usando a aplicação navegadora de Internet (*browser*) da sua preferência, aceda à página de AC para a sua turma na plataforma Moodle do ISEL e selecione a atividade com o título "Preparação relativa à Atividade Laboratorial 5".
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 das placas SDP16 e ATB

1. Dirija-se à sala de apoio aos laboratórios e requisite uma placa ATB, uma placa SDP16 e um cabo USB.
2. Repita o procedimento descrito na secção 4.1 do guia de laboratório da "Atividade Laboratorial 1" [2] 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 4.2 do guia de laboratório da "Atividade Laboratorial 3" [3] de AC, **ignorando o ponto 6**, para validar o funcionamento da placa ATB. Contacte o docente caso detete alguma anomalia no funcionamento da placa que lhe foi atribuída.

4.2 Abertura da ficha de aferição de conhecimentos da atividade laboratorial

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 5".
2. Carregue no botão "Responder ao teste" para iniciar a atividade, que tem uma duração máxima prevista de 3 horas e 30 minutos. Quando iniciar a atividade, o temporizador começará a contagem decrescente e não é possível parar ou fazer pausas.
3. Utilize os botões "Página seguinte" e "Página anterior" para navegar entre as várias perguntas que compõem a atividade.

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

4.3 Teste da montagem do circuito pTC

1. Realize a montagem do circuito pTC usando a placa de ensaio *breadboard* e utilizando os cabos *jumper* Dupont macho-macho para fazer as ligações da PAL ATF750C à placa SDP16, de acordo com a resposta apresentada na subsecção 3.3.

Sugestão: Considere a utilização do *Tie-Point Block* B1 da placa SDP16 para a obtenção dos sinais VCC e GND a aplicar à PAL ATF750C.

2. Utilize um cabo *jumper* Dupont macho-macho para ligar o sinal de relógio com frequência 1 Hz disponível na placa ATB ao sinal 'CLK' do circuito pTC, conectando uma das suas extremidades a um dos alvéolos da linha com a designação '1Hz' do *Tie-Point Block* P3 da placa ATB e a outra extremidade ao pino 1 da PAL ATF750C.
3. Posicione o interruptor SW6 da placa SDP16 na posição 'ON' para fornecer energia elétrica à placa.
4. Posicione o interruptor SW1 da placa ATB na posição 'ON' para fornecer energia elétrica à placa.
5. Posicione o interruptor SW3 da placa SDP16 na posição 'DMA' para habilitar o funcionamento do módulo DMA¹.

¹Recorde-se que este módulo possibilita o acesso a qualquer palavra do espaço de endereçamento do processador P16 para escrita de um novo valor, em notação hexadecimal, usando o teclado matricial alfanumérico de 16 teclas instalado na placa, ou a consulta do seu valor atual, em código binário, usando o mostrador de sinais.

6. Pressione o botão de pressão SW2 ('RESET') da placa SDP16 para fazer *reset* ao circuito de controlo do módulo DMA.
7. Posicione o interruptor SW5 da placa SDP16 na posição 'ADDR' para poder definir o endereço de memória a aceder utilizando o teclado alfanumérico instalado na placa SDP16.
8. Utilize o teclado alfanumérico da placa SDP16 para introduzir o valor do endereço de memória em que o registo Timer Control Register (TCR) do circuito pTC está acessível, conforme definido na subsecção 3.2. Verifique o estabelecimento deste valor por inspeção do estado dos LED 'A0' a 'A15' do mostrador de sinais da placa SDP16.
9. Posicione o interruptor SW5 da placa SDP16 na posição 'DATA' e, de seguida, pressione a tecla '1' do teclado alfanumérico da placa SDP16 para definir o novo conteúdo do registo TCR.
10. Reposicione o interruptor SW5 da placa SDP16 na posição 'ADDR' e, utilizando o teclado alfanumérico, introduza o valor do endereço de memória associado ao registo TMR do circuito pTC, conforme definido na subsecção 3.2. Verifique o estabelecimento deste valor por inspeção do estado dos LED 'A0' a 'A15' do mostrador de sinais da placa SDP16.
11. Volte a posicionar o interruptor SW5 da placa SDP16 na posição 'DATA' e, de seguida, pressione a tecla 'F' do teclado alfanumérico da placa SDP16 para estabelecer o valor 15 como intervalo de contagem para o circuito pTC.
12. Reponha o interruptor SW5 da placa SDP16 na posição 'ADDR' e, utilizando o teclado alfanumérico, introduza novamente o valor o endereço de memória associado ao registo TCR do circuito pTC. Verifique o estabelecimento deste valor por inspeção do estado dos LED 'A0' a 'A15' do mostrador de sinais da placa SDP16.
13. Posicione novamente o interruptor SW5 da placa SDP16 na posição 'DATA' e, de seguida, pressione a tecla '0' do teclado alfanumérico da placa SDP16 para habilitar o circuito pTC a realizar a contagem.
14. Finalmente, coloque o interruptor SW5 da placa SDP16 na posição 'ADDR' e, utilizando o teclado alfanumérico, introduza o valor do endereço de memória associado ao registo TC do circuito pTC, conforme definido na subsecção 3.2. Verifique o estabelecimento deste valor por inspeção do estado dos LED 'A0' a 'A15' do mostrador de sinais da placa SDP16.
15. Observe os LED 'D0' a 'D7' do mostrador de sinais da placa SDP16 para aferir o valor corrente da contagem realizada pelo circuito pTC. Contacte o docente caso não observe alterações no estado dos LED.
16. Posicione o interruptor SW1 da placa ATB na posição 'OFF' para desligar a placa.
17. Posicione o interruptor SW6 da placa SDP16 na posição 'OFF' para desligar a placa.

4.4 Programação com recurso a um *system clock*

1. Utilize o assembler p16as para gerar o ficheiro binário para o processador P16 correspondente ao ficheiro lab05.S com as alterações introduzidas na subsecção 3.4.
2. Na placa ATB, desconecte o cabo *jumper* Dupont macho-macho do alvéolo da linha com a designação '1Hz' do *Tie-Point Block* P3 e reconecte-o a um dos alvéolos da linha com a designação '1KHz' do mesmo *Tie-Point Block*.

3. Utilize outro cabo *jumper* Dupont macho-macho para ligar a ponta de prova da placa ATB ao sinal 'nEXT_INT' 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 um dos alvéolos da quarta linha do *Tie-Point Block* B12 da placa SDP16.
4. Posicione o interruptor SW6 da placa SDP16 na posição 'ON' para fornecer energia elétrica à placa.
5. Posicione o interruptor SW3 da placa SDP16 na posição 'CPU' para habilitar o funcionamento do processador P16 instalado na placa SDP16.
6. Pressione o botão de pressão SW2 ('RESET') da placa SDP16 para fazer *reset* ao processador P16.
7. Posicione o interruptor SW1 da placa ATB na posição 'ON' para fornecer energia elétrica à placa.
8. Repita o procedimento descrito nos pontos 2 a 6 da secção 4.3 do guia de laboratório da "Atividade Laboratorial 1" [2] de AC para carregar o ficheiro `lab05.S` para a aplicação `p16dbg`.
9. Faça *reset* ao processador P16, seguindo o procedimento indicado no ponto 6 da secção 4.3 do guia de laboratório da "Atividade Laboratorial 1" [2] de AC.
10. 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.
11. Compare os resultados observados na placa SDP16 com a resposta indicada no ponto 8 da subsecção 3.4.
12. Termine a comunicação entre aplicação `p16dbg` e a placa SDP16 carregando no botão 'Connect' da barra de ferramentas 'Target' da aplicação `p16dbg`.
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.

4.5 Conceção de programas que interagem com um *system clock*

Tomando como base o código disponibilizado no ficheiro `lab05.S`, escreva um programa que realize o seguinte efeito luminoso usando os LED 'O0' a 'O7' da placa SDP16: deslocamento circular para a esquerda de um ponto luminoso, implementado tendo, em cada momento, um LED aceso e os restantes sete LED apagados.

O ritmo de evolução do efeito luminoso é imposto pelos interruptores 0 a 2 do DIP-switch 'SW1' instalado na placa SDP16, estando compreendido na gama 0,5 s, 1 s, 1,5 s, 2 s, 2,5 s, 3 s, 3,5 s, 4 s.

O interruptor 7 do DIP-switch 'SW1' é utilizado para reger o funcionamento do programa, habilitando a realização do efeito luminoso quando está na posição 'ON' ou suspendendo a sua realização na posição contrária.

Após o arranque do sistema, o LED 'O0' deverá estar aceso, enquanto os LED 'O1' a 'O7' deverão estar apagados.

4.6 Conclusão da ficha de aferição de conhecimentos da atividade laboratorial

No final da sessão de laboratório deverá submeter todas as respostas dadas às questões enunciadas na ficha de aferição de conhecimentos da atividade laboratorial para aferição do cumprimento dos objetivos propostos. Para tal, deverá usar o botão "Terminar Tentativa" que surge na página da última pergunta desta atividade.

Bibliografia

- [1] Dias, Tiago: *Pico Timer/Counter (pTC) - Product Datasheet*. ISEL - IPL, Lisboa, Portugal, v1.1.2 edição, junho 2021. https://iselpt.sharepoint.com/:b:/s/acp/EWKEvPT1h0lBmOhGE0VEA3wBPIAUlNy-v9f2geKRv1_9nQ?e=oiSitj (Acedido em 28-04-2023).
- [2] Dias, Tiago: *Atividade Laboratorial 1 de Arquitetura de Computadores - Guia de Laboratório*. ISEL, Lisboa, Portugal, 1.2 edição, março 2023.
- [3] Dias, Tiago: *Atividade Laboratorial 3 de Arquitetura de Computadores - Guia de Laboratório*. ISEL, Lisboa, Portugal, 1.3 edição, março 2023.
- [4] Paraíso, José e Tiago Dias: *Manual de Utilização da Placa de Desenvolvimento SDP16*. ISEL, Lisboa, Portugal, 3.1 edição, março 2023. <https://iselpt.sharepoint.com/:b:/s/acp/Ed9PGY5JKnJESf3rDV2skuIBzBYv4IBaUSR8Y2Ky0tgT4g?e=9MF2y4> (Acedido em 28-04-2023).