

ARQUITETURA DE COMPUTADORES

LEETC | LEIC | LEIRT



TRABALHO DE PROJETO

Controlador de semáforos



ISEL
INSTITUTO SUPERIOR DE
ENGENHARIA DE LISBOA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
ELETRÓNICA E TELECOMUNICAÇÕES
E DE COMPUTADORES

Maio de 2024

1 Introdução

Este trabalho tem como principal objetivo a exploração do hardware envolvente de um processador no desenvolvimento de programas escritos em linguagem *assembly*. Estão envolvidos os seguintes tópicos: entrada e saída de dados, temporização, interrupções externas, organização de programas em rotinas e implementação de máquinas de estados em software.

2 Descrição do trabalho a realizar

Pretende-se o desenvolvimento do protótipo de um sistema embebido baseado no processador P16 que implemente o controlador de um sistema de semáforos para uma passadeira. Este sistema é composto por *i*) um sinal luminoso circular para veículos, com uma única luz que pode acender com as cores vermelho e amarelo, *ii*) um sinal luminoso circular para peões, também com uma única luz mas que pode acender com as cores vermelho e verde, e *iii*) um botão de pressão para os peões solicitarem o atravessamento da faixa de rodagem. O sistema inclui ainda quatro interruptores para a configuração do tempo que o sinal verde de travessia de peões deve estar aberto.

3 Arquitetura do protótipo

O protótipo a desenvolver deverá ser implementado recorrendo às placas ATB e SDP16 [2], com o módulo LAPI [3], e ao circuito Pico Timer/Counter (pTC) [1], conforme ilustrado na Figura 1.

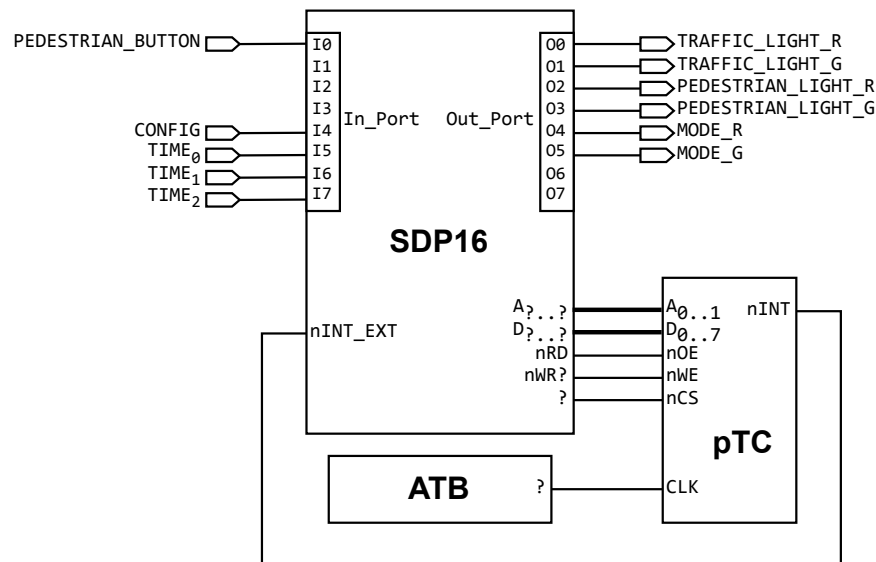


Figura 1: Diagrama de blocos do protótipo do sistema.

Nesta implementação, o botão de pressão PB1 do módulo de expansão LAPI será utilizado para simular os pedidos de atravessamento dos peões, impondo o valor do sinal PEDESTRIAN_BUTTON. Este interruptor está ligado à entrada I0 do porto de entrada instalado na placa SDP16. Já o interruptor 4 do DIP-switch SW1 instalado na placa SDP16 será utilizado para estabelecer o valor

do sinal `CONFIG`, que impõe o modo de funcionamento do sistema: *operação*, quando `CONFIG = '0'`, ou *configuração*, quando `CONFIG = '1'`. Finalmente, os interruptores 5 a 7 desse DIP-switch serão utilizados para estabelecer o valor do sinal `TIME`, utilizado para definir o tempo que o sinal verde de travessia de peões deve estar aberto (`CROSSING_TIME`). Os três bits desta entrada deverão especificar um conjunto de cinco valores distintos entre 10 segundos e 60 segundos.

Os *Light-Emitting Diode* (LED) bicolores L1 e L2 do módulo de expansão LAPI serão utilizados para simular as luzes dos semáforos para veículos e peões, respetivamente, enquanto o LED bicolor L3 será utilizado para identificar o modo de funcionamento do sistema. O estado do LED L1 é controlado pelos sinais `TRAFFIC_LIGHT_R` e `TRAFFIC_LIGHT_G` da seguinte forma: apagado quando ambos os sinais tomam o valor '0', aceso com a cor vermelho quando `TRAFFIC_LIGHT_R = '1'` e `TRAFFIC_LIGHT_G = '0'`, aceso com a cor verde quando `TRAFFIC_LIGHT_R = '0'` e `TRAFFIC_LIGHT_G = '1'` e aceso com a cor amarelo quando `TRAFFIC_LIGHT_R = '1'` e `TRAFFIC_LIGHT_G = '1'`. O estado dos LED L2 e L3 é controlado de forma equivalente usando, respetivamente, os sinais `PEDESTRIAN_LIGHT_R` e `PEDESTRIAN_LIGHT_G` e os sinais `MODE_R` e `MODE_G`. Os três LED estão associados às saídas 00 a 05 do porto de saída instalado na placa SDP16.

Por último, o circuito pTC servirá de suporte à realização das bases de tempo necessárias ao funcionamento do sistema. O sinal de relógio aplicado a este circuito será obtido do oscilador ('OSCILLATOR') disponível na placa ATB.

4 Especificação do funcionamento do sistema

O sistema deve cumprir o seguinte funcionamento quando está selecionado o modo *operação*:

- Normalmente, o sistema encontra-se num estado em que o LED L1 apresenta uma luz amarela a piscar ao ritmo de 0,5 segundos (amarelo intermitente) e o LED L2 apresenta uma luz vermelha permanentemente acesa.
- A deteção de uma transição ascendente ('0' → '1') no sinal `PEDESTRIAN_BUTTON` faz evoluir o sistema para um estado em que o LED L1 apresenta uma luz vermelha permanentemente acesa e o LED L2 apresenta uma luz verde permanentemente acesa.
- O sistema mantém-se neste estado, no mínimo, durante um período de tempo `CROSSING_TIME`. Este tempo deve ser estendido por iguais períodos sempre que for detetada uma nova transição ascendente no sinal `PEDESTRIAN_BUTTON`.
- O sistema retorna ao estado original logo que o tempo de espera se esgote.
- Independentemente do estado em que o sistema se encontre, o LED L3 deverá apresentar uma luz verde permanentemente acesa.
- A qualquer momento o sistema pode alternar para o modo de *configuração*, bastando para tal que o sinal `CONFIG` passe a tomar o valor '1'.

No modo *configuração*, o sistema deve cumprir o seguinte funcionamento:

- O LED L3 deverá apresentar uma luz amarela permanentemente acesa, enquanto os LED L1 e L2 devem apresentar, respetivamente, luzes amarela e verde a piscarem ao ritmo de 0,5 segundos.
- O utilizador pode definir o valor do período de tempo `CROSSING_TIME` alterando a combinação nos bits da entrada `TIME`. O sistema tem um valor pré-definido de 10 segundos.
- A qualquer momento o sistema pode retornar ao modo de *operação*, bastando para tal que a entrada `CONFIG` volte a tomar o valor '0'.

5 Questões para serem respondidas no relatório

1. Apresente a solução adotada para ligar o circuito pTC à placa SDP16.
2. Explique os cálculos realizados para determinar as temporizações envolvidas neste trabalho.
3. Indique, justificando, a latência máxima do sistema no atendimento dos pedidos de interrupção gerados pelo circuito pTC.
4. Indique, justificando, quanto tempo demora, no pior caso, a execução da rotina utilizada para o atendimento da interrupção externa.

6 Avaliação

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

A entrega do trabalho é realizada através da atividade "Entrega do Projeto de Avaliação" disponível na página de meta disciplina de AC na [plataforma Moodle do ISEL](#) e consiste na submissão de um ficheiro ZIP com o ficheiro `.S` do programa desenvolvido, devidamente indentado e sucintamente comentado, o correspondente ficheiro `.lst` e um relatório sobre o trabalho realizado. Do relatório deve constar:

- Uma descrição dos elementos relevantes para a compreensão do trabalho realizado;
- As respostas às perguntas formuladas no enunciado, descrevendo, sucintamente, os raciocínios e os cálculos efetuados;
- As conclusões sobre o trabalho realizado.

A data limite para a entrega dos trabalhos é 5 de junho 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: **Pico Timer/Counter (pTC) – Product Datasheet**. ISEL – IPL, Lisboa, Portugal, v1.1.2 edição, junho 2021. https://iselpt.sharepoint.com/:b:/s/acp/EWKEvPT1h01Bm0hGEOVEA3wBPIAUlny-v9f2geKRv1_9nQ?e=gCL3ww (Acedido em 13-05-2024).
- [2] Paraíso, José e Tiago Dias: **Placa de Desenvolvimento SDP16 – Manual de Utilização**. ISEL, Lisboa, Portugal, v3.1 edição, março 2023. <https://iselpt.sharepoint.com/:b:/s/acp/Ed9PGY5JKnJESf3rDV2skuIBzBYv4IBaUSR8Y2Ky0tgT4g?e=pvQggg> (Acedido em 13-05-2024).
- [3] Sampaio, Pedro: **SDP16 – LED & Push Button Interface – Schematics**. ISEL – IPL, Lisboa, Portugal, rev24.01 edição, maio 2024. <https://iselpt.sharepoint.com/:b:/s/acp/EVZZgr0adjxAuShNmSf62L8B0nn4nPHQVe70PRg9V-I6pA?e=tCEwiL> (Acedido em 13-05-2024).