

# Laboratório de Introdução à Arquitetura de Computadores

IST - LEIC

2021/2022

## Descodificação de endereços

### Guião 8

6 a 10 de junho 2022

(Segundo guião da semana 5)

#### 1 – Objetivos

Com este trabalho pretende-se exercitar e demonstrar a descodificação de endereços.

#### 2 – O circuito de simulação

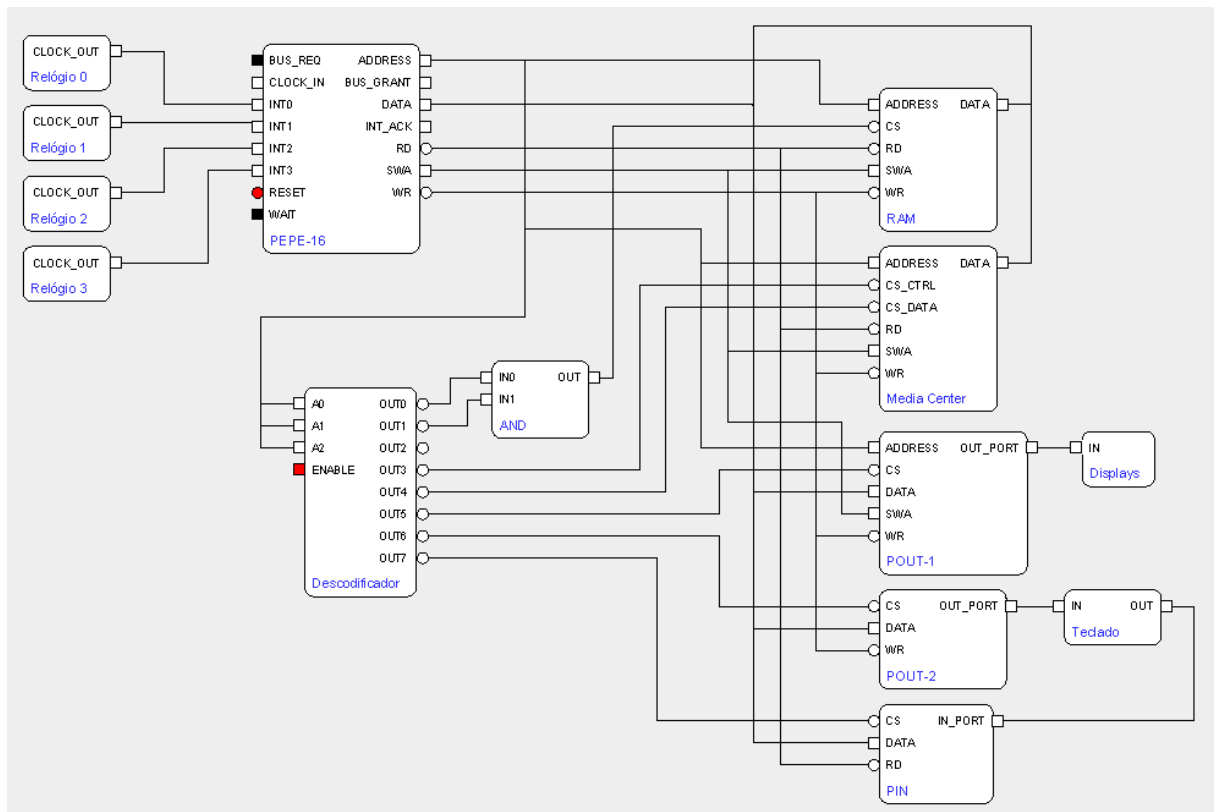
Nos guiões de laboratório 6 e 7 utilizou-se o circuito seguinte, constituído por:

- Uma memória (RAM);
- Um ecrã (MediaCenter);
- Dois periféricos de saída (POUT-1, ligado a dois displays de 7 segmentos, e POUT-2, ligado às linhas do teclado);
- Um periférico de entrada (PIN, ligado às colunas do teclado).

Neste guião utiliza-se um circuito quase igual, contido no ficheiro **lab8.cir**. A diferença está no periférico POUT-1, que agora é de 16 bits (para ilustrar periféricos de 16 bits) e está ligado a 4 displays hexadecimais.

O mapa de endereços (em que os dispositivos podem ser acedidos pelo PEPE) é o seguinte (já vem do guião de laboratório 4, com a diferença de que o POUT-1 ocupa agora dois endereços):

Dispositivo	Endereços
RAM	0000H a 3FFFH
MediaCenter (acesso aos comandos)	6000H a 6063H (ver guião 4)
MediaCenter (acesso à sua memória)	8000H a 8FFFH
POUT-1 (periférico de saída de 16 bits)	0A000H a 0A001H
POUT-2 (periférico de saída de 8 bits)	0C000H
PIN (periférico de entrada de 8 bits)	0E000H



### 3 – Execução do trabalho de laboratório

#### 3.1 – Acesso em byte e em word

O guião de laboratório 7 ilustrou duas soluções para o problema de implementar várias atividades concorrentes, aparentemente simultâneas:

- Rotinas cooperativas. O programa principal contém um ciclo infinito, que invoca todas as rotinas que implementam estas atividades;
- Processos cooperativos. O programa principal cria vários processos, que depois correm de forma independente e autónoma.

O programa mais elaborado do guião 7 que ilustra cada uma destas soluções está contido no seguinte ficheiro (aqui incluído para facilidade de referência):

- Rotinas cooperativas. **lab7-cooperativas-teclado-OK.asm** (este programa anima barras no ecrã e aumenta o valor dos displays de forma contínua, exceto se se mantiver carregada uma tecla da última linha, em que diminui os displays);
- Processos cooperativos. **lab7-processos-quatro-bonecos-displays-teclado.asm** (este programa anima bonecos no ecrã e aumenta ou diminui o valor dos displays quando se carrega no teclado na tecla **C** ou **D**, respetivamente);

Se quiser, releia o guião de laboratório 7 e relembre a funcionalidade destes programas. Escolha um deles (para o efeito tanto faz), e vamos agora usá-lo na perspetiva da descodificação de endereços.

Carregue o programa que escolheu, carregando em **Load source** (📁) ou *drag & drop*.

Abra o ecrã, os displays, o teclado e os painéis de todos os relógios.

Execute o programa, carregando no botão **Start** (▶) do PEPE.

Verifique que tudo funciona, nomeadamente os displays, que vão aumentando ou diminuindo o seu valor, consoante se carregue na tecla **C** ou **D**, respetivamente.

No entanto, há uma diferença: agora há 4 displays, e os que contam são os da esquerda!

Nos guiões de laboratório anteriores só havia dois displays, e eram esses que variavam.

Tal deve-se ao facto de o PEPE ser um processador *Big-Endian*, e como tal o endereço 0A000H, usado para atualizar os displays com **MOVB** em ambos os programas, refere-se ao byte de maior peso do registo escrito no periférico que liga aos displays, logo aos dois displays da esquerda.

Há duas soluções para isto:

1. Redefinir a constante **DISPLAYS** (definida nos programas com **EQU 0A000H**) para **0A001H**. Mas isso não permite alterar os dois displays da esquerda, pois o **MOVB** só escreve um byte;
2. Usar **MOV** em vez de **MOVB**, uma vez que temos 4 displays e o periférico **POUT-1** é agora de 16 bits. A constante **DISPLAYS** continua definida com **0A000H**. Qualquer escrita nos displays altera agora os 4 displays.

A melhor solução é a 2. Com periféricos de 16 bits devemos usar **MOV** e não **MOVB**, a menos que haja uma necessidade específica de aceder apenas a um dos dois bytes do periférico.

Pode experimentar a solução 2 substituindo a instrução **MOVB [R0] , R2** pela instrução de acesso em 16 bits **MOV [R0] , R2**, em ambos os programas:

- Rotinas cooperativas. **lab7-cooperativas-teclado-OK.asm** (na rotina **anima\_displays**);
- Processos cooperativos. **lab7-processos-quatro-bonecos-displays-teclado.asm** (no programa principal, a seguir ao label **atualiza\_display**);

Com esta alteração, pode verificar que os 4 displays já contam nos displays do lado direito. Isto ilustra também a diferença de comportamento destas duas instruções, **MOVB** e **MOV**.

NOTA – Com **MOV**, já é possível usar a constante **DISPLAYS** diretamente na instrução:  
**MOV[DISPLAYS] , R2.**

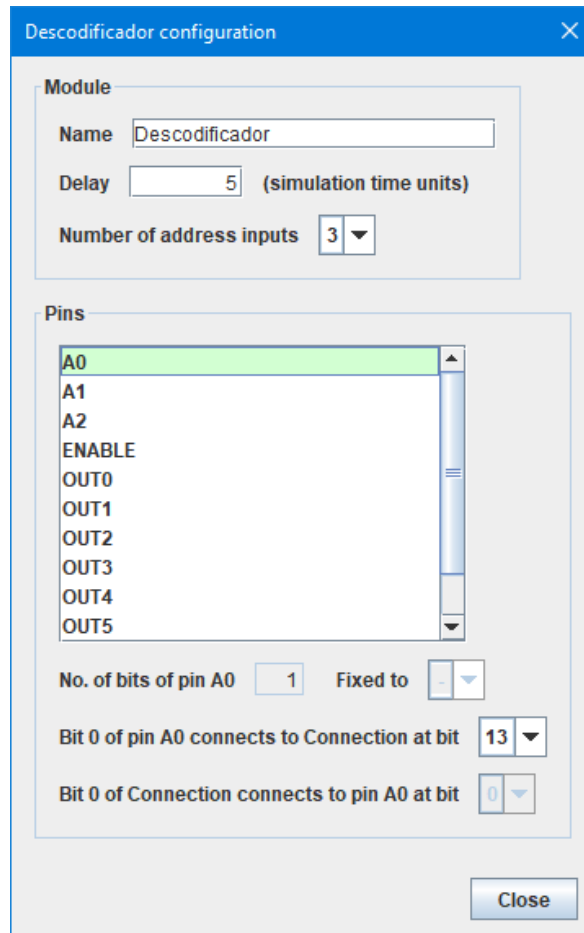
### 3.2 – Verificação do mapa de endereços

Com o editor de texto, verifique no programa que escolheu:

- Quais são as linhas de programa em que se definem os endereços em que os dispositivos estão acessíveis;
- Quais as constantes usadas para os definir;
- Que os endereços definidos são os do mapa acima.

Verifique agora no circuito que o mapa de endereços implementado é o indicado acima.

Com o simulador em modo “Design”, faça duplo clique no decodificador. Deverá abrir-se a janela ilustrada pela figura seguinte.



O bit A0 que se observa é o de menor peso dos três bits que especificam qual das saídas do decodificador está ativa em cada instante. Estes três bits ligam a bits do bus de endereços do PEPE (ver circuito atrás). Note-se que as designações A0 a A2 do decodificador são internas e não ligam ao A0 a A2 do bus de endereços do PEPE.

A linha “Bit 0 of pin A0 connects to Connection at bit 13” indica qual o bit do bus de endereços do PEPE a que o A0 do decodificador liga (neste caso o bit 13). Faça clique no A1 e no A2 do Decodificador e verifique que o A0 do decodificador liga ao A13 do bus de endereços, o A1 ao bit A14 e o A2 ao bit A15:

Bit interno do decodificador	Bit do bus de endereços do PEPE
A0	A13
A1	A14
A2	A15

A fatia de endereços em que cada saída do decodificador (que liga ao *Chip Select* de um dispositivo) se mantém ativa é de 2000H (ou 8 Ki) endereços, o que corresponde aos 13 bits (A0 a A12) que podem ligar a cada dispositivo ( $2^{13} = 2000H$ , ou 8 Ki), tal como indicado na tabela seguinte:

Saída do decodificador	Endereço inicial	Endereço final
OUT0	0000H	1FFFH
OUT1	2000H	3FFFH
OUT2	4000H	5FFFH
OUT3	6000H	7FFFH
OUT4	8000H	9FFFH
OUT5	A000H	BFFFH
OUT6	C000H	DFFFH
OUT7	E000H	FFFFH

A generalidade dos periféricos requer apenas uma fração de cada fatia de endereços. Por exemplo, o MediaCenter não precisa de todos na parte dos comandos.

Menos do que a fatia não tem problema, mas no caso da RAM quer-se uma capacidade que é o dobro (4000H) do tamanho da fatia, e é por isso que se usa um AND das primeiras duas saídas. Como estas são ativas a 0, basta uma delas estar ativa para ativar o *Chip Select* da RAM (também ativo a 0).

O mapa real de endereços é então (ver de novo o circuito atrás):

Saída do decodificador	Dispositivo	Endereço inicial	Endereço final
OUT0	RAM	0000H	1FFFH
OUT1	RAM	2000H	3FFFH
OUT2	Não usado	4000H	5FFFH
OUT3	MediaCenter (comandos)	6000H	6063H (ver guião 4)
OUT4	MediaCenter (ecrã)	8000H	8FFFH
OUT5	POUT-1	A000H	A001H
OUT6	POUT-2	C000H	C000H
OUT7	PIN	E000H	E000H

O POUT-1 é um periférico de saída de 16 bits, pelo que gasta dois endereços. O POUT-2 e o PIN são periféricos de apenas 8 bits, pelo que só gastam um endereço.

Quando um dispositivo requer menos endereços do que a fatia do decodificador, os endereços em que o dispositivo está ativo repetem-se (espelhos).

Por exemplo, o periférico POUT-1 está também disponível de A002H a A003H, de A004H a A005H, etc. De 2 em 2, repete-se, ao longo de toda a gama de endereços da respetiva fatia.

Como os periféricos POUT-2 e PIN são periféricos de 8 bits, só usam os endereços pares, ou seja, só usam metade do barramento de dados. Por isso, os espelhos são sempre em endereços pares. Assim, o POUT-2 está acessível nos endereços C000H, C002H, C004H, etc., enquanto o PIN está acessível nos endereços E000H, E002H, E004H, etc.

### 3.3 – Alteração do mapa de endereços

Pretende-se agora alterar o mapa de endereços do circuito e verificar que basta alterar também os endereços no software em concordância, para que tudo continue a funcionar.

Carregue o circuito contido no ficheiro **lab8-novo-mapa-endereços.cir** (por **Load** (📁) ou por *drag & drop*). Este circuito é quase igual ao **lab8.cir**, com a diferença de que o mapa de endereços é agora o seguinte:

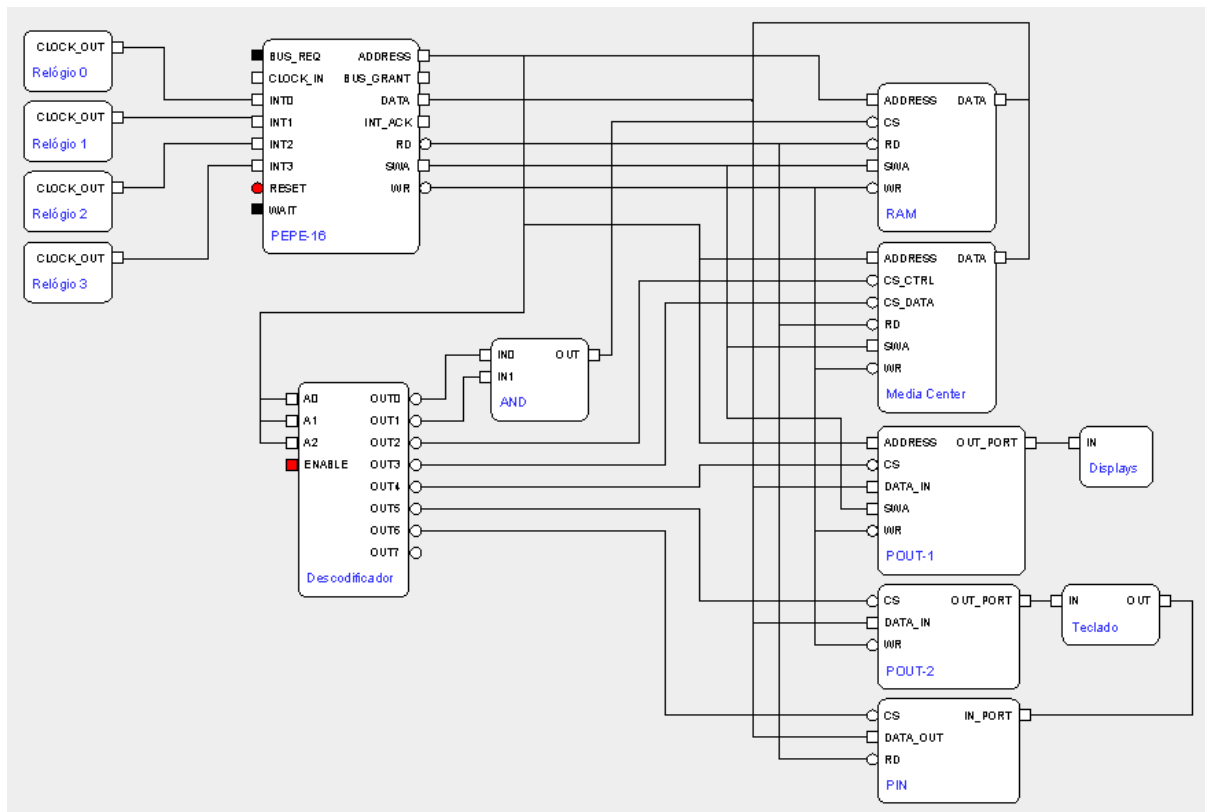
Dispositivo	Endereços
RAM	0000H a 1FFFFH
MediaCenter (acesso aos comandos)	2000H a 2063H
MediaCenter (acesso à sua memória)	3000H a 3FFFFH
POUT-1 (porto de saída de 16 bits)	4000 a 4001H
POUT-2 (porto de saída de 8 bits)	5000H
PIN (porto de entrada de 8 bits)	6000H

Ou seja, a fatia de endereços em que cada saída do decodificador (que liga ao *Chip Select* de um dispositivo) se mantém ativa é agora de 1000H (ou 4 Ki) endereços, o que corresponde aos 12 bits (A0 a A11) que podem ligar a cada dispositivo ( $2^{12} = 1000H$ , ou 4 Ki). Isto é metade do que era no circuito **lab8.cir**.

As alterações efetuadas no circuito foram as seguintes:

- Os bits A0 a A2 do decodificador passaram a ligar aos bits A12 a 14 do bus de endereços do PEPE;
- A capacidade de endereçamento da RAM foi reduzida para 13 bits ( $2^{13}$  bytes);
- As saídas do decodificador que ligam aos dispositivos foram também alteradas, de acordo com o mapa pretendido.

O circuito ficou agora como ilustrado pela figura seguinte, onde apenas são aparentes as alterações das saídas do decodificador.



Agora é preciso alterar também as definições no programa, para ficar consistente com o novo mapa de endereços. Pretende-se que faça o seguinte:

- Faça uma cópia do ficheiro *assembly* que escolheu atrás;
- Nessa cópia, altere os endereços necessários para que o programa bata certo com este mapa de endereços. Deverá apenas alterar as constantes que definem os endereços dos periféricos;
- Carregue no PEPE o ficheiro com o programa alterado, com **Load source** (📁) ou *drag & drop* na janela de programa do PEPE;
- Abra o ecrã, os displays, o teclado e os painéis de todos os relógios;
- Execute o programa, carregando no botão **Start** (▶) do PEPE;
- Verifique que tudo funciona como dantes, e que os displays vão aumentando ou diminuindo o seu valor, consoante se carregue na tecla **C** ou **D**, respetivamente;
- Termine o programa, carregando no botão **Stop** (■) do PEPE.

**Conclusão:** é possível alterar o mapa de endereços do hardware e manter a funcionalidade do software, desde que se altere de forma correspondente no programa as constantes que definem os endereços.