

Antes de iniciar a prova, tenha em atenção o seguinte:

- i. A prova contempla 10 perguntas, distribuídas por 16 páginas, e tem a duração de 2h30m.
- ii. Existem 4 variantes distintas da prova: A, B, C e D.
- iii. A prova é sem consulta. Sobre a secretária apenas deve encontrar-se a sua identificação (cartão de estudante).
- iv. Identifique todas as folhas do enunciado com o seu nome e número mecanográfico. Recorde que logo após terminar a prova todas as páginas serão desagafadas e separadas. Folhas não identificadas não serão cotadas!!!
- v. Resolva a prova no próprio enunciado. Para cada questão é fornecido um espaço próprio, dentro do qual deverá responder. A sua dimensão está ajustada ao tamanho expectável da resposta.
- vi. Excepcionalmente, e caso realmente necessite, pode usar o espaço extra disponível das páginas em branco, colocadas ao longo da prova. Nesse caso, deve indicar junto ao enunciado da pergunta que a resposta à mesma se encontra na página que utilizou.
- vii. Justifique adequadamente todas as respostas.
- viii. Responda à prova com calma. Se não sabe responder a uma pergunta, passe à seguinte e volte a ela no fim.

1. Considere o número $X = 127$, representado na base 8.

- a) Converta-o para a base 2.[1,0 val.]
- b) Utilize o resultado obtido para converter o mesmo número para base 16.[0,5 val.]
- c) Represente o número $Y = 2359$ em BCD.[0,5 val.]

$$a) \quad 127_{(8)} = \overbrace{001}^{1_{(8)}} \overbrace{010}^{2_{(8)}} \overbrace{111}^{7_{(8)}}$$

$$b) \quad \overbrace{0000}^{0_{(16)}} \overbrace{0101}^{5_{(16)}} \overbrace{0111}^{7_{(16)}} = 57_{(16)} = 57h$$

$$c) \quad \overbrace{0010}^2 \overbrace{0011}^3 \overbrace{0101}^5 \overbrace{1001}^9_{(BCD)}$$

2. Considere a função lógica $f(A,B,C,D,E)$ incompletamente especificada, definida da seguinte forma:

$$f(A,B,C,D,E) = \sum m(1,2,6,7,9,12,14,15,20,26) + \sum m_d(4,8,10,13,17,18,22,30)$$

A variável A é a de maior peso e a variável E é a de menor peso.

- a) Apresente o mapa de Karnaugh correspondente a esta função, utilizando as linhas/colunas necessárias na grelha disponibilizada para o efeito.[1,0 val.]

AB \ CDE	000	001	011	010	110	111	101	100
00	0	1	0	1	1	1	0	X
01	X	1	0	X	1	1	X	1
11	0	0	0	1	X	0	0	0
10	0	X	0	X	X	0	0	1

- b) Identifique a expressão algébrica do seguinte mapa de Karnaugh. Justifique, apresentando os implicantes (agrupamentos) correspondentes à função no mapa.[1,0 val.]

AB \ CDE	000	001	011	010	110	111	101	100
00	0	1	0	1	X	1	1	X
01	X	0	X	1	1	1	1	0
11	X	X	0	1	1	0	1	0
10	0	1	X	0	1	0	X	0

$$f(A,B,C,D,E) = BDE + ADE + BDE + CDE + ACD + CDE$$

- c) Na solução identificada na alínea anterior, qual o valor da função quando a entrada (A,B,C,D,E) toma o valor 25? Justifique.[0,5 val.]

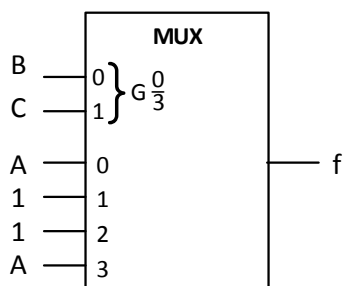
$$f(1,1,0,0,1) = 0$$

3. Considere a função lógica $f(A, B, C) = (A \oplus B \oplus C) + (\overline{B} + \overline{C}) \cdot A$

a) Apresente, na quadrícula, a tabela de verdade correspondente a esta função Booleana. .[1,0 val.]

A	B	C	$A \oplus B \oplus C$	$\overline{B} + \overline{C}$	$(\overline{B} + \overline{C}) \cdot A$	$f(A, B, C)$
0	0	0	0	1	0	0
0	0	1	1	1	0	1
0	1	0	1	1	0	1
0	1	1	0	0	0	0
1	0	0	1	1	1	1
1	0	1	0	1	1	1
1	1	0	0	1	1	1
1	1	1	1	0	0	1

b) Utilizando apenas um multiplexer com 2 entradas de controlo e o mínimo de lógica adicional, projecte e implemente a função lógica $f(A, B, C)$ [1,0 val.]





(Página deixada intencionalmente em branco.)

Aluno:

Nº

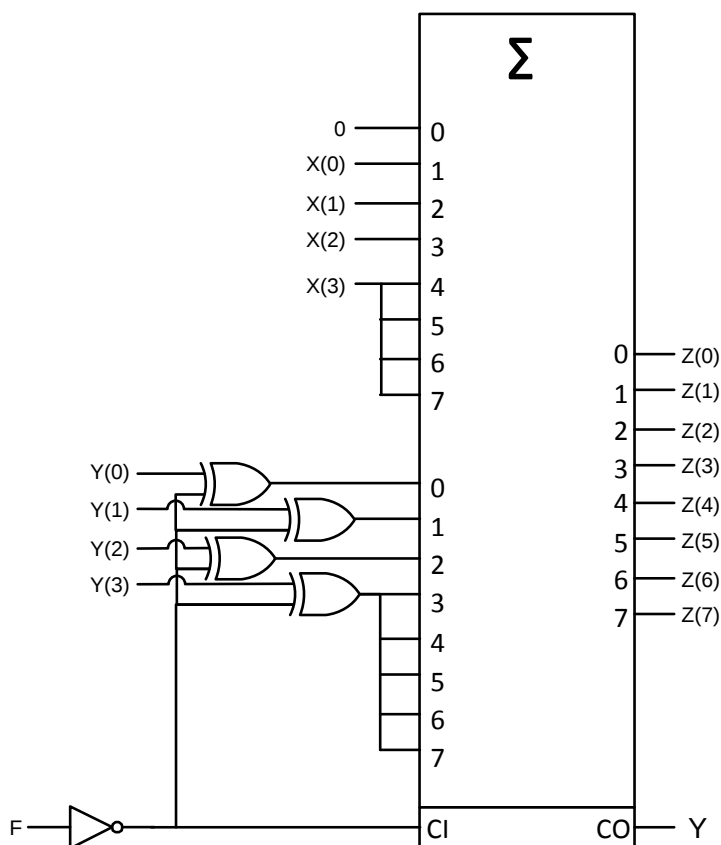
Pág. 4

A não identificação desta folha implica que as respostas que lhe correspondem não lhe serão atribuídas.

4. Implemente uma unidade aritmética com dois operandos de 4 bits $X(3:0)$ e $Y(3:0)$ e saída $Z(3:0)$, representados em complemento para 2. A unidade aritmética é controlada por uma variável de controlo de 1 bit (F), realizando as seguintes operações:

F	Operação
0	$Z = 2X - Y$
1	$Z = 2X + Y$

Desenhe o diagrama lógico do circuito utilizando um circuito somador de 8 bits (com entrada e saída de transporte) e o mínimo de lógica discreta possível.....[2,0 val.]





(Página deixada intencionalmente em branco.)

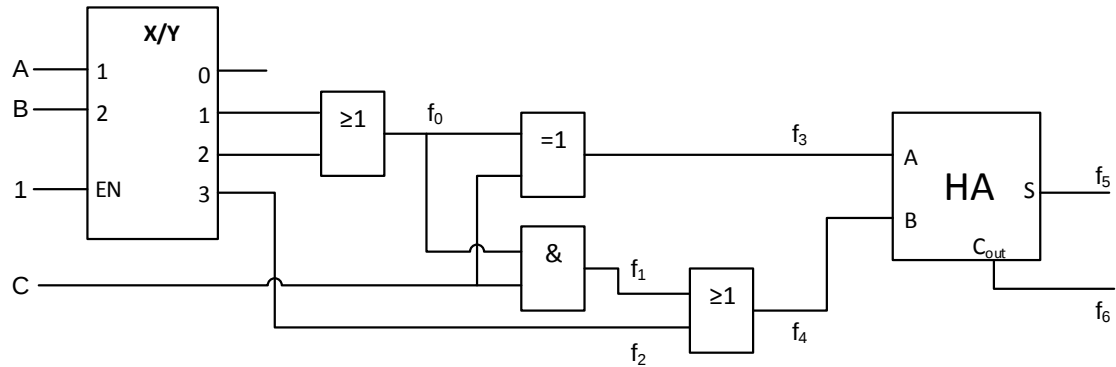
Aluno:

Nº

Pág. 6

A não identificação desta folha implica que as respostas que lhe correspondem não lhe serão atribuídas.

5. Considere o circuito da figura. Apresente, na quadrícula, a tabela de verdade das funções f_0 , f_1 , f_2 , f_3 , f_4 , f_5 e f_6 em função das variáveis (A,B,C). Assuma que a variável A é a de maior peso e a variável C é a de menor peso.[2,0 val.]



A	B	C	f_0	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	1	0	1	0
0	1	0	1	0	0	1	0	1	0
0	1	1	1	1	0	0	1	1	0
1	0	0	1	0	0	1	0	1	0
1	0	1	1	1	0	0	1	1	0
1	1	0	0	0	1	0	1	1	0
1	1	1	0	0	1	1	1	0	1



(Página deixada intencionalmente em branco.)

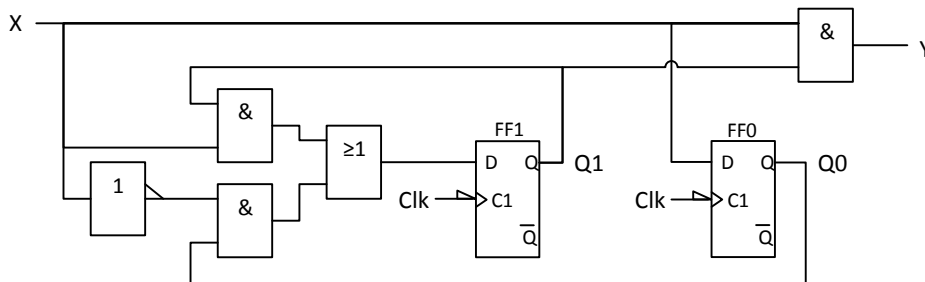
Aluno:

Nº

Pág. 8

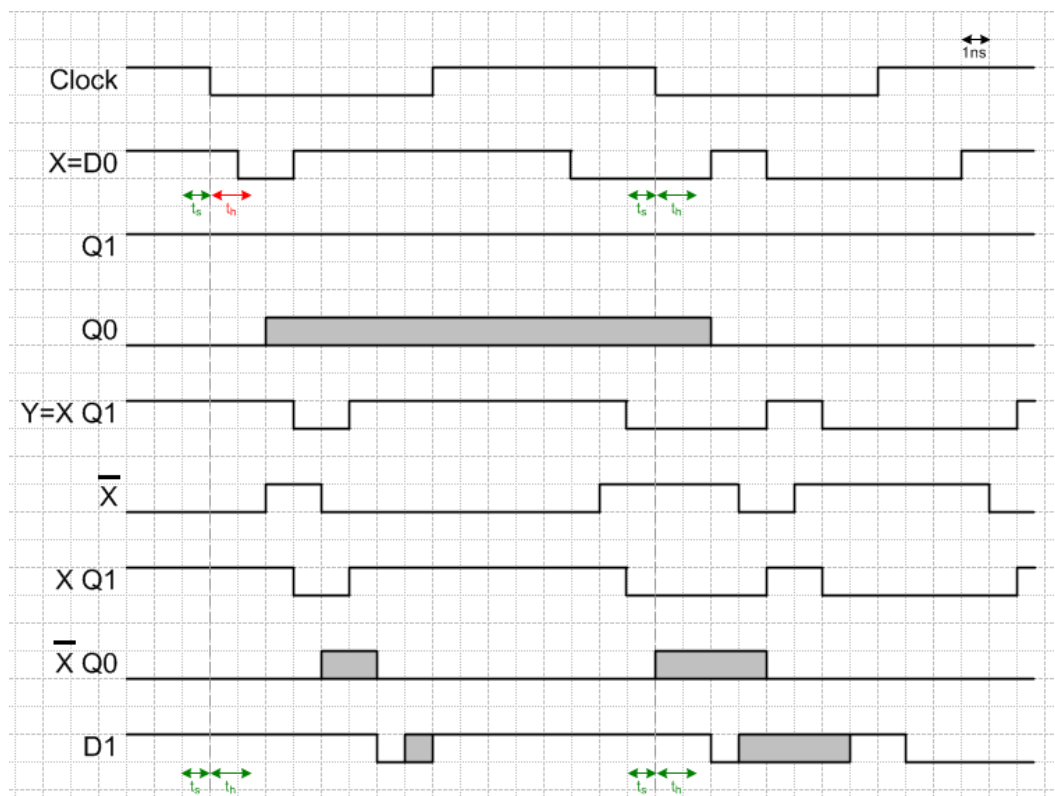
A não identificação desta folha implica que as respostas que lhe correspondem não lhe serão atribuídas.

6. Considere o circuito sequencial da figura seguinte, com uma entrada X e uma saída Y, e os tempos de propagação indicados na tabela:



	OR	AND	NOT	FF
t_{pLH}	3ns	2ns	1ns	2ns
t_{pHL}	3ns	2ns	1ns	2ns
t_{Hold}	---	---	---	1.5ns
t_{Setup}	---	---	---	1ns

- a) Esboce as formas de onda indicadas para o circuito da figura.[1,0 val.]



- b) Determine a frequência máxima de relógio para a qual o circuito funciona correctamente. Justifique, indicando todos os caminhos que influenciam o período de relógio.[1,0 val.]

Nota: Uma vez que os tempos de propagação dos flip-flops são superiores aos respetivos tempos de manutenção, o efeito destes últimos não se irá fazer sentir no cálculo da frequência máxima de operação.

$$T_{min} = \max \left\{ \begin{aligned} &t_p(FF_{D1}) + t_p(AND) + t_p(OR) + t_{su}(FF_{D1}) \\ &t_p(FF_{D0}) + t_p(AND) + t_p(OR) + t_{su}(FF_{D1}) \end{aligned} \right\} = 2 + 2 + 3 + 1 = 8ns$$



$$f_{\max} = \frac{1}{T_{\min}} = \frac{1}{8} GHz$$

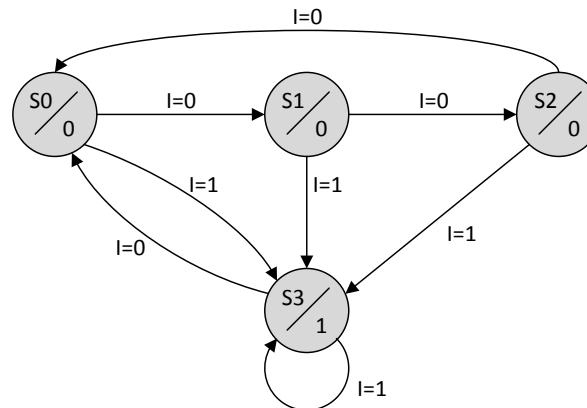
(Página deixada intencionalmente em branco.)

Aluno:

Nº

Pág. 10

7. Considere o seguinte diagrama de estados de um circuito sequencial síncrono, caracterizado por uma entrada (I) e uma saída (R):



- a) Apresente, no quadriculado, a tabela de transição de estados deste circuito.[1,0 val.]
- b) Sintetize as funções lógicas correspondentes às entradas dos flip-flops e à saída do circuito. Considere a utilização de uma codificação com um flip-flop por estado (*one-hot*) e de flip-flops do tipo D.[1,0 val.]
- NOTA: não precisa de desenhar o circuito sintetizado.

Estado actual					Entrada	Estado seguinte					Saída	Entradas flip-flops				Funções lógicas
S_n	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	I	S_{n+1}	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	R	D_3	D_2	D_1	D_0	
S0	0	0	0	1	0	S1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	$D_0 = Q_2 \bar{I} + Q_3 \bar{I}$ $D_1 = Q_0 \bar{I}$ $D_2 = Q_1 \bar{I}$ $D_3 = I$ $R = Q_3$
					1	S3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	
S1	0	0	1	0	0	S2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
					1	S3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	
S2	0	1	0	0	0	S0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
					1	S3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	
S3	1	0	0	0	0	S0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	
					1	S3	1	0	0	0	1	1	0	0	0	

a	b	a,b	a	b	b	b	b
Alínea							



(Página deixada intencionalmente em branco.)

Aluno:

Nº

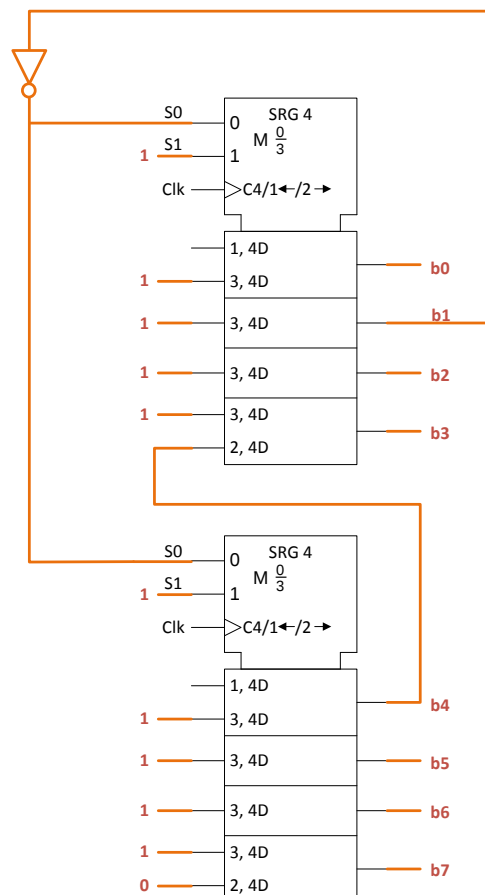
Pág. 12

A não identificação desta folha implica que as respostas que lhe correspondem não lhe serão atribuídas.

8. Pretende-se implementar um circuito que implemente o padrão de contagem representado na figura ao lado, correspondente a um sinal de 8 bits (b0 a b7). Este padrão corresponde à contagem de 8 estados E_x , que se repetem ao longo do tempo, em que o estado genérico E_n caracteriza-se por apresentar os n bits mais significativos com o valor zero, sendo os restantes bits colocados com o valor lógico um[1,5 val.]

- Utilizando o mínimo de lógica combinatória adicional e assumindo um deslocamento à direita, ligue os dois registos de deslocamento apresentados de modo a implementar um gerador deste padrão.
- Indique na tabela, para cada estado, a operação (S1,S0) realizada pelo registo de deslocamento (00,01,10,11).

Estado	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0	Operação (S1,S0)
E0	1	1	1	1	1	1	1	1	10
E1	0	1	1	1	1	1	1	1	10
E2	0	0	1	1	1	1	1	1	10
E3	0	0	0	1	1	1	1	1	10
E4	0	0	0	0	1	1	1	1	10
E5	0	0	0	0	0	1	1	1	10
E6	0	0	0	0	0	0	1	1	10
E7	0	0	0	0	0	0	0	1	11
E0	1	1	1	1	1	1	1	1	10
E1	0	1	1	1	1	1	1	1	10
E2	0	0	1	1	1	1	1	1	10
E3	0	0	0	1	1	1	1	1	10





(Página deixada intencionalmente em branco.)

Aluno:

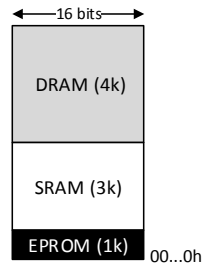
Nº

Pág. 14

A não identificação desta folha implica que as respostas que lhe correspondem não lhe serão atribuídas.

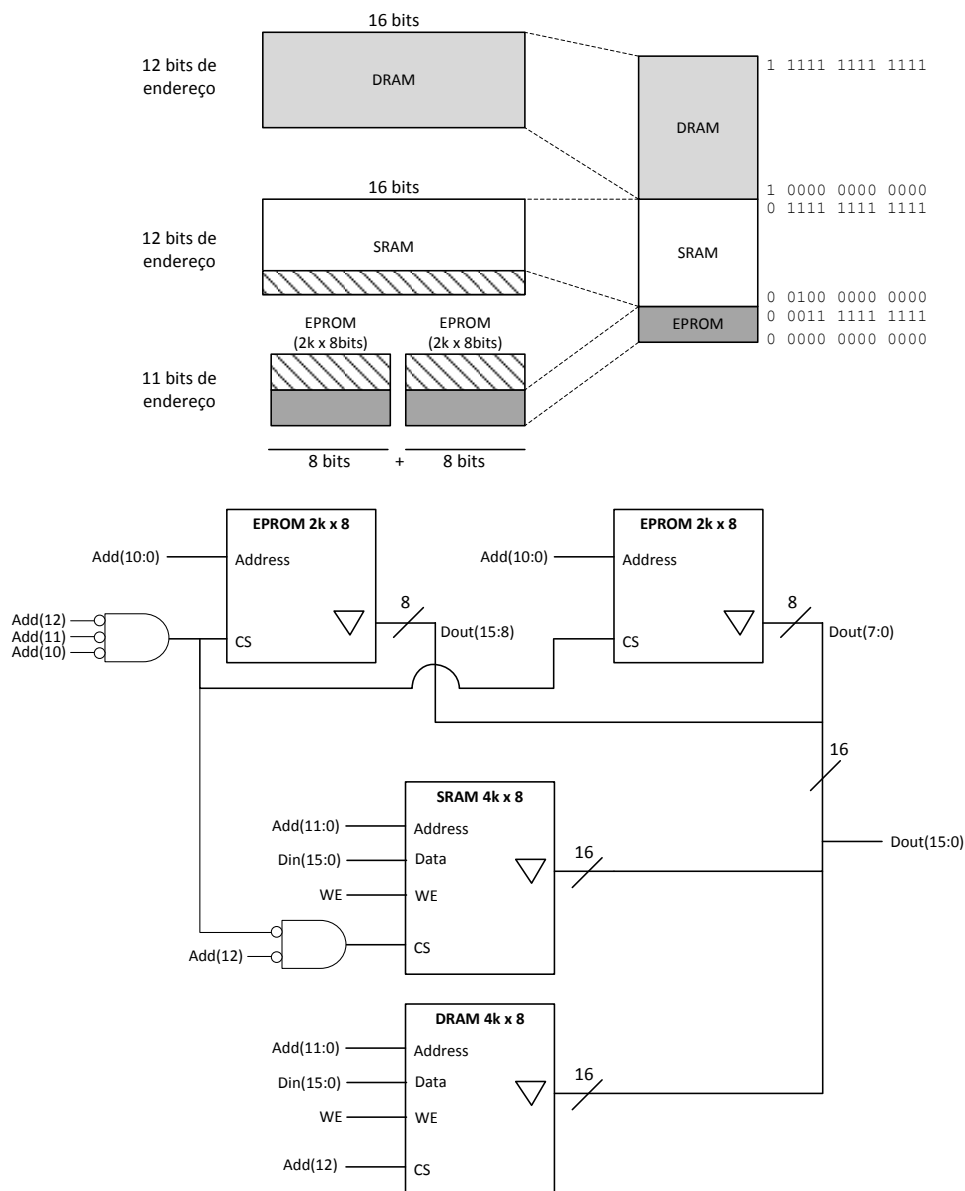
9. Projecte um sistema de memória constituído por 8k endereços e com palavras de 16 bits, de acordo com o mapa de memória ilustrado na figura. Considere que para a concretização deste projecto dispõe dos seguintes dispositivos de memória:

- DRAM 4k x 16 bits
- SRAM 4k x 16 bits
- EPROM 2k x 8 bits

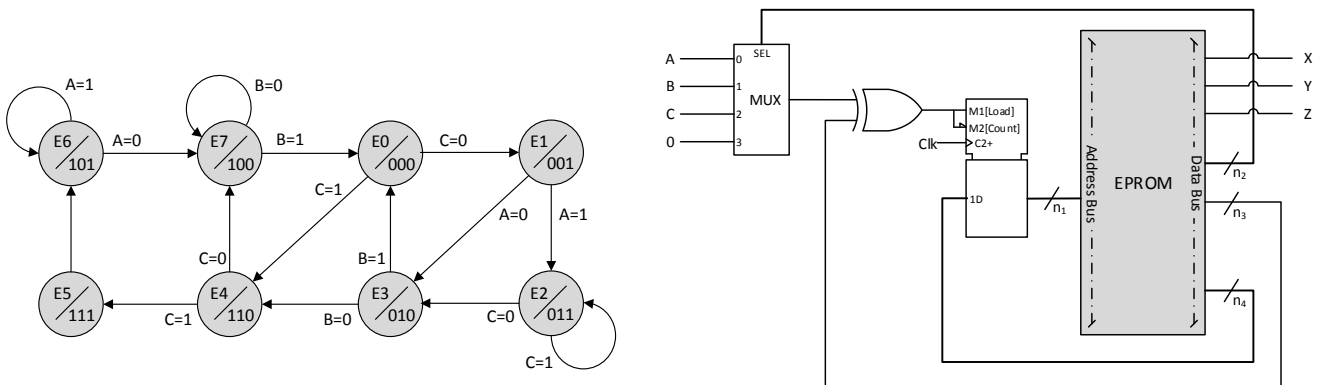


Assuma que todas as memórias dispõem de uma entrada CE (chip-enable), que permite colocar o respectivo barramento de dados em alta impedância. Pode utilizar os componentes que julgar mais convenientes para realizar o circuito de descodificação.....[1,5 val.]

NOTA: Para garantir a legibilidade do circuito, represente as diferentes linhas de dados e de endereços através de barramentos.



10. Considere o seguinte diagrama de estados de um circuito sequencial síncrono, caracterizado por 3 entradas (A,B,C) e 3 saídas (X,Y,Z):



Pretende-se implementar este circuito através de uma máquina de estados micro-programada constituída por uma EPROM e um contador.

a) Identifique a largura (n° bits) dos sinais representados no diagrama:[0,5 val.]

n1	n2	n3	n4
$\log_2(8)=3$	$\log_2(4)=2$	1	$n4=n1=3$

b) Determine o conteúdo da fracção da EPROM que permite implementar todas as transições do diagrama de estados que saem do estado E1 e E7 (indique o endereço e o valor das correspondentes posições da memória).[1,5 val.]

Address	Data (8 downto 0)			
	Saídas (X,Y,Z)	Input Select (n2)	Input Invert (n3)	Load value (n4)
000	000	10	0	100
(E1) 001	001	00	1	011
010	011	10	0	010
011	010	01	0	000
100	110	10	1	111
101	111	11	0	X
110	101	00	0	110
(E7) 111	100	01	1	111

c) Indique qual a dimensão mínima da EPROM de forma a garantir o funcionamento do circuito, tendo em conta este diagrama de estados (não precisa fazer qualquer normalização para uma potência inteira de 2).[0,5 val.]

$$\#estados \times \#bits_por_estado = 8 \times 9 = 72$$