

Aluno _____

Nº _____

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

1. [2 val] Considere a função lógica $f(A, B, C, D) = A\bar{C} + \bar{B}C + CD$.

a) Escreva a tabela de verdade da função.

b) Apresente o Mapa de Karnaugh para esta função.

c) Indique quais os implicados primos essenciais e não essenciais da função.

d) Obtenha a expressão mínima na forma conjuntiva (produto de somas).

Justifique todas as respostas.

A	B	C	D	$f(A,B,C,D)$
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1

AB \ CD				
	00	01	11	10
00	0	0	1	1
01	0	0	1	0
11	1	1	1	0
10	1	1	1	1

Implicados primos essenciais:

$$(A + C)$$

$$(\bar{B} + \bar{C} + D)$$

Implicados primos não essenciais:

$$(A + \bar{B} + D)$$

$$f(A, B, C, D) = (A + C)(\bar{B} + \bar{C} + D)$$

Aluno _____

Nº _____

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

2. [2 val] Considere o circuito da figura.

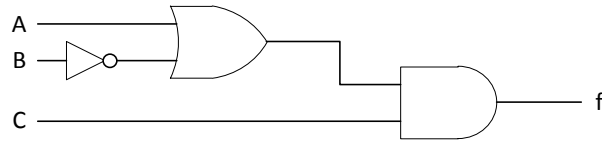
a) Converta o circuito da figura de forma a utilizar:

- a) Portas lógicas NOR e NOT.
- b) Portas lógicas NAND e NOT.

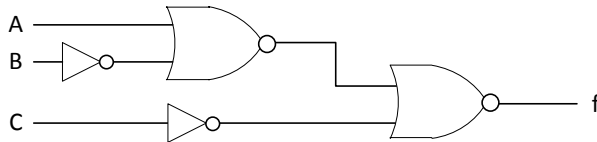
Justifique.

b) Indique qual a melhor solução (circuito original, solução a) ou solução b)) considerando:

- i) o custo total (área) do circuito
- ii) o tempo de propagação

Justifique.

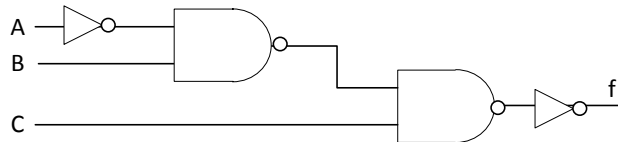
	AND2	OR2	NAND2	NOR2	NOT
Tempo de propagação	14ns	13ns	9ns	10ns	7ns
Custo por porta (área)	23	27	16	17	14

Circuito com portas NOR + NOT:**Área total:**

$$2 * \text{NOT} + 2 * \text{NOR2} = 62$$

Tempo de propagação:

$$(T_p)_{\text{NOT}} + (T_p)_{\text{NOR}} + (T_p)_{\text{NOR}} = 27 \text{ ns}$$

Circuito com portas NAND + NOT:**Área total:**

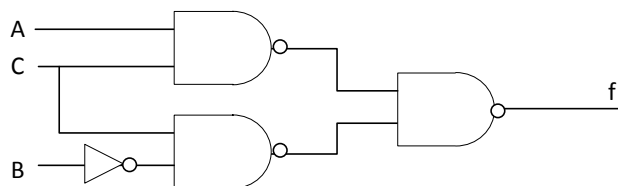
$$2 * \text{NOT} + 2 * \text{NAND2} = 60$$

Tempo de propagação:

$$(T_p)_{\text{NOT}} + (T_p)_{\text{NAND}} + (T_p)_{\text{NAND}} + (T_p)_{\text{NOT}} = 32 \text{ ns}$$

Circuito alternativo com portas NAND + NOT:

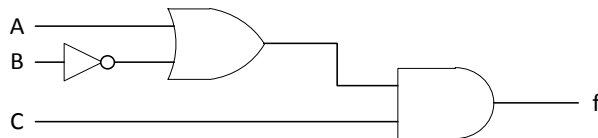
$$f(A, B, C) = (A + \bar{B})C = \overline{\overline{A}C + \overline{\bar{B}}C} = \overline{\bar{A}C \cdot \bar{B}C}$$

**Área total:**

$$\text{NOT} + 3 * \text{NAND2} = 62$$

Tempo de propagação:

$$(T_p)_{\text{NOT}} + (T_p)_{\text{NAND}} + (T_p)_{\text{NAND}} = 25 \text{ ns}$$

Circuito original:**Área total:**

$$\text{NOT} + \text{OR2} + \text{AND2} = 64$$

Tempo de propagação:

$$(T_p)_{\text{NOT}} + (T_p)_{\text{OR}} + (T_p)_{\text{AND}} = 34 \text{ ns}$$

Circuito com menor área: NAND+NOT**Circuito com menor tempo de propagação (mais rápido): NAND2+NOT (alternativo)**

Nota: não resolução deste exercício apenas era necessário colocar uma das respostas NAND+NOT.

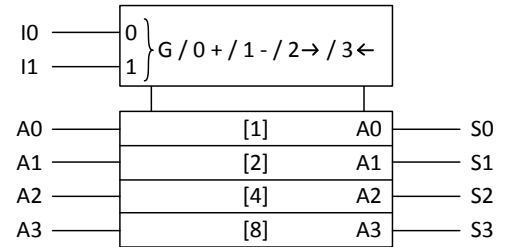
Aluno _____

Nº _____

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

3. [2,5 val] Considere que pretende implementar o circuito combinatório da figura, onde:

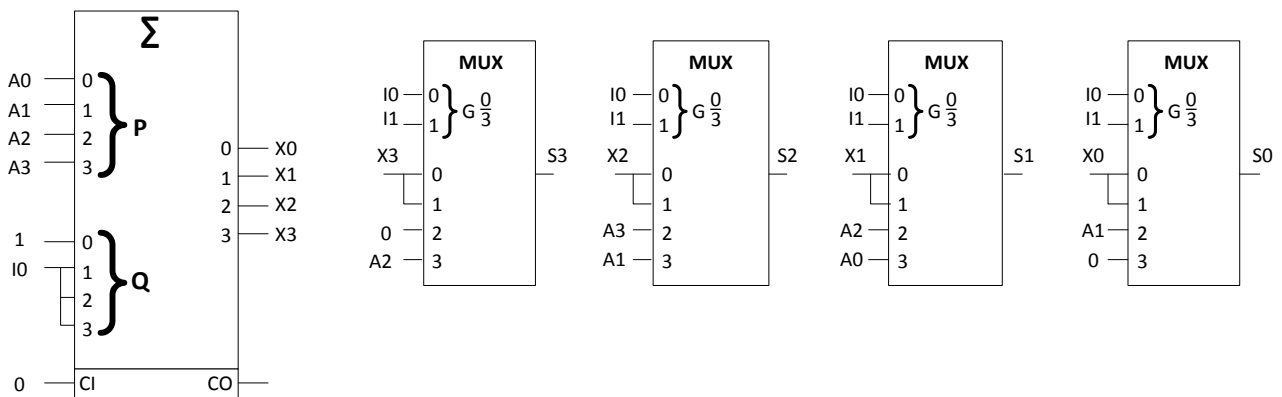
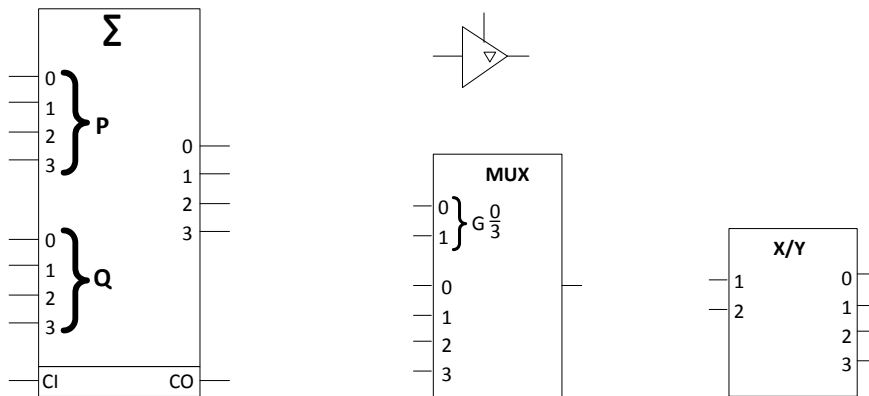
- os bits (A3,A2,A1,A0) representam a entrada de dados;
- os bits (I1,I0) indicam qual a função a realizar:
 - (I1,I0)=0 $\rightarrow$ S = A+1;
 - (I1,I0)=1 $\rightarrow$ S = A -1.
 - (I1,I0)=2 $\rightarrow$ S = deslocamento para a direita de A.
 - (I1,I0)=3 $\rightarrow$ S = deslocamento para a esquerda de A.



Nas operações de deslocamento considere que a entrada série é sempre 0.

Utilizando o **mínimo de lógica**, apresente **justificando** o esquema interno deste circuito combinatório. Para o realizar poderá utilizar quaisquer das seguintes portas lógicas assim como lógica adicional.

Nota: pode utilizar mais de um circuito de cada tipo.



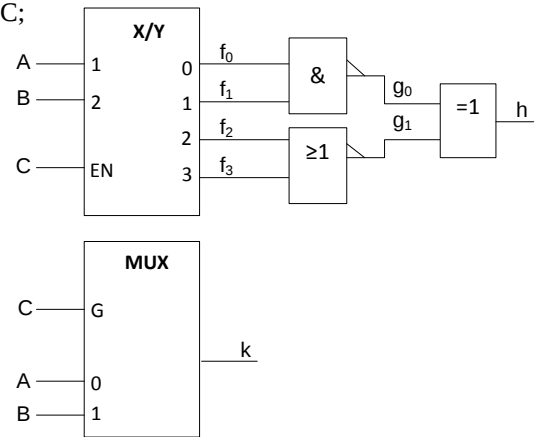
Aluno _____

Nº _____

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

4. [2 val] Considere o circuito da figura da figura. Determine:

- as expressões lógicas das funções f_0 , f_1 , f_2 e f_3 em função de A,B e C;
- as expressões lógicas das funções g_0 e g_1 em função de A,B e C;
- a expressão lógica da função $h(A,B,C)$.
- a expressão lógica da função $k(A,B,C)$



$$f_0(A, B, C) = \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C$$

$$f_1(A, B, C) = A \cdot \bar{B} \cdot C$$

$$f_2(A, B, C) = \bar{A} \cdot B \cdot C$$

$$f_3(A, B, C) = A \cdot B \cdot C$$

$$g_0(A, B, C) = \overline{f_0 \cdot f_1} = \overline{(\bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C) \cdot (A \cdot \bar{B} \cdot C)} = \overline{\bar{A} \cdot A \cdot \bar{B} \cdot C} = 1$$

$$g_1(A, B, C) = \overline{f_2 + f_3} = \overline{(\bar{A} \cdot B \cdot C) + (A \cdot B \cdot C)} = \overline{(\bar{A} + A) \cdot B \cdot C} = \overline{B \cdot C}$$

$$h(A, B, C) = g_0 \oplus g_1 = 1 \oplus \overline{B \cdot C} = B \cdot C$$

$$k(A, B, C) = A\bar{C} + BC$$

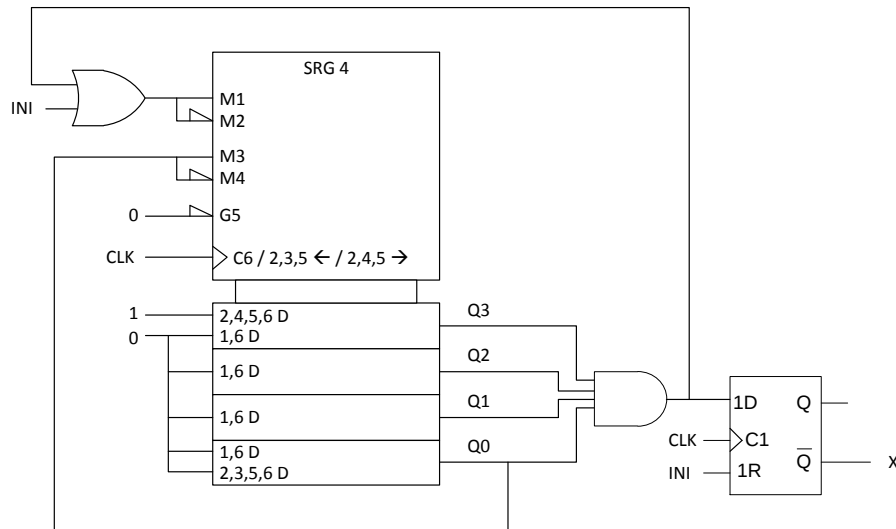
A não identificação desta folha implica que as respostas que lhe correspondem não lhe serão atribuídas.

$$B = X \oplus M = X \oplus 1 = \bar{X} = -X - 1 = 100$$

Aluno _____

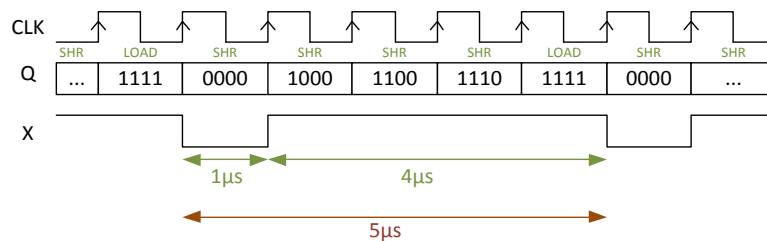
Nº _____

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

6. [2 val] Considere o circuito da figura, inicializado com um impulso de $INI=1$.a) Determine a sequência de contagem $Q=(Q_3, Q_2, Q_1, Q_0)$ após o sinal INI voltar a 0. **Justifique**b) Considerando que $f_{CLK}=1\text{MHz}$, represente a forma de onda do sinal X , indicando o tempo a *Low*, o tempo a *High* e o período. **Justifique.**

$(Q)n$	$(X)n$	$M1/\overline{M2}$	$M3/\overline{M4}$	Operação	$(Q)n+1$
-	-	-	-	Reset ($INI=1$)	0000
0000	1	0	0	SHIFT RIGHT	1000
1000	1	0	0	SHIFT RIGHT	1100
1100	1	0	0	SHIFT RIGHT	1110
1110	1	0	0	SHIFT RIGHT	1111
1111	1	1	1	LOAD	0000
0000	0	0	0	SHIFT RIGHT	1000
1000	1	0	0	SHIFT RIGHT	1100
1100	1	0	0	SHIFT RIGHT	1110
1110	1	0	0	SHIFT RIGHT	1111
1111	1	1	1	LOAD	0000
0000	0	0	0	SHIFT RIGHT	1000
1000	1	0	0	SHIFT RIGHT	1100
...	...	...	...	...	...

O ciclo repete-se a cada 5 períodos de relógio; o período de relógio do sinal X é $5T_{CLK} = 5\mu\text{s}$; o tempo a *High* é $1\mu\text{s}$; o tempo a *Low* é $4\mu\text{s}$.

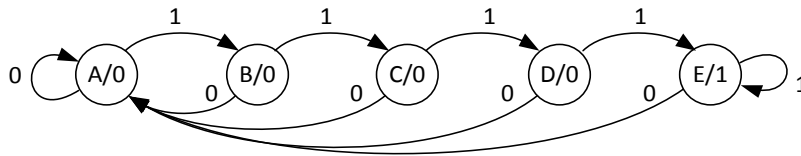


Aluno _____

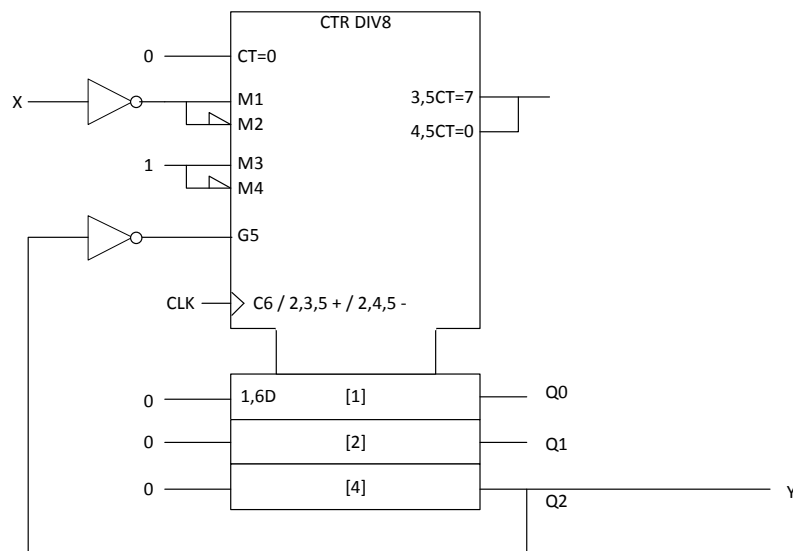
Nº _____

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

7. [2 val] Considere a seguinte máquina de estados com entrada X e saída Y.

**Codificação dos estados:**

A: 000 D: 011
 B: 001 E: 100
 C: 010

a) Utilizando o contador indicado implemente a máquina de estados. **Justifique a resposta.**b) Indique se o circuito implementado tem lock-out. **Justifique a resposta.**

Estado actual	X	Estado seguinte	Y	Operação	CT=0	M1/M2	M3/M4	G5	(D2,D1,D0)
A:000	0	A:000	0	LOAD	0	1	X	X	000
A:000	1	B:001	0	COUNT UP	0	0	1	1	XXX
B:001	0	A:000	0	LOAD	0	1	X	X	000
B:001	1	C:010	0	COUNT UP	0	0	1	1	XXX
C:010	0	A:000	0	LOAD	0	1	X	X	000
C:010	1	D:011	0	COUNT UP	0	0	1	1	XXX
D:011	0	A:000	0	LOAD	0	1	X	X	000
D:011	1	E:100	0	COUNT UP	0	0	1	1	XXX
E:100	0	A:000	1	LOAD	0	1	X	X	000
E:100	1	E:100	1	COUNT UP	0	0	X	0	XXX

O circuito não tem *lock-out*, já que, de acordo com a implementação, os estados remanescentes (101,110,111) têm a mesma função que o estado E (100). Assim, é sempre possível transitar de qualquer um destes estados para o estado A porque X=0 força o LOAD de 000.

Nota: em circuitos sequenciais não se pode considerar a entrada de reset assíncrona para transitar entre estados válidos. A entrada de reset assíncrona apenas serve para re-inicializar o circuito.

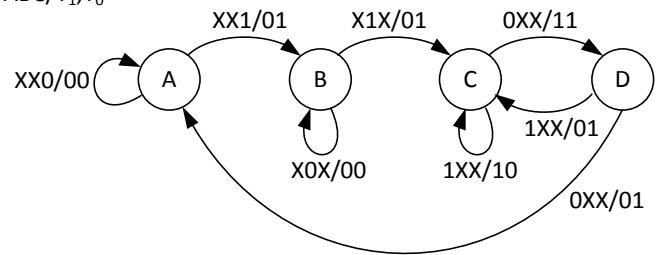
Aluno _____

Nº _____

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

8. [2,5 val] Considere que se pretende implementar a máquina de estados indicada na figura recorrendo a flip-flops tipo D e **codificação one-hot** (um flip-flop por estado). Ignore as situações de *lock-out*.

- Indique a codificação utilizada.
- Identifique o tipo de máquina de estados (Mealy ou Moore). **Justifique.**
- Indique a expressão booleana (mínima) à entrada de cada flip-flop. **Justifique.**
- Indique a expressão booleana (mínima) para as saídas Y_1 e Y_0 . **Justifique.**

Entradas/saídasABC/ Y_1, Y_0 **Codificação**

	$Q_A Q_B Q_C Q_D$
A	1000
B	0100
C	0010
D	0001

Tipo de Máquina:

- Mealy → a saída Y_0 depende do estado e das entradas, p. ex., no estado A a saída Y_0 pode ser 1 ou 0 consoante o valor da entrada C.

Nota: a justificação genérica de que “é uma máquina de Mealy porque as saídas dependem das entradas” é incorrecta; a saída Y_1 não depende das entradas, pelo que na ausência de Y_0 , a máquina seria de Moore.

Expressão à entrada de cada flip-flop:

$$D_A = Q_A \bar{C} + Q_D \bar{A}$$

$$D_B = Q_A C + Q_B \bar{B}$$

$$D_C = Q_B B + Q_C A + Q_D A$$

$$D_D = Q_D \bar{A}$$

Expressão para as saídas:

$$Y_1 = Q_C$$

$$Y_0 = Q_A C + Q_B B + Q_C \bar{A} + Q_D$$

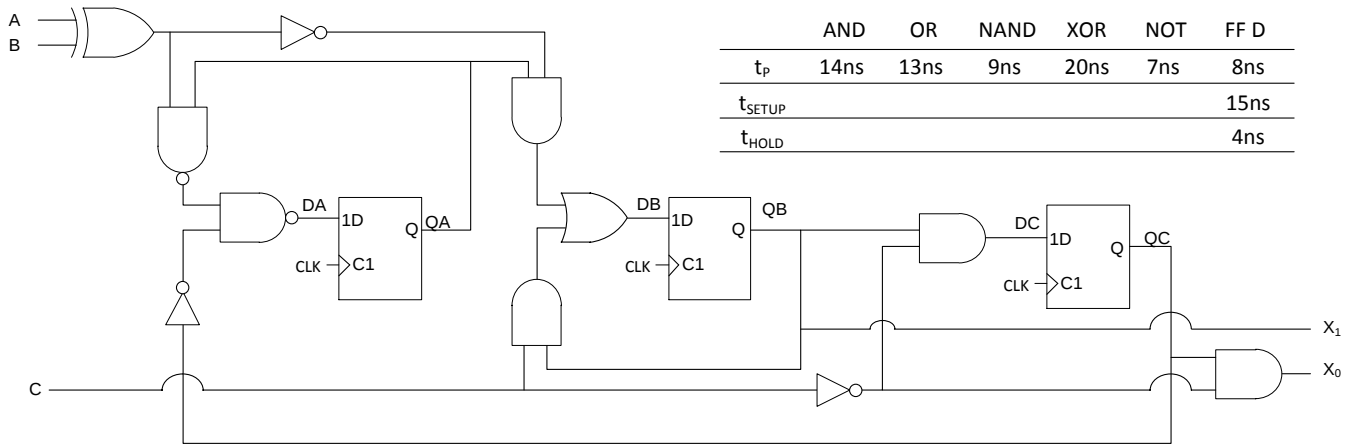
Aluno _____

Nº _____

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

9. [2 val] Considere a máquina de estados apresentada na figura em baixo.

- a) O circuito representa uma máquina de Moore ou de Mealy? **Justifique.**
 b) Quantos estados (possíveis) tem esta máquina de estados? **Justifique.**
 c) Qual a frequência máxima de funcionamento da máquina de estados. **Justifique.**

**Tipo de Máquina:**

- Mealy → a saída X_1 depende do estado e das entradas.

Número de estados possíveis:

$$2^{\#FFs} = 8$$

Frequência máxima:

$$T_{CLK} = \max \begin{Bmatrix} T_{QA \rightarrow QA} \\ T_{QA \rightarrow QB} \\ T_{QB \rightarrow QB} \\ T_{QB \rightarrow QC} \\ T_{QC \rightarrow QA} \end{Bmatrix} = \max \begin{Bmatrix} (T_P)_{QA} + (T_P)_{NAND} + (T_P)_{NAND} + (T_{SETUP})_{QA} \\ (T_P)_{QA} + (T_P)_{AND} + (T_P)_{OR} + (T_{SETUP})_{QB} \\ (T_P)_{QB} + (T_P)_{AND} + (T_P)_{OR} + (T_{SETUP})_{QB} \\ (T_P)_{QB} + (T_P)_{AND} + (T_{SETUP})_{QC} \\ (T_P)_{QC} + (T_P)_{NOT} + (T_P)_{NAND} + (T_{SETUP})_{QA} \end{Bmatrix} = \max \begin{Bmatrix} 41 \text{ ns} \\ 50 \text{ ns} \\ 50 \text{ ns} \\ 37 \text{ ns} \\ 39 \text{ ns} \end{Bmatrix} = 50 \text{ ns}$$

$$f_{CLK} = 1/50\text{ns} = 20 \text{ MHz}$$

Aluno _____

Nº _____

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

10. [1 val] O circuito da figura engloba duas ROMs cujo conteúdo se encontra tabelado. Indique os valores observados no barramento de dados D3,...,D0, para as combinações apresentadas para as linhas A3,...,A0. **Justifique.**

Endereço	Conteúdo	
	ROM A	ROM B
000	1111	1101
001	0110	1010
010	1011	0111
011	1100	0011
100	0010	1001
101	0011	1000
110	0100	0101
111	0001	0000

$A_3 A_2 A_1 A_0$	$D_3 D_2 D_1 D_0$	ROM activa
0010	1011	A
1011	0011	B
0011	1100	A
1010	0111	B

