

Instructions

Before starting the exam, read carefully the following information:

- There are (at least) nine different versions of this exam.
- Although the exam comprises a total of 16 pages, there are two distinct volumes that should be handled as follows:
 - **Volume 1** corresponds to the question list and comprises pages 1 to 12. These pages do not need to be identified because they will be discarded at the end of the exam;
 - **Volume 2** corresponds to the answers sheet and comprises pages 13 to 16. All pages of this volume **MUST** be identified with the student's name and number.
 - At the end of the exam, all pages of **Volume 2** will be separated. Consequently, all non-identified pages will not be considered.
- The exam is composed of three parts (Part I, II and III) and has a duration of 2 (two) hours.
 - **Part I** comprises N_1 multiple choice questions and awards a total of $P_1 = 15$ points.
 - * Each correct answer awards $C = P_1/N_1$ points;
 - * Each wrong answer awards $W = -C/(A - 1)$ points (negative value), where A denotes the number of possible answers offered to each question;
 - * Each non-answered question awards 0 points.
 - **Part II** comprises an open-answer problem about combinatorial circuits and awards a total of $P_2 = 2.5$ points.
 - **Part III** comprises an open-answer problem about sequential circuits and awards a total of $P_3 = 2.5$ points.
 - All question answers **MUST** be replied in the allotted space of **Volume 2**.
- At the end of **Part I of Volume 1** you will find an empty page - you can use it for auxiliary calculations, but this page will not be delivered at the end. This means that all answers **MUST** be replied (and properly justified) in the allotted space of **Volume 2**.
- Each question includes a Portuguese translation of the corresponding text. In case of a mismatch between the English text and its translation, the English text will be the one to be considered in the evaluation¹.
- You cannot use or consult any material during the exam. On your desk you can only have a pen and your student identity card.

¹Cada pergunta inclui uma tradução para Português do referido texto. Em caso de incoerência entre o texto em Inglês e a sua tradução, será o texto em Inglês que será considerado na avaliação.

Volume 1 - Part I

- A. The following 32-bit words correspond to signed rational numbers represented in fixed-point and floating-point. Which of the options presented below corresponds to an ascending ordering of these words?

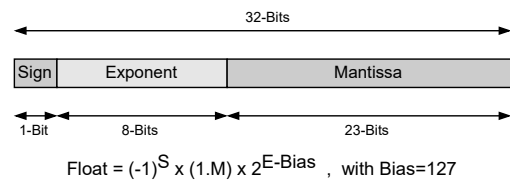
[As seguintes palavras de 32-bits correspondem a números racionais com sinal representados em vírgula fixa e em vírgula flutuante. Qual das opções corresponde à ordenação crescente destas palavras?]

A = 3FD5C28Fh (IEEE-754) B = 77AE147Bh (Q2.30) C = C02AE148h (IEEE-754)

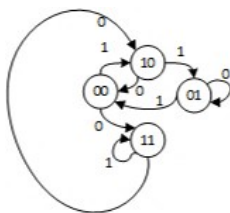
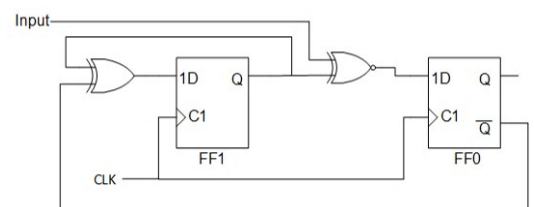
[1]: A,B,C
[4]: C,A,B

[2]: B,C,A
[5]: A,C,B

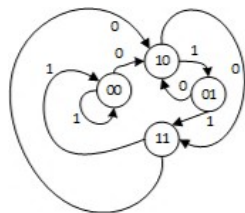
[3]: B,A,C
[6]: C,B,A



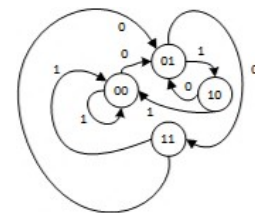
- B. Consider the following circuit. Which state diagram corresponds to the circuit?
[Considere o seguinte circuito. Qual dos diagramas de estado corresponde ao funcionamento do circuito?]



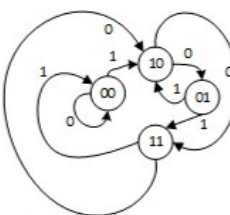
[1]



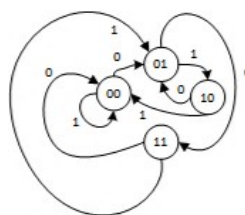
[2]



[3]



[4]



[5]

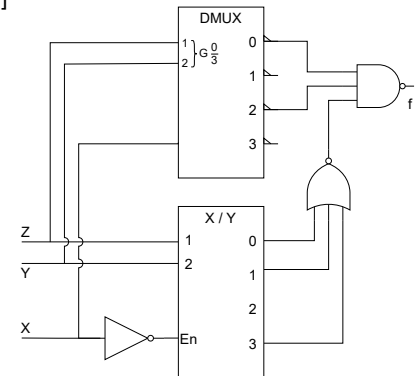
None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

[6]

- C. Select the option corresponding to the output $f(X, Y, Z)$ of the circuit shown below, when the inputs (X, Y, Z) have the values $(0, 0, 1)$, $(0, 1, 0)$, and $(1, 1, 0)$.

[Indique qual das opções corresponde à saída $f(X, Y, Z)$ do circuito apresentado em baixo, quando as entradas (X, Y, Z) tomam os valores $(0, 0, 1)$, $(0, 1, 0)$, and $(1, 1, 0)$.]

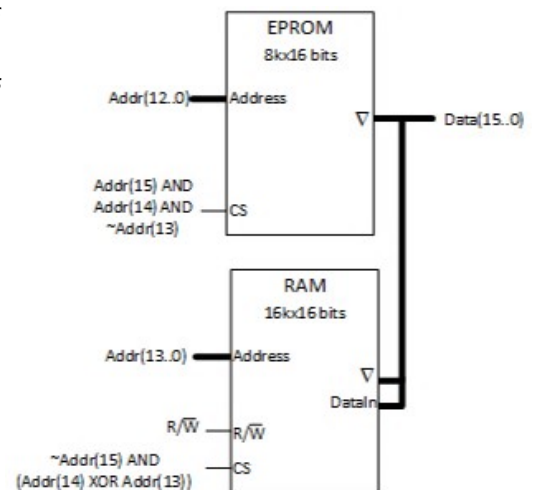
- [1]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{1 ; 0 ; 1\}$
 [2]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{1 ; 1 ; 0\}$
 [3]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{0 ; 0 ; 1\}$
 [4]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{0 ; 1 ; 1\}$
 [5]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{0 ; 1 ; 0\}$
 [6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]



- D. Consider the following memory system. Indicate the range of addresses that correspond to RAM and EPROM.

[Considere o seguinte sistema de memória. Indique os intervalos de endereços que correspondem a RAM e EPROM.]

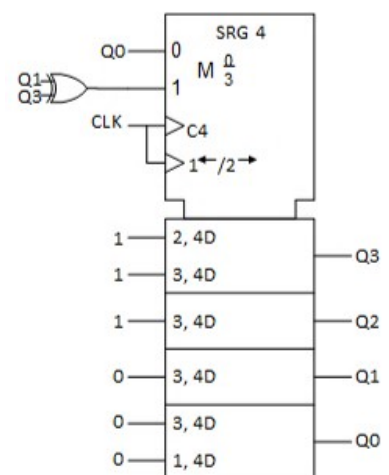
- [1]: RAM:C000h..FFFFh; EPROM:B000h..EFFFh
 [2]: RAM:8000h..BFFFh; EPROM:2000h..3FFFh
 [3]: RAM:A000h..5FFFh; EPROM:C000h..DFFFh
 [4]: RAM:8000h..BFFFh; EPROM:1000h..2FFFh
 [5]: RAM:4000h..7FFFh; EPROM:B000h..EFFFh
 [6]: None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]



- E. Consider the following circuit with a 4-bit shift register, as depicted in the figure. The current state is $Q_3 Q_2 Q_1 Q_0 = 1011$. What are the next two states of the circuit?

[Considere o seguinte circuito com um registo de deslocamento de 4-bits representado na figura. O estado actual é $Q_3 Q_2 Q_1 Q_0 = 1011$. Quais serão os próximos dois estados?]

- [1]: 0110, 1011
 [2]: 1010, 0110
 [3]: 0011, 1111
 [4]: 1011, 0110
 [5]: 1001, 1001
 [6]: None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]



F. Represent $6DE3_{16}$ in octal.

[Represente $6DE3_{16}$ em octal.]

[1]: 31513

[2]: 37363

[3]: 46723

[4]: 65633

[5]: 66743

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

G. What is the 8-bit two's complement representation of -49 ?

[Qual é a representação em complemento para dois com 8-bits de -49 ?]

[1]: 11010000

[2]: 11001111

[3]: 10110001

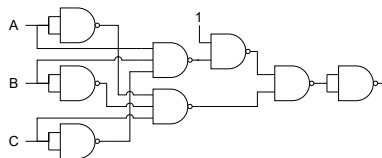
[4]: 11001110

[5]: 00110001

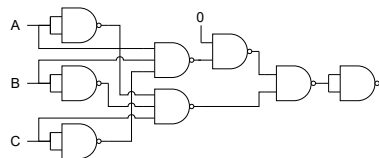
[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

H. Which of the following circuits implements the expression $\overline{(\overline{A} \odot B)} \cdot \overline{C}$?

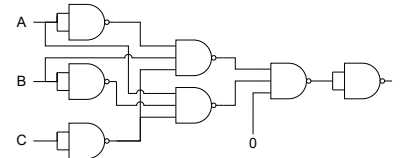
[Qual dos seguintes circuitos implementa a expressão $\overline{(\overline{A} \odot B)} \cdot \overline{C}$?]



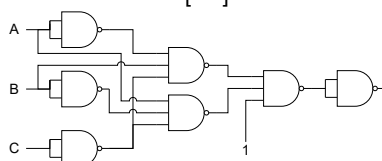
[1]



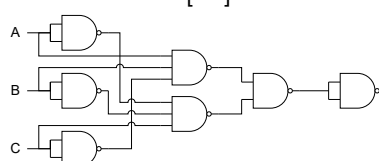
[2]



[3]



[4]



[5]

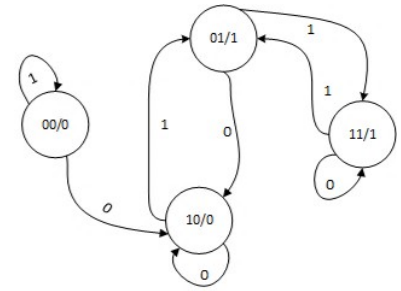
None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

[6]

I.

Consider the following state diagram. Select the output value for each state and the value of the next state for each state and input.

[Considere o seguinte diagrama de estados. Indique o valor da saída do circuito para cada estado e o valor do próximo estado para cada valor do estado e entrada.]



Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	1	10	01
01	0	11	10
10	0	00	00
11	1	01	01

[1]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	1	01	01
01	0	11	10
10	0	00	00
11	1	01	01

[2]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	0	10	00
01	1	10	11
10	0	10	01
11	1	11	01

[3]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	1	10	01
01	0	11	10
10	1	00	00
11	1	01	01

[4]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	1	10	11
01	1	00	10
10	1	10	10
11	1	11	01

[5]

None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

[6]

J. Represent 375_8 in base 10.[Represente 375_8 na base 10.]

[1]: 242

[2]: 253

[3]: 215

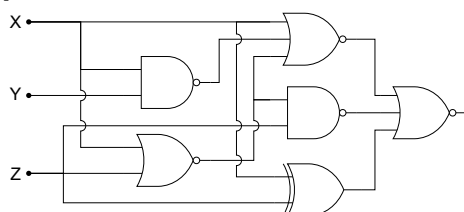
[4]: 175

[5]: 230

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

K. What is the worst case for the propagation time of the following circuit?

[Qual é o pior caso para o tempo de propagação do seguinte circuito?]



Gate	tp [ns]
NAND2	7
NOR2	8
NOR3	12
XOR2	16

[1]: 28

[2]: 34

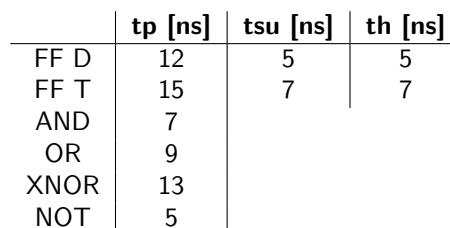
[3]: 31

[4]: 27

[5]: 32

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

[Qual é o período de relógio mínimo do seguinte circuito, assumindo os valores da tabela (em ns)?]



- [Considere o seguinte circuito com um somador, um registo (4 FF's) e lógica combinatória. Assumindo que o estado actual é $Q(3:0) = 1010$, quais serão os próximos dois estados do circuito?]

-

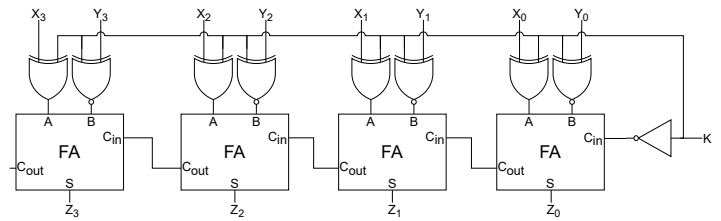
[Qual das seguintes expressões corresponde à função mínima (definida como uma soma de produtos) representada no mapa de Karnaugh?]

- | | | CD | | | |
|----|----|----|----|----|----|
| | | 00 | 01 | 11 | 10 |
| AB | 00 | X | 0 | 0 | 1 |
| | 01 | 0 | 1 | X | 0 |
| | 11 | 1 | X | 0 | 0 |
| | 10 | X | X | 0 | 1 |

O. Which function is implemented by the following circuit? Consider that X and Y are 4-bit signed numbers (two's complement).

[Qual é a função desempenhada pelo seguinte circuito? Assuma que X e Y são números com sinal com 4-bits (em complemento para dois).]

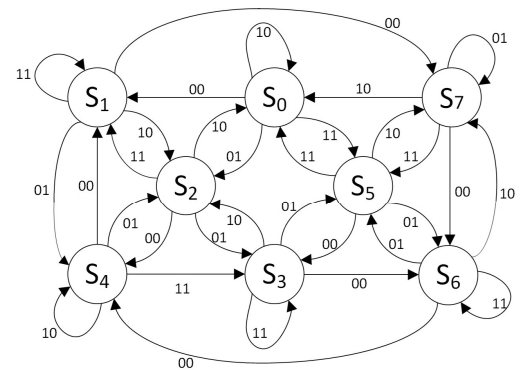
- [1]: $K=0: Z = X-1$; $K=1: Z=Y+1$
 - [2]: $K=0: Z = -X$; $K=1: Z=X+Y$
 - [3]: $K=0: Z = X-Y$; $K=1: Z=X+Y+1$
 - [4]: $K=0: Z = -Y$; $K=1: Z=X+Y$
 - [5]: $K=0: Z = X-Y$; $K=1: Z=-(X-Y)-1$
 - [6]: None of the other options
- [Nenhuma das outras opções]



P. Consider the following state diagram with two inputs X_1X_0 , one-hot encoding, and where each state $S_i (i = 0, \dots, 7)$ is implemented with D flip-flops, with input D_i (next state) and output Q_i (current state). Select, only for the state S_3 , the correct option for D_3 as a function of X_1 and X_0 and the current states Q_i .

[Considere o seguinte diagrama de estados com duas entradas X_1X_0 , codificação one-hot, em que cada estado $S_i (i = 0, \dots, 7)$ é implementado com flip-flops do tipo D, com entradas D_i (próximo estado) e saída Q_i (estado actual). Indique, para o estado S_3 , a expressão de D_3 como função de X_1 e X_0 e os estados actuais Q_i .]

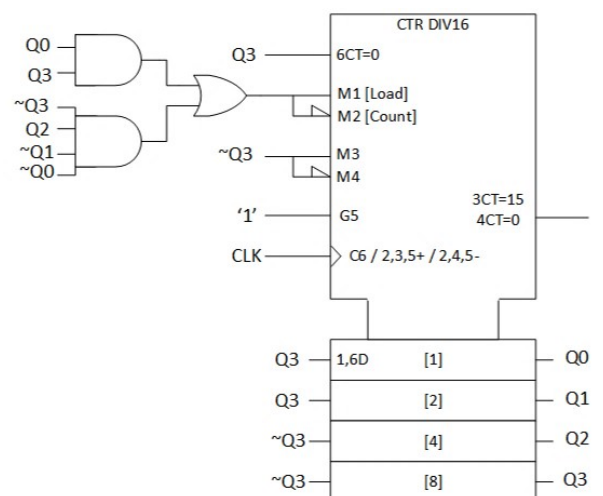
- [1]: $D_3 = X_1\bar{X}_0Q_2 + X_1X_0Q_3 + \bar{X}_1X_0Q_5 + \bar{X}_1\bar{X}_0Q_6$
 - [2]: $D_3 = \bar{X}_1X_0Q_1 + X_1\bar{X}_0Q_3 + \bar{X}_1X_0(Q_5 + Q_7)$
 - [3]: $D_3 = X_1\bar{X}_0Q_2 + X_1X_0Q_3 + X_1\bar{X}_0Q_6 + X_1\bar{X}_0Q_7$
 - [4]: $D_3 = X_1X_0Q_1 + \bar{X}_1\bar{X}_0Q_2 + X_1\bar{X}_0Q_6 + X_1X_0Q_7$
 - [5]: $D_3 = \bar{X}_1X_0Q_2 + X_1X_0(Q_3 + Q_4) + \bar{X}_1\bar{X}_0Q_5$
 - [6]: None of the other options
- [Nenhuma das outras opções]



Q. Which of the following options corresponds to the sequence, in stationary mode, in decimal format at the output of the circuit in the figure below? (suggestion: start by analyzing a "load" situation.)

[Qual das seguintes opções corresponde à sequência de saída do seguinte circuito, em regime estacionário e em formato decimal? (sugestão: comece por analisar a situação de carregamento ("load") de dados.)]

- [1]: ... 4 - 12 - 11 - 3 - 4 ...
 - [2]: ... 13 - 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 13...
 - [3]: ... 4 - 12 - 0 - 1 - 2 - 3 - 4 ...
 - [4]: ... 12 - 1 - 2 - 3 - 14 - 13 - 12 ...
 - [5]: ... 9 - 8 - 7 - 6 - 5 - 4 - 9 ...
 - [6]: None of the other options
- [Nenhuma das outras opções]



- R. Consider the following circuit and truth table. Select the multiplexer inputs $\{X_3; X_2; X_1; X_0\}$ that result in the given truth table.

[Considere o seguinte circuito e tabela de verdade. Selecione as entradas do multiplexer $\{X_3; X_2; X_1; X_0\}$ que resultam na tabela apresentada.]

[1]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{1; B; 0; \overline{B}\}$

[2]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{0; B; 1; \overline{B}\}$

[3]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{1; \overline{B}; 0; B\}$

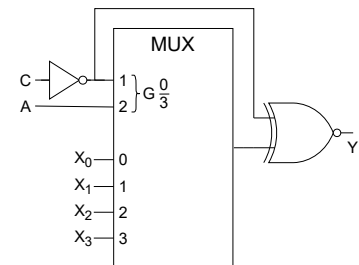
[4]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{0; \overline{B}; 1; \overline{B}\}$

[5]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{0; \overline{B}; 1; B\}$

[6]: None of the other options

[Nenhuma das outras opções]

A	B	C	Y
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1



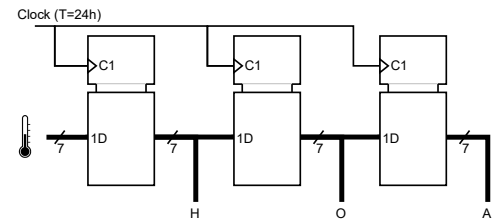
(This space was intentionally left blank for you auxiliary calculations.)

Volume 1 - Part II

NOTE: Portuguese version in the following page

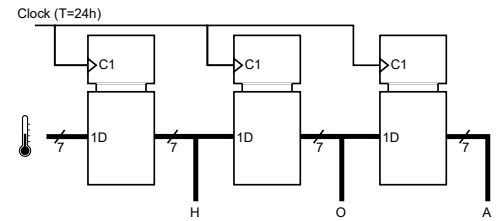
[Question score partitioning: 35% + 30% + 35%]

To control the temperature of a greenhouse, it was adopted a set of registers as shown in the figure, which allows the recording of the temperature values measured on three consecutive days: today (H), yesterday (O) and the day before yesterday (A). The measured temperature has a dynamic range between -64°C and $+63^{\circ}\text{C}$, with a 7-bit precision. In the following exercises, consider the use of 8-bit adders:



- Design the circuit that computes the weighted average $T_M = 0.5 \times T_H + 0.375 \times T_O + 0.25 \times T_A$ with an 8-bit precision.
Hint: remember that $0.375 = 3/8$.
- Without using adders, implement a circuit that activates the alarm signal ($X = 1$) when $T_M \geq 24^{\circ}\text{C}$.
Hint: design a combinational circuit to detect the pattern $T_M \geq +24$.
- In order to evaluate the variation rate (i.e., derivative) of the observed temperature over the last three days, implement a circuit that activates a signal ($Z = 1$) when $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O)$.
Hint: remember that $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

Para controlar a temperatura de uma estufa foi instalado o sistema de registos apresentado na figura que permite armazenar os valores de temperatura medidos em três dias consecutivos: hoje (H), ontem (O), e anteontem (A). A temperatura medida tem uma gama dinâmica entre -64°C e $+63^{\circ}\text{C}$, com uma precisão de 7-bits. Nos seguintes exercícios, considere a utilização de somadores de 8-bit:



1. Projecte o circuito que calcula o valor da média pesada $T_M = 0.5 \times T_H + 0.375 \times T_O + 0.25 \times T_A$ com uma precisão de 8-bits.
Sugestão: recorde que $0.375 = 3/8$.
2. Sem utilizar somadores, implemente um circuito que activa o sinal de alarme ($X = 1$) quando $T_M \geq 24^{\circ}\text{C}$.
Sugestão: projecte um circuito combinatório que detecte o padrão $T_M \geq +24$.
3. De modo a avaliar o ritmo de variação (i.e., derivada) da temperatura observada ao longo dos últimos três dias, implemente um circuito que active um sinal ($Z = 1$) quando $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O)$.
Sugestão: recorde que $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

Volume 1 - Part III

NOTE: Portuguese version in the following page

[Question score partitioning: 50% + 50%]

Question A:

Design a circuit that controls a toaster. The toaster works as follows:



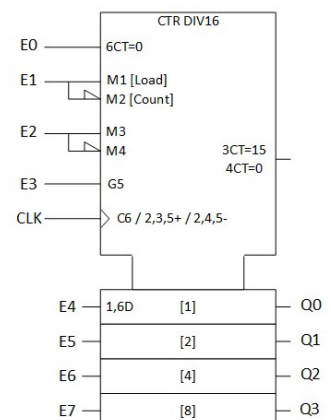
- The toaster has five input signals:
 - STOP_H: Aborts the toasting process, returning to a standby state.
 - ACT_H: Lever that lowers the bread and starts the toasting mechanism.
 - LONG_H: Button that sets the toasting time (active: $2TA$; inactive: $1TA$), where TA is the period of the auxiliary timer (see below).
 - THERM_H: Warning from sensing circuit when the temperature is above 50°C .
 - TIMEOUT_H: This signal is active during one clock period when the auxiliary timer expires.
- The toaster has four output signals:
 - LED_H: LED is on while the toaster is switched on, or the temperature is above 50°C .
 - TOAST_H: Activates the heating mechanism of the toaster.
 - FINISH_H: Activated during one clock period to disconnect the heating and free the bread.
 - TIMER_ACT_H: A transition from 0 to 1 in this signal starts the timer; a transition from 1 to 0 prepares the timer for a new activation.
- There are two standby states: with LED switched off (temperature lower or equal than 50°C indicated by $\text{THERM}_H=0$), and with LED switched on (temperature higher than 50°C , indicated by $\text{THERM}_H=1$).
- The initial state is a standby state with the LED switched off. After the user introduces the bread, presses the lever, activating ACT_H . The toaster starts, activating the timer (TIMER_ACT_H) and the heating (TOAST_H).
- Toasting will continue during 1 or 2 successive activations of the timer, depending on the value of LONG_H .
- After the timer expires for the last time (depending on LONG_H), the signal FINISH_H is active during one clock period.
- After FINISH_H is activated, the toasting operation is finished, the toaster returns to a standby state, and it is assumed that the lever automatically returns to the initial position. However, the red LED will remain lit (standby state with LED switched on) until the temperature becomes lower or equal than 50°C . This state behaves similarly to the initial state, except for the LED.

Complete the state diagram (see Volume 2, Part IIIA) defining the values of the input signals associated with all state transitions, as well as the values of the output signals in each state. "Don't cares" must be used for the inputs whose value does not matter for given a state transition. In the diagram, the inputs/outputs must be indicated in the following order:

- Order of the inputs: STOP_H, ACT_H, LONG_H, THERM_H, TIMEOUT_H.
- Order of the outputs: LED_H, TOAST_H, FINISH_H, TIMER_ACT_H.

Question B:

- Consider a state machine with input A and state bits Q3, Q2, Q1 and Q0, implemented with the circuit depicted in the figure. Complete the state transition table (see Volume 2, Part IIIB), considering the provided state transitions. Justify, identifying the operation performed by the circuit in each transition. **Note: The parallel LOAD operation will only be accepted in case there is no other alternative leading to the same result. The signals that don't care to a given operation must mandatorily be marked as don't cares.**
- Indicate the algebraic expressions of the signals E0 and E1 in the disjunctive canonical form, ignoring the "don't cares".



Pergunta A:

Projecte um controlador de uma torradeira que funciona da seguinte forma:

- A torradeira tem cinco sinais de entrada:
 - STOP_H: Aborta a operação da torradeira, retornando a um estado de *standby*.
 - ACT_H: Alavanca que baixa o pão e liga o mecanismo de aquecimento.
 - LONG_H: Botão que define o tempo de operação (activo: $2TA$; inativo: $1TA$), sendo TA o período do temporizador auxiliar (ver em baixo).
 - THERM_H: Aviso de um sensor de temperatura quando a temperatura da torradeira é superior a 50°C .
 - TIMEOUT_H: Ativo durante um período de relógio quando o temporizador auxiliar expira.
- A torradeira tem quatro sinais de saída:
 - LED_H: LED acende enquanto a torradeira está em operação, ou a temperatura é superior a 50°C .
 - TOAST_H: ativa o mecanismo de aquecimento da torradeira.
 - FINISH_H: ativado durante um período de relógio para desligar o aquecimento e libertar o pão.
 - TIMER_ACT_H: Uma transição de 0 para 1 neste sinal inicia o temporizador; uma transição de 1 para 0 reinicializa o gatilho do temporizador para poder receber uma nova ativação.
- Existem dois estados de *standby*: com o LED apagado (temperatura menor ou igual a 50°C indicada por $\text{THERM_H}=0$), e LED aceso (temperatura superior a 50°C , indicada por $\text{THERM_H}=1$).
- O estado inicial é o estado de *standby* com o LED apagado. Depois de o utilizador introduzir o pão, pressiona a alavanca, ativando ACT_H. A torradeira inicia assim a sua operação, ativando o temporizador (TIMER_ACT_H) e o aquecimento (TOAST_H).
- A operação continua durante 1 ou 2 activações (sucessivas) do temporizador, consoante o valor de LONG_H.
- O sinal FINISH_H é ativado durante um período de relógio depois de o temporizador expirar pela última vez (que depende de LONG_H).
- Depois de FINISH_H ser ativado, a operação da torradeira termina, a torradeira volta a ficar num estado de *standby*, e assume-se que a alavanca voltou automaticamente à posição inicial. No entanto, o LED vermelho permanecerá aceso (estado *standby* com LED aceso) até que a temperatura passe a ser menor ou igual a 50°C . Este estado comporta-se de forma semelhante ao estado inicial, à exceção do LED.

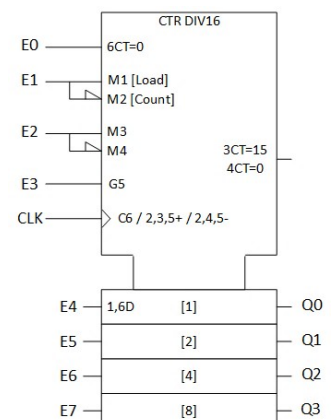
Complete o diagrama de estados (ver Volume 2, Parte IIIA), definindo os valores dos sinais de entrada que desencadeiam todas as transições de estado, assim como os valores de saída de cada estado. As "indiferenças" têm de ser obrigatoriamente usadas para entradas que não tenham influência numa determinada transição de estado. As entradas/saídas têm de ser indicadas de acordo com a ordem seguinte:

- Ordem das entradas: STOP_H, ACT_H, LONG_H, THERM_H, TIMEOUT_H.
- Ordem das saídas: LED_H, TOAST_H, FINISH_H, TIMER_ACT_H.

Pergunta B:

Considere uma máquina de estados com entrada A e bits de estado Q3, Q2, Q1 e Q0, realizada com base no circuito da figura.

1. Complete a tabela de transição de estados (ver Volume 2, Parte IIIB), considerando as transições nela representadas. Justifique, identificando na tabela as operações realizadas em cada transição. **Nota: A operação de carregamento em paralelo (LOAD) só será aceite se não houver uma operação alternativa que conduza ao mesmo resultado. Os sinais indiferentes para determinada operação têm obrigatoriamente de ser marcados como indiferenças.**
2. Indique as expressões para os sinais E0 e E1 na forma canónica disjuntiva, ignorando as indiferenças.





**Don't forget to identify this and the following pages!
Only these pages will be considered for your evaluation.**

Volume 2 - Part I

For each question of Part I (question A, B, C, ...), fill in the number of the correct answer from the supplied multiple-choice list (answer 1, 2, 3, ...):

*	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
1																			X	X	X	X	X	X	X	X

NOTE: Leave blank (or fill in with 0) all questions that you do not wish to answer.

Volume 2 - Part II

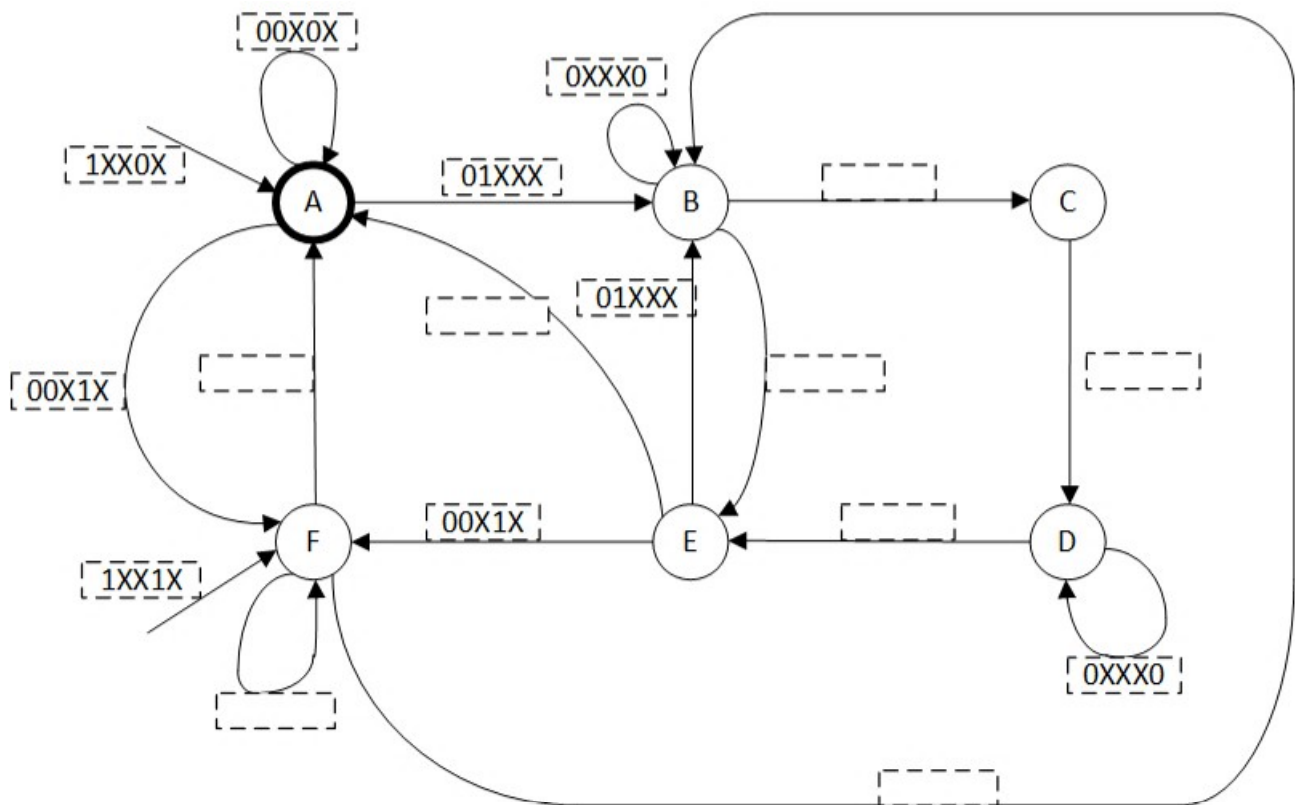
Volume 2 - Part II (Cont.)

Volume 2 - Part III

Pergunta A:

Meaning of the states [*Significado dos estados*]:

- A: Standby state w/ temperature ≤ 50 ; **initial state** [*Estado standby com temperatura ≤ 50 ; estado inicial*];
- B: Toaster switched on during the first timer period [*Torradeira ligada durante o primeiro período do temporizador*];
- C: Toaster switched on, re-initialize timer trigger before starting the second timer period [*Torradeira ligada, reinicializar gatilho do temporizador antes de iniciar segundo período do temporizador*];
- D: Toaster switched on during the second timer period [*Torradeira ligada durante o segundo período do temporizador*];
- E: Finish [*Terminar*];
- F: Standby state w/ temperature > 50 [*Estado standby com temperatura > 50*];



For each state, define the values of the inputs (in the diagram) and of the outputs (below) according to the following order:
 [Para cada estado, indique os valores das entradas (no diagrama) e das saídas (em baixo) de acordo com a seguinte ordem]:

- Ordem das entradas: STOP_H, ACT_H, LONG_H, THERM_H, TIMEOUT_H.
- Ordem das saídas: LED_H, TOAST_H, FINISH_H, TIMER_ACT_H.

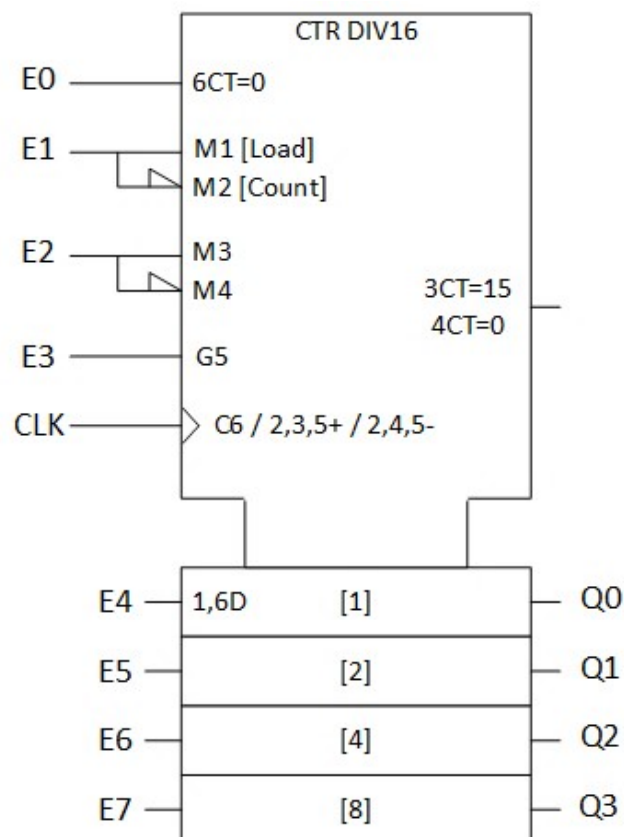
- A: _____
- B: _____
- C: _____
- D: _____
- E: _____
- F: _____

Volume 2 - Part III (Cont.)

Pergunta B:

$Q_3^n Q_2^n Q_1^n Q_0^n$	A	E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	$Q_3^{n+1} Q_2^{n+1} Q_1^{n+1} Q_0^{n+1}$	Operation
0000	0	0	0							0001	
0000	1	0	0							1111	
0001	0	0	0							0010	
0001	1	0	1							0011	
0100	0	1	X							0000	
0100	1	0	0							0011	
1001	0	0	0							1010	
1001	1	0	1							1011	
1111	0	0	0							1110	
1111	1	0	1							1101	

- E0 = _____
- E1 = _____



Instructions

Before starting the exam, read carefully the following information:

- There are (at least) nine different versions of this exam.
- Although the exam comprises a total of 16 pages, there are two distinct volumes that should be handled as follows:
 - **Volume 1** corresponds to the question list and comprises pages 1 to 12. These pages do not need to be identified because they will be discarded at the end of the exam;
 - **Volume 2** corresponds to the answers sheet and comprises pages 13 to 16. All pages of this volume **MUST** be identified with the student's name and number.
 - At the end of the exam, all pages of **Volume 2** will be separated. Consequently, all non-identified pages will not be considered.
- The exam is composed of three parts (Part I, II and III) and has a duration of 2 (two) hours.
 - **Part I** comprises N_1 multiple choice questions and awards a total of $P_1 = 15$ points.
 - * Each correct answer awards $C = P_1/N_1$ points;
 - * Each wrong answer awards $W = -C/(A - 1)$ points (negative value), where A denotes the number of possible answers offered to each question;
 - * Each non-answered question awards 0 points.
 - **Part II** comprises an open-answer problem about combinatorial circuits and awards a total of $P_2 = 2.5$ points.
 - **Part III** comprises an open-answer problem about sequential circuits and awards a total of $P_3 = 2.5$ points.
 - All question answers **MUST** be replied in the allotted space of **Volume 2**.
- At the end of **Part I of Volume 1** you will find an empty page - you can use it for auxiliary calculations, but this page will not be delivered at the end. This means that all answers **MUST** be replied (and properly justified) in the allotted space of **Volume 2**.
- Each question includes a Portuguese translation of the corresponding text. In case of a mismatch between the English text and its translation, the English text will be the one to be considered in the evaluation¹.
- You cannot use or consult any material during the exam. On your desk you can only have a pen and your student identity card.

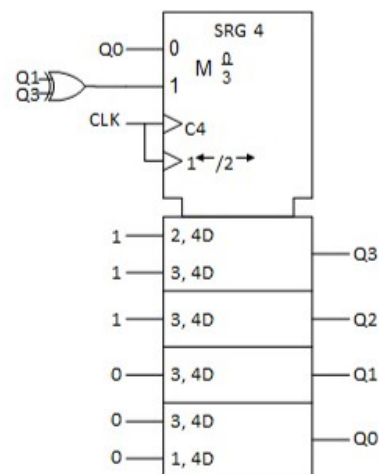
¹Cada pergunta inclui uma tradução para Português do referido texto. Em caso de incoerência entre o texto em Inglês e a sua tradução, será o texto em Inglês que será considerado na avaliação.

Volume 1 - Part I

- A. Consider the following circuit with a 4-bit shift register, as depicted in the figure. The current state is $Q_3 Q_2 Q_1 Q_0 = 1011$. What are the next two states of the circuit?

[Considere o seguinte circuito com um registo de deslocamento de 4-bits representado na figura. O estado actual é $Q_3 Q_2 Q_1 Q_0 = 1011$. Quais serão os próximos dois estados?]

- [1]: 0110, 1011
- [2]: 1010, 0110
- [3]: 0011, 1111
- [4]: 1001, 1001
- [5]: 1011, 0110
- [6]: None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

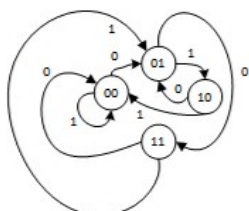


- B. Represent 375_8 in base 10.
[Represente 375_8 na base 10.]

- [1]: 253 [2]: 215 [3]: 175
- [4]: 230 [5]: 242 [6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

- C. What is the 8-bit two's complement representation of -49 ?
[Qual é a representação em complemento para dois com 8-bits de -49 ?]

- [1]: 11001111 [2]: 00110001 [3]: 10110001
- [4]: 11001110 [5]: 11010000 [6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

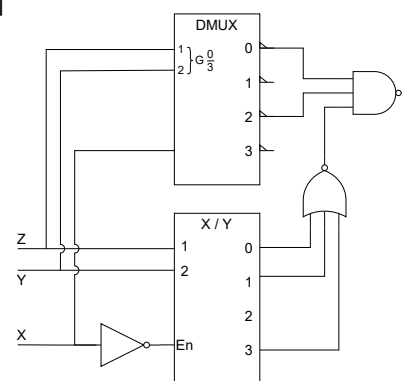


None of the other options
[*Nenhuma das outras opções*]

[6]

$$[1]: \{f(0,0,1) ; f(0,1,0) ; f(1,1,0)\} = \{1 ; 0 ; 1\}$$
$$[2]: \{f(0,0,1) ; f(0,1,0) ; f(1,1,0)\} = \{1 ; 1 ; 0\}$$
$$[3]: \{f(0,0,1) ; f(0,1,0) ; f(1,1,0)\} = \{0 ; 0 ; 1\}$$
$$[4]: \{f(0,0,1) ; f(0,1,0) ; f(1,1,0)\} = \{0 ; 1 ; 0\}$$
$$[5]: \{f(0,0,1); f(0,1,0); f(1,1,0)\} = \{0; 1; 1\}$$

[6]: None of the other options [*Nenhuma das outras opções*]



A = 3FD5C28Fh (IEEE-754) B = 77AE147Bh (Q2.30) C = C02AE148h (IEEE-754)

[1]: C,A,B

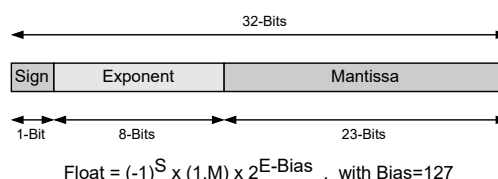
[2]: A,B,C

[3]: B,A,C

[4]: B,C,A

[5]: A,C,B

[6]: C,B,A



- G. Consider the following circuit with an adder, a register (4 FF's) and a combinational logic circuit. Assuming that the current state is $Q(3:0) = 1010$, what are the next two states of the circuit?
 [Considere o seguinte circuito com um somador, um registo (4 FF's) e lógica combinatória. Assumindo que o estado actual é $Q(3:0) = 1010$, quais serão os próximos dois estados do circuito?]

[1]: 0001, 1110

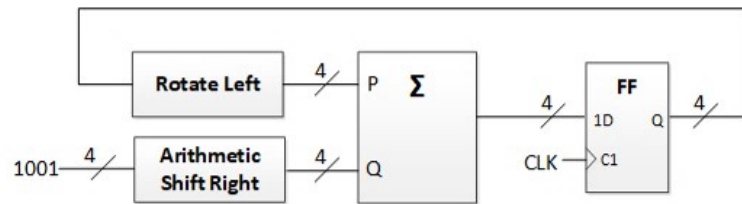
[2]: 0011, 1110

[3]: 1100, 1000

[4]: 1110, 1111

[5]: 0111, 1111

[6]: None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]



- H. Consider the following memory system. Indicate the range of addresses that correspond to RAM and EPROM.
 [Considere o seguinte sistema de memória. Indique os intervalos de endereços que correspondem a RAM e EPROM.]

[1]: RAM:C000h..FFFFh; EPROM:B000h..FFFFh

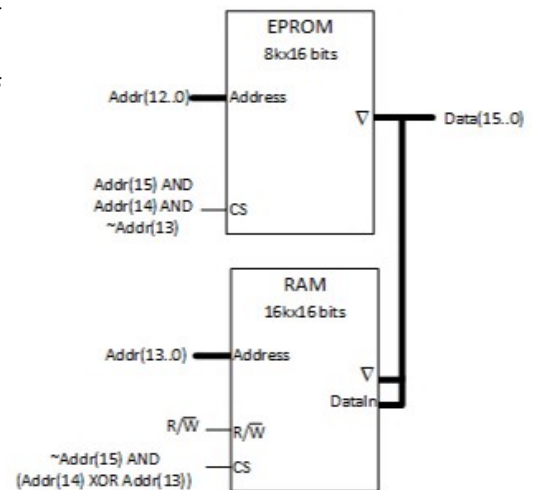
[2]: RAM:4000h..7FFFh; EPROM:B000h..FFFFh

[3]: RAM:8000h..BFFFh; EPROM:1000h..2FFFh

[4]: RAM:A000h..5FFFh; EPROM:C000h..DFFFh

[5]: RAM:8000h..BFFFh; EPROM:2000h..3FFFh

[6]: None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]



- I. Which of the following options corresponds to the sequence, in stationary mode, in decimal format at the output of the circuit in the figure below? (suggestion: start by analyzing a "load" situation.)
 [Qual das seguintes opções corresponde à sequência de saída do seguinte circuito, em regime estacionário e em formato decimal? (sugestão: comece por analisar a situação de carregamento ("load") de dados.)]

[1]: ... 9 - 8 - 7 - 6 - 5 - 4 - 9 ...

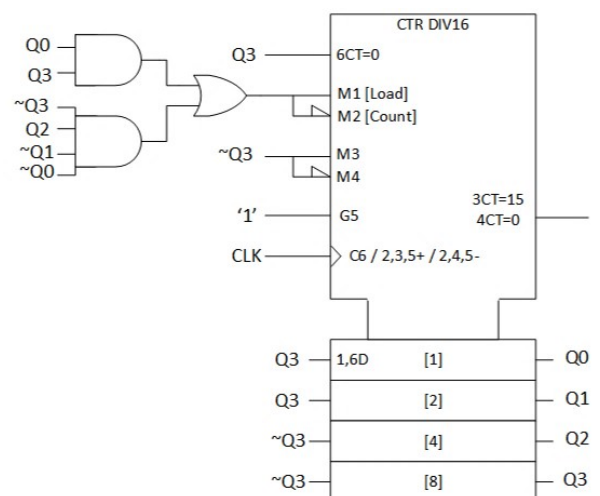
[2]: ... 13 - 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 13...

[3]: ... 4 - 12 - 0 - 1 - 2 - 3 - 4 ...

[4]: ... 12 - 1 - 2 - 3 - 14 - 13 - 12 ...

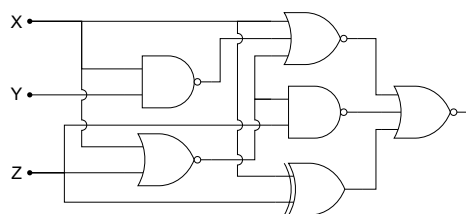
[5]: ... 4 - 12 - 11 - 3 - 4 ...

[6]: None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]



J. What is the worst case for the propagation time of the following circuit?

[Qual é o pior caso para o tempo de propagação do seguinte circuito?]



Gate	tp [ns]
NAND2	7
NOR2	8
NOR3	12
XOR2	16

[1]: 27

[2]: 32

[3]: 31

[4]: 28

[5]: 34

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

K. Which function is implemented by the following circuit? Consider that X and Y are 4-bit signed numbers (two's complement).

[Qual é a função desempenhada pelo seguinte circuito? Assuma que X e Y são números com sinal com 4-bits (em complemento para dois).]

[1]: K=0: Z = -X ; K=1: Z = X+Y

[2]: K=0: Z = X-Y ; K=1: Z = -(X-Y)-1

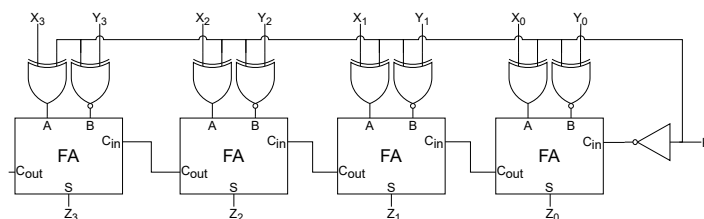
[3]: K=0: Z = X-1 ; K=1: Z = Y+1

[4]: K=0: Z = X-Y ; K=1: Z = X+Y+1

[5]: K=0: Z = -Y ; K=1: Z = X+Y

[6]: None of the other options

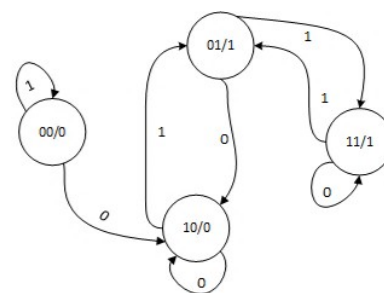
[Nenhuma das outras opções]



L.

Consider the following state diagram. Select the output value for each state and the value of the next state for each state and input.

[Considere o seguinte diagrama de estados. Indique o valor da saída do circuito para cada estado e o valor do próximo estado para cada valor do estado e entrada.]



Q(n)	Y(n)	Q(n+1)	Q(n+1)
		x=0	x=1
00	1	01	01
01	0	11	10
10	0	00	00
11	1	01	01

[1]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1)	Q(n+1)
		x=0	x=1
00	1	10	01
01	0	11	10
10	0	00	00
11	1	01	01

[2]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1)	Q(n+1)
		x=0	x=1
00	1	10	01
01	0	11	10
10	1	00	00
11	1	01	01

[3]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1)	Q(n+1)
		x=0	x=1
00	0	10	00
01	1	10	11
10	0	10	01
11	1	11	01

[4]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1)	Q(n+1)
		x=0	x=1
00	1	10	11
01	1	00	10
10	1	10	10
11	1	11	01

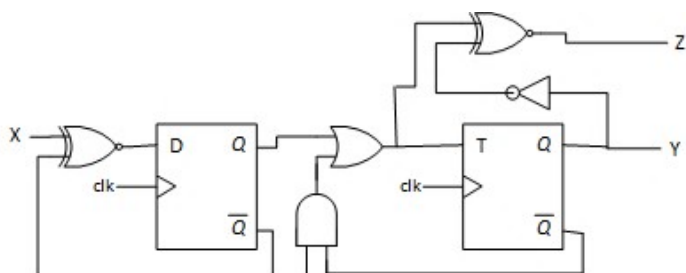
[5]

None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

[6]

M. What is the minimum clock period of the following circuit, given the table values (in ns)?

[Qual é o período de relógio mínimo do seguinte circuito, assumindo os valores da tabela (em ns)?]



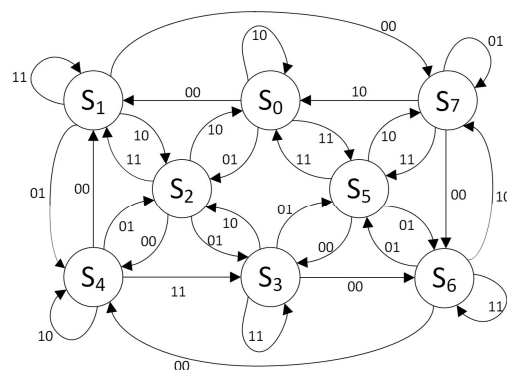
	tp [ns]	tsu [ns]	th [ns]
FF D	12	5	5
FF T	15	7	7
AND	7		
OR	9		
XNOR	13		
NOT	5		

- | | | |
|-----------|-----------|---|
| [1]: 38 | [2]: 34 | [3]: 30 |
| [4]: 35 | [5]: 29 | [6]: None of the other options [<i>Nenhuma das outras opções</i>] |

N. Consider the following state diagram with two inputs X_1X_0 , one-hot encoding, and where each state S_i ($i = 0, \dots, 7$) is implemented with D flip-flops, with input D_i (next state) and output Q_i (current state). Select, only for the state S_3 , the correct option for D_3 as a function of X_1 and X_0 and the current states Q_i .

[Considere o seguinte diagrama de estados com duas entradas X_1X_0 , codificação one-hot, em que cada estado S_i ($i = 0, \dots, 7$) é implementado com flip-flops do tipo D, com entradas D_i (próximo estado) e saída Q_i (estado actual). Indique, para o estado S_3 , a expressão de D_3 como função de X_1 e X_0 e os estados actuais Q_i .]

- [1] : $D_3 = X_1 \overline{X_0} Q_2 + X_1 X_0 Q_3 + \overline{X_1} X_0 Q_5 + \overline{X_1} \overline{X_0} Q_6$
 [2] : $D_3 = X_1 X_0 Q_1 + \overline{X_1} \overline{X_0} Q_2 + X_1 \overline{X_0} Q_6 + X_1 X_0 Q_7$
 [3] : $D_3 = X_1 \overline{X_0} Q_2 + X_1 X_0 Q_3 + X_1 \overline{X_0} Q_6 + X_1 \overline{X_0} Q_7$
 [4] : $D_3 = \overline{X_1} X_0 Q_1 + X_1 \overline{X_0} Q_3 + \overline{X_1} X_0 (Q_5 + Q_7)$
 [5] : $D_3 = \overline{X_1} X_0 Q_2 + X_1 X_0 (Q_3 + Q_4) + \overline{X_1} \overline{X_0} Q_5$
 [6] : None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]

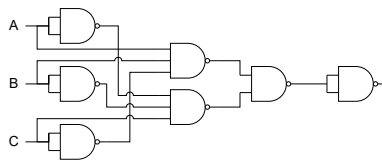


O. Represent $6DE3_{16}$ in octal.

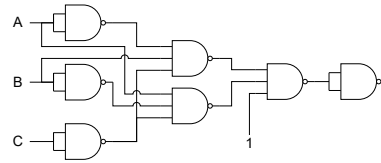
[Represente $6DE3_{16}$ em octal.]

- | | | |
|--------------|--------------|---|
| [1]: 65633 | [2]: 66743 | [3]: 31513 |
| [4]: 46723 | [5]: 37363 | [6]: None of the other options [<i>Nenhuma das outras opções</i>] |

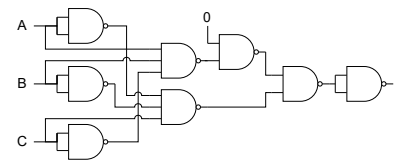
- P. Which of the following circuits implements the expression $\overline{(\bar{A} \odot B)} \cdot \bar{C}$?
 [Qual dos seguintes circuitos implementa a expressão $\overline{(\bar{A} \odot B)} \cdot \bar{C}$?]



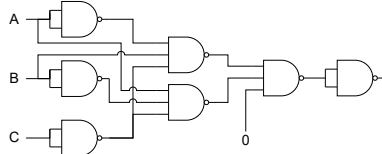
[1]



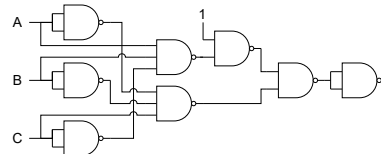
[2]



[3]



[4]



[5]

None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]

[6]

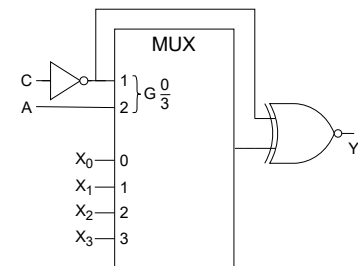
- Q. Consider the following circuit and truth table. Select the multiplexer inputs $\{X_3; X_2; X_1; X_0\}$ that result in the given truth table.

[Considere o seguinte circuito e tabela de verdade. Selecione as entradas do multiplexer $\{X_3; X_2; X_1; X_0\}$ que resultam na tabela apresentada.]

[1]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{0; \bar{B}; 1; B\}$ [2]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{0; \bar{B}; 1; \bar{B}\}$ [3]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{0; B; 1; \bar{B}\}$ [4]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{1; \bar{B}; 0; B\}$ [5]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{1; B; 0; \bar{B}\}$

[6]: None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]

A	B	C	Y
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1



- R. Which of the following expressions corresponds to the minimal function (defined as a sum of products) represented in the Karnaugh-map?

[Qual das seguintes expressões corresponde à função mínima (definida como uma soma de produtos) representada no mapa de Karnaugh?]

[1]: $\bar{C}.A + \bar{C}.B.\bar{D} + B.D$ [2]: $\bar{B}.C + \bar{A}.B.\bar{C} + \bar{A}.\bar{D}$ [3]: $\bar{B}.\bar{D} + \bar{A}.B.D + A.\bar{C}$ [4]: $\bar{C}.\bar{D} + A.\bar{B}.\bar{D} + A.D$ [5]: $\bar{B}.\bar{D} + \bar{C}.B.D + \bar{A}.D$

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

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

(This space was intentionally left blank for you auxiliary calculations.)

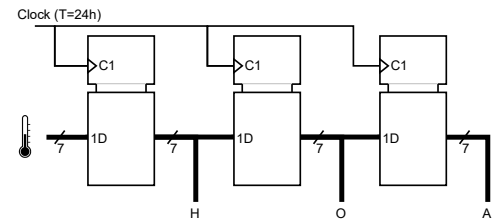
This page will be discarded

Volume 1 - Part II

NOTE: Portuguese version in the following page

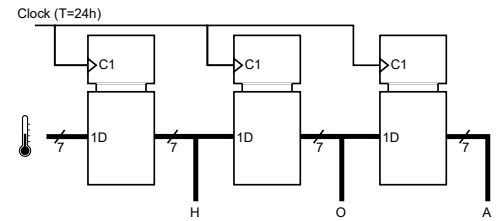
[Question score partitioning: 35% + 30% + 35%]

To control the temperature of a greenhouse, it was adopted a set of registers as shown in the figure, which allows the recording of the temperature values measured on three consecutive days: today (H), yesterday (O) and the day before yesterday (A). The measured temperature has a dynamic range between -64°C and $+63^{\circ}\text{C}$, with a 7-bit precision. In the following exercises, consider the use of 8-bit adders:



- Design the circuit that computes the weighted average $T_M = 0.5 \times T_H + 0.375 \times T_O + 0.25 \times T_A$ with an 8-bit precision.
Hint: remember that $0.375 = 3/8$.
- Without using adders, implement a circuit that activates the alarm signal ($X = 1$) when $T_M \geq 24^{\circ}\text{C}$.
Hint: design a combinational circuit to detect the pattern $T_M \geq +24$.
- In order to evaluate the variation rate (i.e., derivative) of the observed temperature over the last three days, implement a circuit that activates a signal ($Z = 1$) when $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O)$.
Hint: remember that $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

Para controlar a temperatura de uma estufa foi instalado o sistema de registos apresentado na figura que permite armazenar os valores de temperatura medidos em três dias consecutivos: hoje (H), ontem (O), e anteontem (A). A temperatura medida tem uma gama dinâmica entre -64°C e $+63^{\circ}\text{C}$, com uma precisão de 7-bits. Nos seguintes exercícios, considere a utilização de somadores de 8-bit:



1. Projecte o circuito que calcula o valor da média pesada $T_M = 0.5 \times T_H + 0.375 \times T_O + 0.25 \times T_A$ com uma precisão de 8-bits.
Sugestão: recorde que $0.375 = 3/8$.
2. Sem utilizar somadores, implemente um circuito que activa o sinal de alarme ($X = 1$) quando $T_M \geq 24^{\circ}\text{C}$.
Sugestão: projecte um circuito combinatório que detecte o padrão $T_M \geq +24$.
3. De modo a avaliar o ritmo de variação (i.e., derivada) da temperatura observada ao longo dos últimos três dias, implemente um circuito que active um sinal ($Z = 1$) quando $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O)$.
Sugestão: recorde que $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

Volume 1 - Part III

NOTE: Portuguese version in the following page

[Question score partitioning: 50% + 50%]

Question A:

Design a circuit that controls a toaster. The toaster works as follows:



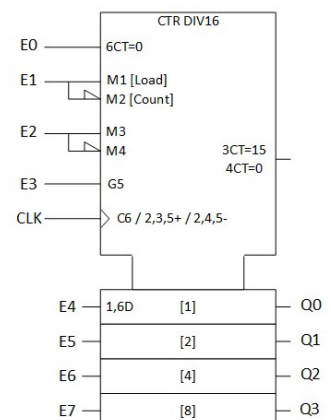
- The toaster has five input signals:
 - STOP_H: Aborts the toasting process, returning to a standby state.
 - ACT_H: Lever that lowers the bread and starts the toasting mechanism.
 - LONG_H: Button that sets the toasting time (active: $2TA$; inactive: $1TA$), where TA is the period of the auxiliary timer (see below).
 - THERM_H: Warning from sensing circuit when the temperature is above 50°C .
 - TIMEOUT_H: This signal is active during one clock period when the auxiliary timer expires.
- The toaster has four output signals:
 - LED_H: LED is on while the toaster is switched on, or the temperature is above 50°C .
 - TOAST_H: Activates the heating mechanism of the toaster.
 - FINISH_H: Activated during one clock period to disconnect the heating and free the bread.
 - TIMER_ACT_H: A transition from 0 to 1 in this signal starts the timer; a transition from 1 to 0 prepares the timer for a new activation.
- There are two standby states: with LED switched off (temperature lower or equal than 50°C indicated by $\text{THERM_H}=0$), and with LED switched on (temperature higher than 50°C , indicated by $\text{THERM_H}=1$).
- The initial state is a standby state with the LED switched off. After the user introduces the bread, presses the lever, activating ACT_H. The toaster starts, activating the timer (TIMER_ACT_H) and the heating (TOAST_H).
- Toasting will continue during 1 or 2 successive activations of the timer, depending on the value of LONG_H.
- After the timer expires for the last time (depending on LONG_H), the signal FINISH_H is active during one clock period.
- After FINISH_H is activated, the toasting operation is finished, the toaster returns to a standby state, and it is assumed that the lever automatically returns to the initial position. However, the red LED will remain lit (standby state with LED switched on) until the temperature becomes lower or equal than 50°C . This state behaves similarly to the initial state, except for the LED.

Complete the state diagram (see Volume 2, Part IIIA) defining the values of the input signals associated with all state transitions, as well as the values of the output signals in each state. "Don't cares" must be used for the inputs whose value does not matter for given a state transition. In the diagram, the inputs/outputs must be indicated in the following order:

- Order of the inputs: STOP_H, ACT_H, LONG_H, THERM_H, TIMEOUT_H.
- Order of the outputs: LED_H, TOAST_H, FINISH_H, TIMER_ACT_H.

Question B:

1. Consider a state machine with input A and state bits Q3, Q2, Q1 and Q0, implemented with the circuit depicted in the figure. Complete the state transition table (see Volume 2, Part IIIB), considering the provided state transitions. Justify, identifying the operation performed by the circuit in each transition. **Note: The parallel LOAD operation will only be accepted in case there is no other alternative leading to the same result. The signals that don't care to a given operation must mandatorily be marked as don't cares.**
2. Indicate the algebraic expressions of the signals E0 and E1 in the disjunctive canonical form, ignoring the "don't cares".



Pergunta A:



Projecte um controlador de uma torradeira que funciona da seguinte forma:

- A torradeira tem cinco sinais de entrada:
 - STOP_H: Aborta a operação da torradeira, retornando a um estado de *standby*.
 - ACT_H: Alavanca que baixa o pão e liga o mecanismo de aquecimento.
 - LONG_H: Botão que define o tempo de operação (activo: $2TA$; inativo: $1TA$), sendo TA o período do temporizador auxiliar (ver em baixo).
 - THERM_H: Aviso de um sensor de temperatura quando a temperatura da torradeira é superior a 50°C .
 - TIMEOUT_H: Ativo durante um período de relógio quando o temporizador auxiliar expira.
- A torradeira tem quatro sinais de saída:
 - LED_H: LED acende enquanto a torradeira está em operação, ou a temperatura é superior a 50°C .
 - TOAST_H: ativa o mecanismo de aquecimento da torradeira.
 - FINISH_H: ativado durante um período de relógio para desligar o aquecimento e libertar o pão.
 - TIMER_ACT_H: Uma transição de 0 para 1 neste sinal inicia o temporizador; uma transição de 1 para 0 reinicializa o gatilho do temporizador para poder receber uma nova ativação.
- Existem dois estados de *standby*: com o LED apagado (temperatura menor ou igual a 50°C indicada por $\text{THERM_H}=0$), e LED aceso (temperatura superior a 50°C , indicada por $\text{THERM_H}=1$).
- O estado inicial é o estado de *standby* com o LED apagado. Depois de o utilizador introduzir o pão, pressiona a alavanca, ativando ACT_H. A torradeira inicia assim a sua operação, ativando o temporizador (TIMER_ACT_H) e o aquecimento (TOAST_H).
- A operação continua durante 1 ou 2 activações (sucessivas) do temporizador, consoante o valor de LONG_H.
- O sinal FINISH_H é ativado durante um período de relógio depois de o temporizador expirar pela última vez (que depende de LONG_H).
- Depois de FINISH_H ser ativado, a operação da torradeira termina, a torradeira volta a ficar num estado de *standby*, e assume-se que a alavanca voltou automaticamente à posição inicial. No entanto, o LED vermelho permanecerá aceso (estado *standby* com LED aceso) até que a temperatura passe a ser menor ou igual a 50°C . Este estado comporta-se de forma semelhante ao estado inicial, à exceção do LED.

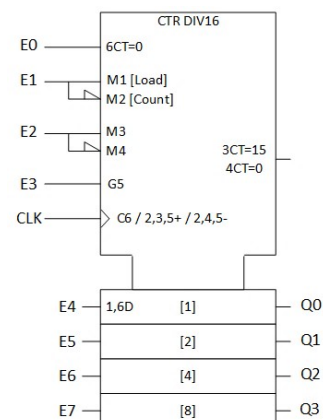
Complete o diagrama de estados (ver Volume 2, Parte IIIA), definindo os valores dos sinais de entrada que desencadeiam todas as transições de estado, assim como os valores de saída de cada estado. As "indiferenças" têm de ser obrigatoriamente usadas para entradas que não tenham influência numa determinada transição de estado. As entradas/saídas têm de ser indicadas de acordo com a ordem seguinte:

- Ordem das entradas: STOP_H, ACT_H, LONG_H, THERM_H, TIMEOUT_H.
- Ordem das saídas: LED_H, TOAST_H, FINISH_H, TIMER_ACT_H.

Pergunta B:

Considere uma máquina de estados com entrada A e bits de estado Q3, Q2, Q1 e Q0, realizada com base no circuito da figura.

1. Complete a tabela de transição de estados (ver Volume 2, Parte IIIB), considerando as transições nela representadas. Justifique, identificando na tabela as operações realizadas em cada transição. **Nota: A operação de carregamento em paralelo (LOAD) só será aceite se não houver uma operação alternativa que conduza ao mesmo resultado. Os sinais indiferentes para determinada operação têm obrigatoriamente de ser marcados como indiferenças.**
2. Indique as expressões para os sinais E0 e E1 na forma canónica disjuntiva, ignorando as indiferenças.





**Don't forget to identify this and the following pages!
Only these pages will be considered for your evaluation.**

Volume 2 - Part I

For each question of Part I (question A, B, C, ...), fill in the number of the correct answer from the supplied multiple-choice list (answer 1, 2, 3, ...):

★	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
2																			X	X	X	X	X	X	X	X

NOTE: Leave blank (or fill in with 0) all questions that you do not wish to answer.

Volume 2 - Part II

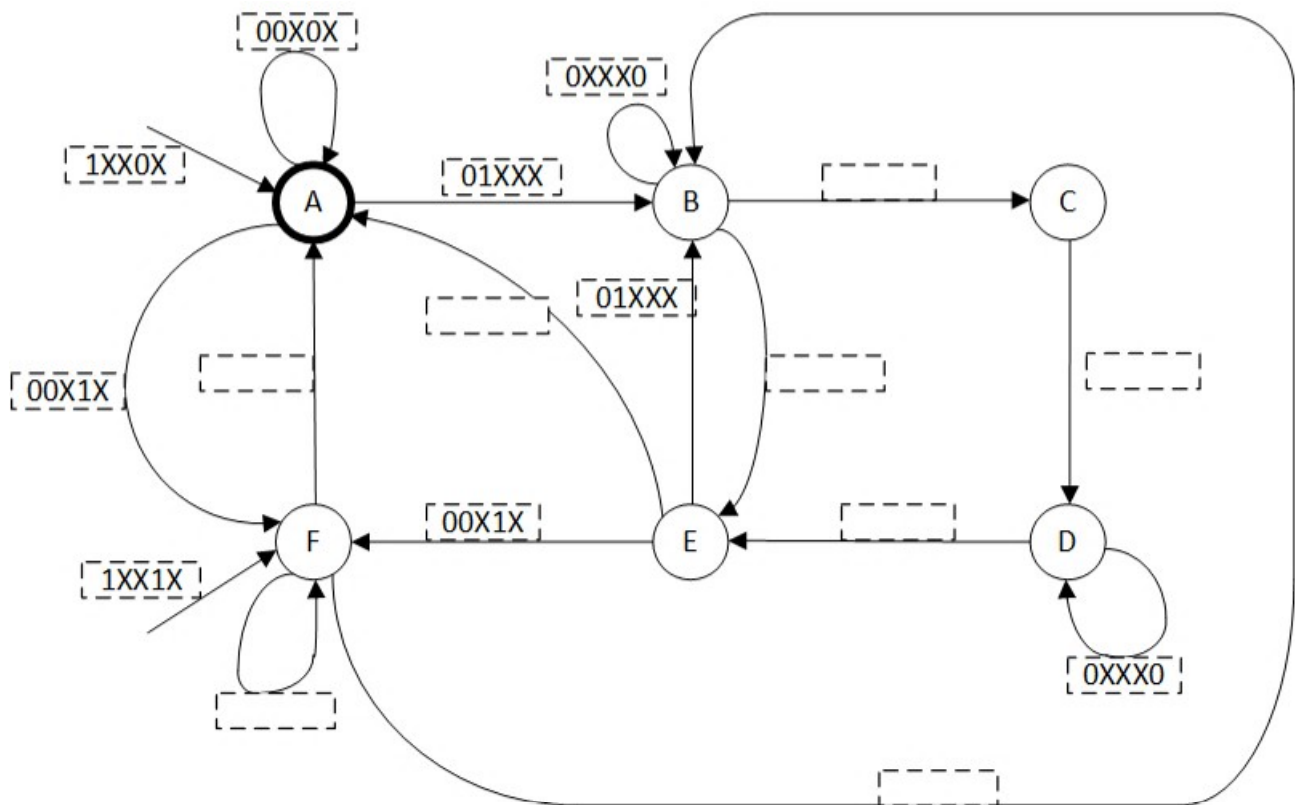
Volume 2 - Part II (Cont.)

Volume 2 - Part III

Pergunta A:

Meaning of the states [*Significado dos estados*]:

- A: Standby state w/ temperature ≤ 50 ; **initial state** [*Estado standby com temperatura ≤ 50 ; estado inicial*];
- B: Toaster switched on during the first timer period [*Torradeira ligada durante o primeiro período do temporizador*];
- C: Toaster switched on, re-initialize timer trigger before starting the second timer period [*Torradeira ligada, reinicializar gatilho do temporizador antes de iniciar segundo período do temporizador*];
- D: Toaster switched on during the second timer period [*Torradeira ligada durante o segundo período do temporizador*];
- E: Finish [*Terminar*];
- F: Standby state w/ temperature > 50 [*Estado standby com temperatura > 50*];



For each state, define the values of the inputs (in the diagram) and of the outputs (below) according to the following order:
 [Para cada estado, indique os valores das entradas (no diagrama) e das saídas (em baixo) de acordo com a seguinte ordem]:

- Ordem das entradas: STOP_H, ACT_H, LONG_H, THERM_H, TIMEOUT_H.
- Ordem das saídas: LED_H, TOAST_H, FINISH_H, TIMER_ACT_H.

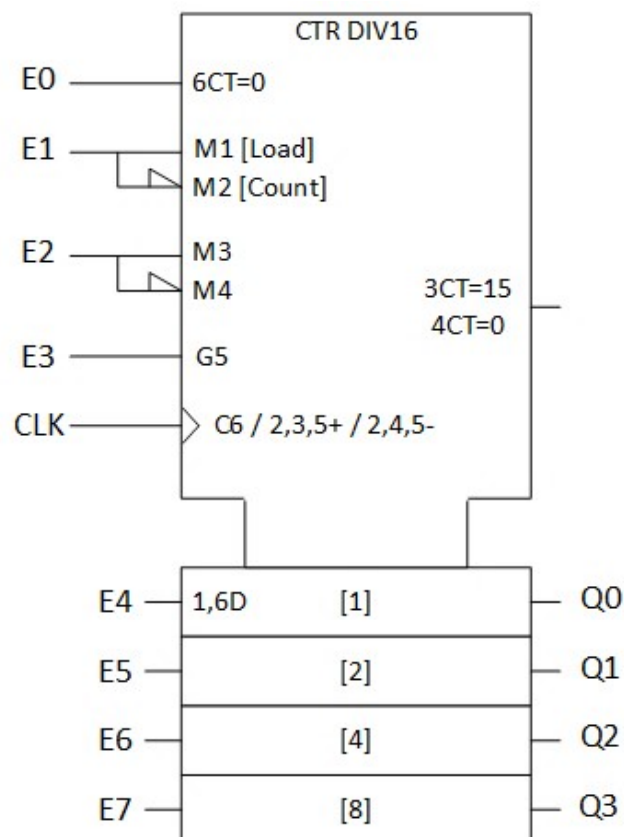
- A: _____
- B: _____
- C: _____
- D: _____
- E: _____
- F: _____

Volume 2 - Part III (Cont.)

Pergunta B:

$Q_3^n Q_2^n Q_1^n Q_0^n$	A	E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	$Q_3^{n+1} Q_2^{n+1} Q_1^{n+1} Q_0^{n+1}$	Operation
0000	0	0	0							0001	
0000	1	0	0							1111	
0001	0	0	0							0010	
0001	1	0	1							0011	
0100	0	1	X							0000	
0100	1	0	0							0011	
1001	0	0	0							1010	
1001	1	0	1							1011	
1111	0	0	0							1110	
1111	1	0	1							1101	

- E0 = _____
- E1 = _____



Instructions

Before starting the exam, read carefully the following information:

- There are (at least) nine different versions of this exam.
- Although the exam comprises a total of 16 pages, there are two distinct volumes that should be handled as follows:
 - **Volume 1** corresponds to the question list and comprises pages 1 to 12. These pages do not need to be identified because they will be discarded at the end of the exam;
 - **Volume 2** corresponds to the answers sheet and comprises pages 13 to 16. All pages of this volume **MUST** be identified with the student's name and number.
 - At the end of the exam, all pages of **Volume 2** will be separated. Consequently, all non-identified pages will not be considered.
- The exam is composed of three parts (Part I, II and III) and has a duration of 2 (two) hours.
 - **Part I** comprises N_1 multiple choice questions and awards a total of $P_1 = 15$ points.
 - * Each correct answer awards $C = P_1/N_1$ points;
 - * Each wrong answer awards $W = -C/(A - 1)$ points (negative value), where A denotes the number of possible answers offered to each question;
 - * Each non-answered question awards 0 points.
 - **Part II** comprises an open-answer problem about combinatorial circuits and awards a total of $P_2 = 2.5$ points.
 - **Part III** comprises an open-answer problem about sequential circuits and awards a total of $P_3 = 2.5$ points.
 - All question answers **MUST** be replied in the allotted space of **Volume 2**.
- At the end of **Part I of Volume 1** you will find an empty page - you can use it for auxiliary calculations, but this page will not be delivered at the end. This means that all answers **MUST** be replied (and properly justified) in the allotted space of **Volume 2**.
- Each question includes a Portuguese translation of the corresponding text. In case of a mismatch between the English text and its translation, the English text will be the one to be considered in the evaluation¹.
- You cannot use or consult any material during the exam. On your desk you can only have a pen and your student identity card.

¹Cada pergunta inclui uma tradução para Português do referido texto. Em caso de incoerência entre o texto em Inglês e a sua tradução, será o texto em Inglês que será considerado na avaliação.

Volume 1 - Part I

A. Represent $6DE3_{16}$ in octal.

[Represente $6DE3_{16}$ em octal.]

[1]: 46723
[4]: 66743

[2]: 31513
[5]: 37363

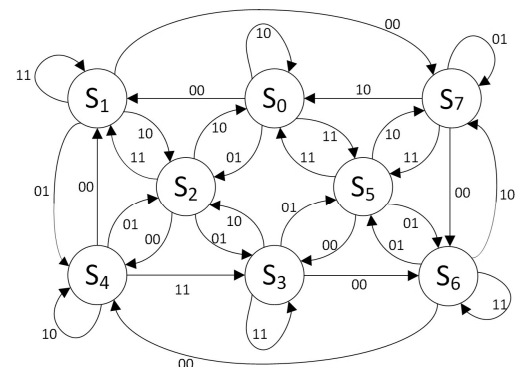
[3]: 65633

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

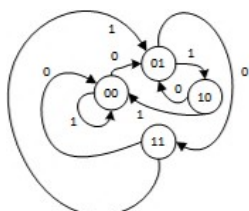
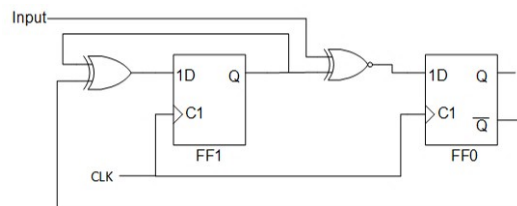
B. Consider the following state diagram with two inputs X_1X_0 , one-hot encoding, and where each state $S_i (i = 0, \dots, 7)$ is implemented with D flip-flops, with input D_i (next state) and output Q_i (current state). Select, only for the state S_3 , the correct option for D_3 as a function of X_1 and X_0 and the current states Q_i .

[Considere o seguinte diagrama de estados com duas entradas X_1X_0 , codificação one-hot, em que cada estado $S_i (i = 0, \dots, 7)$ é implementado com flip-flops do tipo D, com entradas D_i (próximo estado) e saída Q_i (estado actual). Indique, para o estado S_3 , a expressão de D_3 como função de X_1 e X_0 e os estados actuais Q_i .]

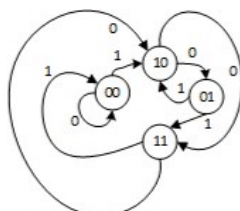
- [1]: $D_3 = X_1\overline{X_0}Q_2 + X_1X_0Q_3 + X_1\overline{X_0}Q_6 + X_1\overline{X_0}Q_7$
 [2]: $D_3 = X_1\overline{X_0}Q_2 + X_1X_0Q_3 + \overline{X_1}X_0Q_5 + \overline{X_1}\overline{X_0}Q_6$
 [3]: $D_3 = \overline{X_1}X_0Q_1 + X_1\overline{X_0}Q_3 + \overline{X_1}X_0(Q_5 + Q_7)$
 [4]: $D_3 = \overline{X_1}X_0Q_2 + X_1X_0(Q_3 + Q_4) + \overline{X_1}\overline{X_0}Q_5$
 [5]: $D_3 = X_1X_0Q_1 + \overline{X_1}\overline{X_0}Q_2 + X_1\overline{X_0}Q_6 + X_1X_0Q_7$
 [6]: None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]



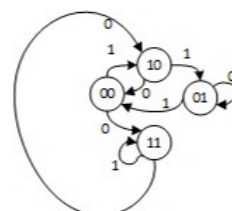
C. Consider the following circuit. Which state diagram corresponds to the circuit?
[Considere o seguinte circuito. Qual dos diagramas de estado corresponde ao funcionamento do circuito?]



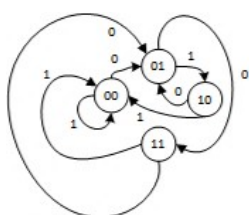
[1]



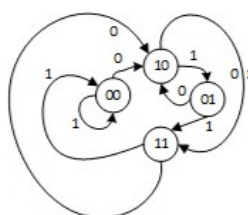
[2]



[3]



[4]



[5]

None of the other options
[*Nenhuma das outras opções*]

[6]

D. Consider the following circuit with a 4-bit shift register, as depicted in the figure. The current state is $Q_3 Q_2 Q_1 Q_0 = 1011$. What are the next two states of the circuit?

[Considere o seguinte circuito com um registo de deslocamento de 4-bits representado na figura. O estado actual é Q3 Q2 Q1 Q0 = 1011. Quais serão os próximos dois estados?]

[1]: 1011, 0110

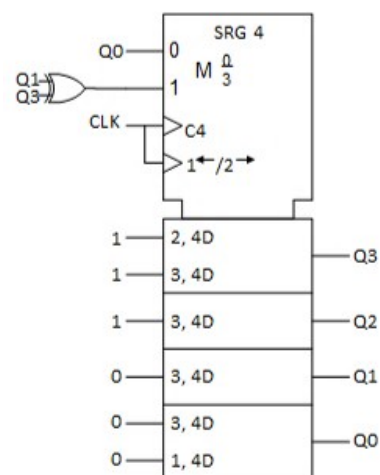
[2]: 0110, 1011

[3]: 1001, 1001

[4]: 0011, 1111

[5]: 1010, 0110

[6]: None of the other options
[*Nenhuma das outras opções*]



- E. Consider the following circuit and truth table. Select the multiplexer inputs $\{X_3; X_2; X_1; X_0\}$ that result in the given truth table.

[Considere o seguinte circuito e tabela de verdade. Selecione as entradas do multiplexer $\{X_3; X_2; X_1; X_0\}$ que resultam na tabela apresentada.]

[1]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{0; B; 1; \overline{B}\}$

[2]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{0; \overline{B}; 1; B\}$

[3]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{1; B; 0; \overline{B}\}$

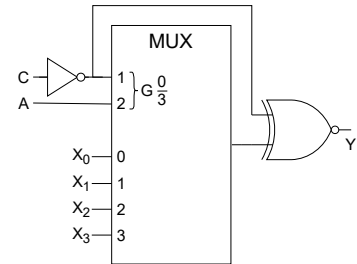
[4]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{1; \overline{B}; 0; B\}$

[5]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{0; \overline{B}; 1; \overline{B}\}$

[6]: None of the other options

[Nenhuma das outras opções]

A	B	C	Y
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1



- F. Represent 375_8 in base 10.

[Represente 375_8 na base 10.]

[1]: 215

[2]: 253

[3]: 175

[4]: 230

[5]: 242

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

- G. Which of the following options corresponds to the sequence, in stationary mode, in decimal format at the output of the circuit in the figure below? (suggestion: start by analyzing a "load" situation.)

[Qual das seguintes opções corresponde à sequência de saída do seguinte circuito, em regime estacionário e em formato decimal? (sugestão: comece por analisar a situação de carregamento ("load") de dados.)]

[1]: ... 13 - 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 13...

[2]: ... 4 - 12 - 11 - 3 - 4 ...

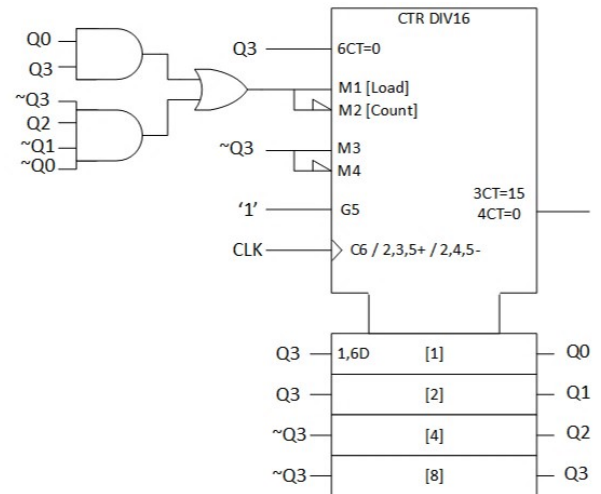
[3]: ... 12 - 1 - 2 - 3 - 14 - 13 - 12 ...

[4]: ... 4 - 12 - 0 - 1 - 2 - 3 - 4 ...

[5]: ... 9 - 8 - 7 - 6 - 5 - 4 - 9 ...

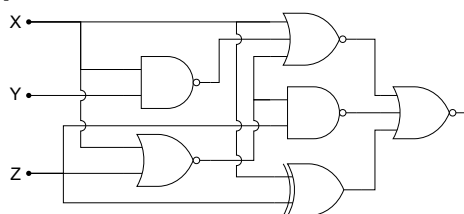
[6]: None of the other options

[Nenhuma das outras opções]



- H. What is the worst case for the propagation time of the following circuit?

[Qual é o pior caso para o tempo de propagação do seguinte circuito?]



Gate	tp [ns]
NAND2	7
NOR2	8
NOR3	12
XOR2	16

[1]: 32

[2]: 27

[3]: 34

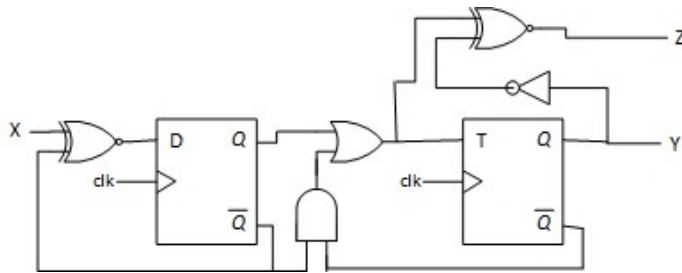
[4]: 28

[5]: 31

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

I. What is the minimum clock period of the following circuit, given the table values (in ns)?

[Qual é o período de relógio mínimo do seguinte circuito, assumindo os valores da tabela (em ns)?]



	tp [ns]	tsu [ns]	th [ns]
FF D	12	5	5
FF T	15	7	7
AND	7		
OR	9		
XNOR	13		
NOT	5		

[1]: 35
[4]: 30

[2]: 38
[5]: 29

[3]: 34

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

J. Which of the following expressions corresponds to the minimal function (defined as a sum of products) represented in the Karnaugh-map?

[Qual das seguintes expressões corresponde à função mínima (definida como uma soma de produtos) representada no mapa de Karnaugh?]

[1]: $\overline{B}.\overline{D} + \overline{A}.B.D + A.\overline{C}$

[2]: $\overline{C}.A + \overline{C}.B.\overline{D} + B.D$

[3]: $\overline{C}.\overline{D} + A.\overline{B}.\overline{D} + A.D$

[4]: $\overline{B}.C + \overline{A}.B.\overline{C} + \overline{A}.\overline{D}$

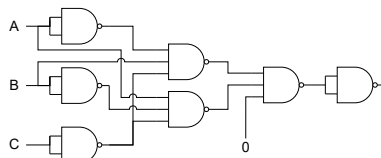
[5]: $\overline{B}.\overline{D} + \overline{C}.B.D + \overline{A}.D$

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

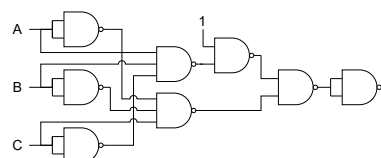
		CD			
		00	01	11	10
AB	00	X	0	0	1
	01	0	1	X	0
	11	1	X	0	0
	10	X	X	0	1

K. Which of the following circuits implements the expression $\overline{(\overline{A} \odot B)} \cdot \overline{C}$?

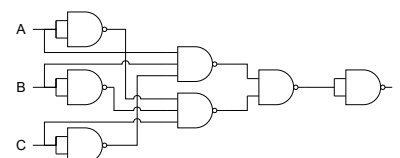
[Qual dos seguintes circuitos implementa a expressão $\overline{(\overline{A} \odot B)} \cdot \overline{C}$?]



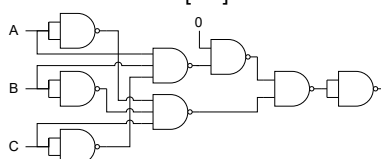
[1]



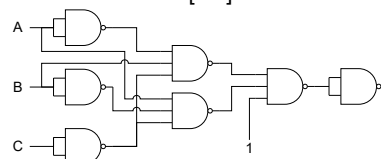
[2]



[3]



[4]



[5]

None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

[6]

- L. The following 32-bit words correspond to signed rational numbers represented in fixed-point and floating-point. Which of the options presented below corresponds to an ascending ordering of these words?

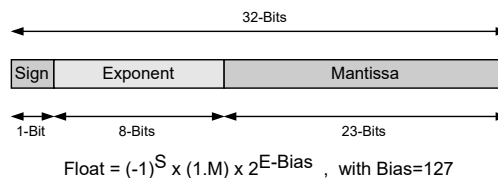
[As seguintes palavras de 32-bits correspondem a números racionais com sinal representados em vírgula fixa e em vírgula flutuante. Qual das opções corresponde à ordenação crescente destas palavras?]

A = 3FD5C28Fh (IEEE-754) B = 77AE147Bh (Q2.30) C = C02AE148h (IEEE-754)

[1]: B,A,C
[4]: A,C,B

[2]: B,C,A
[5]: A,B,C

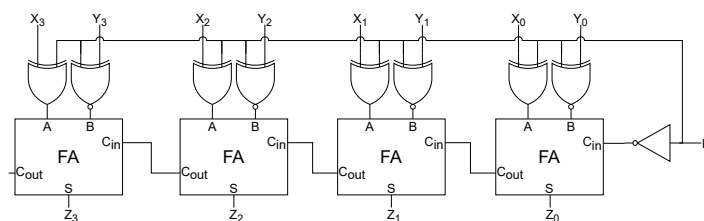
[3]: C,A,B
[6]: C,B,A



- M. Which function is implemented by the following circuit? Consider that X and Y are 4-bit signed numbers (two's complement).

[Qual é a função desempenhada pelo seguinte circuito? Assuma que X e Y são números com sinal com 4-bits (em complemento para dois).]

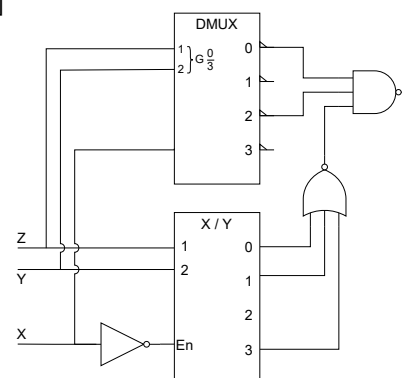
- [1]: K=0: Z = X-1 ; K=1: Z=Y+1
[2]: K=0: Z = -X ; K=1: Z=X+Y
[3]: K=0: Z = X-Y ; K=1: Z=-(X-Y)-1
[4]: K=0: Z = -Y ; K=1: Z=X+Y
[5]: K=0: Z = X-Y ; K=1: Z=X+Y+1
[6]: None of the other options
[Nenhuma das outras opções]



- N. Select the option corresponding to the output $f(X, Y, Z)$ of the circuit shown below, when the inputs (X, Y, Z) have the values (0, 0, 1), (0, 1, 0), and (1, 1, 0).

[Indique qual das opções corresponde à saída $f(X, Y, Z)$ do circuito apresentado em baixo, quando as entradas (X, Y, Z) tomam os valores (0, 0, 1), (0, 1, 0), and (1, 1, 0).]

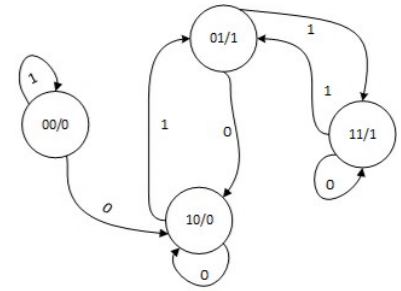
- [1]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{1 ; 1 ; 0\}$
[2]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{0 ; 1 ; 1\}$
[3]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{1 ; 0 ; 1\}$
[4]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{0 ; 1 ; 0\}$
[5]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{0 ; 0 ; 1\}$
[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]



O.

Consider the following state diagram. Select the output value for each state and the value of the next state for each state and input.

[Considere o seguinte diagrama de estados. Indique o valor da saída do circuito para cada estado e o valor do próximo estado para cada valor do estado e entrada.]



Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	0	10	00
01	1	10	11
10	0	10	01
11	1	11	01

[1]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	1	10	11
01	1	00	10
10	1	10	10
11	1	11	01

[2]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	1	10	01
01	0	11	10
10	1	00	00
11	1	01	01

[3]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	1	10	01
01	0	11	10
10	0	00	00
11	1	01	01

[4]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	1	01	01
01	0	11	10
10	0	00	00
11	1	01	01

[5]

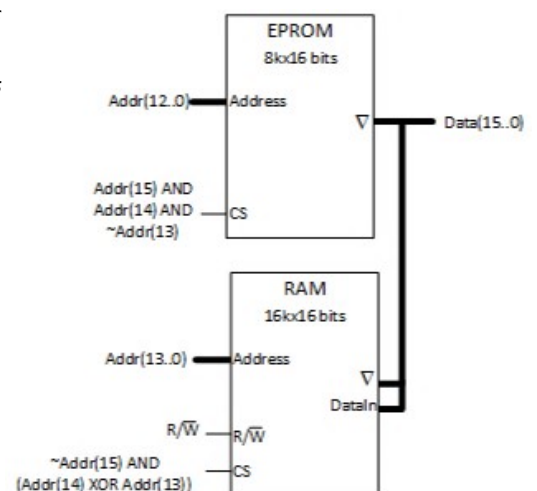
None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

[6]

P. Consider the following memory system. Indicate the range of addresses that correspond to RAM and EPROM.

[Considere o seguinte sistema de memória. Indique os intervalos de endereços que correspondem a RAM e EPROM.]

- [1]: RAM:8000h..BFFFh; EPROM:1000h..2FFFh
 [2]: RAM:A000h..5FFFh; EPROM:C000h..DFFFh
 [3]: RAM:8000h..BFFFh; EPROM:2000h..3FFFh
 [4]: RAM:4000h..7FFFh; EPROM:B000h..EFFFh
 [5]: RAM:C000h..FFFFh; EPROM:B000h..EFFFh
 [6]: None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]



Q. Consider the following circuit with an adder, a register (4 FF's) and a combinational logic circuit. Assuming that the current state is $Q(3:0) = 1010$, what are the next two states of the circuit?

[Considere o seguinte circuito com um somador, um registo (4 FF's) e lógica combinatória. Assumindo que o estado actual é $Q(3:0) = 1010$, quais serão os próximos dois estados do circuito?]

[1]: 0001, 1110

[2]: 0011, 1110

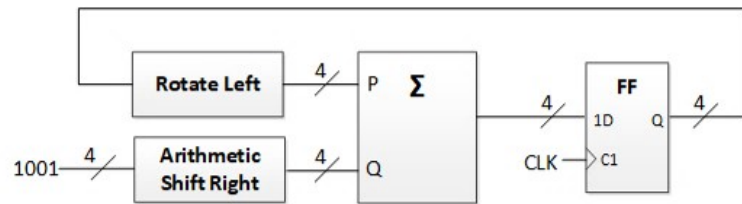
[3]: 0111, 1111

[4]: 1110, 1111

[5]: 1100, 1000

[6]: None of the other options

[Nenhuma das outras opções]



R. What is the 8-bit two's complement representation of -49 ?

[Qual é a representação em complemento para dois com 8-bits de -49 ?]

[1]: 11001110

[2]: 11010000

[3]: 11001111

[4]: 00110001

[5]: 10110001

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

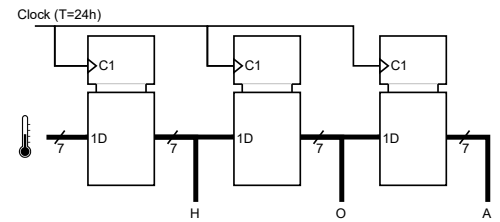
(This space was intentionally left blank for you auxiliary calculations.)

Volume 1 - Part II

NOTE: Portuguese version in the following page

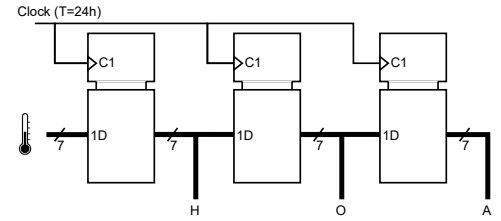
[Question score partitioning: 35% + 30% + 35%]

To control the temperature of a greenhouse, it was adopted a set of registers as shown in the figure, which allows the recording of the temperature values measured on three consecutive days: today (H), yesterday (O) and the day before yesterday (A). The measured temperature has a dynamic range between -64°C and $+63^{\circ}\text{C}$, with a 7-bit precision. In the following exercises, consider the use of 8-bit adders:



- Design the circuit that computes the weighted average $T_M = 0.5 \times T_H + 0.375 \times T_O + 0.25 \times T_A$ with an 8-bit precision.
Hint: remember that $0.375 = 3/8$.
- Without using adders, implement a circuit that activates the alarm signal ($X = 1$) when $T_M \geq 24^{\circ}\text{C}$.
Hint: design a combinational circuit to detect the pattern $T_M \geq +24$.
- In order to evaluate the variation rate (i.e., derivative) of the observed temperature over the last three days, implement a circuit that activates a signal ($Z = 1$) when $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O)$.
Hint: remember that $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

Para controlar a temperatura de uma estufa foi instalado o sistema de registos apresentado na figura que permite armazenar os valores de temperatura medidos em três dias consecutivos: hoje (H), ontem (O), e anteontem (A). A temperatura medida tem uma gama dinâmica entre -64°C e $+63^{\circ}\text{C}$, com uma precisão de 7-bits. Nos seguintes exercícios, considere a utilização de somadores de 8-bit:



1. Projecte o circuito que calcula o valor da média pesada $T_M = 0.5 \times T_H + 0.375 \times T_O + 0.25 \times T_A$ com uma precisão de 8-bits.
Sugestão: recorde que $0.375 = 3/8$.
2. Sem utilizar somadores, implemente um circuito que activa o sinal de alarme ($X = 1$) quando $T_M \geq 24^{\circ}\text{C}$.
Sugestão: projecte um circuito combinatório que detecte o padrão $T_M \geq +24$.
3. De modo a avaliar o ritmo de variação (i.e., derivada) da temperatura observada ao longo dos últimos três dias, implemente um circuito que active um sinal ($Z = 1$) quando $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O)$.
Sugestão: recorde que $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

Volume 1 - Part III

NOTE: Portuguese version in the following page

[Question score partitioning: 50% + 50%]

Question A:

Design a circuit that controls a toaster. The toaster works as follows:



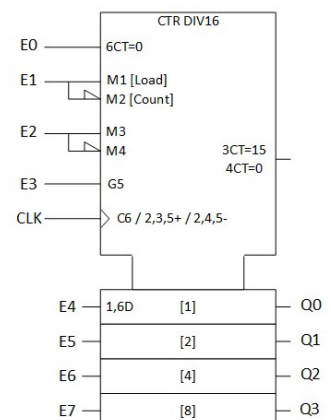
- The toaster has five input signals:
 - STOP_H: Aborts the toasting process, returning to a standby state.
 - ACT_H: Lever that lowers the bread and starts the toasting mechanism.
 - LONG_H: Button that sets the toasting time (active: $2TA$; inactive: $1TA$), where TA is the period of the auxiliary timer (see below).
 - THERM_H: Warning from sensing circuit when the temperature is above 50°C .
 - TIMEOUT_H: This signal is active during one clock period when the auxiliary timer expires.
- The toaster has four output signals:
 - LED_H: LED is on while the toaster is switched on, or the temperature is above 50°C .
 - TOAST_H: Activates the heating mechanism of the toaster.
 - FINISH_H: Activated during one clock period to disconnect the heating and free the bread.
 - TIMER_ACT_H: A transition from 0 to 1 in this signal starts the timer; a transition from 1 to 0 prepares the timer for a new activation.
- There are two standby states: with LED switched off (temperature lower or equal than 50°C indicated by $\text{THERM_H}=0$), and with LED switched on (temperature higher than 50°C , indicated by $\text{THERM_H}=1$).
- The initial state is a standby state with the LED switched off. After the user introduces the bread, presses the lever, activating ACT_H. The toaster starts, activating the timer (TIMER_ACT_H) and the heating (TOAST_H).
- Toasting will continue during 1 or 2 successive activations of the timer, depending on the value of LONG_H.
- After the timer expires for the last time (depending on LONG_H), the signal FINISH_H is active during one clock period.
- After FINISH_H is activated, the toasting operation is finished, the toaster returns to a standby state, and it is assumed that the lever automatically returns to the initial position. However, the red LED will remain lit (standby state with LED switched on) until the temperature becomes lower or equal than 50°C . This state behaves similarly to the initial state, except for the LED.

Complete the state diagram (see Volume 2, Part IIIA) defining the values of the input signals associated with all state transitions, as well as the values of the output signals in each state. "Don't cares" must be used for the inputs whose value does not matter for given a state transition. In the diagram, the inputs/outputs must be indicated in the following order:

- Order of the inputs: STOP_H, ACT_H, LONG_H, THERM_H, TIMEOUT_H.
- Order of the outputs: LED_H, TOAST_H, FINISH_H, TIMER_ACT_H.

Question B:

1. Consider a state machine with input A and state bits Q3, Q2, Q1 and Q0, implemented with the circuit depicted in the figure. Complete the state transition table (see Volume 2, Part IIIB), considering the provided state transitions. Justify, identifying the operation performed by the circuit in each transition. **Note: The parallel LOAD operation will only be accepted in case there is no other alternative leading to the same result. The signals that don't care to a given operation must mandatorily be marked as don't cares.**
2. Indicate the algebraic expressions of the signals E0 and E1 in the disjunctive canonical form, ignoring the "don't cares".



Pergunta A:

Projecte um controlador de uma torradeira que funciona da seguinte forma:

- A torradeira tem cinco sinais de entrada:
 - STOP_H: Aborta a operação da torradeira, retornando a um estado de *standby*.
 - ACT_H: Alavanca que baixa o pão e liga o mecanismo de aquecimento.
 - LONG_H: Botão que define o tempo de operação (activo: $2TA$; inativo: $1TA$), sendo TA o período do temporizador auxiliar (ver em baixo).
 - THERM_H: Aviso de um sensor de temperatura quando a temperatura da torradeira é superior a 50°C .
 - TIMEOUT_H: Ativo durante um período de relógio quando o temporizador auxiliar expira.
- A torradeira tem quatro sinais de saída:
 - LED_H: LED acende enquanto a torradeira está em operação, ou a temperatura é superior a 50°C .
 - TOAST_H: ativa o mecanismo de aquecimento da torradeira.
 - FINISH_H: ativado durante um período de relógio para desligar o aquecimento e libertar o pão.
 - TIMER_ACT_H: Uma transição de 0 para 1 neste sinal inicia o temporizador; uma transição de 1 para 0 reinicializa o gatilho do temporizador para poder receber uma nova ativação.
- Existem dois estados de *standby*: com o LED apagado (temperatura menor ou igual a 50°C indicada por $\text{THERM_H}=0$), e LED aceso (temperatura superior a 50°C , indicada por $\text{THERM_H}=1$).
- O estado inicial é o estado de *standby* com o LED apagado. Depois de o utilizador introduzir o pão, pressiona a alavanca, ativando ACT_H. A torradeira inicia assim a sua operação, ativando o temporizador (TIMER_ACT_H) e o aquecimento (TOAST_H).
- A operação continua durante 1 ou 2 activações (sucessivas) do temporizador, consoante o valor de LONG_H.
- O sinal FINISH_H é ativado durante um período de relógio depois de o temporizador expirar pela última vez (que depende de LONG_H).
- Depois de FINISH_H ser ativado, a operação da torradeira termina, a torradeira volta a ficar num estado de *standby*, e assume-se que a alavanca voltou automaticamente à posição inicial. No entanto, o LED vermelho permanecerá aceso (estado *standby* com LED aceso) até que a temperatura passe a ser menor ou igual a 50°C . Este estado comporta-se de forma semelhante ao estado inicial, à exceção do LED.

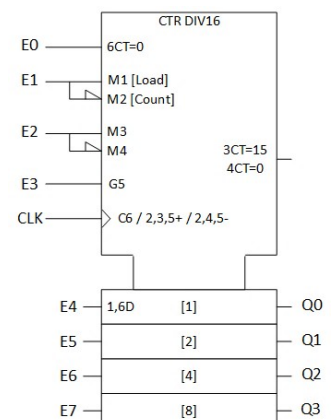
Complete o diagrama de estados (ver Volume 2, Parte IIIA), definindo os valores dos sinais de entrada que desencadeiam todas as transições de estado, assim como os valores de saída de cada estado. As "indiferenças" têm de ser obrigatoriamente usadas para entradas que não tenham influência numa determinada transição de estado. As entradas/saídas têm de ser indicadas de acordo com a ordem seguinte:

- Ordem das entradas: STOP_H, ACT_H, LONG_H, THERM_H, TIMEOUT_H.
- Ordem das saídas: LED_H, TOAST_H, FINISH_H, TIMER_ACT_H.

Pergunta B:

Considere uma máquina de estados com entrada A e bits de estado Q3, Q2, Q1 e Q0, realizada com base no circuito da figura.

1. Complete a tabela de transição de estados (ver Volume 2, Parte IIIB), considerando as transições nela representadas. Justifique, identificando na tabela as operações realizadas em cada transição. **Nota: A operação de carregamento em paralelo (LOAD) só será aceite se não houver uma operação alternativa que conduza ao mesmo resultado. Os sinais indiferentes para determinada operação têm obrigatoriamente de ser marcados como indiferenças.**
2. Indique as expressões para os sinais E0 e E1 na forma canónica disjuntiva, ignorando as indiferenças.





**Don't forget to identify this and the following pages!
Only these pages will be considered for your evaluation.**

Volume 2 - Part I

For each question of Part I (question A, B, C, ...), fill in the number of the **correct answer** from the supplied multiple-choice list (answer 1, 2, 3, ...):

★	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
3																			X	X	X	X	X	X	X	X

NOTE: Leave blank (or fill in with 0) all questions that you do not wish to answer.

Volume 2 - Part II

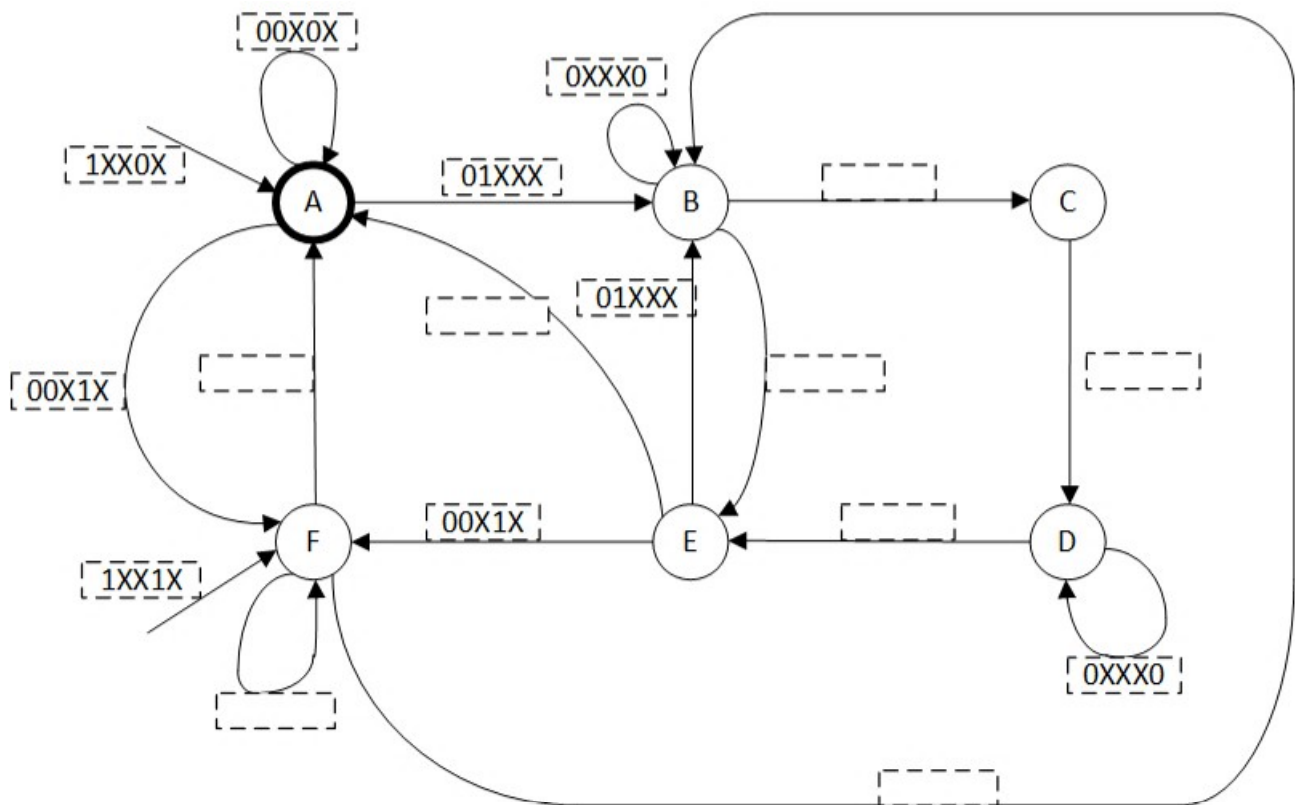
Volume 2 - Part II (Cont.)

Volume 2 - Part III

Pergunta A:

Meaning of the states [*Significado dos estados*]:

- A: Standby state w/ temperature ≤ 50 ; **initial state** [*Estado standby com temperatura ≤ 50 ; estado inicial*];
- B: Toaster switched on during the first timer period [*Torradeira ligada durante o primeiro período do temporizador*];
- C: Toaster switched on, re-initialize timer trigger before starting the second timer period [*Torradeira ligada, reinicializar gatilho do temporizador antes de iniciar segundo período do temporizador*];
- D: Toaster switched on during the second timer period [*Torradeira ligada durante o segundo período do temporizador*];
- E: Finish [*Terminar*];
- F: Standby state w/ temperature > 50 [*Estado standby com temperatura > 50*];



For each state, define the values of the inputs (in the diagram) and of the outputs (below) according to the following order:
 [Para cada estado, indique os valores das entradas (no diagrama) e das saídas (em baixo) de acordo com a seguinte ordem]:

- Ordem das entradas: STOP_H, ACT_H, LONG_H, THERM_H, TIMEOUT_H.
- Ordem das saídas: LED_H, TOAST_H, FINISH_H, TIMER_ACT_H.

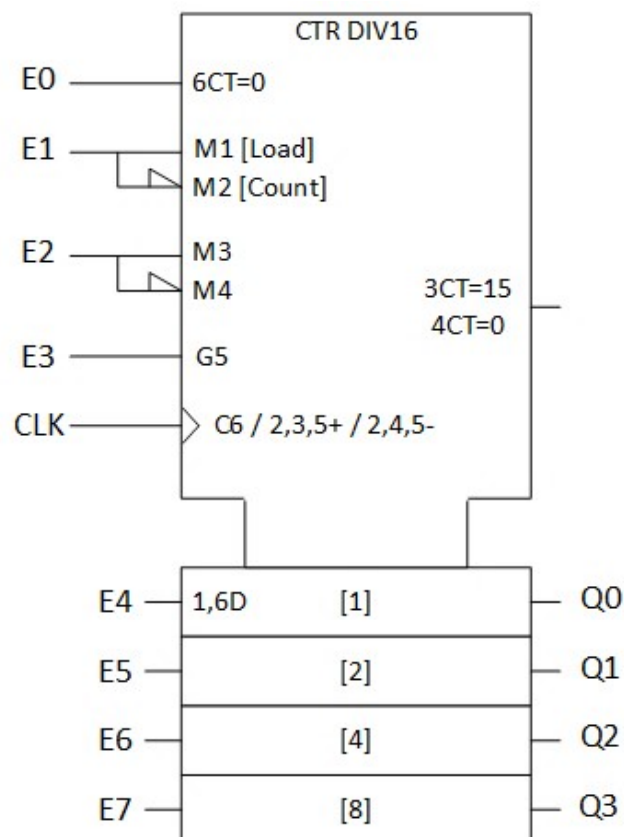
- A: _____
- B: _____
- C: _____
- D: _____
- E: _____
- F: _____

Volume 2 - Part III (Cont.)

Pergunta B:

$Q_3^n Q_2^n Q_1^n Q_0^n$	A	E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	$Q_3^{n+1} Q_2^{n+1} Q_1^{n+1} Q_0^{n+1}$	Operation
0000	0	0	0							0001	
0000	1	0	0							1111	
0001	0	0	0							0010	
0001	1	0	1							0011	
0100	0	1	X							0000	
0100	1	0	0							0011	
1001	0	0	0							1010	
1001	1	0	1							1011	
1111	0	0	0							1110	
1111	1	0	1							1101	

- E0 = _____
- E1 = _____



Instructions

Before starting the exam, read carefully the following information:

- There are (at least) nine different versions of this exam.
- Although the exam comprises a total of 16 pages, there are two distinct volumes that should be handled as follows:
 - **Volume 1** corresponds to the question list and comprises pages 1 to 12. These pages do not need to be identified because they will be discarded at the end of the exam;
 - **Volume 2** corresponds to the answers sheet and comprises pages 13 to 16. All pages of this volume **MUST** be identified with the student's name and number.
 - At the end of the exam, all pages of **Volume 2** will be separated. Consequently, all non-identified pages will not be considered.
- The exam is composed of three parts (Part I, II and III) and has a duration of 2 (two) hours.
 - **Part I** comprises N_1 multiple choice questions and awards a total of $P_1 = 15$ points.
 - * Each correct answer awards $C = P_1/N_1$ points;
 - * Each wrong answer awards $W = -C/(A - 1)$ points (negative value), where A denotes the number of possible answers offered to each question;
 - * Each non-answered question awards 0 points.
 - **Part II** comprises an open-answer problem about combinatorial circuits and awards a total of $P_2 = 2.5$ points.
 - **Part III** comprises an open-answer problem about sequential circuits and awards a total of $P_3 = 2.5$ points.
 - All question answers **MUST** be replied in the allotted space of **Volume 2**.
- At the end of **Part I of Volume 1** you will find an empty page - you can use it for auxiliary calculations, but this page will not be delivered at the end. This means that all answers **MUST** be replied (and properly justified) in the allotted space of **Volume 2**.
- Each question includes a Portuguese translation of the corresponding text. In case of a mismatch between the English text and its translation, the English text will be the one to be considered in the evaluation¹.
- You cannot use or consult any material during the exam. On your desk you can only have a pen and your student identity card.

¹Cada pergunta inclui uma tradução para Português do referido texto. Em caso de incoerência entre o texto em Inglês e a sua tradução, será o texto em Inglês que será considerado na avaliação.

Volume 1 - Part I

- A. Select the option corresponding to the output $f(X, Y, Z)$ of the circuit shown below, when the inputs (X, Y, Z) have the values $(0, 0, 1)$, $(0, 1, 0)$, and $(1, 1, 0)$.

[Indique qual das opções corresponde à saída $f(X, Y, Z)$ do circuito apresentado em baixo, quando as entradas (X, Y, Z) tomam os valores $(0, 0, 1)$, $(0, 1, 0)$, and $(1, 1, 0)$.]

[1]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{1 ; 1 ; 0\}$

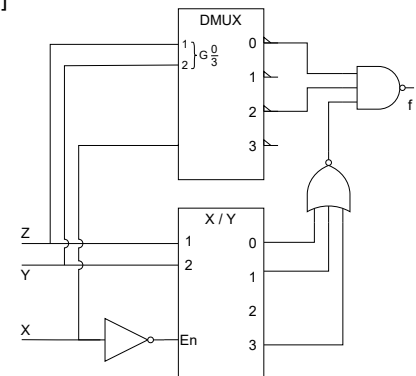
[2]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{0 ; 0 ; 1\}$

[3]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{0 ; 1 ; 1\}$

[4]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{1 ; 0 ; 1\}$

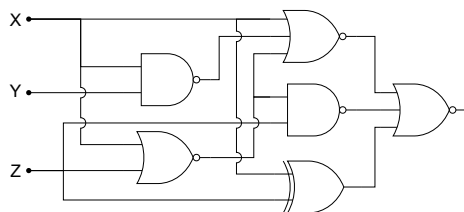
[5]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{0 ; 1 ; 0\}$

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]



- B. What is the worst case for the propagation time of the following circuit?

[Qual é o pior caso para o tempo de propagação do seguinte circuito?]



Gate	tp [ns]
NAND2	7
NOR2	8
NOR3	12
XOR2	16

[1]: 32

[2]: 31

[3]: 28

[4]: 27

[5]: 34

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

- C. The following 32-bit words correspond to signed rational numbers represented in fixed-point and floating-point. Which of the options presented below corresponds to an ascending ordering of these words?

[As seguintes palavras de 32-bits correspondem a números racionais com sinal representados em vírgula fixa e em vírgula flutuante. Qual das opções corresponde à ordenação crescente destas palavras?]

A = 3FD5C28Fh (IEEE-754) B = 77AE147Bh (Q2.30) C = C02AE148h (IEEE-754)

[1]: A,B,C

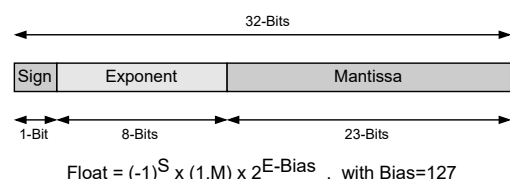
[2]: A,C,B

[3]: C,A,B

[4]: B,C,A

[5]: B,A,C

[6]: C,B,A



- D. Consider the following state diagram with two inputs X_1X_0 , one-hot encoding, and where each state $S_i (i = 0, \dots, 7)$ is implemented with D flip-flops, with input D_i (next state) and output Q_i (current state). Select, only for the state S_3 , the correct option for D_3 as a function of X_1 and X_0 and the current states Q_i .

[Considere o seguinte diagrama de estados com duas entradas X_1X_0 , codificação one-hot, em que cada estado $S_i (i = 0, \dots, 7)$ é implementado com flip-flops do tipo D, com entradas D_i (próximo estado) e saída Q_i (estado actual). Indique, para o estado S_3 , a expressão de D_3 como função de X_1 e X_0 e os estados actuais Q_i .]

[1]: $D_3 = X_1X_0Q_1 + \overline{X_1}\overline{X_0}Q_2 + X_1\overline{X_0}Q_6 + X_1X_0Q_7$

[2]: $D_3 = \overline{X_1}X_0Q_2 + X_1X_0(Q_3 + Q_4) + \overline{X_1}\overline{X_0}Q_5$

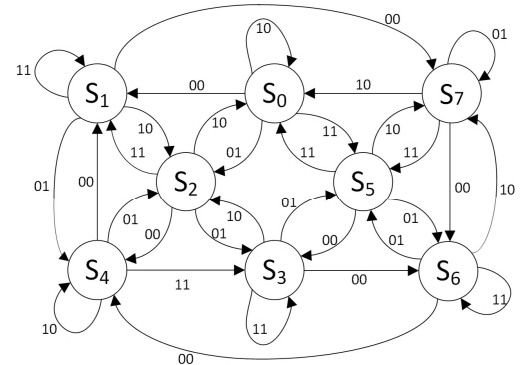
[3]: $D_3 = X_1\overline{X_0}Q_2 + X_1X_0Q_3 + \overline{X_1}X_0Q_5 + \overline{X_1}\overline{X_0}Q_6$

[4]: $D_3 = \overline{X_1}X_0Q_1 + X_1\overline{X_0}Q_3 + \overline{X_1}X_0(Q_5 + Q_7)$

[5]: $D_3 = X_1\overline{X_0}Q_2 + X_1X_0Q_3 + X_1\overline{X_0}Q_6 + X_1\overline{X_0}Q_7$

[6]: None of the other options

[Nenhuma das outras opções]



- E. Which of the following expressions corresponds to the minimal function (defined as a sum of products) represented in the Karnaugh-map?

[Qual das seguintes expressões corresponde à função mínima (definida como uma soma de produtos) representada no mapa de Karnaugh?]

[1]: $\overline{B}.C + \overline{A}.B.\overline{C} + \overline{A}.D$

[2]: $\overline{B}.\overline{D} + \overline{A}.B.D + A.\overline{C}$

[3]: $\overline{B}.\overline{D} + \overline{C}.B.D + \overline{A}.D$

[4]: $\overline{C}.\overline{D} + A.\overline{B}.\overline{D} + A.D$

[5]: $\overline{C}.A + \overline{C}.B.\overline{D} + B.D$

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

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

- F. Consider the following circuit and truth table. Select the multiplexer inputs $\{X_3; X_2; X_1; X_0\}$ that result in the given truth table.

[Considere o seguinte circuito e tabela de verdade. Selecione as entradas do multiplexer $\{X_3; X_2; X_1; X_0\}$ que resultam na tabela apresentada.]

[1]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{0; B; 1; \overline{B}\}$

[2]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{1; B; 0; \overline{B}\}$

[3]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{0; \overline{B}; 1; B\}$

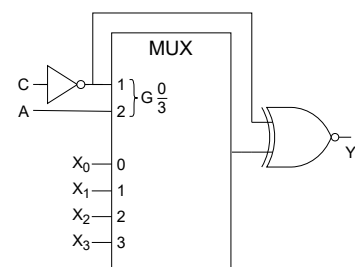
[4]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{0; \overline{B}; 1; \overline{B}\}$

[5]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{1; \overline{B}; 0; B\}$

[6]: None of the other options

[Nenhuma das outras opções]

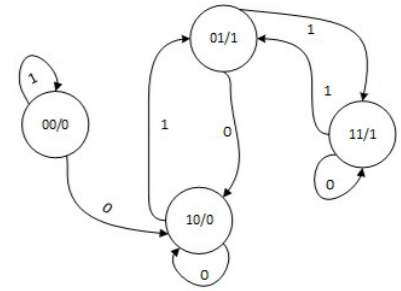
A	B	C	Y
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1



G.

Consider the following state diagram. Select the output value for each state and the value of the next state for each state and input.

[Considere o seguinte diagrama de estados. Indique o valor da saída do circuito para cada estado e o valor do próximo estado para cada valor do estado e entrada.]



Q(n)	Y(n)	Q(n+1)	Q(n+1)
		x=0	x=1
00	1	01	01
01	0	11	10
10	0	00	00
11	1	01	01

[1]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1)	Q(n+1)
		x=0	x=1
00	1	10	11
01	1	00	10
10	1	10	10
11	1	11	01

[2]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1)	Q(n+1)
		x=0	x=1
00	0	10	00
01	1	10	11
10	0	10	01
11	1	11	01

[3]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1)	Q(n+1)
		x=0	x=1
00	1	10	01
01	0	11	10
10	1	00	00
11	1	01	01

[4]

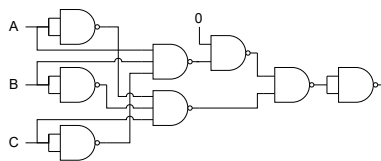
Q(n)	Y(n)	Q(n+1)	Q(n+1)
		x=0	x=1
00	1	10	01
01	0	11	10
10	0	00	00
11	1	01	01

[5]

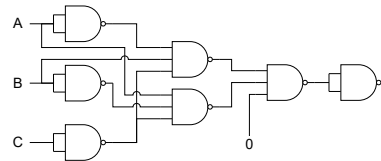
None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

[6]

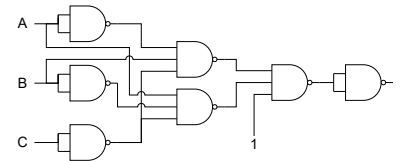
H. Which of the following circuits implements the expression $\overline{(\overline{A} \odot B)} \cdot \overline{C}$?
[Qual dos seguintes circuitos implementa a expressão $\overline{(\overline{A} \odot B)} \cdot \overline{C}$?]



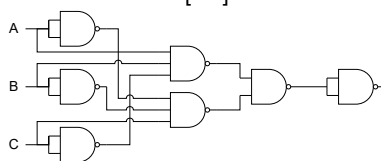
[1]



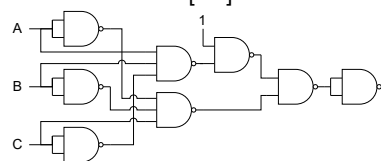
[2]



[3]



[4]

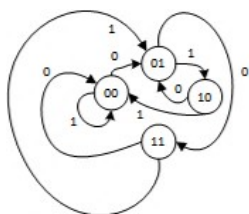
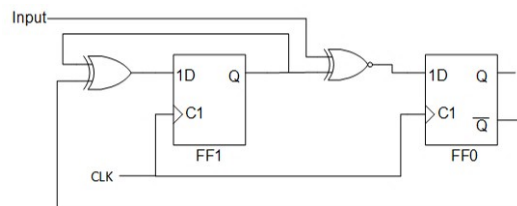


[5]

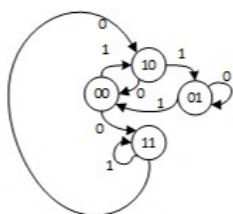
None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

[6]

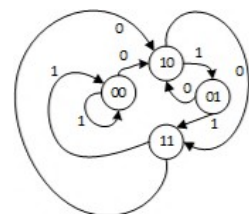
- I. Consider the following circuit. Which state diagram corresponds to the circuit?
 [Considere o seguinte circuito. Qual dos diagramas de estado corresponde ao funcionamento do circuito?]



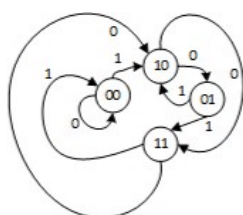
[1]



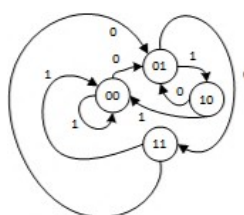
[2]



[3]



[4]



[5]

None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]

[6]

- J. What is the 8-bit two's complement representation of -49 ?
 [Qual é a representação em complemento para dois com 8-bits de -49 ?]

[1]: 11001110

[2]: 10110001

[3]: 11001111

[4]: 11010000

[5]: 00110001

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

- K. Represent $6DE3_{16}$ in octal.
 [Represente $6DE3_{16}$ em octal.]

[1]: 31513

[2]: 37363

[3]: 46723

[4]: 66743

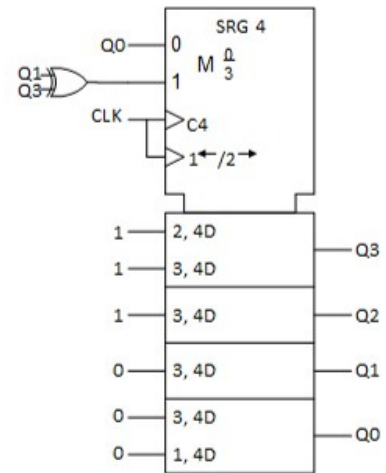
[5]: 65633

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

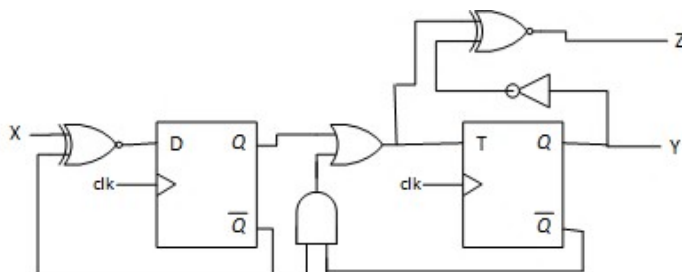
- L. Consider the following circuit with a 4-bit shift register, as depicted in the figure. The current state is $Q_3 Q_2 Q_1 Q_0 = 1011$. What are the next two states of the circuit?

[Considere o seguinte circuito com um registo de deslocamento de 4-bits representado na figura. O estado actual é $Q_3 Q_2 Q_1 Q_0 = 1011$. Quais serão os próximos dois estados?]

- [1]: 0110, 1011
 [2]: 0011, 1111
 [3]: 1010, 0110
 [4]: 1001, 1001
 [5]: 1011, 0110
 [6]: None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]



- M. What is the minimum clock period of the following circuit, given the table values (in ns)?
 [Qual é o período de relógio mínimo do seguinte circuito, assumindo os valores da tabela (em ns)?]



	tp [ns]	tsu [ns]	th [ns]
FF D	12	5	5
FF T	15	7	7
AND	7		
OR	9		
XNOR	13		
NOT	5		

- [1]: 35 [2]: 38 [3]: 34
 [4]: 30 [5]: 29 [6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

- N. Represent 375_8 in base 10.
 [Represente 375_8 na base 10.]

- [1]: 253 [2]: 215 [3]: 242
 [4]: 230 [5]: 175 [6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

- O. Consider the following circuit with an adder, a register (4 FF's) and a combinational logic circuit. Assuming that the current state is $Q(3:0) = 1010$, what are the next two states of the circuit?
 [Considere o seguinte circuito com um somador, um registo (4 FF's) e lógica combinatória. Assumindo que o estado actual é $Q(3:0) = 1010$, quais serão os próximos dois estados do circuito?]

[1]: 1100, 1000

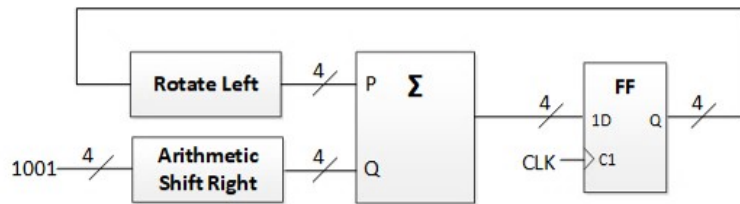
[2]: 1110, 1111

[3]: 0011, 1110

[4]: 0001, 1110

[5]: 0111, 1111

[6]: None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]



- P. Which function is implemented by the following circuit? Consider that X and Y are 4-bit signed numbers (two's complement).

[Qual é a função desempenhada pelo seguinte circuito? Assuma que X e Y são números com sinal com 4-bits (em complemento para dois).]

[1]: $K=0: Z = X-1$; $K=1: Z = Y+1$

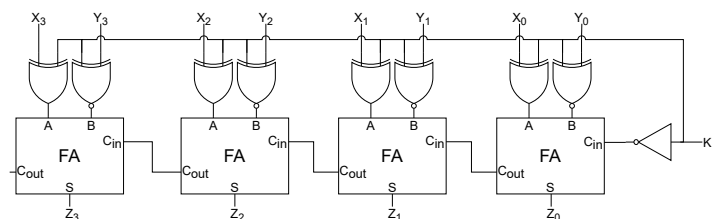
[2]: $K=0: Z = -X$; $K=1: Z = X+Y$

[3]: $K=0: Z = X-Y$; $K=1: Z = -(X-Y)-1$

[4]: $K=0: Z = X-Y$; $K=1: Z = X+Y+1$

[5]: $K=0: Z = -Y$; $K=1: Z = X+Y$

[6]: None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]



- Q. Consider the following memory system. Indicate the range of addresses that correspond to RAM and EPROM.

[Considere o seguinte sistema de memória. Indique os intervalos de endereços que correspondem a RAM e EPROM.]

[1]: RAM:C000h..FFFFh; EPROM:B000h..FFFFh

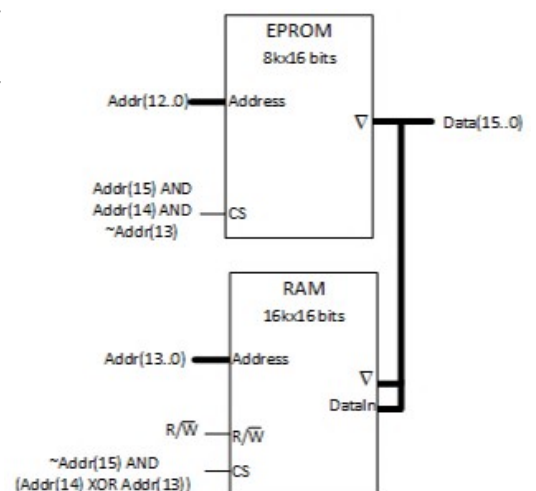
[2]: RAM:8000h..BFFFh; EPROM:2000h..3FFFh

[3]: RAM:4000h..7FFFh; EPROM:B000h..FFFFh

[4]: RAM:A000h..5FFFh; EPROM:C000h..DFFFh

[5]: RAM:8000h..BFFFh; EPROM:1000h..2FFFh

[6]: None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]



R. Which of the following options corresponds to the sequence, in stationary mode, in decimal format at the output of the circuit in the figure below? (suggestion: start by analyzing a "load" situation.)

[Qual das seguintes opções corresponde à sequência de saída do seguinte circuito, em regime estacionário e em formato decimal? (sugestão: comece por analisar a situação de carregamento ("load") de dados.)]

[1]: ... 12 - 1 - 2 - 3 - 14 - 13 - 12 ...

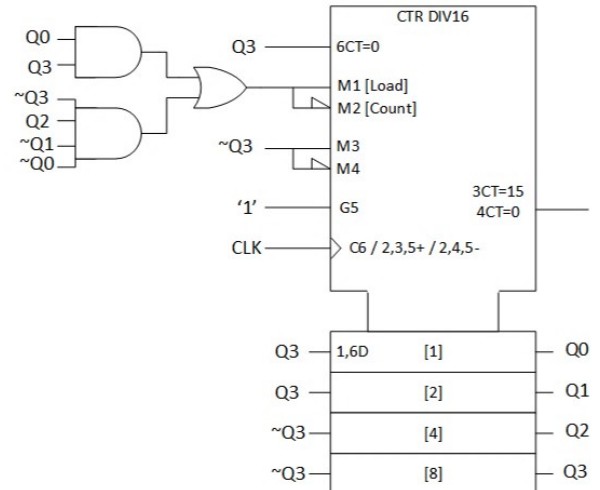
[2]: ... 13 - 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 13...

[3]: ... 9 - 8 - 7 - 6 - 5 - 4 - 9 ...

[4]: ... 4 - 12 - 11 - 3 - 4 ...

[5]: ... 4 - 12 - 0 - 1 - 2 - 3 - 4 ...

[6]: None of the other options
[Nenhuma das outras opções]



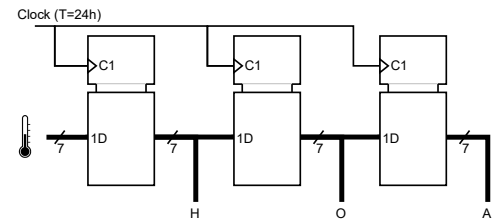
(This space was intentionally left blank for you auxiliary calculations.)

Volume 1 - Part II

NOTE: Portuguese version in the following page

[Question score partitioning: 35% + 30% + 35%]

To control the temperature of a greenhouse, it was adopted a set of registers as shown in the figure, which allows the recording of the temperature values measured on three consecutive days: today (H), yesterday (O) and the day before yesterday (A). The measured temperature has a dynamic range between -64°C and $+63^{\circ}\text{C}$, with a 7-bit precision. In the following exercises, consider the use of 8-bit adders:



1. Design the circuit that computes the weighted average $T_M = 0.5 \times T_H + 0.375 \times T_O + 0.25 \times T_A$ with an 8-bit precision.

Hint: remember that $0.375 = 3/8$.

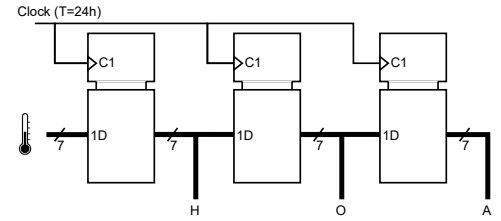
2. Without using adders, implement a circuit that activates the alarm signal ($X = 1$) when $T_M \geq 24^{\circ}\text{C}$.

Hint: design a combinational circuit to detect the pattern $T_M \geq +24$.

3. In order to evaluate the variation rate (i.e., derivative) of the observed temperature over the last three days, implement a circuit that activates a signal ($Z = 1$) when $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O)$.

Hint: remember that $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

Para controlar a temperatura de uma estufa foi instalado o sistema de registos apresentado na figura que permite armazenar os valores de temperatura medidos em três dias consecutivos: hoje (H), ontem (O), e anteontem (A). A temperatura medida tem uma gama dinâmica entre -64°C e $+63^{\circ}\text{C}$, com uma precisão de 7-bits. Nos seguintes exercícios, considere a utilização de somadores de 8-bit:



1. Projecte o circuito que calcula o valor da média pesada $T_M = 0.5 \times T_H + 0.375 \times T_O + 0.25 \times T_A$ com uma precisão de 8-bits.
Sugestão: recorde que $0.375 = 3/8$.
2. Sem utilizar somadores, implemente um circuito que activa o sinal de alarme ($X = 1$) quando $T_M \geq 24^{\circ}\text{C}$.
Sugestão: projecte um circuito combinatório que detecte o padrão $T_M \geq +24$.
3. De modo a avaliar o ritmo de variação (i.e., derivada) da temperatura observada ao longo dos últimos três dias, implemente um circuito que active um sinal ($Z = 1$) quando $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O)$.
Sugestão: recorde que $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

Volume 1 - Part III

NOTE: Portuguese version in the following page

[Question score partitioning: 50% + 50%]

Question A:

Design a circuit that controls a toaster. The toaster works as follows:



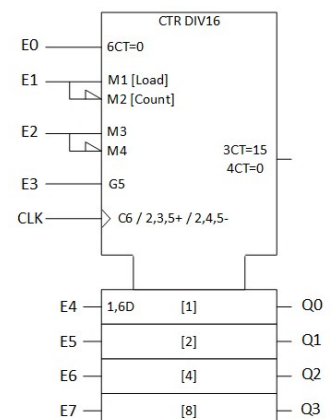
- The toaster has five input signals:
 - STOP_H: Aborts the toasting process, returning to a standby state.
 - ACT_H: Lever that lowers the bread and starts the toasting mechanism.
 - LONG_H: Button that sets the toasting time (active: $2TA$; inactive: $1TA$), where TA is the period of the auxiliary timer (see below).
 - THERM_H: Warning from sensing circuit when the temperature is above 50°C .
 - TIMEOUT_H: This signal is active during one clock period when the auxiliary timer expires.
- The toaster has four output signals:
 - LED_H: LED is on while the toaster is switched on, or the temperature is above 50°C .
 - TOAST_H: Activates the heating mechanism of the toaster.
 - FINISH_H: Activated during one clock period to disconnect the heating and free the bread.
 - TIMER_ACT_H: A transition from 0 to 1 in this signal starts the timer; a transition from 1 to 0 prepares the timer for a new activation.
- There are two standby states: with LED switched off (temperature lower or equal than 50°C indicated by $\text{THERM_H}=0$), and with LED switched on (temperature higher than 50°C , indicated by $\text{THERM_H}=1$).
- The initial state is a standby state with the LED switched off. After the user introduces the bread, presses the lever, activating ACT_H. The toaster starts, activating the timer (TIMER_ACT_H) and the heating (TOAST_H).
- Toasting will continue during 1 or 2 successive activations of the timer, depending on the value of LONG_H.
- After the timer expires for the last time (depending on LONG_H), the signal FINISH_H is active during one clock period.
- After FINISH_H is activated, the toasting operation is finished, the toaster returns to a standby state, and it is assumed that the lever automatically returns to the initial position. However, the red LED will remain lit (standby state with LED switched on) until the temperature becomes lower or equal than 50°C . This state behaves similarly to the initial state, except for the LED.

Complete the state diagram (see Volume 2, Part IIIA) defining the values of the input signals associated with all state transitions, as well as the values of the output signals in each state. "Don't cares" must be used for the inputs whose value does not matter for given a state transition. In the diagram, the inputs/outputs must be indicated in the following order:

- Order of the inputs: STOP_H, ACT_H, LONG_H, THERM_H, TIMEOUT_H.
- Order of the outputs: LED_H, TOAST_H, FINISH_H, TIMER_ACT_H.

Question B:

1. Consider a state machine with input A and state bits Q3, Q2, Q1 and Q0, implemented with the circuit depicted in the figure. Complete the state transition table (see Volume 2, Part IIIB), considering the provided state transitions. Justify, identifying the operation performed by the circuit in each transition. **Note: The parallel LOAD operation will only be accepted in case there is no other alternative leading to the same result. The signals that don't care to a given operation must mandatorily be marked as don't cares.**
2. Indicate the algebraic expressions of the signals E0 and E1 in the disjunctive canonical form, ignoring the "don't cares".



Pergunta A:



Projecte um controlador de uma torradeira que funciona da seguinte forma:

- A torradeira tem cinco sinais de entrada:
 - STOP_H: Aborta a operação da torradeira, retornando a um estado de *standby*.
 - ACT_H: Alavanca que baixa o pão e liga o mecanismo de aquecimento.
 - LONG_H: Botão que define o tempo de operação (activo: $2TA$; inativo: $1TA$), sendo TA o período do temporizador auxiliar (ver em baixo).
 - THERM_H: Aviso de um sensor de temperatura quando a temperatura da torradeira é superior a 50°C .
 - TIMEOUT_H: Ativo durante um período de relógio quando o temporizador auxiliar expira.
- A torradeira tem quatro sinais de saída:
 - LED_H: LED acende enquanto a torradeira está em operação, ou a temperatura é superior a 50°C .
 - TOAST_H: ativa o mecanismo de aquecimento da torradeira.
 - FINISH_H: ativado durante um período de relógio para desligar o aquecimento e libertar o pão.
 - TIMER_ACT_H: Uma transição de 0 para 1 neste sinal inicia o temporizador; uma transição de 1 para 0 reinicializa o gatilho do temporizador para poder receber uma nova ativação.
- Existem dois estados de *standby*: com o LED apagado (temperatura menor ou igual a 50°C indicada por $\text{THERM_H}=0$), e LED aceso (temperatura superior a 50°C , indicada por $\text{THERM_H}=1$).
- O estado inicial é o estado de *standby* com o LED apagado. Depois de o utilizador introduzir o pão, pressiona a alavanca, ativando ACT_H. A torradeira inicia assim a sua operação, ativando o temporizador (TIMER_ACT_H) e o aquecimento (TOAST_H).
- A operação continua durante 1 ou 2 activações (sucessivas) do temporizador, consoante o valor de LONG_H.
- O sinal FINISH_H é ativado durante um período de relógio depois de o temporizador expirar pela última vez (que depende de LONG_H).
- Depois de FINISH_H ser ativado, a operação da torradeira termina, a torradeira volta a ficar num estado de *standby*, e assume-se que a alavanca voltou automaticamente à posição inicial. No entanto, o LED vermelho permanecerá aceso (estado *standby* com LED aceso) até que a temperatura passe a ser menor ou igual a 50°C . Este estado comporta-se de forma semelhante ao estado inicial, à exceção do LED.

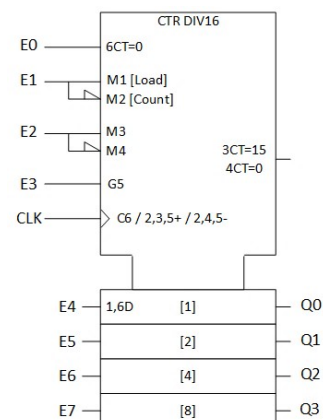
Complete o diagrama de estados (ver Volume 2, Parte IIIA), definindo os valores dos sinais de entrada que desencadeiam todas as transições de estado, assim como os valores de saída de cada estado. As "indiferenças" têm de ser obrigatoriamente usadas para entradas que não tenham influência numa determinada transição de estado. As entradas/saídas têm de ser indicadas de acordo com a ordem seguinte:

- Ordem das entradas: STOP_H, ACT_H, LONG_H, THERM_H, TIMEOUT_H.
- Ordem das saídas: LED_H, TOAST_H, FINISH_H, TIMER_ACT_H.

Pergunta B:

Considere uma máquina de estados com entrada A e bits de estado Q3, Q2, Q1 e Q0, realizada com base no circuito da figura.

1. Complete a tabela de transição de estados (ver Volume 2, Parte IIIB), considerando as transições nela representadas. Justifique, identificando na tabela as operações realizadas em cada transição. **Nota: A operação de carregamento em paralelo (LOAD) só será aceite se não houver uma operação alternativa que conduza ao mesmo resultado. Os sinais indiferentes para determinada operação têm obrigatoriamente de ser marcados como indiferenças.**
2. Indique as expressões para os sinais E0 e E1 na forma canónica disjuntiva, ignorando as indiferenças.





**Don't forget to identify this and the following pages!
Only these pages will be considered for your evaluation.**

Volume 2 - Part I

For each question of Part I (question A, B, C, ...), fill in the number of the correct answer from the supplied multiple-choice list (answer 1, 2, 3, ...):

★	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
4																			X	X	X	X	X	X	X	X

NOTE: Leave blank (or fill in with 0) all questions that you do not wish to answer.

Volume 2 - Part II

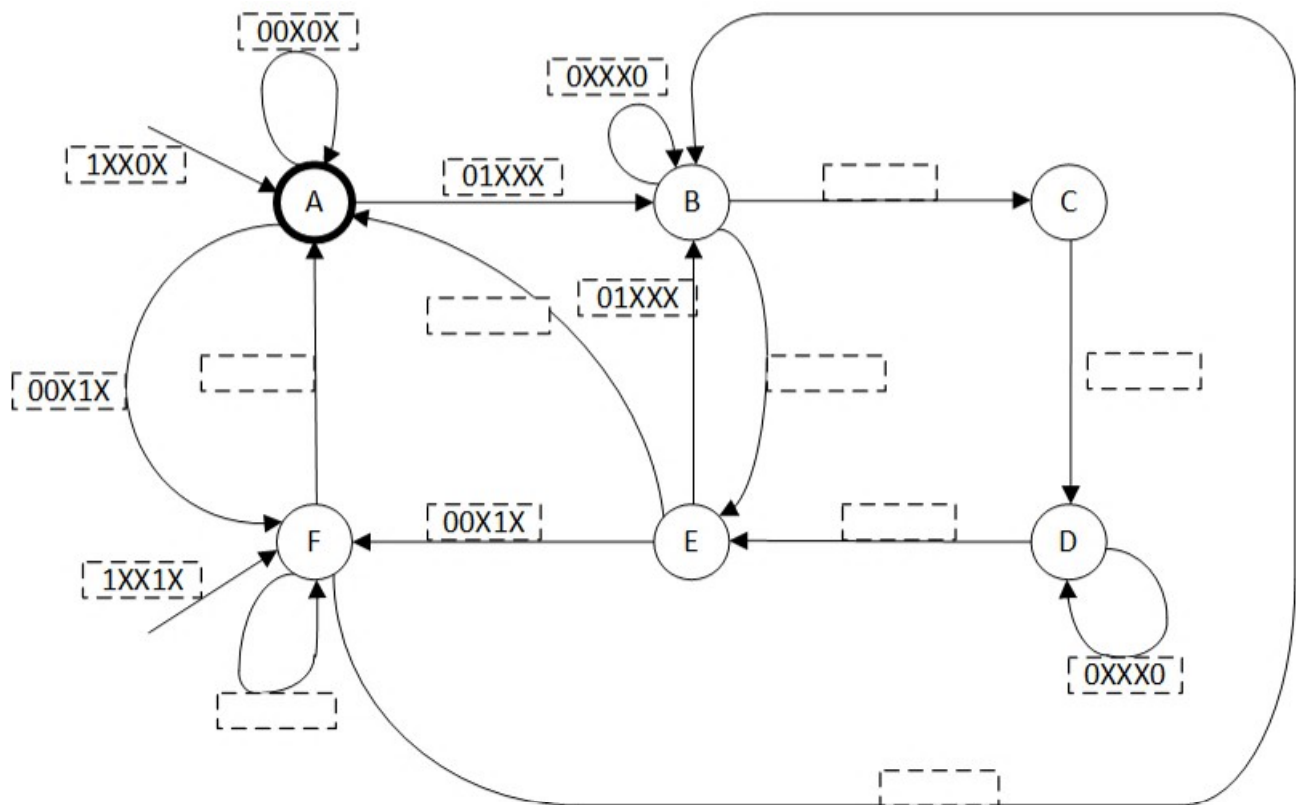
Volume 2 - Part II (Cont.)

Volume 2 - Part III

Pergunta A:

Meaning of the states [*Significado dos estados*]:

- A: Standby state w/ temperature ≤ 50 ; **initial state** [*Estado standby com temperatura ≤ 50 ; estado inicial*];
- B: Toaster switched on during the first timer period [*Torradeira ligada durante o primeiro período do temporizador*];
- C: Toaster switched on, re-initialize timer trigger before starting the second timer period [*Torradeira ligada, reinicializar gatilho do temporizador antes de iniciar segundo período do temporizador*];
- D: Toaster switched on during the second timer period [*Torradeira ligada durante o segundo período do temporizador*];
- E: Finish [*Terminar*];
- F: Standby state w/ temperature > 50 [*Estado standby com temperatura > 50*];



For each state, define the values of the inputs (in the diagram) and of the outputs (below) according to the following order:
 [Para cada estado, indique os valores das entradas (no diagrama) e das saídas (em baixo) de acordo com a seguinte ordem]:

- Ordem das entradas: STOP_H, ACT_H, LONG_H, THERM_H, TIMEOUT_H.
- Ordem das saídas: LED_H, TOAST_H, FINISH_H, TIMER_ACT_H.

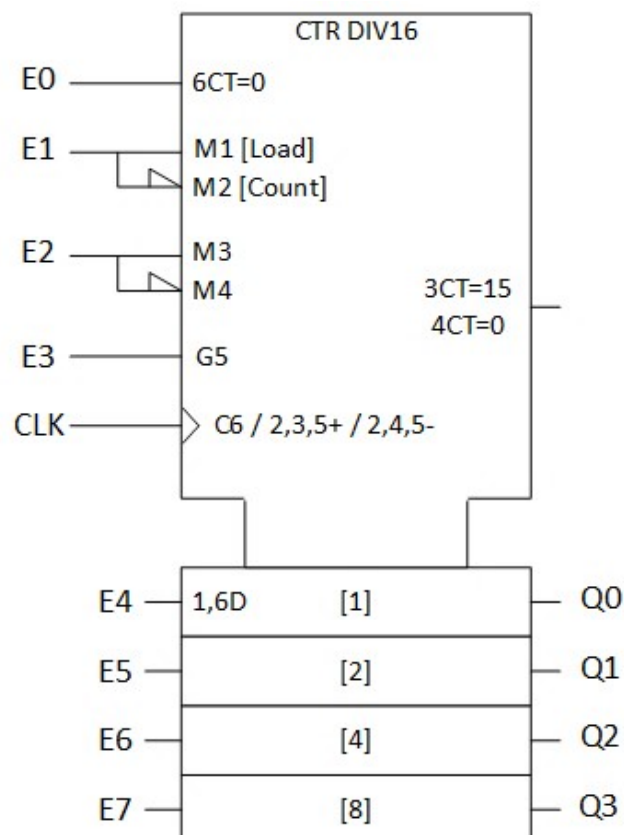
- A: _____
- B: _____
- C: _____
- D: _____
- E: _____
- F: _____

Volume 2 - Part III (Cont.)

Pergunta B:

$Q_3^n Q_2^n Q_1^n Q_0^n$	A	E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	$Q_3^{n+1} Q_2^{n+1} Q_1^{n+1} Q_0^{n+1}$	Operation
0000	0	0	0							0001	
0000	1	0	0							1111	
0001	0	0	0							0010	
0001	1	0	1							0011	
0100	0	1	X							0000	
0100	1	0	0							0011	
1001	0	0	0							1010	
1001	1	0	1							1011	
1111	0	0	0							1110	
1111	1	0	1							1101	

- E0 = _____
- E1 = _____



Instructions

Before starting the exam, read carefully the following information:

- There are (at least) nine different versions of this exam.
- Although the exam comprises a total of 16 pages, there are two distinct volumes that should be handled as follows:
 - **Volume 1** corresponds to the question list and comprises pages 1 to 12. These pages do not need to be identified because they will be discarded at the end of the exam;
 - **Volume 2** corresponds to the answers sheet and comprises pages 13 to 16. All pages of this volume **MUST** be identified with the student's name and number.
 - At the end of the exam, all pages of **Volume 2** will be separated. Consequently, all non-identified pages will not be considered.
- The exam is composed of three parts (Part I, II and III) and has a duration of 2 (two) hours.
 - **Part I** comprises N_1 multiple choice questions and awards a total of $P_1 = 15$ points.
 - * Each correct answer awards $C = P_1/N_1$ points;
 - * Each wrong answer awards $W = -C/(A - 1)$ points (negative value), where A denotes the number of possible answers offered to each question;
 - * Each non-answered question awards 0 points.
 - **Part II** comprises an open-answer problem about combinatorial circuits and awards a total of $P_2 = 2.5$ points.
 - **Part III** comprises an open-answer problem about sequential circuits and awards a total of $P_3 = 2.5$ points.
 - All question answers **MUST** be replied in the allotted space of **Volume 2**.
- At the end of **Part I of Volume 1** you will find an empty page - you can use it for auxiliary calculations, but this page will not be delivered at the end. This means that all answers **MUST** be replied (and properly justified) in the allotted space of **Volume 2**.
- Each question includes a Portuguese translation of the corresponding text. In case of a mismatch between the English text and its translation, the English text will be the one to be considered in the evaluation¹.
- You cannot use or consult any material during the exam. On your desk you can only have a pen and your student identity card.

¹Cada pergunta inclui uma tradução para Português do referido texto. Em caso de incoerência entre o texto em Inglês e a sua tradução, será o texto em Inglês que será considerado na avaliação.

Volume 1 - Part I

- A. Consider the following state diagram with two inputs X_1X_0 , one-hot encoding, and where each state $S_i (i = 0, \dots, 7)$ is implemented with D flip-flops, with input D_i (next state) and output Q_i (current state). Select, only for the state S_3 , the correct option for D_3 as a function of X_1 and X_0 and the current states Q_i .

[Considere o seguinte diagrama de estados com duas entradas X_1X_0 , codificação one-hot, em que cada estado $S_i (i = 0, \dots, 7)$ é implementado com flip-flops do tipo D, com entradas D_i (próximo estado) e saída Q_i (estado actual). Indique, para o estado S_3 , a expressão de D_3 como função de X_1 e X_0 e os estados actuais Q_i .]

[1]: $D_3 = X_1\overline{X_0}Q_2 + X_1X_0Q_3 + X_1\overline{X_0}Q_6 + X_1\overline{X_0}Q_7$

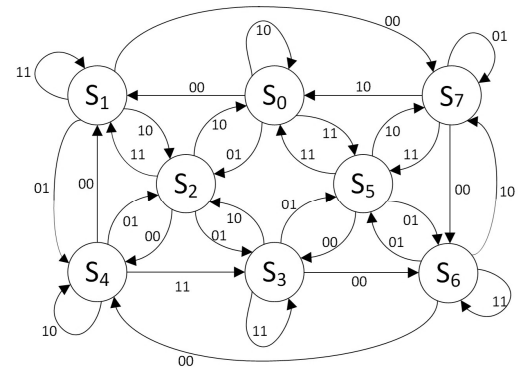
[2]: $D_3 = \overline{X_1}X_0Q_2 + X_1X_0(Q_3 + Q_4) + \overline{X_1}\overline{X_0}Q_5$

[3]: $D_3 = \overline{X_1}X_0Q_1 + X_1\overline{X_0}Q_3 + \overline{X_1}X_0(Q_5 + Q_7)$

[4]: $D_3 = X_1X_0Q_1 + \overline{X_1}\overline{X_0}Q_2 + X_1\overline{X_0}Q_6 + X_1X_0Q_7$

[5]: $D_3 = X_1\overline{X_0}Q_2 + X_1X_0Q_3 + \overline{X_1}X_0Q_5 + \overline{X_1}\overline{X_0}Q_6$

[6]: None of the other options
[Nenhuma das outras opções]



- B. Consider the following circuit with an adder, a register (4 FF's) and a combinational logic circuit. Assuming that the current state is $Q(3:0) = 1010$, what are the next two states of the circuit?

[Considere o seguinte circuito com um somador, um registo (4 FF's) e lógica combinatória. Assumindo que o estado actual é $Q(3:0) = 1010$, quais serão os próximos dois estados do circuito?]

[1]: 0011, 1110

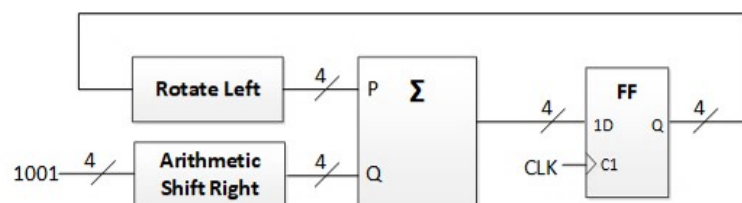
[2]: 0111, 1111

[3]: 1110, 1111

[4]: 1100, 1000

[5]: 0001, 1110

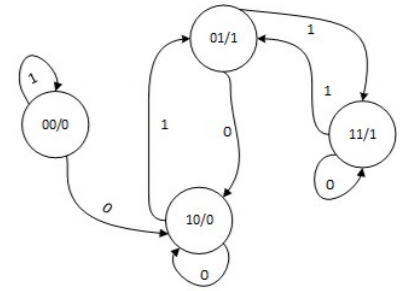
[6]: None of the other options
[Nenhuma das outras opções]



C.

Consider the following state diagram. Select the output value for each state and the value of the next state for each state and input.

[Considere o seguinte diagrama de estados. Indique o valor da saída do circuito para cada estado e o valor do próximo estado para cada valor do estado e entrada.]



Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	1	10	01
01	0	11	10
10	1	00	00
11	1	01	01

[1]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	1	10	11
01	1	00	10
10	1	10	10
11	1	11	01

[2]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	1	10	01
01	0	11	10
10	0	00	00
11	1	01	01

[3]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	0	10	00
01	1	10	11
10	0	10	01
11	1	11	01

[4]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	1	01	01
01	0	11	10
10	0	00	00
11	1	01	01

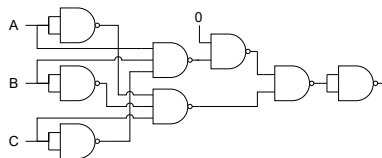
[5]

None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

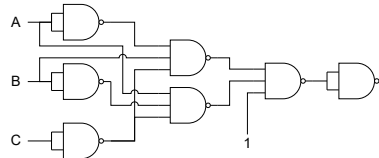
[6]

D. Which of the following circuits implements the expression $\overline{(\overline{A} \odot B)} \cdot \overline{C}$?

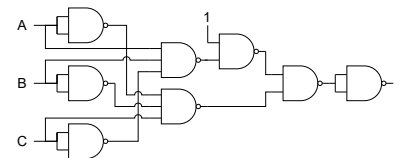
[Qual dos seguintes circuitos implementa a expressão $\overline{(\overline{A} \odot B)} \cdot \overline{C}$?]



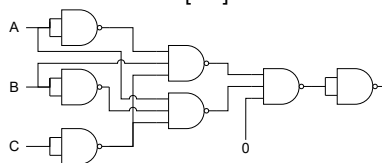
[1]



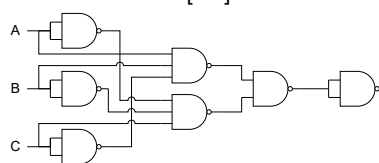
[2]



[3]



[4]



[5]

None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

[6]

E. Consider the following memory system. Indicate the range of addresses that correspond to RAM and EPROM.

[Considere o seguinte sistema de memória. Indique os intervalos de endereços que correspondem a RAM e EPROM.]

[1]: RAM:A000h..5FFFh; EPROM:C000h..DFFFh

[2]: RAM:4000h..7FFFh; EPROM:B000h..EFFFh

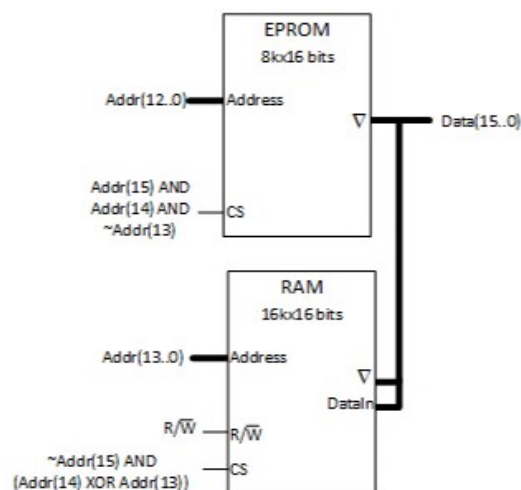
[3]: RAM:8000h..BFFFh; EPROM:2000h..3FFFh

[4]: RAM:8000h..BFFFh; EPROM:1000h..2FFFh

[5]: RAM:C000h..FFFFh; EPROM:B000h..EFFFh

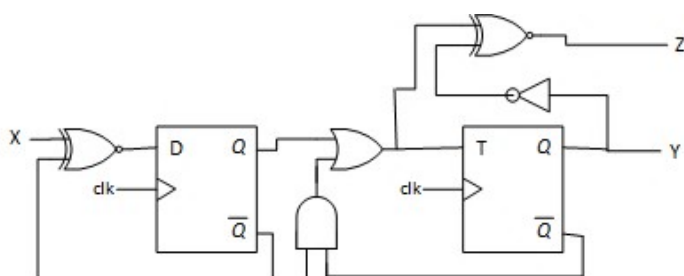
[6]: None of the other options

[Nenhuma das outras opções]



F. What is the minimum clock period of the following circuit, given the table values (in ns)?

[Qual é o período de relógio mínimo do seguinte circuito, assumindo os valores da tabela (em ns)?]



	tp [ns]	tsu [ns]	th [ns]
FF D	12	5	5
FF T	15	7	7
AND	7		
OR	9		
XNOR	13		
NOT	5		

[1]: 30

[2]: 38

[3]: 34

[4]: 35

[5]: 29

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

G. Which function is implemented by the following circuit? Consider that X and Y are 4-bit signed numbers (two's complement).

[Qual é a função desempenhada pelo seguinte circuito? Assuma que X e Y são números com sinal com 4-bits (em complemento para dois).]

[1]: K=0: Z = -X ; K=1: Z = X+Y

[2]: K=0: Z = X-Y ; K=1: Z = X+Y+1

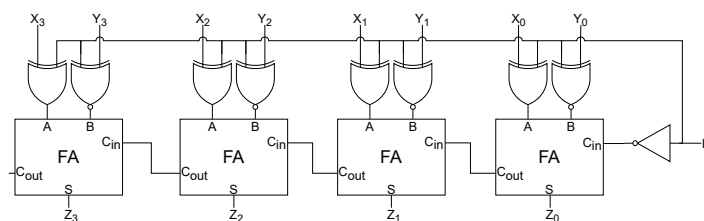
[3]: K=0: Z = X-1 ; K=1: Z = Y+1

[4]: K=0: Z = -Y ; K=1: Z = X+Y

[5]: K=0: Z = X-Y ; K=1: Z = -(X-Y)-1

[6]: None of the other options

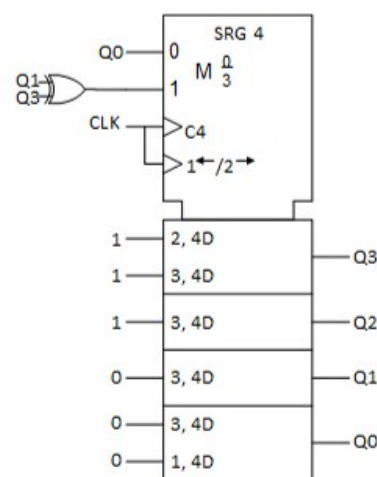
[Nenhuma das outras opções]



- H. Consider the following circuit with a 4-bit shift register, as depicted in the figure. The current state is $Q_3 Q_2 Q_1 Q_0 = 1011$. What are the next two states of the circuit?

[Considere o seguinte circuito com um registo de deslocamento de 4-bits representado na figura. O estado actual é $Q_3 Q_2 Q_1 Q_0 = 1011$. Quais serão os próximos dois estados?]

- [1]: 0011, 1111
 [2]: 1010, 0110
 [3]: 1001, 1001
 [4]: 1011, 0110
 [5]: 0110, 1011
 [6]: None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]



- I. Represent 375_8 in base 10.
 [Represente 375_8 na base 10.]

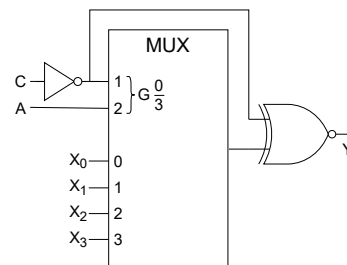
- [1]: 253 [2]: 215 [3]: 242
 [4]: 175 [5]: 230 [6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

- J. Consider the following circuit and truth table. Select the multiplexer inputs $\{X_3; X_2; X_1; X_0\}$ that result in the given truth table.

[Considere o seguinte circuito e tabela de verdade. Selecione as entradas do multiplexer $\{X_3; X_2; X_1; X_0\}$ que resultam na tabela apresentada.]

- [1]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{0; \overline{B}; 1; B\}$
 [2]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{1; \overline{B}; 0; B\}$
 [3]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{1; B; 0; \overline{B}\}$
 [4]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{0; B; 1; \overline{B}\}$
 [5]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{0; \overline{B}; 1; \overline{B}\}$
 [6]: None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]

A	B	C	Y
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1



- K. Which of the following expressions corresponds to the minimal function (defined as a sum of products) represented in the Karnaugh-map?

[Qual das seguintes expressões corresponde à função mínima (definida como uma soma de produtos) representada no mapa de Karnaugh?]

- [1]: $\overline{B}.C + \overline{A}.B.\overline{C} + \overline{A}.\overline{D}$
 [2]: $\overline{C}.A + \overline{C}.B.\overline{D} + B.D$
 [3]: $\overline{B}.\overline{D} + \overline{C}.B.D + \overline{A}.D$
 [4]: $\overline{C}.\overline{D} + A.\overline{B}.\overline{D} + A.D$
 [5]: $\overline{B}.\overline{D} + \overline{A}.B.D + A.\overline{C}$
 [6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

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

L. Represent $6DE3_{16}$ in octal.

[Represente $6DE3_{16}$ em octal.]

[1]: 37363
[4]: 65633

[2]: 46723
[5]: 66743

[3]: 31513

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

M. Select the option corresponding to the output $f(X, Y, Z)$ of the circuit shown below, when the inputs (X, Y, Z) have the values $(0, 0, 1)$, $(0, 1, 0)$, and $(1, 1, 0)$.

[Indique qual das opções corresponde à saída $f(X, Y, Z)$ do circuito apresentado em baixo, quando as entradas (X, Y, Z) tomam os valores $(0, 0, 1)$, $(0, 1, 0)$, and $(1, 1, 0)$.]

[1]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{1 ; 0 ; 1\}$

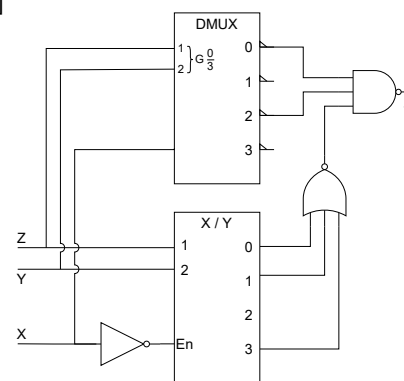
[2]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{1 ; 1 ; 0\}$

[3]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{0 ; 1 ; 1\}$

[4]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{0 ; 1 ; 0\}$

[5]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{0 ; 0 ; 1\}$

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]



N. What is the 8-bit two's complement representation of -49 ?

[Qual é a representação em complemento para dois com 8-bits de -49 ?]

[1]: 11001110
[4]: 11010000

[2]: 11001111
[5]: 10110001

[3]: 00110001

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

O. The following 32-bit words correspond to signed rational numbers represented in fixed-point and floating-point. Which of the options presented below corresponds to an ascending ordering of these words?

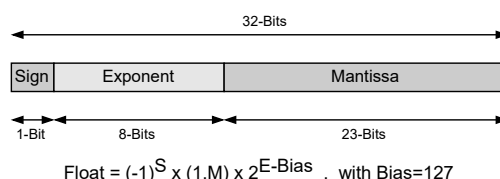
[As seguintes palavras de 32-bits correspondem a números racionais com sinal representados em vírgula fixa e em vírgula flutuante. Qual das opções corresponde à ordenação crescente destas palavras?]

A = 3FD5C28Fh (IEEE-754) B = 77AE147Bh (Q2.30) C = C02AE148h (IEEE-754)

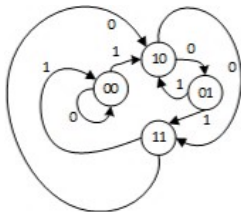
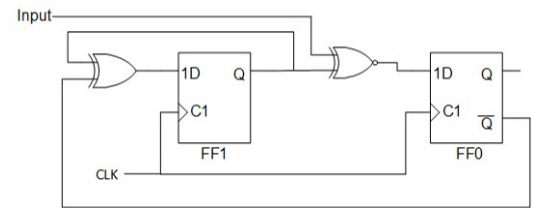
[1]: C,A,B
[4]: A,C,B

[2]: B,A,C
[5]: B,C,A

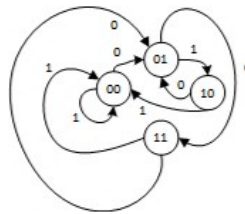
[3]: A,B,C
[6]: C,B,A



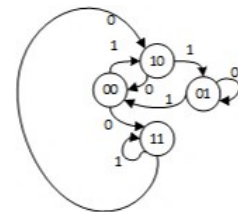
- P. Consider the following circuit. Which state diagram corresponds to the circuit?
 [Considere o seguinte circuito. Qual dos diagramas de estado corresponde ao funcionamento do circuito?]



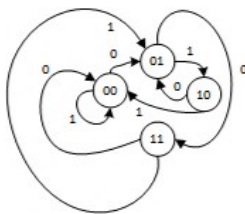
[1]



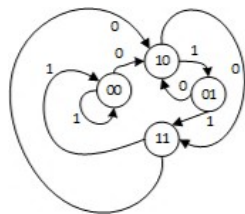
[2]



[3]



[4]

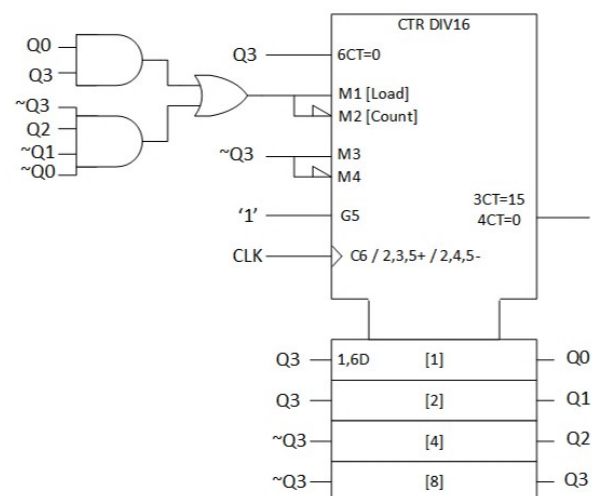


[5]

None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]

[6]

- Q. Which of the following options corresponds to the sequence, in stationary mode, in decimal format at the output of the circuit in the figure below? (suggestion: start by analyzing a "load" situation.)
 [Qual das seguintes opções corresponde à sequência de saída do seguinte circuito, em regime estacionário e em formato decimal? (sugestão: comece por analisar a situação de carregamento ("load") de dados.)]



[1]: ... 12 - 1 - 2 - 3 - 14 - 13 - 12 ...

[2]: ... 13 - 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 13...

[3]: ... 9 - 8 - 7 - 6 - 5 - 4 - 9 ...

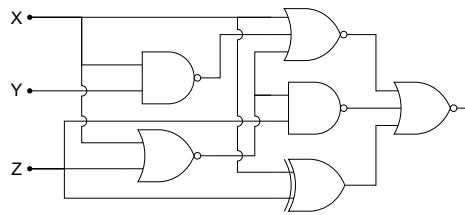
[4]: ... 4 - 12 - 11 - 3 - 4 ...

[5]: ... 4 - 12 - 0 - 1 - 2 - 3 - 4 ...

[6]: None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]

R. What is the worst case for the propagation time of the following circuit?

[Qual é o pior caso para o tempo de propagação do seguinte circuito?]



Gate	tp [ns]
NAND2	7
NOR2	8
NOR3	12
XOR2	16

[1]: 28
[4]: 31

[2]: 32
[5]: 27

[3]: 34

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

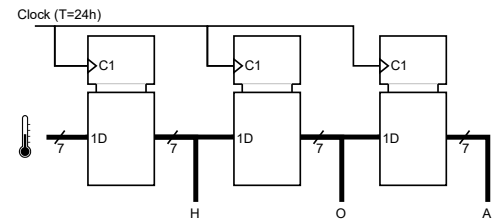
(This space was intentionally left blank for you auxiliary calculations.)

Volume 1 - Part II

NOTE: Portuguese version in the following page

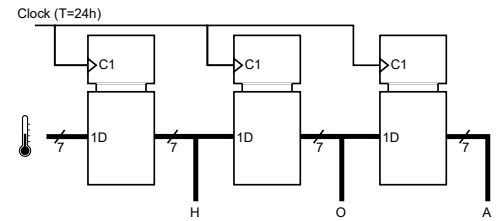
[Question score partitioning: 35% + 30% + 35%]

To control the temperature of a greenhouse, it was adopted a set of registers as shown in the figure, which allows the recording of the temperature values measured on three consecutive days: today (H), yesterday (O) and the day before yesterday (A). The measured temperature has a dynamic range between -64°C and $+63^{\circ}\text{C}$, with a 7-bit precision. In the following exercises, consider the use of 8-bit adders:



- Design the circuit that computes the weighted average $T_M = 0.5 \times T_H + 0.375 \times T_O + 0.25 \times T_A$ with an 8-bit precision.
Hint: remember that $0.375 = 3/8$.
- Without using adders, implement a circuit that activates the alarm signal ($X = 1$) when $T_M \geq 24^{\circ}\text{C}$.
Hint: design a combinational circuit to detect the pattern $T_M \geq +24$.
- In order to evaluate the variation rate (i.e., derivative) of the observed temperature over the last three days, implement a circuit that activates a signal ($Z = 1$) when $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O)$.
Hint: remember that $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

Para controlar a temperatura de uma estufa foi instalado o sistema de registos apresentado na figura que permite armazenar os valores de temperatura medidos em três dias consecutivos: hoje (H), ontem (O), e anteontem (A). A temperatura medida tem uma gama dinâmica entre -64°C e $+63^{\circ}\text{C}$, com uma precisão de 7-bits. Nos seguintes exercícios, considere a utilização de somadores de 8-bit:



1. Projecte o circuito que calcula o valor da média pesada $T_M = 0.5 \times T_H + 0.375 \times T_O + 0.25 \times T_A$ com uma precisão de 8-bits.
Sugestão: recorde que $0.375 = 3/8$.
2. Sem utilizar somadores, implemente um circuito que activa o sinal de alarme ($X = 1$) quando $T_M \geq 24^{\circ}\text{C}$.
Sugestão: projecte um circuito combinatório que detecte o padrão $T_M \geq +24$.
3. De modo a avaliar o ritmo de variação (i.e., derivada) da temperatura observada ao longo dos últimos três dias, implemente um circuito que active um sinal ($Z = 1$) quando $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O)$.
Sugestão: recorde que $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

Volume 1 - Part III

NOTE: Portuguese version in the following page

[Question score partitioning: 50% + 50%]

Question A:

Design a circuit that controls a toaster. The toaster works as follows:



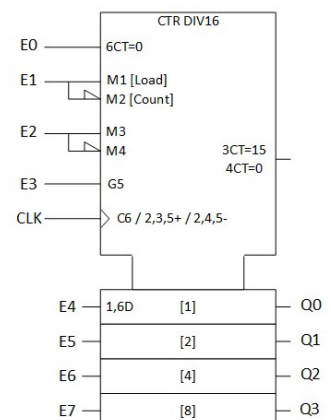
- The toaster has five input signals:
 - STOP_H: Aborts the toasting process, returning to a standby state.
 - ACT_H: Lever that lowers the bread and starts the toasting mechanism.
 - LONG_H: Button that sets the toasting time (active: $2TA$; inactive: $1TA$), where TA is the period of the auxiliary timer (see below).
 - THERM_H: Warning from sensing circuit when the temperature is above 50°C .
 - TIMEOUT_H: This signal is active during one clock period when the auxiliary timer expires.
- The toaster has four output signals:
 - LED_H: LED is on while the toaster is switched on, or the temperature is above 50°C .
 - TOAST_H: Activates the heating mechanism of the toaster.
 - FINISH_H: Activated during one clock period to disconnect the heating and free the bread.
 - TIMER_ACT_H: A transition from 0 to 1 in this signal starts the timer; a transition from 1 to 0 prepares the timer for a new activation.
- There are two standby states: with LED switched off (temperature lower or equal than 50°C indicated by $\text{THERM_H}=0$), and with LED switched on (temperature higher than 50°C , indicated by $\text{THERM_H}=1$).
- The initial state is a standby state with the LED switched off. After the user introduces the bread, presses the lever, activating ACT_H. The toaster starts, activating the timer (TIMER_ACT_H) and the heating (TOAST_H).
- Toasting will continue during 1 or 2 successive activations of the timer, depending on the value of LONG_H.
- After the timer expires for the last time (depending on LONG_H), the signal FINISH_H is active during one clock period.
- After FINISH_H is activated, the toasting operation is finished, the toaster returns to a standby state, and it is assumed that the lever automatically returns to the initial position. However, the red LED will remain lit (standby state with LED switched on) until the temperature becomes lower or equal than 50°C . This state behaves similarly to the initial state, except for the LED.

Complete the state diagram (see Volume 2, Part IIIA) defining the values of the input signals associated with all state transitions, as well as the values of the output signals in each state. "Don't cares" must be used for the inputs whose value does not matter for given a state transition. In the diagram, the inputs/outputs must be indicated in the following order:

- Order of the inputs: STOP_H, ACT_H, LONG_H, THERM_H, TIMEOUT_H.
- Order of the outputs: LED_H, TOAST_H, FINISH_H, TIMER_ACT_H.

Question B:

- Consider a state machine with input A and state bits Q3, Q2, Q1 and Q0, implemented with the circuit depicted in the figure. Complete the state transition table (see Volume 2, Part IIIB), considering the provided state transitions. Justify, identifying the operation performed by the circuit in each transition. **Note: The parallel LOAD operation will only be accepted in case there is no other alternative leading to the same result. The signals that don't care to a given operation must mandatorily be marked as don't cares.**
- Indicate the algebraic expressions of the signals E0 and E1 in the disjunctive canonical form, ignoring the "don't cares".



Pergunta A:

Projecte um controlador de uma torradeira que funciona da seguinte forma:

- A torradeira tem cinco sinais de entrada:
 - STOP_H: Aborta a operação da torradeira, retornando a um estado de *standby*.
 - ACT_H: Alavanca que baixa o pão e liga o mecanismo de aquecimento.
 - LONG_H: Botão que define o tempo de operação (activo: $2TA$; inativo: $1TA$), sendo TA o período do temporizador auxiliar (ver em baixo).
 - THERM_H: Aviso de um sensor de temperatura quando a temperatura da torradeira é superior a 50°C .
 - TIMEOUT_H: Ativo durante um período de relógio quando o temporizador auxiliar expira.
- A torradeira tem quatro sinais de saída:
 - LED_H: LED acende enquanto a torradeira está em operação, ou a temperatura é superior a 50°C .
 - TOAST_H: ativa o mecanismo de aquecimento da torradeira.
 - FINISH_H: ativado durante um período de relógio para desligar o aquecimento e libertar o pão.
 - TIMER_ACT_H: Uma transição de 0 para 1 neste sinal inicia o temporizador; uma transição de 1 para 0 reinicializa o gatilho do temporizador para poder receber uma nova ativação.
- Existem dois estados de *standby*: com o LED apagado (temperatura menor ou igual a 50°C indicada por $\text{THERM_H}=0$), e LED aceso (temperatura superior a 50°C , indicada por $\text{THERM_H}=1$).
- O estado inicial é o estado de *standby* com o LED apagado. Depois de o utilizador introduzir o pão, pressiona a alavanca, ativando ACT_H. A torradeira inicia assim a sua operação, ativando o temporizador (TIMER_ACT_H) e o aquecimento (TOAST_H).
- A operação continua durante 1 ou 2 activações (sucessivas) do temporizador, consoante o valor de LONG_H.
- O sinal FINISH_H é ativado durante um período de relógio depois de o temporizador expirar pela última vez (que depende de LONG_H).
- Depois de FINISH_H ser ativado, a operação da torradeira termina, a torradeira volta a ficar num estado de *standby*, e assume-se que a alavanca voltou automaticamente à posição inicial. No entanto, o LED vermelho permanecerá aceso (estado *standby* com LED aceso) até que a temperatura passe a ser menor ou igual a 50°C . Este estado comporta-se de forma semelhante ao estado inicial, à exceção do LED.

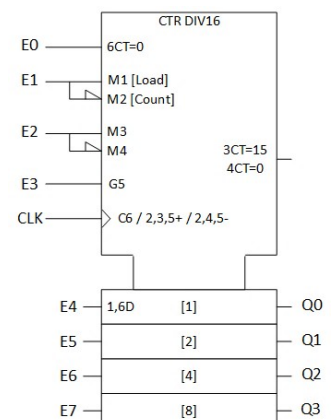
Complete o diagrama de estados (ver Volume 2, Parte IIIA), definindo os valores dos sinais de entrada que desencadeiam todas as transições de estado, assim como os valores de saída de cada estado. As "indiferenças" têm de ser obrigatoriamente usadas para entradas que não tenham influência numa determinada transição de estado. As entradas/saídas têm de ser indicadas de acordo com a ordem seguinte:

- Ordem das entradas: STOP_H, ACT_H, LONG_H, THERM_H, TIMEOUT_H.
- Ordem das saídas: LED_H, TOAST_H, FINISH_H, TIMER_ACT_H.

Pergunta B:

Considere uma máquina de estados com entrada A e bits de estado Q3, Q2, Q1 e Q0, realizada com base no circuito da figura.

1. Complete a tabela de transição de estados (ver Volume 2, Parte IIIB), considerando as transições nela representadas. Justifique, identificando na tabela as operações realizadas em cada transição. **Nota: A operação de carregamento em paralelo (LOAD) só será aceite se não houver uma operação alternativa que conduza ao mesmo resultado. Os sinais indiferentes para determinada operação têm obrigatoriamente de ser marcados como indiferenças.**
2. Indique as expressões para os sinais E0 e E1 na forma canónica disjuntiva, ignorando as indiferenças.





**Don't forget to identify this and the following pages!
Only these pages will be considered for your evaluation.**

Volume 2 - Part I

For each question of Part I (question A, B, C, ...), fill in the number of the correct answer from the supplied multiple-choice list (answer 1, 2, 3, ...):

★	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
5																			X	X	X	X	X	X	X	X

NOTE: Leave blank (or fill in with 0) all questions that you do not wish to answer.

Volume 2 - Part II

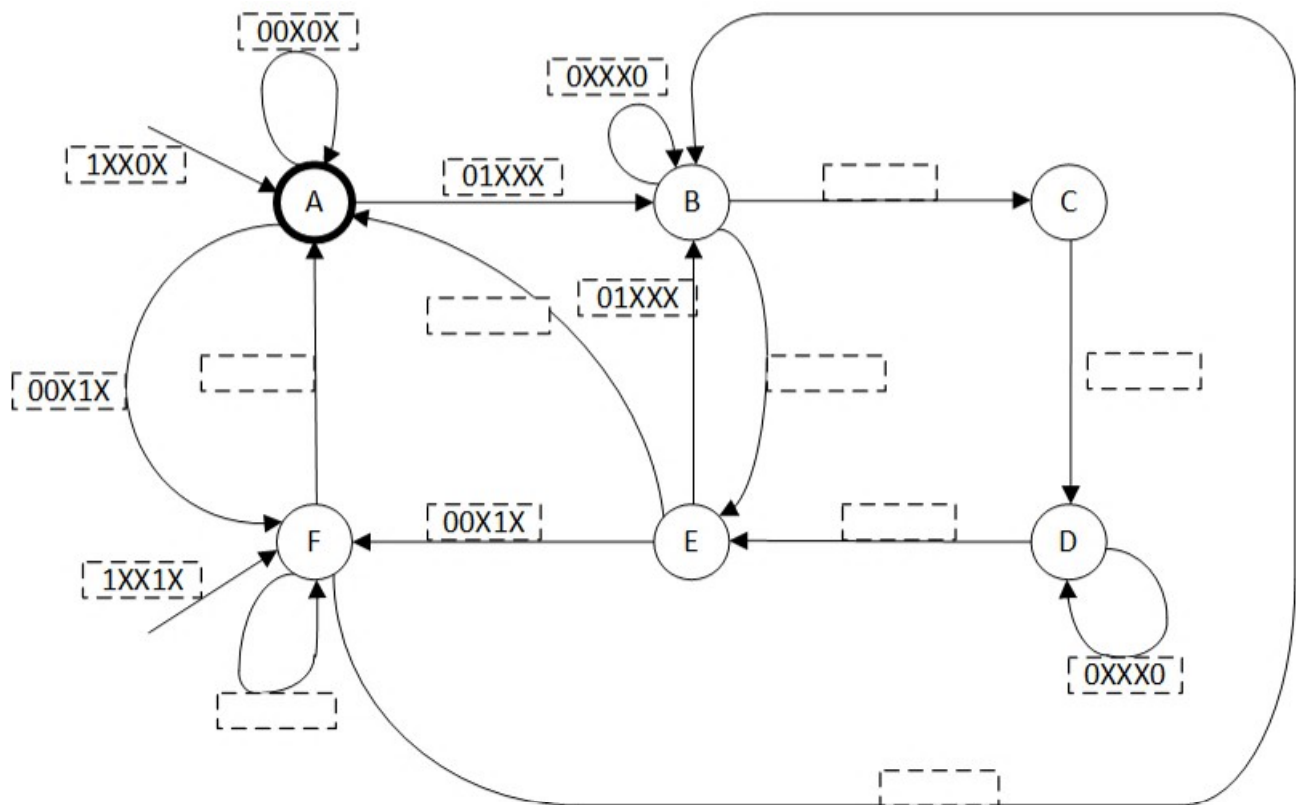
Volume 2 - Part II (Cont.)

Volume 2 - Part III

Pergunta A:

Meaning of the states [*Significado dos estados*]:

- A: Standby state w/ temperature ≤ 50 ; **initial state** [*Estado standby com temperatura ≤ 50 ; estado inicial*];
- B: Toaster switched on during the first timer period [*Torradeira ligada durante o primeiro período do temporizador*];
- C: Toaster switched on, re-initialize timer trigger before starting the second timer period [*Torradeira ligada, reinicializar gatilho do temporizador antes de iniciar segundo período do temporizador*];
- D: Toaster switched on during the second timer period [*Torradeira ligada durante o segundo período do temporizador*];
- E: Finish [*Terminar*];
- F: Standby state w/ temperature > 50 [*Estado standby com temperatura > 50*];



For each state, define the values of the inputs (in the diagram) and of the outputs (below) according to the following order:
 [Para cada estado, indique os valores das entradas (no diagrama) e das saídas (em baixo) de acordo com a seguinte ordem]:

- Ordem das entradas: STOP_H, ACT_H, LONG_H, THERM_H, TIMEOUT_H.
- Ordem das saídas: LED_H, TOAST_H, FINISH_H, TIMER_ACT_H.

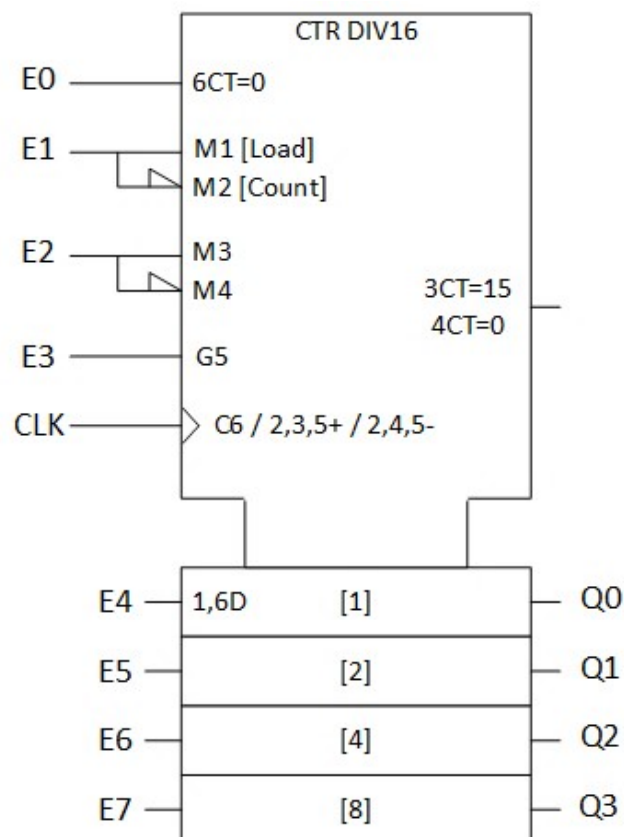
- A: _____
- B: _____
- C: _____
- D: _____
- E: _____
- F: _____

Volume 2 - Part III (Cont.)

Pergunta B:

$Q_3^n Q_2^n Q_1^n Q_0^n$	A	E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	$Q_3^{n+1} Q_2^{n+1} Q_1^{n+1} Q_0^{n+1}$	Operation
0000	0	0	0							0001	
0000	1	0	0							1111	
0001	0	0	0							0010	
0001	1	0	1							0011	
0100	0	1	X							0000	
0100	1	0	0							0011	
1001	0	0	0							1010	
1001	1	0	1							1011	
1111	0	0	0							1110	
1111	1	0	1							1101	

- E0 = _____
- E1 = _____



Instructions

Before starting the exam, read carefully the following information:

- There are (at least) nine different versions of this exam.
- Although the exam comprises a total of 16 pages, there are two distinct volumes that should be handled as follows:
 - **Volume 1** corresponds to the question list and comprises pages 1 to 12. These pages do not need to be identified because they will be discarded at the end of the exam;
 - **Volume 2** corresponds to the answers sheet and comprises pages 13 to 16. All pages of this volume **MUST** be identified with the student's name and number.
 - At the end of the exam, all pages of **Volume 2** will be separated. Consequently, all non-identified pages will not be considered.
- The exam is composed of three parts (Part I, II and III) and has a duration of 2 (two) hours.
 - **Part I** comprises N_1 multiple choice questions and awards a total of $P_1 = 15$ points.
 - * Each correct answer awards $C = P_1/N_1$ points;
 - * Each wrong answer awards $W = -C/(A - 1)$ points (negative value), where A denotes the number of possible answers offered to each question;
 - * Each non-answered question awards 0 points.
 - **Part II** comprises an open-answer problem about combinatorial circuits and awards a total of $P_2 = 2.5$ points.
 - **Part III** comprises an open-answer problem about sequential circuits and awards a total of $P_3 = 2.5$ points.
 - All question answers **MUST** be replied in the allotted space of **Volume 2**.
- At the end of **Part I of Volume 1** you will find an empty page - you can use it for auxiliary calculations, but this page will not be delivered at the end. This means that all answers **MUST** be replied (and properly justified) in the allotted space of **Volume 2**.
- Each question includes a Portuguese translation of the corresponding text. In case of a mismatch between the English text and its translation, the English text will be the one to be considered in the evaluation¹.
- You cannot use or consult any material during the exam. On your desk you can only have a pen and your student identity card.

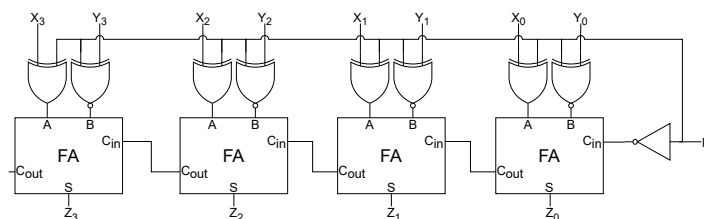
¹Cada pergunta inclui uma tradução para Português do referido texto. Em caso de incoerência entre o texto em Inglês e a sua tradução, será o texto em Inglês que será considerado na avaliação.

Volume 1 - Part I

- A. Which function is implemented by the following circuit? Consider that X and Y are 4-bit signed numbers (two's complement).

[Qual é a função desempenhada pelo seguinte circuito? Assuma que X e Y são números com sinal com 4-bits (em complemento para dois).]

- [1]: $K=0: Z = X-Y$; $K=1: Z = X+Y+1$
 [2]: $K=0: Z = -Y$; $K=1: Z = X+Y$
 [3]: $K=0: Z = X-1$; $K=1: Z = Y+1$
 [4]: $K=0: Z = X-Y$; $K=1: Z = -(X-Y)-1$
 [5]: $K=0: Z = -X$; $K=1: Z = X+Y$
 [6]: None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]



- B. What is the 8-bit two's complement representation of -49 ?

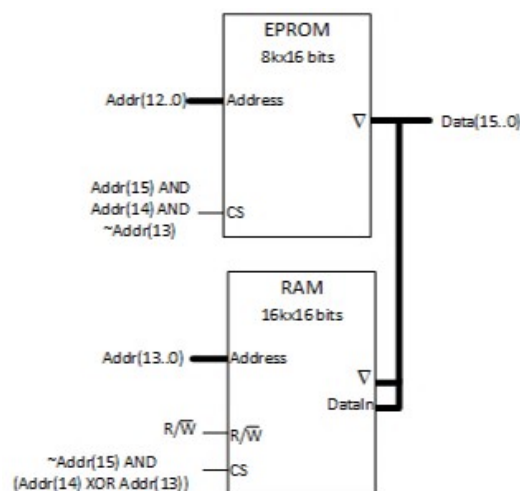
[Qual é a representação em complemento para dois com 8-bits de -49 ?]

- [1]: 11001110 [2]: 11001111 [3]: 11010000
 [4]: 10110001 [5]: 00110001 [6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

- C. Consider the following memory system. Indicate the range of addresses that correspond to RAM and EPROM.

[Considere o seguinte sistema de memória. Indique os intervalos de endereços que correspondem a RAM e EPROM.]

- [1]: RAM:A000h..5FFFh; EPROM:C000h..DFFFh
 [2]: RAM:8000h..BFFFh; EPROM:1000h..2FFFh
 [3]: RAM:4000h..7FFFh; EPROM:B000h..EFFFh
 [4]: RAM:C000h..FFFFh; EPROM:B000h..EFFFh
 [5]: RAM:8000h..BFFFh; EPROM:2000h..3FFFh
 [6]: None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]

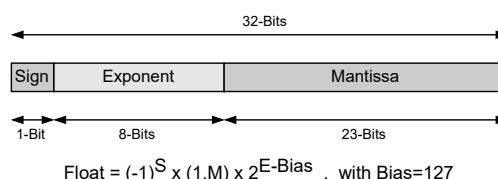


- D. The following 32-bit words correspond to signed rational numbers represented in fixed-point and floating-point. Which of the options presented below corresponds to an ascending ordering of these words?

[As seguintes palavras de 32-bits correspondem a números racionais com sinal representados em vírgula fixa e em vírgula flutuante. Qual das opções corresponde à ordenação crescente destas palavras?]

A = 3FD5C28Fh (IEEE-754) B = 77AE147Bh (Q2.30) C = C02AE148h (IEEE-754)

- [1]: A,C,B [2]: C,A,B [3]: A,B,C
 [4]: B,A,C [5]: B,C,A [6]: C,B,A



E. Represent $6DE3_{16}$ in octal.

[Represente $6DE3_{16}$ em octal.]

[1]: 65633
[4]: 46723

[2]: 31513
[5]: 66743

[3]: 37363

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

F. Represent 375_8 in base 10.

[Represente 375_8 na base 10.]

[1]: 215
[4]: 242

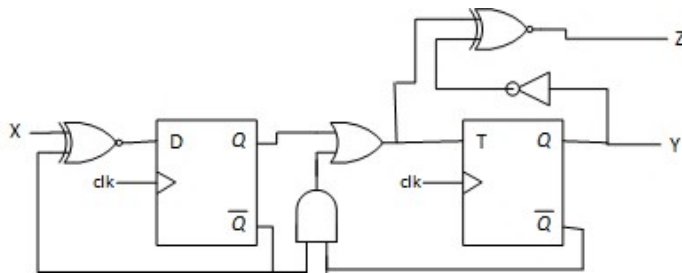
[2]: 175
[5]: 230

[3]: 253

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

G. What is the minimum clock period of the following circuit, given the table values (in ns)?

[Qual é o período de relógio mínimo do seguinte circuito, assumindo os valores da tabela (em ns)?]



	tp [ns]	tsu [ns]	th [ns]
FF D	12	5	5
FF T	15	7	7
AND	7		
OR	9		
XNOR	13		
NOT	5		

[1]: 30
[4]: 35

[2]: 34
[5]: 29

[3]: 38

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

H. Which of the following options corresponds to the sequence, in stationary mode, in decimal format at the output of the circuit in the figure below? (suggestion: start by analyzing a "load" situation.)

[Qual das seguintes opções corresponde à sequência de saída do seguinte circuito, em regime estacionário e em formato decimal? (sugestão: comece por analisar a situação de carregamento ("load") de dados.)]

[1]: ... 12 - 1 - 2 - 3 - 14 - 13 - 12 ...

[2]: ... 13 - 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 13...

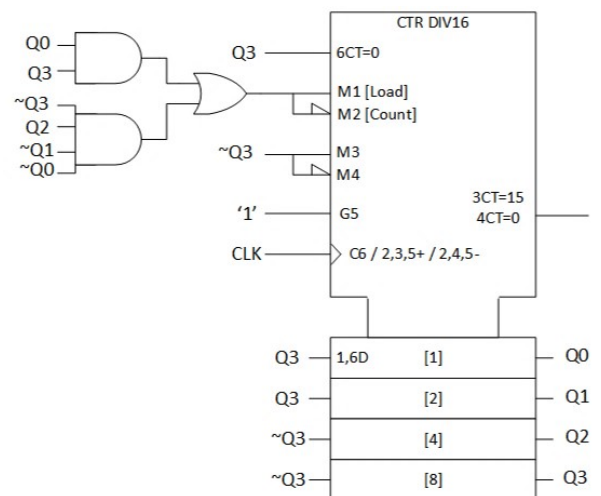
[3]: ... 4 - 12 - 11 - 3 - 4 ...

[4]: ... 9 - 8 - 7 - 6 - 5 - 4 - 9 ...

[5]: ... 4 - 12 - 0 - 1 - 2 - 3 - 4 ...

[6]: None of the other options

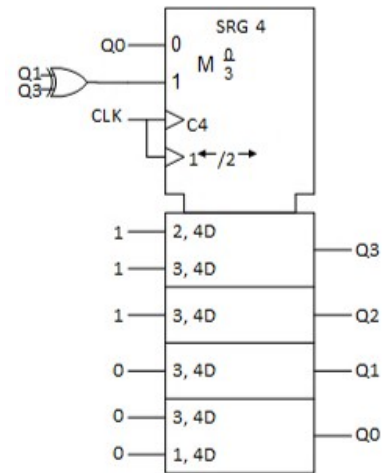
[Nenhuma das outras opções]



- I. Consider the following circuit with a 4-bit shift register, as depicted in the figure. The current state is $Q_3 Q_2 Q_1 Q_0 = 1011$. What are the next two states of the circuit?

[Considere o seguinte circuito com um registo de deslocamento de 4-bits representado na figura. O estado actual é $Q_3 Q_2 Q_1 Q_0 = 1011$. Quais serão os próximos dois estados?]

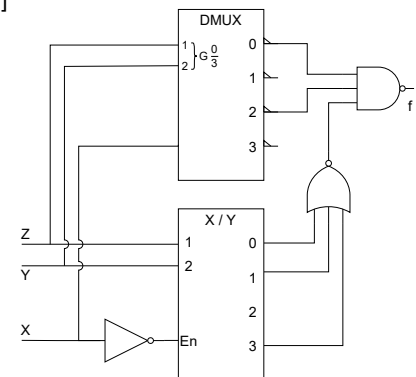
- [1]: 1010, 0110
- [2]: 0110, 1011
- [3]: 1011, 0110
- [4]: 1001, 1001
- [5]: 0011, 1111
- [6]: None of the other options
[Nenhuma das outras opções]



- J. Select the option corresponding to the output $f(X, Y, Z)$ of the circuit shown below, when the inputs (X, Y, Z) have the values $(0, 0, 1)$, $(0, 1, 0)$, and $(1, 1, 0)$.

[Indique qual das opções corresponde à saída $f(X, Y, Z)$ do circuito apresentado em baixo, quando as entradas (X, Y, Z) tomam os valores $(0, 0, 1)$, $(0, 1, 0)$, and $(1, 1, 0)$.]

- [1]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{0 ; 1 ; 1\}$
- [2]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{1 ; 1 ; 0\}$
- [3]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{0 ; 1 ; 0\}$
- [4]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{1 ; 0 ; 1\}$
- [5]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{0 ; 0 ; 1\}$
- [6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

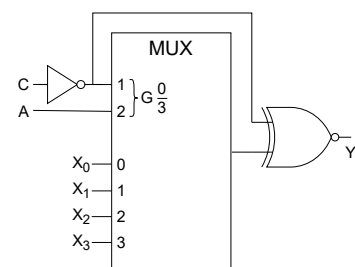


- K. Consider the following circuit and truth table. Select the multiplexer inputs $\{X_3; X_2; X_1; X_0\}$ that result in the given truth table.

[Considere o seguinte circuito e tabela de verdade. Selecione as entradas do multiplexer $\{X_3; X_2; X_1; X_0\}$ que resultam na tabela apresentada.]

- [1]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{1; B; 0; \overline{B}\}$
- [2]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{0; B; 1; \overline{B}\}$
- [3]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{1; \overline{B}; 0; B\}$
- [4]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{0; \overline{B}; 1; B\}$
- [5]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{0; \overline{B}; 1; \overline{B}\}$
- [6]: None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

A	B	C	Y
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1



- L. Consider the following circuit with an adder, a register (4 FF's) and a combinational logic circuit. Assuming that the current state is $Q(3:0) = 1010$, what are the next two states of the circuit?

[Considere o seguinte circuito com um somador, um registo (4 FF's) e lógica combinatória. Assumindo que o estado actual é $Q(3:0) = 1010$, quais serão os próximos dois estados do circuito?]

[1]: 1100, 1000

[2]: 0111, 1111

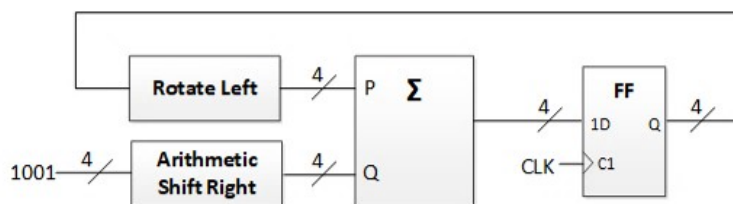
[3]: 1110, 1111

[4]: 0011, 1110

[5]: 0001, 1110

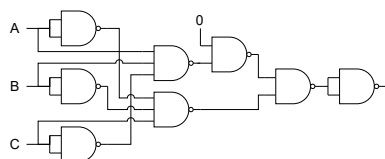
[6]: None of the other options

[Nenhuma das outras opções]

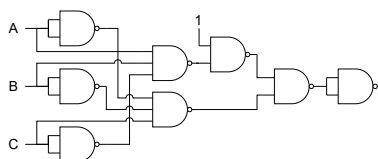


- M. Which of the following circuits implements the expression $\overline{(\overline{A} \odot B)} \cdot \overline{C}$?

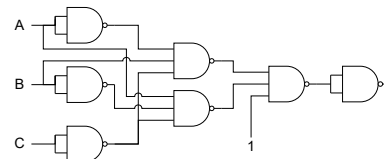
[Qual dos seguintes circuitos implementa a expressão $\overline{(\overline{A} \odot B)} \cdot \overline{C}$?]



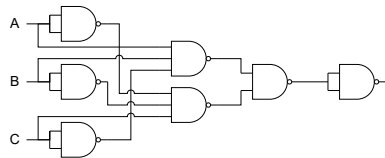
[1]



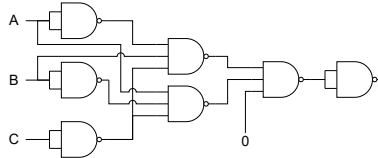
[2]



[3]



[4]



[5]

None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

[6]

- N. Which of the following expressions corresponds to the minimal function (defined as a sum of products) represented in the Karnaugh-map?

[Qual das seguintes expressões corresponde à função mínima (definida como uma soma de produtos) representada no mapa de Karnaugh?]

[1]: $\overline{C}.A + \overline{C}.B.\overline{D} + B.D$

[2]: $\overline{B}.\overline{D} + \overline{A}.B.D + A.\overline{C}$

[3]: $\overline{C}.\overline{D} + A.\overline{B}.\overline{D} + A.D$

[4]: $\overline{B}.C + \overline{A}.B.\overline{C} + \overline{A}.\overline{D}$

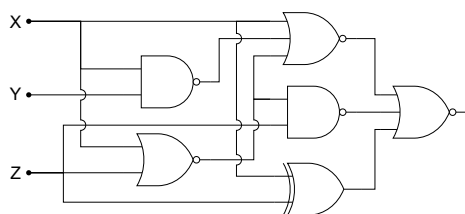
[5]: $\overline{B}.\overline{D} + \overline{C}.B.D + \overline{A}.D$

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

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

O. What is the worst case for the propagation time of the following circuit?

[Qual é o pior caso para o tempo de propagação do seguinte circuito?]



Gate	tp [ns]
NAND2	7
NOR2	8
NOR3	12
XOR2	16

[1]: 27

[2]: 32

[3]: 31

[4]: 28

[5]: 34

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

P. Consider the following state diagram with two inputs X_1X_0 , one-hot encoding, and where each state $S_i (i = 0, \dots, 7)$ is implemented with D flip-flops, with input D_i (next state) and output Q_i (current state). Select, only for the state S_3 , the correct option for D_3 as a function of X_1 and X_0 and the current states Q_i .

[Considere o seguinte diagrama de estados com duas entradas X_1X_0 , codificação one-hot, em que cada estado $S_i (i = 0, \dots, 7)$ é implementado com flip-flops do tipo D, com entradas D_i (próximo estado) e saída Q_i (estado actual). Indique, para o estado S_3 , a expressão de D_3 como função de X_1 e X_0 e os estados actuais Q_i .]

[1]: $D_3 = X_1\overline{X_0}Q_2 + X_1X_0Q_3 + X_1\overline{X_0}Q_6 + X_1\overline{X_0}Q_7$

[2]: $D_3 = \overline{X_1}X_0Q_2 + X_1X_0(Q_3 + Q_4) + \overline{X_1}\overline{X_0}Q_5$

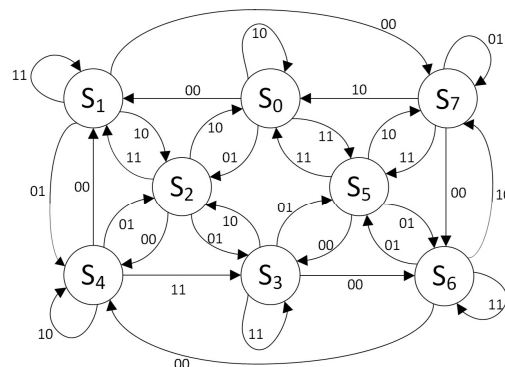
[3]: $D_3 = X_1\overline{X_0}Q_2 + X_1X_0Q_3 + \overline{X_1}X_0Q_5 + \overline{X_1}\overline{X_0}Q_6$

[4]: $D_3 = \overline{X_1}X_0Q_1 + X_1\overline{X_0}Q_3 + \overline{X_1}X_0(Q_5 + Q_7)$

[5]: $D_3 = X_1X_0Q_1 + \overline{X_1}\overline{X_0}Q_2 + X_1\overline{X_0}Q_6 + X_1X_0Q_7$

[6]: None of the other options

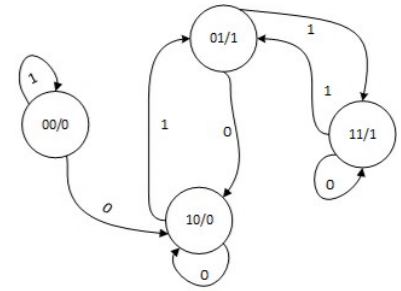
[Nenhuma das outras opções]



Q.

Consider the following state diagram. Select the output value for each state and the value of the next state for each state and input.

[Considere o seguinte diagrama de estados. Indique o valor da saída do circuito para cada estado e o valor do próximo estado para cada valor do estado e entrada.]



Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	1	10	11
01	1	00	10
10	1	10	10
11	1	11	01

[1]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	0	10	00
01	1	10	11
10	0	10	01
11	1	11	01

[2]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	1	10	01
01	0	11	10
10	0	00	00
11	1	01	01

[3]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	1	10	01
01	0	11	10
10	1	00	00
11	1	01	01

[4]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	1	01	01
01	0	11	10
10	0	00	00
11	1	01	01

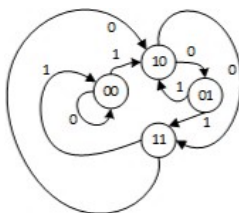
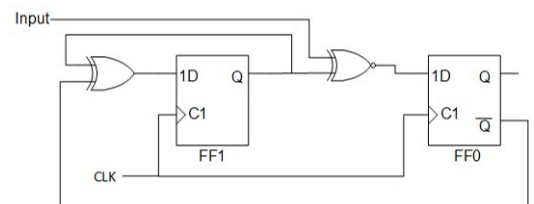
[5]

None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

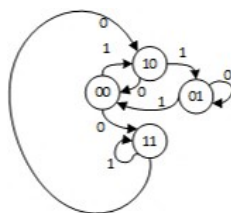
[6]

R. Consider the following circuit. Which state diagram corresponds to the circuit?

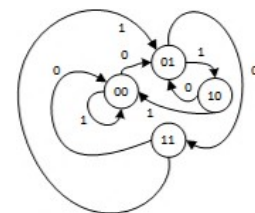
[Considere o seguinte circuito. Qual dos diagramas de estado corresponde ao funcionamento do circuito?]



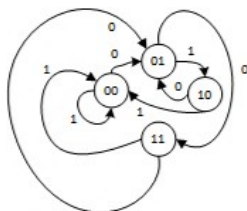
[1]



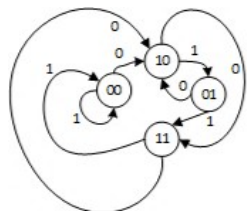
[2]



[3]



[4]



[5]

None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

[6]

(This space was intentionally left blank for you auxiliary calculations.)

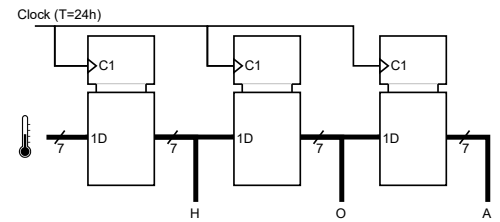
This page will be discarded

Volume 1 - Part II

NOTE: Portuguese version in the following page

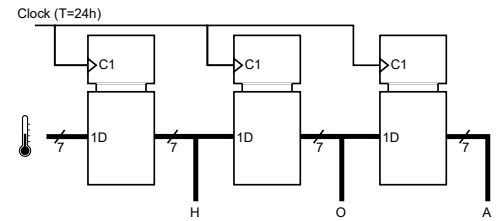
[Question score partitioning: 35% + 30% + 35%]

To control the temperature of a greenhouse, it was adopted a set of registers as shown in the figure, which allows the recording of the temperature values measured on three consecutive days: today (H), yesterday (O) and the day before yesterday (A). The measured temperature has a dynamic range between -64°C and $+63^{\circ}\text{C}$, with a 7-bit precision. In the following exercises, consider the use of 8-bit adders:



- Design the circuit that computes the weighted average $T_M = 0.5 \times T_H + 0.375 \times T_O + 0.25 \times T_A$ with an 8-bit precision.
Hint: remember that $0.375 = 3/8$.
- Without using adders, implement a circuit that activates the alarm signal ($X = 1$) when $T_M \geq 24^{\circ}\text{C}$.
Hint: design a combinational circuit to detect the pattern $T_M \geq +24$.
- In order to evaluate the variation rate (i.e., derivative) of the observed temperature over the last three days, implement a circuit that activates a signal ($Z = 1$) when $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O)$.
Hint: remember that $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

Para controlar a temperatura de uma estufa foi instalado o sistema de registos apresentado na figura que permite armazenar os valores de temperatura medidos em três dias consecutivos: hoje (H), ontem (O), e anteontem (A). A temperatura medida tem uma gama dinâmica entre -64°C e $+63^{\circ}\text{C}$, com uma precisão de 7-bits. Nos seguintes exercícios, considere a utilização de somadores de 8-bit:



1. Projecte o circuito que calcula o valor da média pesada $T_M = 0.5 \times T_H + 0.375 \times T_O + 0.25 \times T_A$ com uma precisão de 8-bits.
Sugestão: recorde que $0.375 = 3/8$.
2. Sem utilizar somadores, implemente um circuito que activa o sinal de alarme ($X = 1$) quando $T_M \geq 24^{\circ}\text{C}$.
Sugestão: projecte um circuito combinatório que detecte o padrão $T_M \geq +24$.
3. De modo a avaliar o ritmo de variação (i.e., derivada) da temperatura observada ao longo dos últimos três dias, implemente um circuito que active um sinal ($Z = 1$) quando $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O)$.
Sugestão: recorde que $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

Volume 1 - Part III

NOTE: Portuguese version in the following page

[Question score partitioning: 50% + 50%]

Question A:

Design a circuit that controls a toaster. The toaster works as follows:



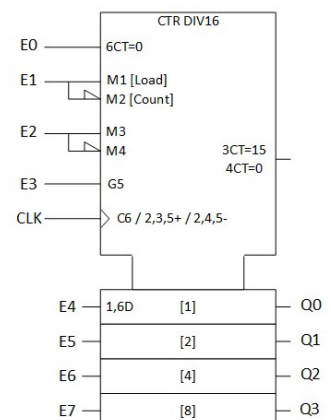
- The toaster has five input signals:
 - STOP_H: Aborts the toasting process, returning to a standby state.
 - ACT_H: Lever that lowers the bread and starts the toasting mechanism.
 - LONG_H: Button that sets the toasting time (active: $2TA$; inactive: $1TA$), where TA is the period of the auxiliary timer (see below).
 - THERM_H: Warning from sensing circuit when the temperature is above 50°C .
 - TIMEOUT_H: This signal is active during one clock period when the auxiliary timer expires.
- The toaster has four output signals:
 - LED_H: LED is on while the toaster is switched on, or the temperature is above 50°C .
 - TOAST_H: Activates the heating mechanism of the toaster.
 - FINISH_H: Activated during one clock period to disconnect the heating and free the bread.
 - TIMER_ACT_H: A transition from 0 to 1 in this signal starts the timer; a transition from 1 to 0 prepares the timer for a new activation.
- There are two standby states: with LED switched off (temperature lower or equal than 50°C indicated by $\text{THERM_H}=0$), and with LED switched on (temperature higher than 50°C , indicated by $\text{THERM_H}=1$).
- The initial state is a standby state with the LED switched off. After the user introduces the bread, presses the lever, activating ACT_H. The toaster starts, activating the timer (TIMER_ACT_H) and the heating (TOAST_H).
- Toasting will continue during 1 or 2 successive activations of the timer, depending on the value of LONG_H.
- After the timer expires for the last time (depending on LONG_H), the signal FINISH_H is active during one clock period.
- After FINISH_H is activated, the toasting operation is finished, the toaster returns to a standby state, and it is assumed that the lever automatically returns to the initial position. However, the red LED will remain lit (standby state with LED switched on) until the temperature becomes lower or equal than 50°C . This state behaves similarly to the initial state, except for the LED.

Complete the state diagram (see Volume 2, Part IIIA) defining the values of the input signals associated with all state transitions, as well as the values of the output signals in each state. "Don't cares" must be used for the inputs whose value does not matter for given a state transition. In the diagram, the inputs/outputs must be indicated in the following order:

- Order of the inputs: STOP_H, ACT_H, LONG_H, THERM_H, TIMEOUT_H.
- Order of the outputs: LED_H, TOAST_H, FINISH_H, TIMER_ACT_H.

Question B:

1. Consider a state machine with input A and state bits Q3, Q2, Q1 and Q0, implemented with the circuit depicted in the figure. Complete the state transition table (see Volume 2, Part IIIB), considering the provided state transitions. Justify, identifying the operation performed by the circuit in each transition. **Note: The parallel LOAD operation will only be accepted in case there is no other alternative leading to the same result. The signals that don't care to a given operation must mandatorily be marked as don't cares.**
2. Indicate the algebraic expressions of the signals E0 and E1 in the disjunctive canonical form, ignoring the "don't cares".



Pergunta A:

Projecte um controlador de uma torradeira que funciona da seguinte forma:

- A torradeira tem cinco sinais de entrada:
 - STOP_H: Aborta a operação da torradeira, retornando a um estado de *standby*.
 - ACT_H: Alavanca que baixa o pão e liga o mecanismo de aquecimento.
 - LONG_H: Botão que define o tempo de operação (activo: $2TA$; inativo: $1TA$), sendo TA o período do temporizador auxiliar (ver em baixo).
 - THERM_H: Aviso de um sensor de temperatura quando a temperatura da torradeira é superior a 50°C .
 - TIMEOUT_H: Ativo durante um período de relógio quando o temporizador auxiliar expira.
- A torradeira tem quatro sinais de saída:
 - LED_H: LED acende enquanto a torradeira está em operação, ou a temperatura é superior a 50°C .
 - TOAST_H: ativa o mecanismo de aquecimento da torradeira.
 - FINISH_H: ativado durante um período de relógio para desligar o aquecimento e libertar o pão.
 - TIMER_ACT_H: Uma transição de 0 para 1 neste sinal inicia o temporizador; uma transição de 1 para 0 reinicializa o gatilho do temporizador para poder receber uma nova ativação.
- Existem dois estados de *standby*: com o LED apagado (temperatura menor ou igual a 50°C indicada por $\text{THERM_H}=0$), e LED aceso (temperatura superior a 50°C , indicada por $\text{THERM_H}=1$).
- O estado inicial é o estado de *standby* com o LED apagado. Depois de o utilizador introduzir o pão, pressiona a alavanca, ativando ACT_H. A torradeira inicia assim a sua operação, ativando o temporizador (TIMER_ACT_H) e o aquecimento (TOAST_H).
- A operação continua durante 1 ou 2 activações (sucessivas) do temporizador, consoante o valor de LONG_H.
- O sinal FINISH_H é ativado durante um período de relógio depois de o temporizador expirar pela última vez (que depende de LONG_H).
- Depois de FINISH_H ser ativado, a operação da torradeira termina, a torradeira volta a ficar num estado de *standby*, e assume-se que a alavanca voltou automaticamente à posição inicial. No entanto, o LED vermelho permanecerá aceso (estado *standby* com LED aceso) até que a temperatura passe a ser menor ou igual a 50°C . Este estado comporta-se de forma semelhante ao estado inicial, à exceção do LED.

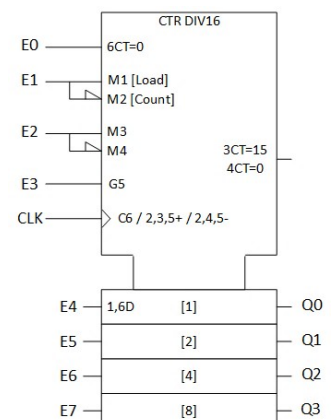
Complete o diagrama de estados (ver Volume 2, Parte IIIA), definindo os valores dos sinais de entrada que desencadeiam todas as transições de estado, assim como os valores de saída de cada estado. As "indiferenças" têm de ser obrigatoriamente usadas para entradas que não tenham influência numa determinada transição de estado. As entradas/saídas têm de ser indicadas de acordo com a ordem seguinte:

- Ordem das entradas: STOP_H, ACT_H, LONG_H, THERM_H, TIMEOUT_H.
- Ordem das saídas: LED_H, TOAST_H, FINISH_H, TIMER_ACT_H.

Pergunta B:

Considere uma máquina de estados com entrada A e bits de estado Q3, Q2, Q1 e Q0, realizada com base no circuito da figura.

1. Complete a tabela de transição de estados (ver Volume 2, Parte IIIB), considerando as transições nela representadas. Justifique, identificando na tabela as operações realizadas em cada transição. **Nota: A operação de carregamento em paralelo (LOAD) só será aceite se não houver uma operação alternativa que conduza ao mesmo resultado. Os sinais indiferentes para determinada operação têm obrigatoriamente de ser marcados como indiferenças.**
2. Indique as expressões para os sinais E0 e E1 na forma canónica disjuntiva, ignorando as indiferenças.





**Don't forget to identify this and the following pages!
Only these pages will be considered for your evaluation.**

Volume 2 - Part I

For each question of Part I (question A, B, C, ...), fill in the number of the correct answer from the supplied multiple-choice list (answer 1, 2, 3, ...):

★	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
6																			X	X	X	X	X	X	X	X

NOTE: Leave blank (or fill in with 0) all questions that you do not wish to answer.

Volume 2 - Part II

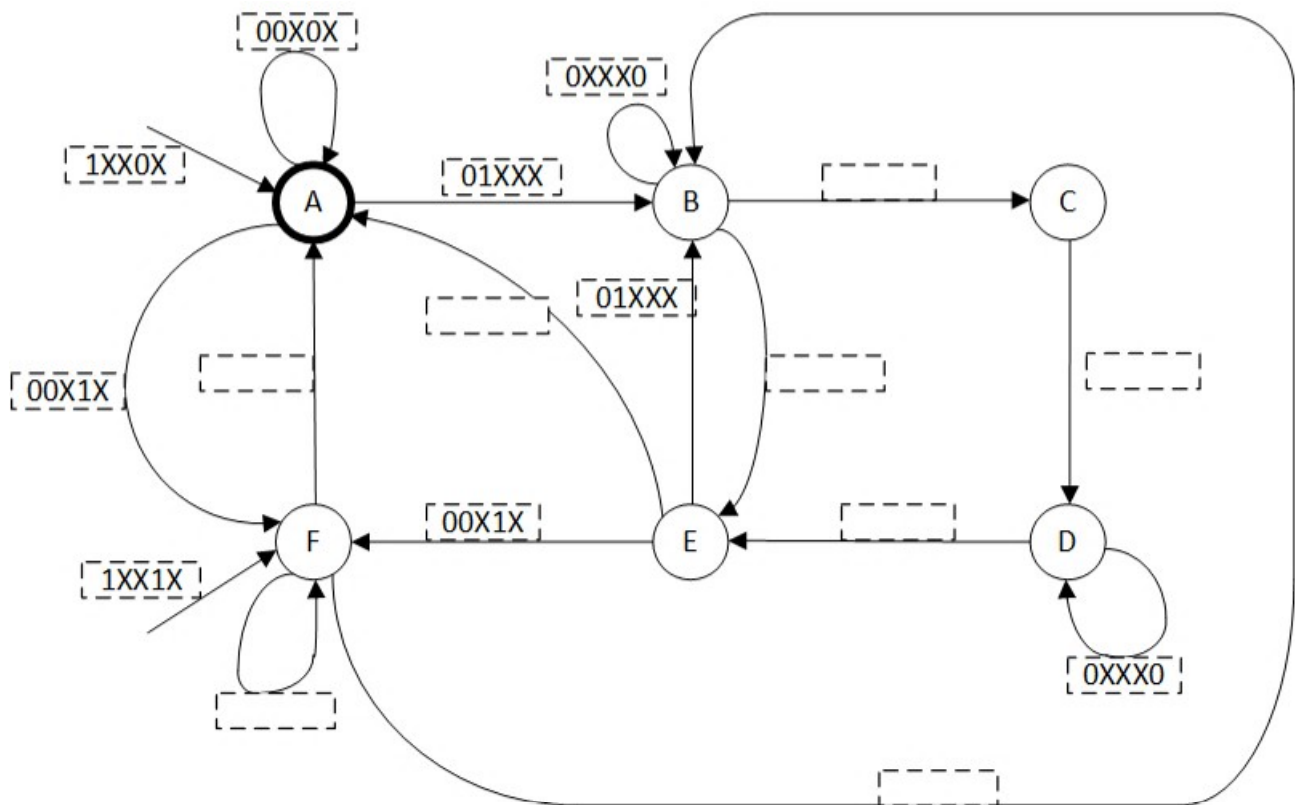
Volume 2 - Part II (Cont.)

Volume 2 - Part III

Pergunta A:

Meaning of the states [*Significado dos estados*]:

- A: Standby state w/ temperature ≤ 50 ; **initial state** [*Estado standby com temperatura ≤ 50 ; estado inicial*];
- B: Toaster switched on during the first timer period [*Torradeira ligada durante o primeiro período do temporizador*];
- C: Toaster switched on, re-initialize timer trigger before starting the second timer period [*Torradeira ligada, reinicializar gatilho do temporizador antes de iniciar segundo período do temporizador*];
- D: Toaster switched on during the second timer period [*Torradeira ligada durante o segundo período do temporizador*];
- E: Finish [*Terminar*];
- F: Standby state w/ temperature > 50 [*Estado standby com temperatura > 50*];



For each state, define the values of the inputs (in the diagram) and of the outputs (below) according to the following order:
 [Para cada estado, indique os valores das entradas (no diagrama) e das saídas (em baixo) de acordo com a seguinte ordem]:

- Ordem das entradas: STOP_H, ACT_H, LONG_H, THERM_H, TIMEOUT_H.
- Ordem das saídas: LED_H, TOAST_H, FINISH_H, TIMER_ACT_H.

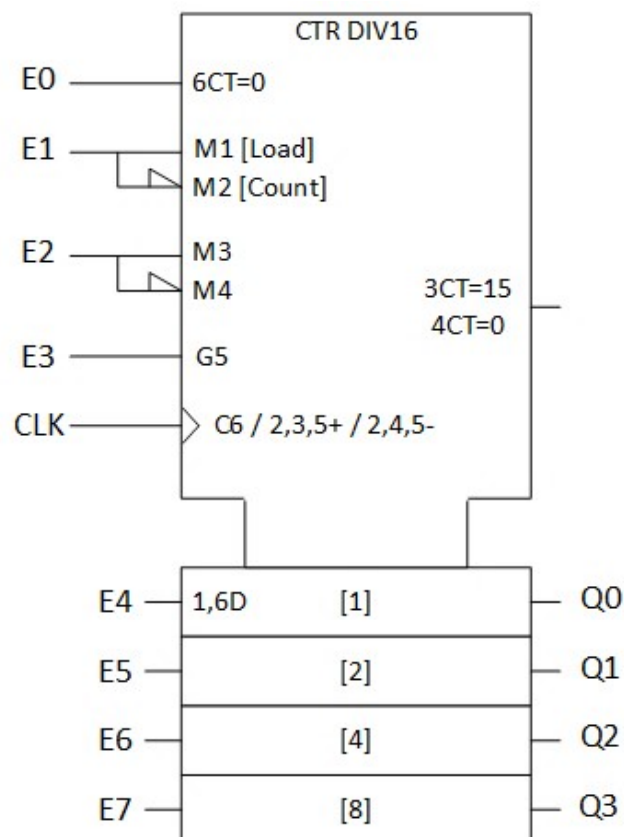
- A: _____
- B: _____
- C: _____
- D: _____
- E: _____
- F: _____

Volume 2 - Part III (Cont.)

Pergunta B:

$Q_3^n Q_2^n Q_1^n Q_0^n$	A	E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	$Q_3^{n+1} Q_2^{n+1} Q_1^{n+1} Q_0^{n+1}$	Operation
0000	0	0	0							0001	
0000	1	0	0							1111	
0001	0	0	0							0010	
0001	1	0	1							0011	
0100	0	1	X							0000	
0100	1	0	0							0011	
1001	0	0	0							1010	
1001	1	0	1							1011	
1111	0	0	0							1110	
1111	1	0	1							1101	

- E0 = _____
- E1 = _____



Instructions

Before starting the exam, read carefully the following information:

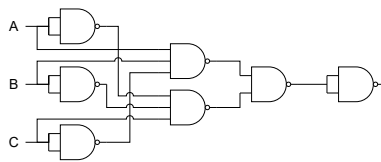
- There are (at least) nine different versions of this exam.
- Although the exam comprises a total of 16 pages, there are two distinct volumes that should be handled as follows:
 - **Volume 1** corresponds to the question list and comprises pages 1 to 12. These pages do not need to be identified because they will be discarded at the end of the exam;
 - **Volume 2** corresponds to the answers sheet and comprises pages 13 to 16. All pages of this volume **MUST** be identified with the student's name and number.
 - At the end of the exam, all pages of **Volume 2** will be separated. Consequently, all non-identified pages will not be considered.
- The exam is composed of three parts (Part I, II and III) and has a duration of 2 (two) hours.
 - **Part I** comprises N_1 multiple choice questions and awards a total of $P_1 = 15$ points.
 - * Each correct answer awards $C = P_1/N_1$ points;
 - * Each wrong answer awards $W = -C/(A - 1)$ points (negative value), where A denotes the number of possible answers offered to each question;
 - * Each non-answered question awards 0 points.
 - **Part II** comprises an open-answer problem about combinatorial circuits and awards a total of $P_2 = 2.5$ points.
 - **Part III** comprises an open-answer problem about sequential circuits and awards a total of $P_3 = 2.5$ points.
 - All question answers **MUST** be replied in the allotted space of **Volume 2**.
- At the end of **Part I of Volume 1** you will find an empty page - you can use it for auxiliary calculations, but this page will not be delivered at the end. This means that all answers **MUST** be replied (and properly justified) in the allotted space of **Volume 2**.
- Each question includes a Portuguese translation of the corresponding text. In case of a mismatch between the English text and its translation, the English text will be the one to be considered in the evaluation¹.
- You cannot use or consult any material during the exam. On your desk you can only have a pen and your student identity card.

¹Cada pergunta inclui uma tradução para Português do referido texto. Em caso de incoerência entre o texto em Inglês e a sua tradução, será o texto em Inglês que será considerado na avaliação.

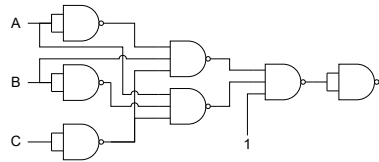
Volume 1 - Part I

- A. Which of the following circuits implements the expression $\overline{(\overline{A} \odot B)} \cdot \overline{C}$?

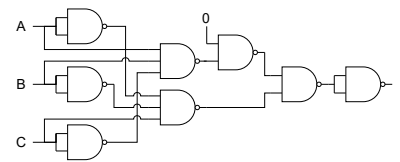
[Qual dos seguintes circuitos implementa a expressão $\overline{(\overline{A} \odot B)} \cdot \overline{C}$?]



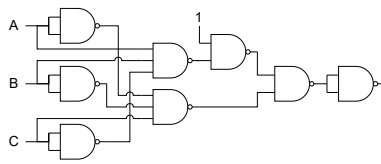
[1]



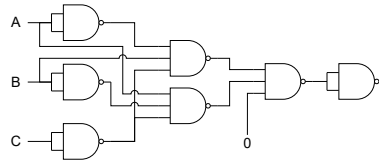
[2]



[3]



[4]



[5]

None of the other options

[Nenhuma das outras opções]

[6]

- B. Consider the following circuit with an adder, a register (4 FF's) and a combinational logic circuit. Assuming that the current state is $Q(3:0) = 1010$, what are the next two states of the circuit?

[Considere o seguinte circuito com um somador, um registo (4 FF's) e lógica combinatória. Assumindo que o estado actual é $Q(3:0) = 1010$, quais serão os próximos dois estados do circuito?]

[1]: 1100, 1000

[2]: 0001, 1110

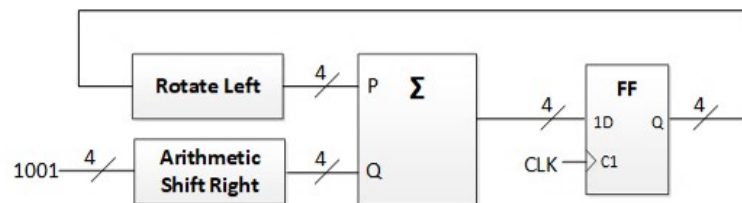
[3]: 0111, 1111

[4]: 0011, 1110

[5]: 1110, 1111

[6]: None of the other options

[Nenhuma das outras opções]



- C. Which function is implemented by the following circuit? Consider that X and Y are 4-bit signed numbers (two's complement).

[Qual é a função desempenhada pelo seguinte circuito? Assuma que X e Y são números com sinal com 4-bits (em complemento para dois).]

[1]: $K=0: Z = X-1$; $K=1: Z=Y+1$

[2]: $K=0: Z = X-Y$; $K=1: Z=-(X-Y)-1$

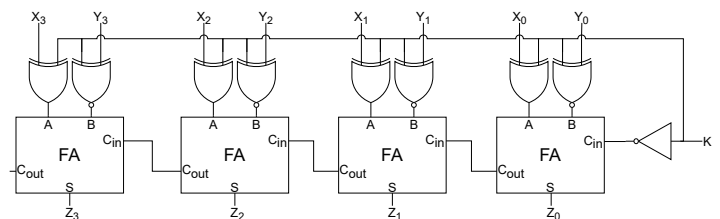
[3]: $K=0: Z = X-Y$; $K=1: Z=X+Y+1$

[4]: $K=0: Z = -Y$; $K=1: Z=X+Y$

[5]: $K=0: Z = -X$; $K=1: Z=X+Y$

[6]: None of the other options

[Nenhuma das outras opções]



- D. Consider the following circuit and truth table. Select the multiplexer inputs $\{X_3; X_2; X_1; X_0\}$ that result in the given truth table.

[Considere o seguinte circuito e tabela de verdade. Selecione as entradas do multiplexer $\{X_3; X_2; X_1; X_0\}$ que resultam na tabela apresentada.]

[1]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{1; B; 0; \overline{B}\}$

[2]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{0; B; 1; \overline{B}\}$

[3]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{0; \overline{B}; 1; B\}$

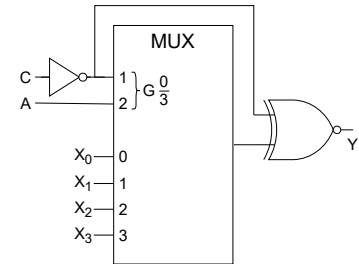
[4]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{0; \overline{B}; 1; \overline{B}\}$

[5]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{1; \overline{B}; 0; B\}$

[6]: None of the other options

[Nenhuma das outras opções]

A	B	C	Y
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1



- E. Consider the following state diagram with two inputs X_1X_0 , one-hot encoding, and where each state $S_i (i = 0, \dots, 7)$ is implemented with D flip-flops, with input D_i (next state) and output Q_i (current state). Select, only for the state S_3 , the correct option for D_3 as a function of X_1 and X_0 and the current states Q_i .

[Considere o seguinte diagrama de estados com duas entradas X_1X_0 , codificação one-hot, em que cada estado $S_i (i = 0, \dots, 7)$ é implementado com flip-flops do tipo D, com entradas D_i (próximo estado) e saída Q_i (estado actual). Indique, para o estado S_3 , a expressão de D_3 como função de X_1 e X_0 e os estados actuais Q_i .]

[1]: $D_3 = X_1X_0Q_1 + \overline{X_1}\overline{X_0}Q_2 + X_1\overline{X_0}Q_6 + X_1X_0Q_7$

[2]: $D_3 = X_1\overline{X_0}Q_2 + X_1X_0Q_3 + \overline{X_1}X_0Q_5 + \overline{X_1}\overline{X_0}Q_6$

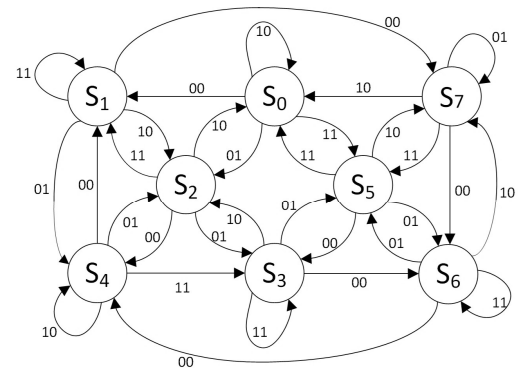
[3]: $D_3 = \overline{X_1}X_0Q_2 + X_1X_0(Q_3 + Q_4) + \overline{X_1}\overline{X_0}Q_5$

[4]: $D_3 = \overline{X_1}X_0Q_1 + X_1\overline{X_0}Q_3 + \overline{X_1}X_0(Q_5 + Q_7)$

[5]: $D_3 = X_1\overline{X_0}Q_2 + X_1X_0Q_3 + X_1\overline{X_0}Q_6 + X_1\overline{X_0}Q_7$

[6]: None of the other options

[Nenhuma das outras opções]



- F. Represent $6DE3_{16}$ in octal.

[Represente $6DE3_{16}$ em octal.]

[1]: 65633

[2]: 46723

[3]: 31513

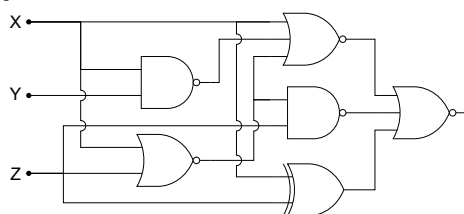
[4]: 66743

[5]: 37363

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

- G. What is the worst case for the propagation time of the following circuit?

[Qual é o pior caso para o tempo de propagação do seguinte circuito?]



Gate	tp [ns]
NAND2	7
NOR2	8
NOR3	12
XOR2	16

[1]: 31

[2]: 32

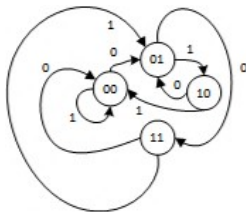
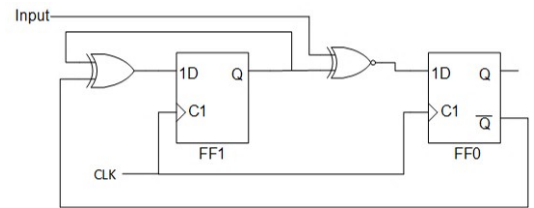
[3]: 27

[4]: 34

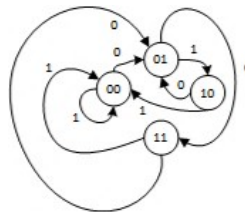
[5]: 28

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

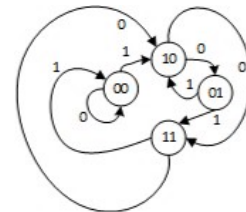
- H. Consider the following circuit. Which state diagram corresponds to the circuit?
 [Considere o seguinte circuito. Qual dos diagramas de estado corresponde ao funcionamento do circuito?]



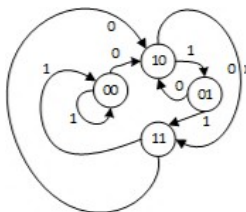
[1]



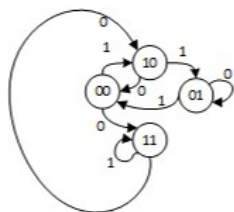
[2]



[3]



[4]



[5]

None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]

[6]

- I. Which of the following expressions corresponds to the minimal function (defined as a sum of products) represented in the Karnaugh-map?
 [Qual das seguintes expressões corresponde à função mínima (definida como uma soma de produtos) representada no mapa de Karnaugh?]

[1]: $\overline{B}.\overline{D} + \overline{C}.B.D + \overline{A}.D$

[2]: $\overline{C}.A + \overline{C}.B.\overline{D} + B.D$

[3]: $\overline{B}.C + \overline{A}.B.\overline{C} + \overline{A}.\overline{D}$

[4]: $\overline{C}.\overline{D} + A.\overline{B}.\overline{D} + A.D$

[5]: $\overline{B}.\overline{D} + \overline{A}.B.D + A.\overline{C}$

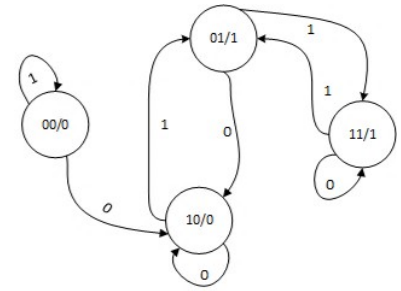
[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

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

J.

Consider the following state diagram. Select the output value for each state and the value of the next state for each state and input.

[Considere o seguinte diagrama de estados. Indique o valor da saída do circuito para cada estado e o valor do próximo estado para cada valor do estado e entrada.]



Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	1	10	11
01	1	00	10
10	1	10	10
11	1	11	01

[1]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	1	10	01
01	0	11	10
10	1	00	00
11	1	01	01

[2]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	1	01	01
01	0	11	10
10	0	00	00
11	1	01	01

[3]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	1	10	01
01	0	11	10
10	0	00	00
11	1	01	01

[4]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	0	10	00
01	1	10	11
10	0	10	01
11	1	11	01

[5]

None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

[6]

K. Represent 375_8 in base 10.

[Represente 375_8 na base 10.]

[1]: 242

[2]: 230

[3]: 175

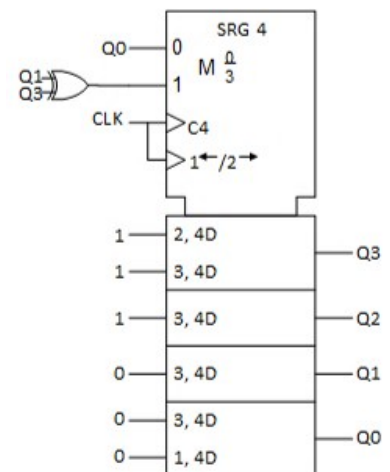
[4]: 253

[5]: 215

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

L. Consider the following circuit with a 4-bit shift register, as depicted in the figure. The current state is $Q_3 Q_2 Q_1 Q_0 = 1011$. What are the next two states of the circuit?

[Considere o seguinte circuito com um registo de deslocamento de 4-bits representado na figura. O estado actual é $Q_3 Q_2 Q_1 Q_0 = 1011$. Quais serão os próximos dois estados?]



[1]: 0011, 1111

[2]: 0110, 1011

[3]: 1001, 1001

[4]: 1011, 0110

[5]: 1010, 0110

[6]: None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

M. Select the option corresponding to the output $f(X, Y, Z)$ of the circuit shown below, when the inputs (X, Y, Z) have the values $(0, 0, 1)$, $(0, 1, 0)$, and $(1, 1, 0)$.

[Indique qual das opções corresponde à saída $f(X, Y, Z)$ do circuito apresentado em baixo, quando as entradas (X, Y, Z) tomam os valores $(0, 0, 1)$, $(0, 1, 0)$, and $(1, 1, 0)$.]

[1]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{1 ; 1 ; 0\}$

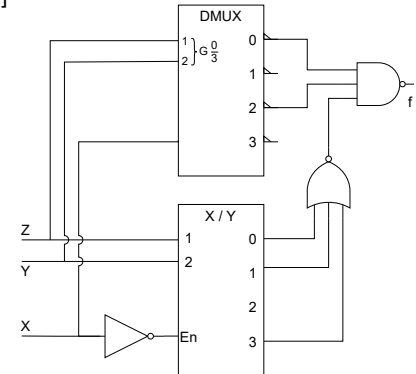
[2]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{1 ; 0 ; 1\}$

[3]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{0 ; 0 ; 1\}$

[4]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{0 ; 1 ; 0\}$

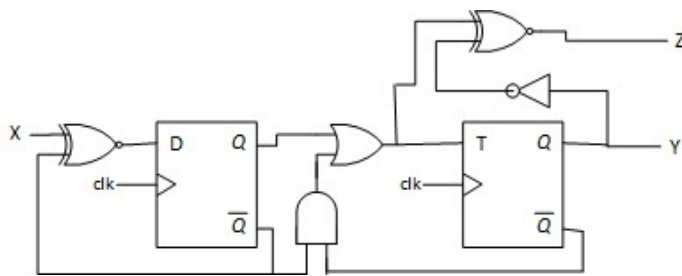
[5]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{0 ; 1 ; 1\}$

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]



N. What is the minimum clock period of the following circuit, given the table values (in ns)?

[Qual é o período de relógio mínimo do seguinte circuito, assumindo os valores da tabela (em ns)?]



	tp [ns]	tsu [ns]	th [ns]
FF D	12	5	5
FF T	15	7	7
AND	7		
OR	9		
XNOR	13		
NOT	5		

[1]: 29

[2]: 38

[3]: 30

[4]: 35

[5]: 34

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

O. Consider the following memory system. Indicate the range of addresses that correspond to RAM and EPROM.

[Considere o seguinte sistema de memória. Indique os intervalos de endereços que correspondem a RAM e EPROM.]

[1]: RAM:4000h..7FFFh; EPROM:B000h..FFFFh

[2]: RAM:8000h..BFFFh; EPROM:1000h..2FFFh

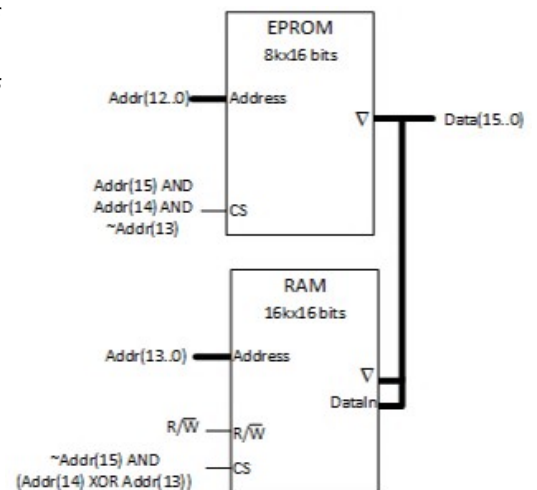
[3]: RAM:C000h..FFFFh; EPROM:B000h..FFFFh

[4]: RAM:8000h..BFFFh; EPROM:2000h..3FFFh

[5]: RAM:A000h..5FFFh; EPROM:C000h..DFFFh

[6]: None of the other options

[Nenhuma das outras opções]



P. What is the 8-bit two's complement representation of -49 ?

[Qual é a representação em complemento para dois com 8-bits de -49 ?]

[1]: 11001111
[4]: 10110001

[2]: 11010000
[5]: 11001110

[3]: 00110001
[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

Q. Which of the following options corresponds to the sequence, in stationary mode, in decimal format at the output of the circuit in the figure below? (suggestion: start by analyzing a "load" situation.)

[Qual das seguintes opções corresponde à sequência de saída do seguinte circuito, em regime estacionário e em formato decimal? (sugestão: comece por analisar a situação de carregamento ("load") de dados.)]

[1]: ... 4 - 12 - 0 - 1 - 2 - 3 - 4 ...

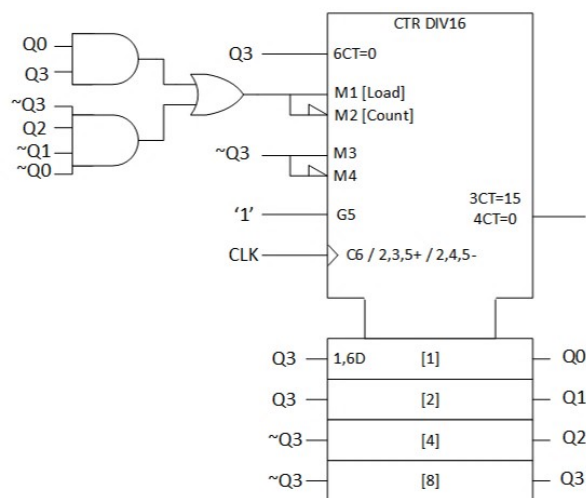
[2]: ... 4 - 12 - 11 - 3 - 4 ...

[3]: ... 13 - 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 13...

[4]: ... 9 - 8 - 7 - 6 - 5 - 4 - 9 ...

[5]: ... 12 - 1 - 2 - 3 - 14 - 13 - 12 ...

[6]: None of the other options
[Nenhuma das outras opções]



R. The following 32-bit words correspond to signed rational numbers represented in fixed-point and floating-point. Which of the options presented below corresponds to an ascending ordering of these words?

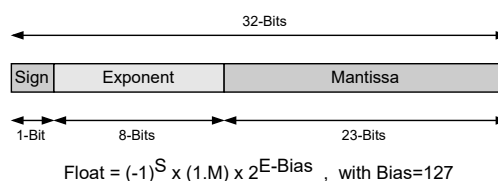
[As seguintes palavras de 32-bits correspondem a números racionais com sinal representados em vírgula fixa e em vírgula flutuante. Qual das opções corresponde à ordenação crescente destas palavras?]

A = 3FD5C28Fh (IEEE-754) B = 77AE147Bh (Q2.30) C = C02AE148h (IEEE-754)

[1]: A,C,B
[4]: B,A,C

[2]: B,C,A
[5]: A,B,C

[3]: C,A,B
[6]: C,B,A



(This space was intentionally left blank for you auxiliary calculations.)

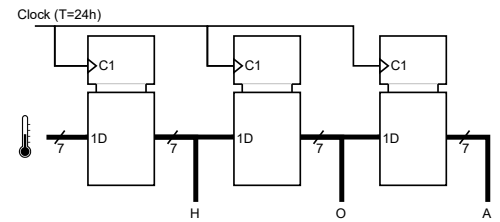
This page will be discarded

Volume 1 - Part II

NOTE: Portuguese version in the following page

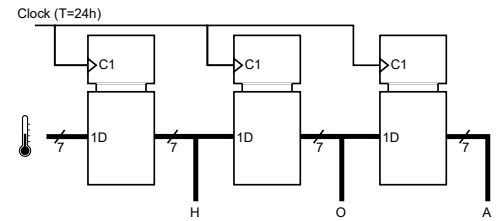
[Question score partitioning: 35% + 30% + 35%]

To control the temperature of a greenhouse, it was adopted a set of registers as shown in the figure, which allows the recording of the temperature values measured on three consecutive days: today (H), yesterday (O) and the day before yesterday (A). The measured temperature has a dynamic range between -64°C and $+63^{\circ}\text{C}$, with a 7-bit precision. In the following exercises, consider the use of 8-bit adders:



- Design the circuit that computes the weighted average $T_M = 0.5 \times T_H + 0.375 \times T_O + 0.25 \times T_A$ with an 8-bit precision.
Hint: remember that $0.375 = 3/8$.
- Without using adders, implement a circuit that activates the alarm signal ($X = 1$) when $T_M \geq 24^{\circ}\text{C}$.
Hint: design a combinational circuit to detect the pattern $T_M \geq +24$.
- In order to evaluate the variation rate (i.e., derivative) of the observed temperature over the last three days, implement a circuit that activates a signal ($Z = 1$) when $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O)$.
Hint: remember that $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

Para controlar a temperatura de uma estufa foi instalado o sistema de registos apresentado na figura que permite armazenar os valores de temperatura medidos em três dias consecutivos: hoje (H), ontem (O), e anteontem (A). A temperatura medida tem uma gama dinâmica entre -64°C e $+63^{\circ}\text{C}$, com uma precisão de 7-bits. Nos seguintes exercícios, considere a utilização de somadores de 8-bit:



1. Projecte o circuito que calcula o valor da média pesada $T_M = 0.5 \times T_H + 0.375 \times T_O + 0.25 \times T_A$ com uma precisão de 8-bits.
Sugestão: recorde que $0.375 = 3/8$.
2. Sem utilizar somadores, implemente um circuito que activa o sinal de alarme ($X = 1$) quando $T_M \geq 24^{\circ}\text{C}$.
Sugestão: projecte um circuito combinatório que detecte o padrão $T_M \geq +24$.
3. De modo a avaliar o ritmo de variação (i.e., derivada) da temperatura observada ao longo dos últimos três dias, implemente um circuito que active um sinal ($Z = 1$) quando $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O)$.
Sugestão: recorde que $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

Volume 1 - Part III

NOTE: Portuguese version in the following page

[Question score partitioning: 50% + 50%]

Question A:

Design a circuit that controls a toaster. The toaster works as follows:



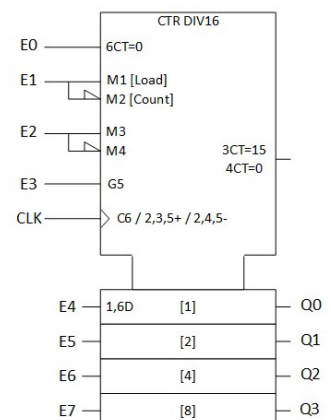
- The toaster has five input signals:
 - STOP_H: Aborts the toasting process, returning to a standby state.
 - ACT_H: Lever that lowers the bread and starts the toasting mechanism.
 - LONG_H: Button that sets the toasting time (active: $2TA$; inactive: $1TA$), where TA is the period of the auxiliary timer (see below).
 - THERM_H: Warning from sensing circuit when the temperature is above 50°C .
 - TIMEOUT_H: This signal is active during one clock period when the auxiliary timer expires.
- The toaster has four output signals:
 - LED_H: LED is on while the toaster is switched on, or the temperature is above 50°C .
 - TOAST_H: Activates the heating mechanism of the toaster.
 - FINISH_H: Activated during one clock period to disconnect the heating and free the bread.
 - TIMER_ACT_H: A transition from 0 to 1 in this signal starts the timer; a transition from 1 to 0 prepares the timer for a new activation.
- There are two standby states: with LED switched off (temperature lower or equal than 50°C indicated by $\text{THERM_H}=0$), and with LED switched on (temperature higher than 50°C , indicated by $\text{THERM_H}=1$).
- The initial state is a standby state with the LED switched off. After the user introduces the bread, presses the lever, activating ACT_H. The toaster starts, activating the timer (TIMER_ACT_H) and the heating (TOAST_H).
- Toasting will continue during 1 or 2 successive activations of the timer, depending on the value of LONG_H.
- After the timer expires for the last time (depending on LONG_H), the signal FINISH_H is active during one clock period.
- After FINISH_H is activated, the toasting operation is finished, the toaster returns to a standby state, and it is assumed that the lever automatically returns to the initial position. However, the red LED will remain lit (standby state with LED switched on) until the temperature becomes lower or equal than 50°C . This state behaves similarly to the initial state, except for the LED.

Complete the state diagram (see Volume 2, Part IIIA) defining the values of the input signals associated with all state transitions, as well as the values of the output signals in each state. "Don't cares" must be used for the inputs whose value does not matter for given a state transition. In the diagram, the inputs/outputs must be indicated in the following order:

- Order of the inputs: STOP_H, ACT_H, LONG_H, THERM_H, TIMEOUT_H.
- Order of the outputs: LED_H, TOAST_H, FINISH_H, TIMER_ACT_H.

Question B:

1. Consider a state machine with input A and state bits Q3, Q2, Q1 and Q0, implemented with the circuit depicted in the figure. Complete the state transition table (see Volume 2, Part IIIB), considering the provided state transitions. Justify, identifying the operation performed by the circuit in each transition. **Note: The parallel LOAD operation will only be accepted in case there is no other alternative leading to the same result. The signals that don't care to a given operation must mandatorily be marked as don't cares.**
2. Indicate the algebraic expressions of the signals E0 and E1 in the disjunctive canonical form, ignoring the "don't cares".



Pergunta A:

Projecte um controlador de uma torradeira que funciona da seguinte forma:

- A torradeira tem cinco sinais de entrada:
 - STOP_H: Aborta a operação da torradeira, retornando a um estado de *standby*.
 - ACT_H: Alavanca que baixa o pão e liga o mecanismo de aquecimento.
 - LONG_H: Botão que define o tempo de operação (activo: $2TA$; inativo: $1TA$), sendo TA o período do temporizador auxiliar (ver em baixo).
 - THERM_H: Aviso de um sensor de temperatura quando a temperatura da torradeira é superior a 50°C .
 - TIMEOUT_H: Ativo durante um período de relógio quando o temporizador auxiliar expira.
- A torradeira tem quatro sinais de saída:
 - LED_H: LED acende enquanto a torradeira está em operação, ou a temperatura é superior a 50°C .
 - TOAST_H: ativa o mecanismo de aquecimento da torradeira.
 - FINISH_H: ativado durante um período de relógio para desligar o aquecimento e libertar o pão.
 - TIMER_ACT_H: Uma transição de 0 para 1 neste sinal inicia o temporizador; uma transição de 1 para 0 reinicializa o gatilho do temporizador para poder receber uma nova ativação.
- Existem dois estados de *standby*: com o LED apagado (temperatura menor ou igual a 50°C indicada por $\text{THERM}_H=0$), e LED aceso (temperatura superior a 50°C , indicada por $\text{THERM}_H=1$).
- O estado inicial é o estado de *standby* com o LED apagado. Depois de o utilizador introduzir o pão, pressiona a alavanca, ativando ACT_H. A torradeira inicia assim a sua operação, ativando o temporizador (TIMER_ACT_H) e o aquecimento (TOAST_H).
- A operação continua durante 1 ou 2 activações (sucessivas) do temporizador, consoante o valor de LONG_H.
- O sinal FINISH_H é ativado durante um período de relógio depois de o temporizador expirar pela última vez (que depende de LONG_H).
- Depois de FINISH_H ser ativado, a operação da torradeira termina, a torradeira volta a ficar num estado de *standby*, e assume-se que a alavanca voltou automaticamente à posição inicial. No entanto, o LED vermelho permanecerá aceso (estado *standby* com LED aceso) até que a temperatura passe a ser menor ou igual a 50°C . Este estado comporta-se de forma semelhante ao estado inicial, à exceção do LED.

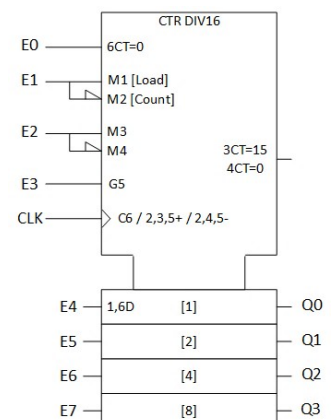
Complete o diagrama de estados (ver Volume 2, Parte IIIA), definindo os valores dos sinais de entrada que desencadeiam todas as transições de estado, assim como os valores de saída de cada estado. As "indiferenças" têm de ser obrigatoriamente usadas para entradas que não tenham influência numa determinada transição de estado. As entradas/saídas têm de ser indicadas de acordo com a ordem seguinte:

- Ordem das entradas: STOP_H, ACT_H, LONG_H, THERM_H, TIMEOUT_H.
- Ordem das saídas: LED_H, TOAST_H, FINISH_H, TIMER_ACT_H.

Pergunta B:

Considere uma máquina de estados com entrada A e bits de estado Q3, Q2, Q1 e Q0, realizada com base no circuito da figura.

1. Complete a tabela de transição de estados (ver Volume 2, Parte IIIB), considerando as transições nela representadas. Justifique, identificando na tabela as operações realizadas em cada transição. **Nota: A operação de carregamento em paralelo (LOAD) só será aceite se não houver uma operação alternativa que conduza ao mesmo resultado. Os sinais indiferentes para determinada operação têm obrigatoriamente de ser marcados como indiferenças.**
2. Indique as expressões para os sinais E0 e E1 na forma canónica disjuntiva, ignorando as indiferenças.





**Don't forget to identify this and the following pages!
Only these pages will be considered for your evaluation.**

Volume 2 - Part I

For each question of Part I (question A, B, C, ...), fill in the number of the **correct answer** from the supplied multiple-choice list (answer 1, 2, 3, ...):

★	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
7																			X	X	X	X	X	X	X	X

NOTE: Leave blank (or fill in with 0) all questions that you do not wish to answer.

Volume 2 - Part II

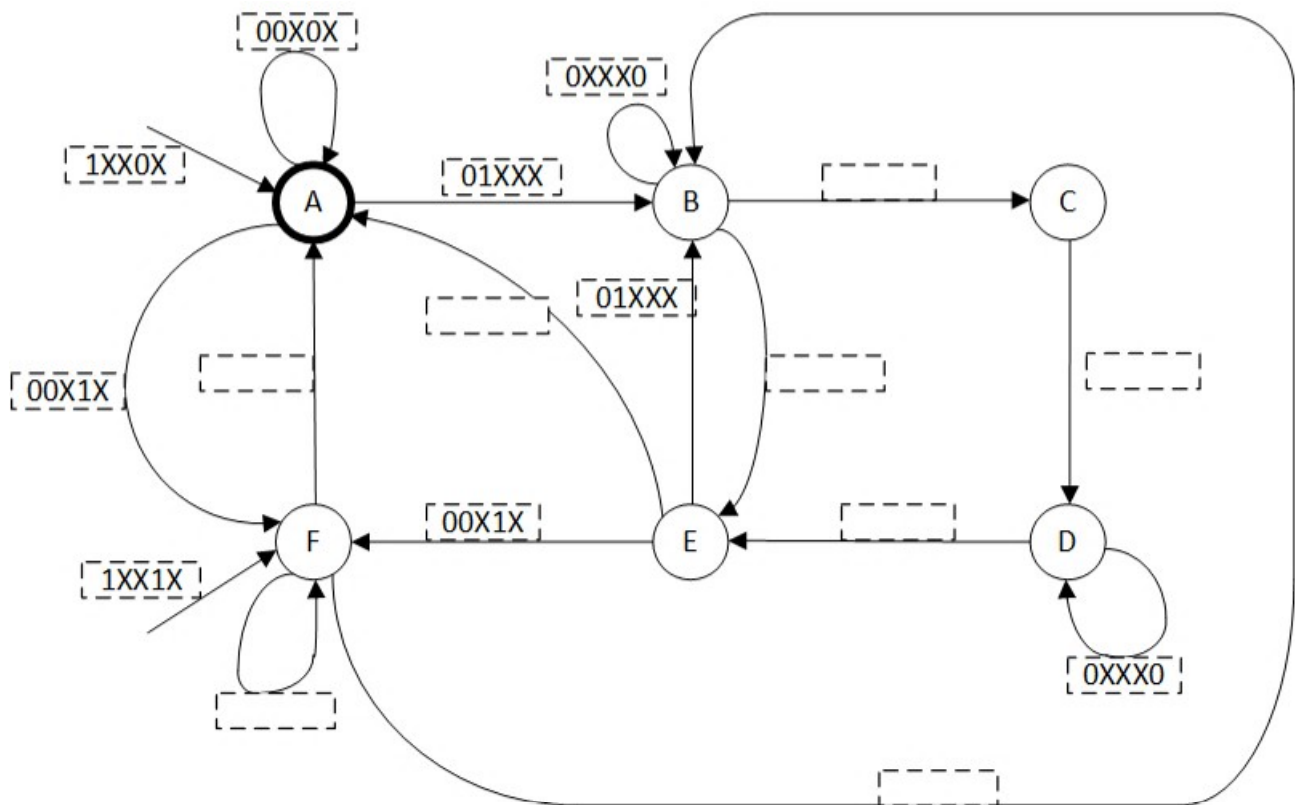
Volume 2 - Part II (Cont.)

Volume 2 - Part III

Pergunta A:

Meaning of the states [*Significado dos estados*]:

- A: Standby state w/ temperature ≤ 50 ; **initial state** [*Estado standby com temperatura ≤ 50 ; estado inicial*];
- B: Toaster switched on during the first timer period [*Torradeira ligada durante o primeiro período do temporizador*];
- C: Toaster switched on, re-initialize timer trigger before starting the second timer period [*Torradeira ligada, reinicializar gatilho do temporizador antes de iniciar segundo período do temporizador*];
- D: Toaster switched on during the second timer period [*Torradeira ligada durante o segundo período do temporizador*];
- E: Finish [*Terminar*];
- F: Standby state w/ temperature > 50 [*Estado standby com temperatura > 50*];



For each state, define the values of the inputs (in the diagram) and of the outputs (below) according to the following order:
 [Para cada estado, indique os valores das entradas (no diagrama) e das saídas (em baixo) de acordo com a seguinte ordem]:

- Ordem das entradas: STOP_H, ACT_H, LONG_H, THERM_H, TIMEOUT_H.
- Ordem das saídas: LED_H, TOAST_H, FINISH_H, TIMER_ACT_H.

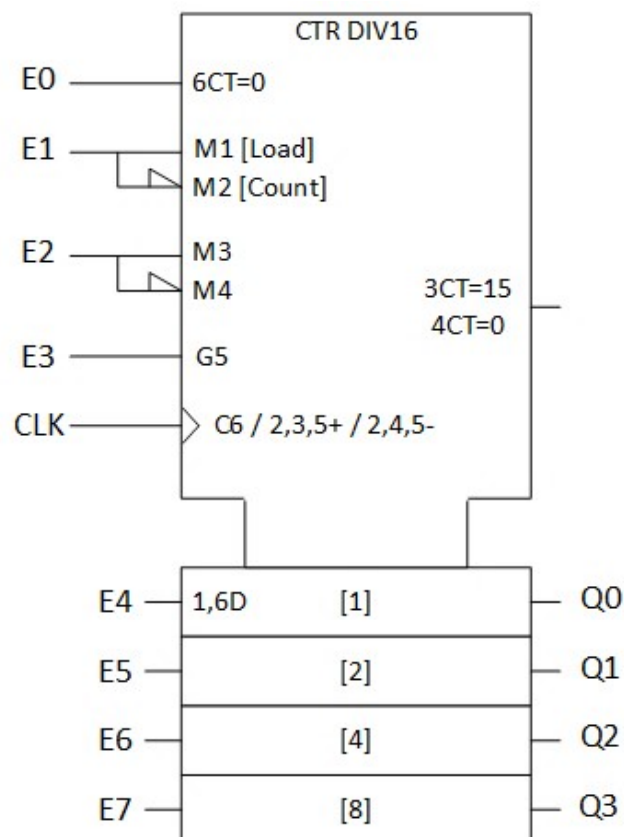
- A: _____
- B: _____
- C: _____
- D: _____
- E: _____
- F: _____

Volume 2 - Part III (Cont.)

Pergunta B:

$Q_3^n Q_2^n Q_1^n Q_0^n$	A	E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	$Q_3^{n+1} Q_2^{n+1} Q_1^{n+1} Q_0^{n+1}$	Operation
0000	0	0	0							0001	
0000	1	0	0							1111	
0001	0	0	0							0010	
0001	1	0	1							0011	
0100	0	1	X							0000	
0100	1	0	0							0011	
1001	0	0	0							1010	
1001	1	0	1							1011	
1111	0	0	0							1110	
1111	1	0	1							1101	

- E0 = _____
- E1 = _____



Instructions

Before starting the exam, read carefully the following information:

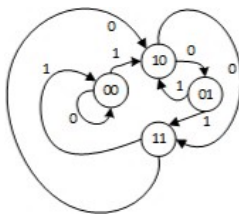
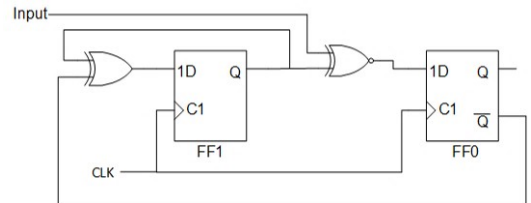
- There are (at least) nine different versions of this exam.
- Although the exam comprises a total of 16 pages, there are two distinct volumes that should be handled as follows:
 - **Volume 1** corresponds to the question list and comprises pages 1 to 12. These pages do not need to be identified because they will be discarded at the end of the exam;
 - **Volume 2** corresponds to the answers sheet and comprises pages 13 to 16. All pages of this volume **MUST** be identified with the student's name and number.
 - At the end of the exam, all pages of **Volume 2** will be separated. Consequently, all non-identified pages will not be considered.
- The exam is composed of three parts (Part I, II and III) and has a duration of 2 (two) hours.
 - **Part I** comprises N_1 multiple choice questions and awards a total of $P_1 = 15$ points.
 - * Each correct answer awards $C = P_1/N_1$ points;
 - * Each wrong answer awards $W = -C/(A - 1)$ points (negative value), where A denotes the number of possible answers offered to each question;
 - * Each non-answered question awards 0 points.
 - **Part II** comprises an open-answer problem about combinatorial circuits and awards a total of $P_2 = 2.5$ points.
 - **Part III** comprises an open-answer problem about sequential circuits and awards a total of $P_3 = 2.5$ points.
 - All question answers **MUST** be replied in the allotted space of **Volume 2**.
- At the end of **Part I of Volume 1** you will find an empty page - you can use it for auxiliary calculations, but this page will not be delivered at the end. This means that all answers **MUST** be replied (and properly justified) in the allotted space of **Volume 2**.
- Each question includes a Portuguese translation of the corresponding text. In case of a mismatch between the English text and its translation, the English text will be the one to be considered in the evaluation¹.
- You cannot use or consult any material during the exam. On your desk you can only have a pen and your student identity card.

¹Cada pergunta inclui uma tradução para Português do referido texto. Em caso de incoerência entre o texto em Inglês e a sua tradução, será o texto em Inglês que será considerado na avaliação.

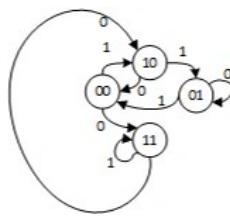
Volume 1 - Part I

- A. Consider the following circuit. Which state diagram corresponds to the circuit?

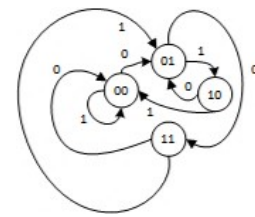
[Considere o seguinte circuito. Qual dos diagramas de estado corresponde ao funcionamento do circuito?]



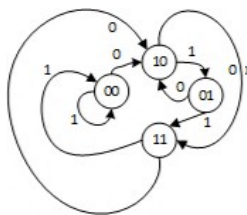
[1]



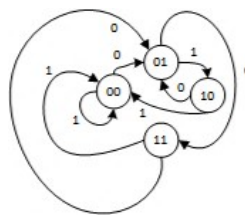
[2]



[3]



[4]



[5]

None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

[6]

- B. Represent $6DE3_{16}$ in octal.

[Represente $6DE3_{16}$ em octal.]

[1]: 66743

[2]: 46723

[3]: 65633

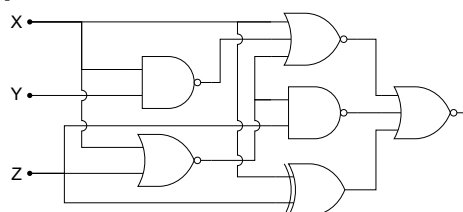
[4]: 31513

[5]: 37363

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

- C. What is the worst case for the propagation time of the following circuit?

[Qual é o pior caso para o tempo de propagação do seguinte circuito?]



Gate	tp [ns]
NAND2	7
NOR2	8
NOR3	12
XOR2	16

[1]: 34

[2]: 31

[3]: 27

[4]: 28

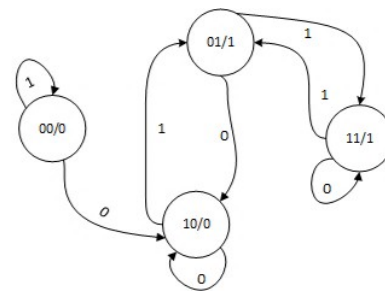
[5]: 32

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

D.

Consider the following state diagram. Select the output value for each state and the value of the next state for each state and input.

[Considere o seguinte diagrama de estados. Indique o valor da saída do circuito para cada estado e o valor do próximo estado para cada valor do estado e entrada.]



Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	1	01	01
01	0	11	10
10	0	00	00
11	1	01	01

[1]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	1	10	01
01	0	11	10
10	0	00	00
11	1	01	01

[2]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	0	10	00
01	1	10	11
10	0	10	01
11	1	11	01

[3]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	1	10	01
01	0	11	10
10	1	00	00
11	1	01	01

[4]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	1	10	11
01	1	00	10
10	1	10	10
11	1	11	01

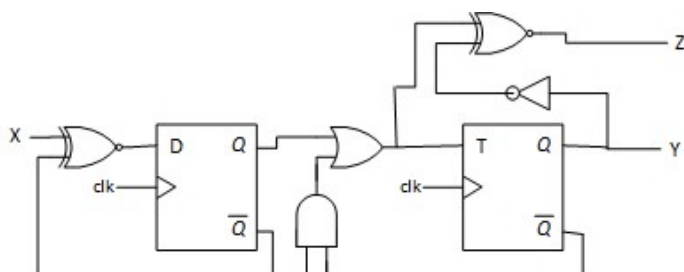
[5]

None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

[6]

E. What is the minimum clock period of the following circuit, given the table values (in ns)?

[Qual é o período de relógio mínimo do seguinte circuito, assumindo os valores da tabela (em ns)?]



	tp [ns]	tsu [ns]	th [ns]
FF D	12	5	5
FF T	15	7	7
AND	7		
OR	9		
XNOR	13		
NOT	5		

[1]: 34

[2]: 35

[3]: 29

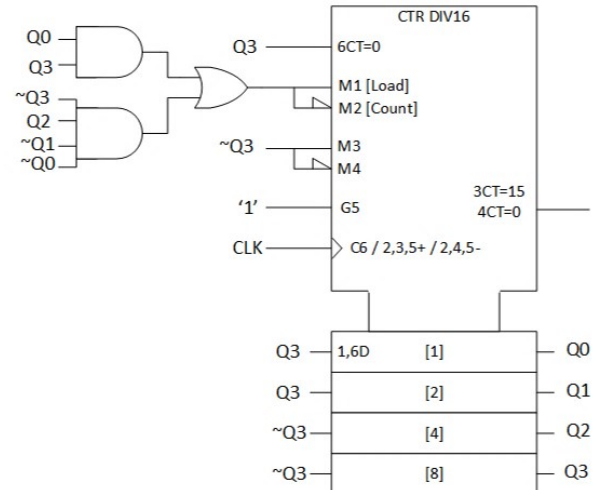
[4]: 30

[5]: 38

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

- F. Which of the following options corresponds to the sequence, in stationary mode, in decimal format at the output of the circuit in the figure below? (suggestion: start by analyzing a "load" situation.)

[Qual das seguintes opções corresponde à sequência de saída do seguinte circuito, em regime estacionário e em formato decimal? (sugestão: comece por analisar a situação de carregamento ("load") de dados.)]



- [1]: ... 12 - 1 - 2 - 3 - 14 - 13 - 12 ...
 [2]: ... 4 - 12 - 11 - 3 - 4 ...
 [3]: ... 9 - 8 - 7 - 6 - 5 - 4 - 9 ...
 [4]: ... 4 - 12 - 0 - 1 - 2 - 3 - 4 ...
 [5]: ... 13 - 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 13...
 [6]: None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]

- G. What is the 8-bit two's complement representation of -49 ?

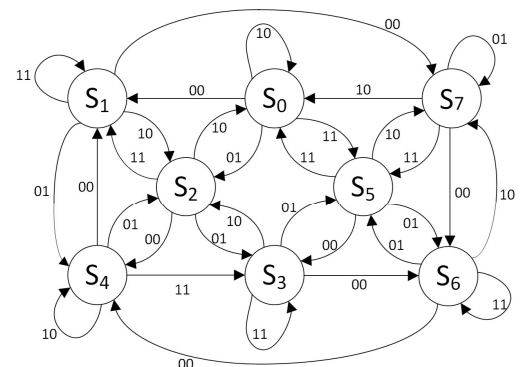
[Qual é a representação em complemento para dois com 8-bits de -49 ?]

- [1]: 11001110 [2]: 00110001 [3]: 11001111
 [4]: 11010000 [5]: 10110001 [6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

- H. Consider the following state diagram with two inputs X_1X_0 , one-hot encoding, and where each state $S_i (i = 0, \dots, 7)$ is implemented with D flip-flops, with input D_i (next state) and output Q_i (current state). Select, only for the state S_3 , the correct option for D_3 as a function of X_1 and X_0 and the current states Q_i .

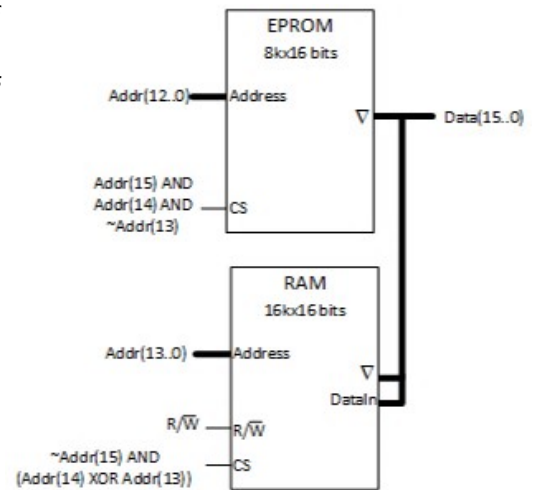
[Considere o seguinte diagrama de estados com duas entradas X_1X_0 , codificação one-hot, em que cada estado $S_i (i = 0, \dots, 7)$ é implementado com flip-flops do tipo D, com entradas D_i (próximo estado) e saída Q_i (estado actual). Indique, para o estado S_3 , a expressão de D_3 como função de X_1 e X_0 e os estados actuais Q_i .]

- [1]: $D_3 = X_1X_0Q_1 + \overline{X_1}\overline{X_0}Q_2 + X_1\overline{X_0}Q_6 + X_1X_0Q_7$
 [2]: $D_3 = \overline{X_1}X_0Q_1 + X_1\overline{X_0}Q_3 + \overline{X_1}X_0(Q_5 + Q_7)$
 [3]: $D_3 = X_1\overline{X_0}Q_2 + X_1X_0Q_3 + \overline{X_1}X_0Q_5 + \overline{X_1}\overline{X_0}Q_6$
 [4]: $D_3 = X_1\overline{X_0}Q_2 + X_1X_0Q_3 + X_1\overline{X_0}Q_6 + X_1\overline{X_0}Q_7$
 [5]: $D_3 = \overline{X_1}X_0Q_2 + X_1X_0(Q_3 + Q_4) + \overline{X_1}\overline{X_0}Q_5$
 [6]: None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]



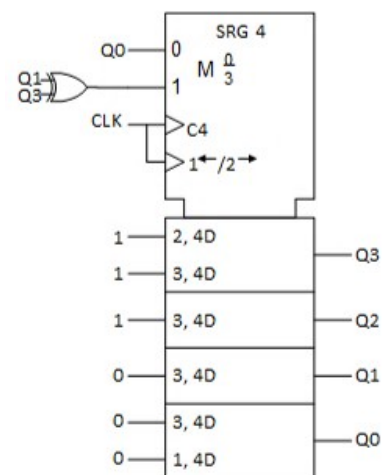
- I. Consider the following memory system. Indicate the range of addresses that correspond to RAM and EPROM.
 [Considere o seguinte sistema de memória. Indique os intervalos de endereços que correspondem a RAM e EPROM.]

- [1]: RAM:A000h..5FFFh; EPROM:C000h..DFFFh
 [2]: RAM:C000h..FFFFh; EPROM:B000h..EFFFh
 [3]: RAM:8000h..BFFFh; EPROM:1000h..2FFFh
 [4]: RAM:8000h..BFFFh; EPROM:2000h..3FFFh
 [5]: RAM:4000h..7FFFh; EPROM:B000h..EFFFh
 [6]: None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]



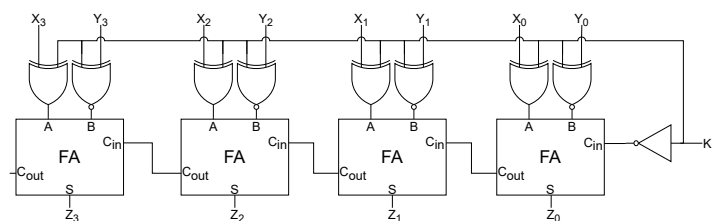
- J. Consider the following circuit with a 4-bit shift register, as depicted in the figure. The current state is $Q_3 Q_2 Q_1 Q_0 = 1011$. What are the next two states of the circuit?
 [Considere o seguinte circuito com um registo de deslocamento de 4-bits representado na figura. O estado actual é $Q_3 Q_2 Q_1 Q_0 = 1011$. Quais serão os próximos dois estados?]

- [1]: 1011, 0110
 [2]: 1010, 0110
 [3]: 1001, 1001
 [4]: 0011, 1111
 [5]: 0110, 1011
 [6]: None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]



- K. Which function is implemented by the following circuit? Consider that X and Y are 4-bit signed numbers (two's complement).
 [Qual é a função desempenhada pelo seguinte circuito? Assuma que X e Y são números com sinal com 4-bits (em complemento para dois).]

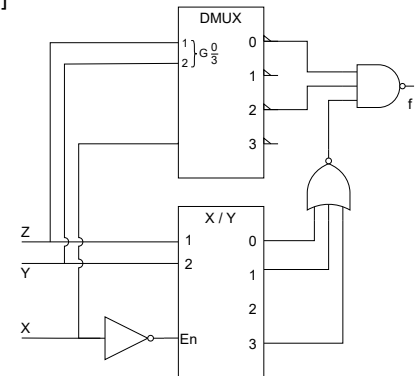
- [1]: $K=0: Z = -Y$; $K=1: Z = X+Y$
 [2]: $K=0: Z = X-Y$; $K=1: Z = X+Y+1$
 [3]: $K=0: Z = X-1$; $K=1: Z = Y+1$
 [4]: $K=0: Z = X-Y$; $K=1: Z = -(X-Y)-1$
 [5]: $K=0: Z = -X$; $K=1: Z = X+Y$
 [6]: None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]



- L. Select the option corresponding to the output $f(X, Y, Z)$ of the circuit shown below, when the inputs (X, Y, Z) have the values $(0, 0, 1)$, $(0, 1, 0)$, and $(1, 1, 0)$.

[Indique qual das opções corresponde à saída $f(X, Y, Z)$ do circuito apresentado em baixo, quando as entradas (X, Y, Z) tomam os valores $(0, 0, 1)$, $(0, 1, 0)$, and $(1, 1, 0)$.]

- [1]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{1 ; 1 ; 0\}$
 [2]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{0 ; 1 ; 0\}$
 [3]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{0 ; 1 ; 1\}$
 [4]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{1 ; 0 ; 1\}$
 [5]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{0 ; 0 ; 1\}$
 [6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]



- M. Which of the following expressions corresponds to the minimal function (defined as a sum of products) represented in the Karnaugh-map?

[Qual das seguintes expressões corresponde à função mínima (definida como uma soma de produtos) representada no mapa de Karnaugh?]

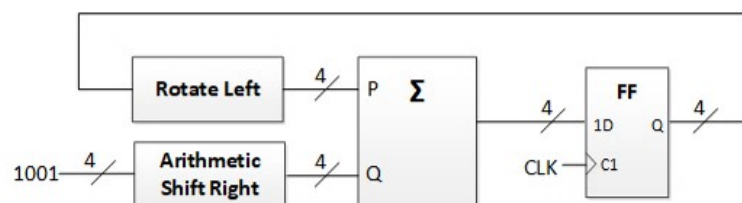
- [1]: $\overline{B}.C + \overline{A}.B.\overline{C} + \overline{A}.D$
 [2]: $\overline{C}.A + \overline{C}.B.\overline{D} + B.D$
 [3]: $\overline{B}.\overline{D} + \overline{A}.B.D + A.\overline{C}$
 [4]: $\overline{B}.\overline{D} + \overline{C}.B.D + \overline{A}.D$
 [5]: $\overline{C}.\overline{D} + A.\overline{B}.\overline{D} + A.D$
 [6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

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

- N. Consider the following circuit with an adder, a register (4 FF's) and a combinational logic circuit. Assuming that the current state is $Q(3:0) = 1010$, what are the next two states of the circuit?

[Considere o seguinte circuito com um somador, um registo (4 FF's) e lógica combinatória. Assumindo que o estado actual é $Q(3:0) = 1010$, quais serão os próximos dois estados do circuito?]

- [1]: 0001, 1110
 [2]: 0011, 1110
 [3]: 1100, 1000
 [4]: 1110, 1111
 [5]: 0111, 1111
 [6]: None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]



- O. The following 32-bit words correspond to signed rational numbers represented in fixed-point and floating-point. Which of the options presented below corresponds to an ascending ordering of these words?

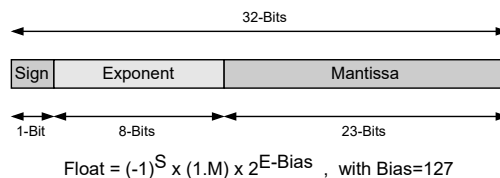
[As seguintes palavras de 32-bits correspondem a números racionais com sinal representados em vírgula fixa e em vírgula flutuante. Qual das opções corresponde à ordenação crescente destas palavras?]

A = 3FD5C28Fh (IEEE-754) B = 77AE147Bh (Q2.30) C = C02AE148h (IEEE-754)

[1]: A,C,B
[4]: B,C,A

[2]: C,A,B
[5]: A,B,C

[3]: B,A,C
[6]: C,B,A



- P. Consider the following circuit and truth table. Select the multiplexer inputs $\{X_3; X_2; X_1; X_0\}$ that result in the given truth table.

[Considere o seguinte circuito e tabela de verdade. Selecione as entradas do multiplexer $\{X_3; X_2; X_1; X_0\}$ que resultam na tabela apresentada.]

[1]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{0; \overline{B}; 1; \overline{B}\}$

[2]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{0; \overline{B}; 1; B\}$

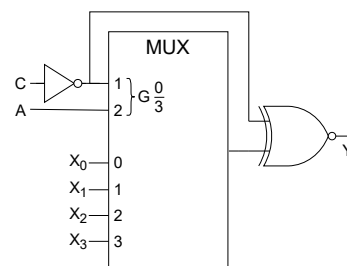
[3]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{1; B; 0; \overline{B}\}$

[4]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{0; B; 1; \overline{B}\}$

[5]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{1; \overline{B}; 0; B\}$

[6]: None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

A	B	C	Y
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1



- Q. Represent 375_8 in base 10.

[Represente 375_8 na base 10.]

[1]: 253

[2]: 175

[3]: 242

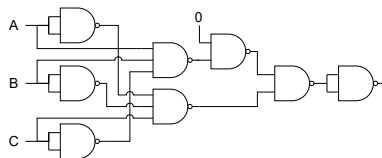
[4]: 230

[5]: 215

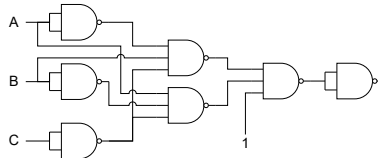
[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

- R. Which of the following circuits implements the expression $\overline{(\overline{A} \odot B)} \cdot \overline{C}$?

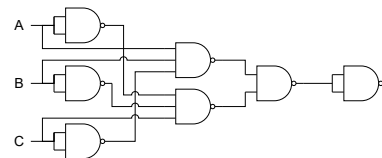
[Qual dos seguintes circuitos implementa a expressão $\overline{(\overline{A} \odot B)} \cdot \overline{C}$?]



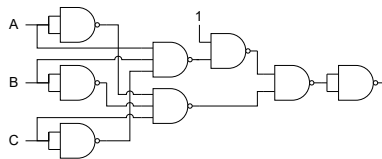
[1]



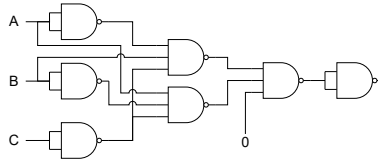
[2]



[3]



[4]



[5]

None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

[6]

(This space was intentionally left blank for you auxiliary calculations.)

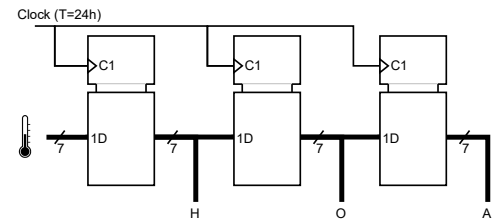
This page will be discarded

Volume 1 - Part II

NOTE: Portuguese version in the following page

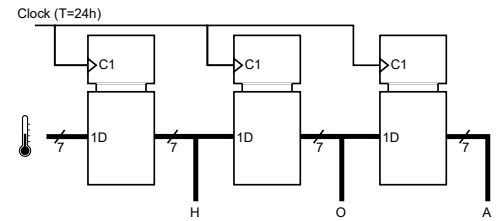
[Question score partitioning: 35% + 30% + 35%]

To control the temperature of a greenhouse, it was adopted a set of registers as shown in the figure, which allows the recording of the temperature values measured on three consecutive days: today (H), yesterday (O) and the day before yesterday (A). The measured temperature has a dynamic range between -64°C and $+63^{\circ}\text{C}$, with a 7-bit precision. In the following exercises, consider the use of 8-bit adders:



- Design the circuit that computes the weighted average $T_M = 0.5 \times T_H + 0.375 \times T_O + 0.25 \times T_A$ with an 8-bit precision.
Hint: remember that $0.375 = 3/8$.
- Without using adders, implement a circuit that activates the alarm signal ($X = 1$) when $T_M \geq 24^{\circ}\text{C}$.
Hint: design a combinational circuit to detect the pattern $T_M \geq +24$.
- In order to evaluate the variation rate (i.e., derivative) of the observed temperature over the last three days, implement a circuit that activates a signal ($Z = 1$) when $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O)$.
Hint: remember that $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

Para controlar a temperatura de uma estufa foi instalado o sistema de registos apresentado na figura que permite armazenar os valores de temperatura medidos em três dias consecutivos: hoje (H), ontem (O), e anteontem (A). A temperatura medida tem uma gama dinâmica entre -64°C e $+63^{\circ}\text{C}$, com uma precisão de 7-bits. Nos seguintes exercícios, considere a utilização de somadores de 8-bit:



1. Projecte o circuito que calcula o valor da média pesada $T_M = 0.5 \times T_H + 0.375 \times T_O + 0.25 \times T_A$ com uma precisão de 8-bits.
Sugestão: recorde que $0.375 = 3/8$.
2. Sem utilizar somadores, implemente um circuito que activa o sinal de alarme ($X = 1$) quando $T_M \geq 24^{\circ}\text{C}$.
Sugestão: projecte um circuito combinatório que detecte o padrão $T_M \geq +24$.
3. De modo a avaliar o ritmo de variação (i.e., derivada) da temperatura observada ao longo dos últimos três dias, implemente um circuito que active um sinal ($Z = 1$) quando $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O)$.
Sugestão: recorde que $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

Volume 1 - Part III

NOTE: Portuguese version in the following page

[Question score partitioning: 50% + 50%]

Question A:

Design a circuit that controls a toaster. The toaster works as follows:



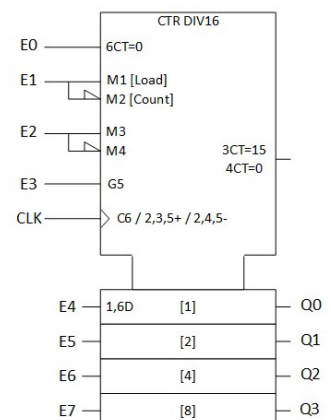
- The toaster has five input signals:
 - STOP_H: Aborts the toasting process, returning to a standby state.
 - ACT_H: Lever that lowers the bread and starts the toasting mechanism.
 - LONG_H: Button that sets the toasting time (active: $2TA$; inactive: $1TA$), where TA is the period of the auxiliary timer (see below).
 - THERM_H: Warning from sensing circuit when the temperature is above 50°C .
 - TIMEOUT_H: This signal is active during one clock period when the auxiliary timer expires.
- The toaster has four output signals:
 - LED_H: LED is on while the toaster is switched on, or the temperature is above 50°C .
 - TOAST_H: Activates the heating mechanism of the toaster.
 - FINISH_H: Activated during one clock period to disconnect the heating and free the bread.
 - TIMER_ACT_H: A transition from 0 to 1 in this signal starts the timer; a transition from 1 to 0 prepares the timer for a new activation.
- There are two standby states: with LED switched off (temperature lower or equal than 50°C indicated by $\text{THERM_H}=0$), and with LED switched on (temperature higher than 50°C , indicated by $\text{THERM_H}=1$).
- The initial state is a standby state with the LED switched off. After the user introduces the bread, presses the lever, activating ACT_H. The toaster starts, activating the timer (TIMER_ACT_H) and the heating (TOAST_H).
- Toasting will continue during 1 or 2 successive activations of the timer, depending on the value of LONG_H.
- After the timer expires for the last time (depending on LONG_H), the signal FINISH_H is active during one clock period.
- After FINISH_H is activated, the toasting operation is finished, the toaster returns to a standby state, and it is assumed that the lever automatically returns to the initial position. However, the red LED will remain lit (standby state with LED switched on) until the temperature becomes lower or equal than 50°C . This state behaves similarly to the initial state, except for the LED.

Complete the state diagram (see Volume 2, Part IIIA) defining the values of the input signals associated with all state transitions, as well as the values of the output signals in each state. "Don't cares" must be used for the inputs whose value does not matter for given a state transition. In the diagram, the inputs/outputs must be indicated in the following order:

- Order of the inputs: STOP_H, ACT_H, LONG_H, THERM_H, TIMEOUT_H.
- Order of the outputs: LED_H, TOAST_H, FINISH_H, TIMER_ACT_H.

Question B:

- Consider a state machine with input A and state bits Q3, Q2, Q1 and Q0, implemented with the circuit depicted in the figure. Complete the state transition table (see Volume 2, Part IIIB), considering the provided state transitions. Justify, identifying the operation performed by the circuit in each transition. **Note: The parallel LOAD operation will only be accepted in case there is no other alternative leading to the same result. The signals that don't care to a given operation must mandatorily be marked as don't cares.**
- Indicate the algebraic expressions of the signals E0 and E1 in the disjunctive canonical form, ignoring the "don't cares".



Pergunta A:

Projecte um controlador de uma torradeira que funciona da seguinte forma:

- A torradeira tem cinco sinais de entrada:
 - STOP_H: Aborta a operação da torradeira, retornando a um estado de *standby*.
 - ACT_H: Alavanca que baixa o pão e liga o mecanismo de aquecimento.
 - LONG_H: Botão que define o tempo de operação (activo: $2TA$; inativo: $1TA$), sendo TA o período do temporizador auxiliar (ver em baixo).
 - THERM_H: Aviso de um sensor de temperatura quando a temperatura da torradeira é superior a 50°C .
 - TIMEOUT_H: Ativo durante um período de relógio quando o temporizador auxiliar expira.
- A torradeira tem quatro sinais de saída:
 - LED_H: LED acende enquanto a torradeira está em operação, ou a temperatura é superior a 50°C .
 - TOAST_H: ativa o mecanismo de aquecimento da torradeira.
 - FINISH_H: ativado durante um período de relógio para desligar o aquecimento e libertar o pão.
 - TIMER_ACT_H: Uma transição de 0 para 1 neste sinal inicia o temporizador; uma transição de 1 para 0 reinicializa o gatilho do temporizador para poder receber uma nova ativação.
- Existem dois estados de *standby*: com o LED apagado (temperatura menor ou igual a 50°C indicada por $\text{THERM_H}=0$), e LED aceso (temperatura superior a 50°C , indicada por $\text{THERM_H}=1$).
- O estado inicial é o estado de *standby* com o LED apagado. Depois de o utilizador introduzir o pão, pressiona a alavanca, ativando ACT_H. A torradeira inicia assim a sua operação, ativando o temporizador (TIMER_ACT_H) e o aquecimento (TOAST_H).
- A operação continua durante 1 ou 2 activações (sucessivas) do temporizador, consoante o valor de LONG_H.
- O sinal FINISH_H é ativado durante um período de relógio depois de o temporizador expirar pela última vez (que depende de LONG_H).
- Depois de FINISH_H ser ativado, a operação da torradeira termina, a torradeira volta a ficar num estado de *standby*, e assume-se que a alavanca voltou automaticamente à posição inicial. No entanto, o LED vermelho permanecerá aceso (estado *standby* com LED aceso) até que a temperatura passe a ser menor ou igual a 50°C . Este estado comporta-se de forma semelhante ao estado inicial, à exceção do LED.

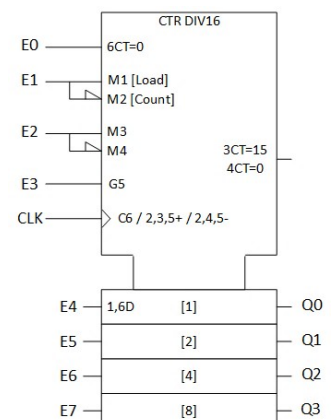
Complete o diagrama de estados (ver Volume 2, Parte IIIA), definindo os valores dos sinais de entrada que desencadeiam todas as transições de estado, assim como os valores de saída de cada estado. As "indiferenças" têm de ser obrigatoriamente usadas para entradas que não tenham influência numa determinada transição de estado. As entradas/saídas têm de ser indicadas de acordo com a ordem seguinte:

- Ordem das entradas: STOP_H, ACT_H, LONG_H, THERM_H, TIMEOUT_H.
- Ordem das saídas: LED_H, TOAST_H, FINISH_H, TIMER_ACT_H.

Pergunta B:

Considere uma máquina de estados com entrada A e bits de estado Q3, Q2, Q1 e Q0, realizada com base no circuito da figura.

1. Complete a tabela de transição de estados (ver Volume 2, Parte IIIB), considerando as transições nela representadas. Justifique, identificando na tabela as operações realizadas em cada transição. **Nota: A operação de carregamento em paralelo (LOAD) só será aceite se não houver uma operação alternativa que conduza ao mesmo resultado. Os sinais indiferentes para determinada operação têm obrigatoriamente de ser marcados como indiferenças.**
2. Indique as expressões para os sinais E0 e E1 na forma canónica disjuntiva, ignorando as indiferenças.





**Don't forget to identify this and the following pages!
Only these pages will be considered for your evaluation.**

Volume 2 - Part I

For each question of Part I (question A, B, C, ...), fill in the number of the correct answer from the supplied multiple-choice list (answer 1, 2, 3, ...):

★	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
8																			X	X	X	X	X	X	X	X

NOTE: Leave blank (or fill in with 0) all questions that you do not wish to answer.

Volume 2 - Part II

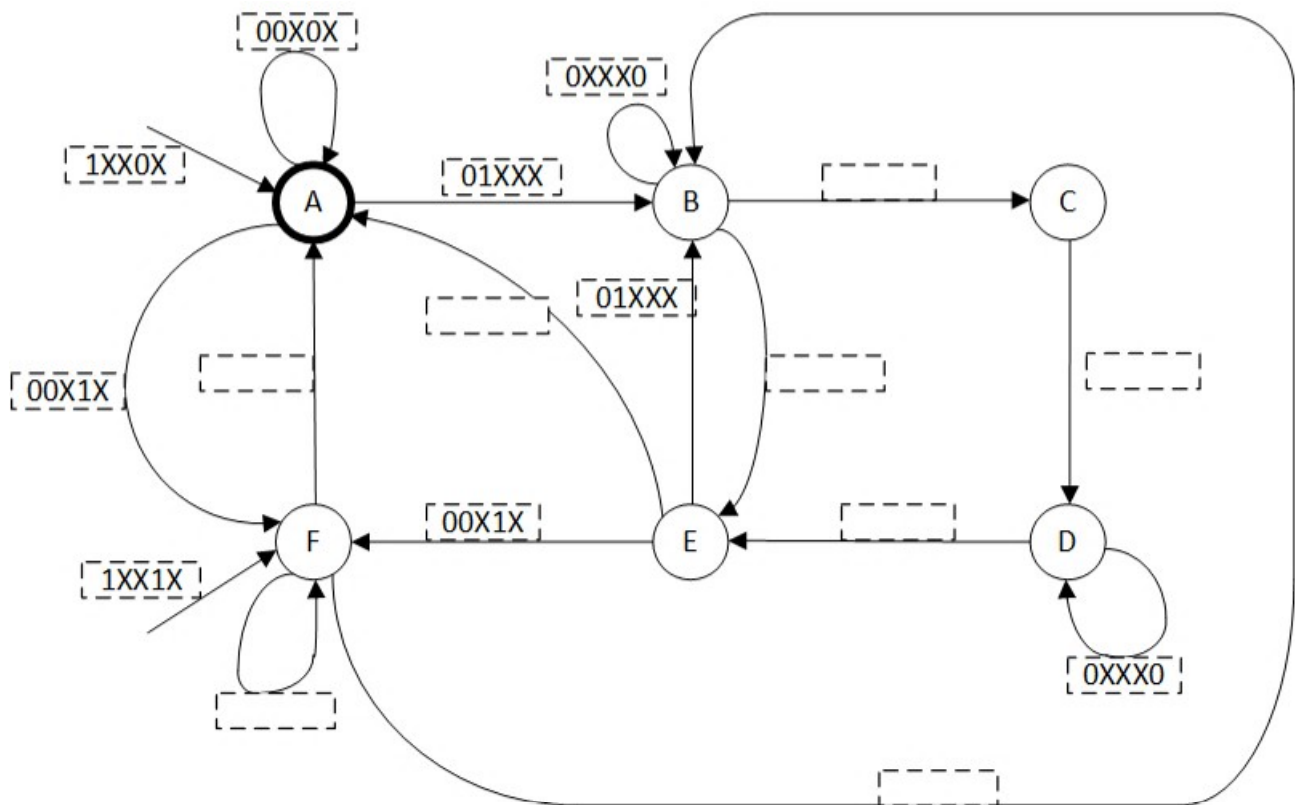
Volume 2 - Part II (Cont.)

Volume 2 - Part III

Pergunta A:

Meaning of the states [*Significado dos estados*]:

- A: Standby state w/ temperature ≤ 50 ; **initial state** [*Estado standby com temperatura ≤ 50 ; estado inicial*];
- B: Toaster switched on during the first timer period [*Torradeira ligada durante o primeiro período do temporizador*];
- C: Toaster switched on, re-initialize timer trigger before starting the second timer period [*Torradeira ligada, reinicializar gatilho do temporizador antes de iniciar segundo período do temporizador*];
- D: Toaster switched on during the second timer period [*Torradeira ligada durante o segundo período do temporizador*];
- E: Finish [*Terminar*];
- F: Standby state w/ temperature > 50 [*Estado standby com temperatura > 50*];



For each state, define the values of the inputs (in the diagram) and of the outputs (below) according to the following order:
 [Para cada estado, indique os valores das entradas (no diagrama) e das saídas (em baixo) de acordo com a seguinte ordem]:

- Ordem das entradas: STOP_H, ACT_H, LONG_H, THERM_H, TIMEOUT_H.
- Ordem das saídas: LED_H, TOAST_H, FINISH_H, TIMER_ACT_H.

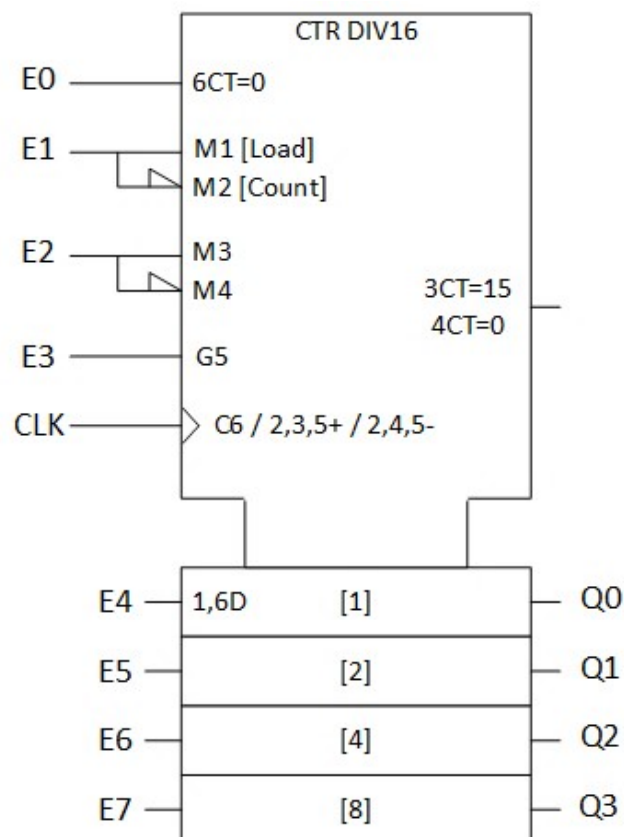
- A: _____
- B: _____
- C: _____
- D: _____
- E: _____
- F: _____

Volume 2 - Part III (Cont.)

Pergunta B:

$Q_3^n Q_2^n Q_1^n Q_0^n$	A	E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	$Q_3^{n+1} Q_2^{n+1} Q_1^{n+1} Q_0^{n+1}$	Operation
0000	0	0	0							0001	
0000	1	0	0							1111	
0001	0	0	0							0010	
0001	1	0	1							0011	
0100	0	1	X							0000	
0100	1	0	0							0011	
1001	0	0	0							1010	
1001	1	0	1							1011	
1111	0	0	0							1110	
1111	1	0	1							1101	

- E0 = _____
- E1 = _____



Instructions

Before starting the exam, read carefully the following information:

- There are (at least) nine different versions of this exam.
- Although the exam comprises a total of 16 pages, there are two distinct volumes that should be handled as follows:
 - **Volume 1** corresponds to the question list and comprises pages 1 to 12. These pages do not need to be identified because they will be discarded at the end of the exam;
 - **Volume 2** corresponds to the answers sheet and comprises pages 13 to 16. All pages of this volume **MUST** be identified with the student's name and number.
 - At the end of the exam, all pages of **Volume 2** will be separated. Consequently, all non-identified pages will not be considered.
- The exam is composed of three parts (Part I, II and III) and has a duration of 2 (two) hours.
 - **Part I** comprises N_1 multiple choice questions and awards a total of $P_1 = 15$ points.
 - * Each correct answer awards $C = P_1/N_1$ points;
 - * Each wrong answer awards $W = -C/(A - 1)$ points (negative value), where A denotes the number of possible answers offered to each question;
 - * Each non-answered question awards 0 points.
 - **Part II** comprises an open-answer problem about combinatorial circuits and awards a total of $P_2 = 2.5$ points.
 - **Part III** comprises an open-answer problem about sequential circuits and awards a total of $P_3 = 2.5$ points.
 - All question answers **MUST** be replied in the allotted space of **Volume 2**.
- At the end of **Part I of Volume 1** you will find an empty page - you can use it for auxiliary calculations, but this page will not be delivered at the end. This means that all answers **MUST** be replied (and properly justified) in the allotted space of **Volume 2**.
- Each question includes a Portuguese translation of the corresponding text. In case of a mismatch between the English text and its translation, the English text will be the one to be considered in the evaluation¹.
- You cannot use or consult any material during the exam. On your desk you can only have a pen and your student identity card.

¹Cada pergunta inclui uma tradução para Português do referido texto. Em caso de incoerência entre o texto em Inglês e a sua tradução, será o texto em Inglês que será considerado na avaliação.

Volume 1 - Part I

- A. Consider the following circuit with an adder, a register (4 FF's) and a combinational logic circuit. Assuming that the current state is $Q(3:0) = 1010$, what are the next two states of the circuit?
 [Considere o seguinte circuito com um somador, um registo (4 FF's) e lógica combinatória. Assumindo que o estado actual é $Q(3:0) = 1010$, quais serão os próximos dois estados do circuito?]

[1]: 0111, 1111

[2]: 0011, 1110

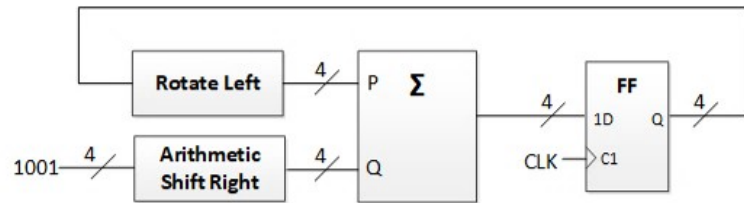
[3]: 0001, 1110

[4]: 1110, 1111

[5]: 1100, 1000

[6]: None of the other options

[Nenhuma das outras opções]



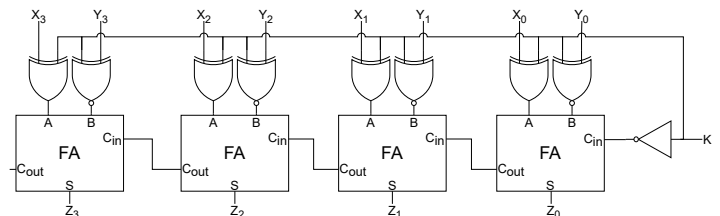
- B. Which function is implemented by the following circuit? Consider that X and Y are 4-bit signed numbers (two's complement).

[Qual é a função desempenhada pelo seguinte circuito? Assuma que X e Y são números com sinal com 4-bits (em complemento para dois).]

[1]: $K=0: Z = X-Y$; $K=1: Z = X+Y+1$ [2]: $K=0: Z = -Y$; $K=1: Z = X+Y$ [3]: $K=0: Z = X-Y$; $K=1: Z = -(X-Y)-1$ [4]: $K=0: Z = X-1$; $K=1: Z = Y+1$ [5]: $K=0: Z = -X$; $K=1: Z = X+Y$

[6]: None of the other options

[Nenhuma das outras opções]



- C. Which of the following expressions corresponds to the minimal function (defined as a sum of products) represented in the Karnaugh-map?

[Qual das seguintes expressões corresponde à função mínima (definida como uma soma de produtos) representada no mapa de Karnaugh?]

[1]: $\overline{B}.D + \overline{A}.B.D + A.\overline{C}$ [2]: $\overline{C}.A + \overline{C}.B.\overline{D} + B.D$ [3]: $\overline{B}.C + \overline{A}.B.\overline{C} + \overline{A}.\overline{D}$ [4]: $\overline{C}.\overline{D} + A.\overline{B}.\overline{D} + A.D$ [5]: $\overline{B}.\overline{D} + \overline{C}.B.D + \overline{A}.D$

[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

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

- D. Consider the following state diagram with two inputs X_1X_0 , one-hot encoding, and where each state $S_i (i = 0, \dots, 7)$ is implemented with D flip-flops, with input D_i (next state) and output Q_i (current state). Select, only for the state S_3 , the correct option for D_3 as a function of X_1 and X_0 and the current states Q_i .

[Considere o seguinte diagrama de estados com duas entradas X_1X_0 , codificação one-hot, em que cada estado $S_i (i = 0, \dots, 7)$ é implementado com flip-flops do tipo D, com entradas D_i (próximo estado) e saída Q_i (estado actual). Indique, para o estado S_3 , a expressão de D_3 como função de X_1 e X_0 e os estados actuais Q_i .]

[1]: $D_3 = X_1 \overline{X_0} Q_2 + X_1 X_0 Q_3 + X_1 \overline{X_0} Q_6 + X_1 \overline{X_0} Q_7$

[2]: $D_3 = \overline{X_1} X_0 Q_1 + X_1 \overline{X_0} Q_3 + \overline{X_1} X_0 (Q_5 + Q_7)$

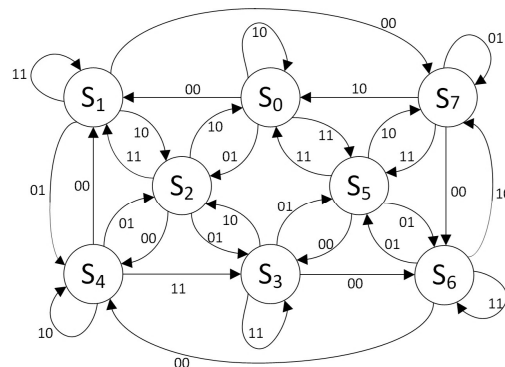
[3]: $D_3 = X_1 \overline{X_0} Q_2 + X_1 X_0 Q_3 + \overline{X_1} X_0 Q_5 + \overline{X_1} \overline{X_0} Q_6$

[4]: $D_3 = \overline{X_1} X_0 Q_2 + X_1 X_0 (Q_3 + Q_4) + \overline{X_1} \overline{X_0} Q_5$

[5]: $D_3 = X_1 X_0 Q_1 + \overline{X_1} \overline{X_0} Q_2 + X_1 \overline{X_0} Q_6 + X_1 X_0 Q_7$

[6]: None of the other options

[Nenhuma das outras opções]



- E. The following 32-bit words correspond to signed rational numbers represented in fixed-point and floating-point. Which of the options presented below corresponds to an ascending ordering of these words?

[As seguintes palavras de 32-bits correspondem a números racionais com sinal representados em vírgula fixa e em vírgula flutuante. Qual das opções corresponde à ordenação crescente destas palavras?]

A = 3FD5C28Fh (IEEE-754) B = 77AE147Bh (Q2.30) C = C02AE148h (IEEE-754)

[1]: A,B,C

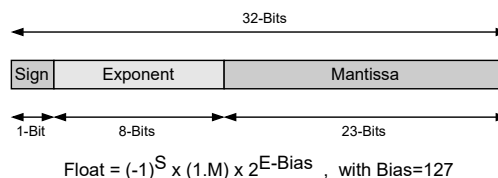
[2]: A,C,B

[3]: B,A,C

[4]: C,A,B

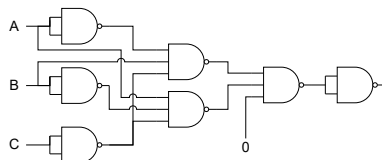
[5]: B,C,A

[6]: C,B,A

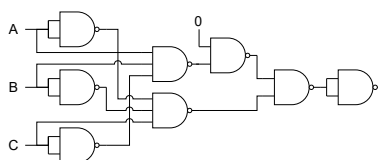


- F. Which of the following circuits implements the expression $\overline{(\overline{A} \odot B)} \cdot \overline{C}$?

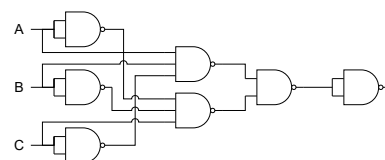
[Qual dos seguintes circuitos implementa a expressão $\overline{(\overline{A} \odot B)} \cdot \overline{C}$?]



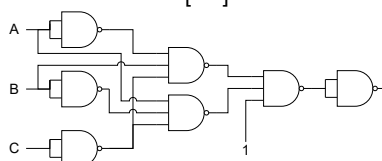
[1]



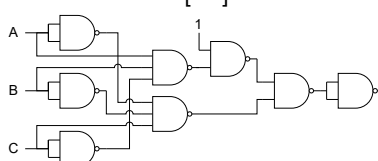
[2]



[3]



[4]



[5]

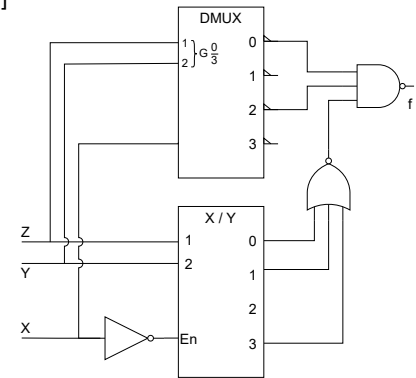
None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

[6]

- G. Select the option corresponding to the output $f(X, Y, Z)$ of the circuit shown below, when the inputs (X, Y, Z) have the values $(0, 0, 1)$, $(0, 1, 0)$, and $(1, 1, 0)$.

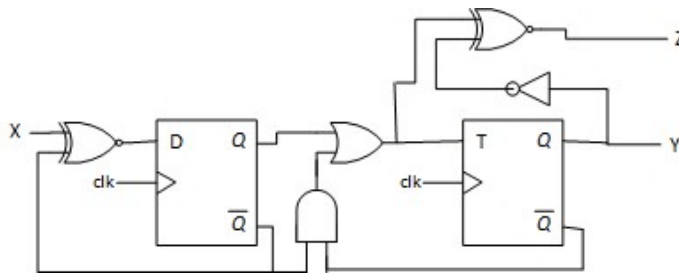
[Indique qual das opções corresponde à saída $f(X, Y, Z)$ do circuito apresentado em baixo, quando as entradas (X, Y, Z) tomam os valores $(0, 0, 1)$, $(0, 1, 0)$, and $(1, 1, 0)$.]

- [1]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{1 ; 1 ; 0\}$
 [2]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{0 ; 1 ; 0\}$
 [3]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{0 ; 0 ; 1\}$
 [4]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{1 ; 0 ; 1\}$
 [5]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{0 ; 1 ; 1\}$
 [6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]



- H. What is the minimum clock period of the following circuit, given the table values (in ns)?

[Qual é o período de relógio mínimo do seguinte circuito, assumindo os valores da tabela (em ns)?]



	tp [ns]	tsu [ns]	th [ns]
FF D	12	5	5
FF T	15	7	7
AND	7		
OR	9		
XNOR	13		
NOT	5		

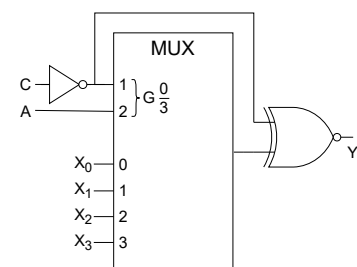
- [1]: 35 [2]: 29 [3]: 38
 [4]: 30 [5]: 34 [6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

- I. Consider the following circuit and truth table. Select the multiplexer inputs $\{X_3; X_2; X_1; X_0\}$ that result in the given truth table.

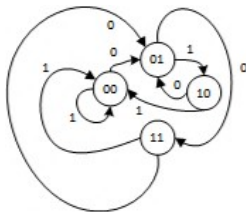
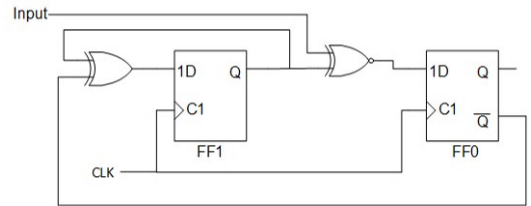
[Considere o seguinte circuito e tabela de verdade. Selecione as entradas do multiplexer $\{X_3; X_2; X_1; X_0\}$ que resultam na tabela apresentada.]

- [1]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{1; \bar{B}; 0; B\}$
 [2]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{0; B; 1; \bar{B}\}$
 [3]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{0; \bar{B}; 1; \bar{B}\}$
 [4]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{1; B; 0; \bar{B}\}$
 [5]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{0; \bar{B}; 1; B\}$
 [6]: None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]

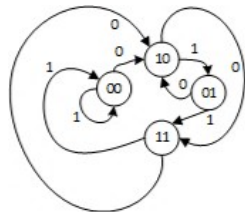
A	B	C	Y
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1



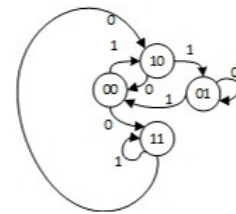
- J. Consider the following circuit. Which state diagram corresponds to the circuit?
 [Considere o seguinte circuito. Qual dos diagramas de estado corresponde ao funcionamento do circuito?]



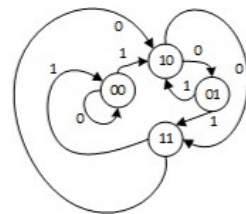
[1]



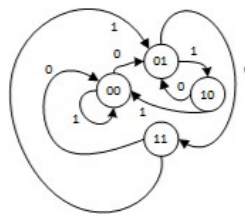
[2]



[3]



[4]



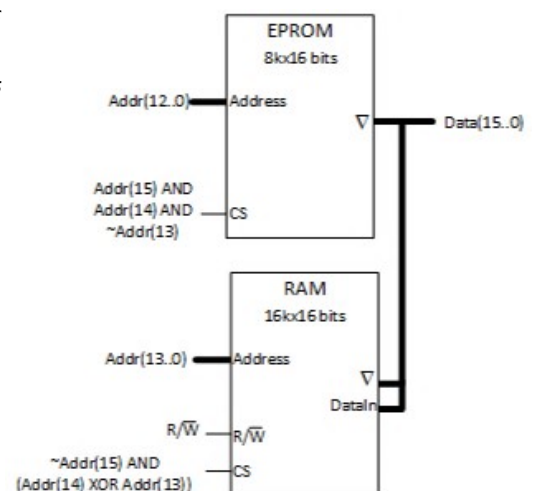
[5]

None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]

[6]

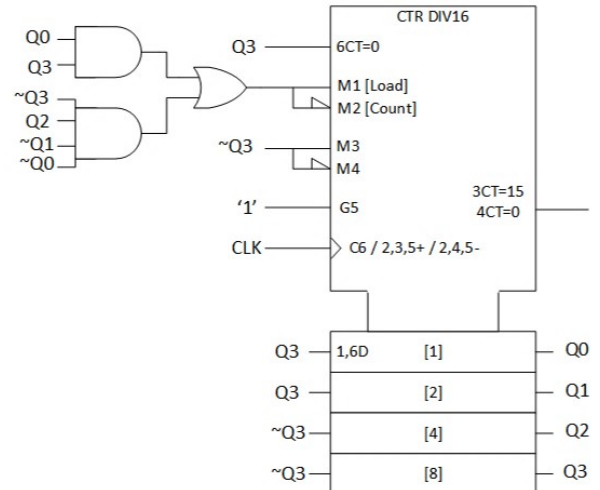
- K. Consider the following memory system. Indicate the range of addresses that correspond to RAM and EPROM.
 [Considere o seguinte sistema de memória. Indique os intervalos de endereços que correspondem a RAM e EPROM.]

- [1]: RAM:A000h..5FFFh; EPROM:C000h..DFFFh
 [2]: RAM:C000h..FFFFh; EPROM:B000h..FFFFh
 [3]: RAM:4000h..7FFFh; EPROM:B000h..FFFFh
 [4]: RAM:8000h..BFFFh; EPROM:2000h..3FFFh
 [5]: RAM:8000h..BFFFh; EPROM:1000h..2FFFh
 [6]: None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]



- L. Which of the following options corresponds to the sequence, in stationary mode, in decimal format at the output of the circuit in the figure below? (suggestion: start by analyzing a "load" situation.)

[Qual das seguintes opções corresponde à sequência de saída do seguinte circuito, em regime estacionário e em formato decimal? (sugestão: comece por analisar a situação de carregamento ("load") de dados.)]



- [1]: ... 4 - 12 - 0 - 1 - 2 - 3 - 4 ...
 [2]: ... 12 - 1 - 2 - 3 - 14 - 13 - 12 ...
 [3]: ... 4 - 12 - 11 - 3 - 4 ...
 [4]: ... 9 - 8 - 7 - 6 - 5 - 4 - 9 ...
 [5]: ... 13 - 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 13...
 [6]: None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]

- M. Represent $6DE3_{16}$ in octal.

[Represente $6DE3_{16}$ em octal.]

- [1]: 31513 [2]: 46723 [3]: 37363
 [4]: 66743 [5]: 65633 [6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

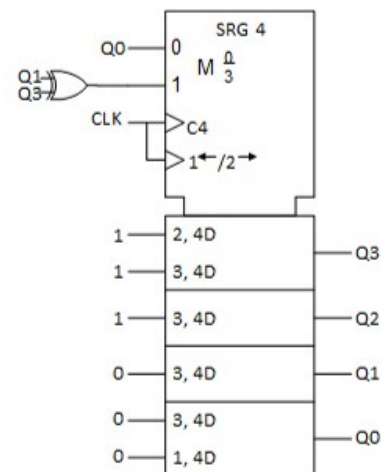
- N. What is the 8-bit two's complement representation of -49 ?

[Qual é a representação em complemento para dois com 8-bits de -49 ?]

- [1]: 11010000 [2]: 11001111 [3]: 00110001
 [4]: 10110001 [5]: 11001110 [6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

- O. Consider the following circuit with a 4-bit shift register, as depicted in the figure. The current state is $Q3 Q2 Q1 Q0 = 1011$. What are the next two states of the circuit?

[Considere o seguinte circuito com um registo de deslocamento de 4-bits representado na figura. O estado actual é $Q3 Q2 Q1 Q0 = 1011$. Quais serão os próximos dois estados?]



- [1]: 1010, 0110
 [2]: 0110, 1011
 [3]: 1011, 0110
 [4]: 1001, 1001
 [5]: 0011, 1111
 [6]: None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]

P. Represent 375_8 in base 10.

[Represente 375_8 na base 10.]

[1]: 175
[4]: 253

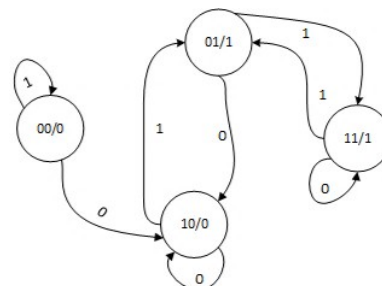
[2]: 230
[5]: 215

[3]: 242
[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

Q.

Consider the following state diagram. Select the output value for each state and the value of the next state for each state and input.

[Considere o seguinte diagrama de estados. Indique o valor da saída do circuito para cada estado e o valor do próximo estado para cada valor do estado e entrada.]



Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	1	10	01
01	0	11	10
10	0	00	00
11	1	01	01

[1]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	1	01	01
01	0	11	10
10	0	00	00
11	1	01	01

[2]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	0	10	00
01	1	10	11
10	0	10	01
11	1	11	01

[3]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	1	10	01
01	0	11	10
10	1	00	00
11	1	01	01

[4]

Q(n)	Y(n)	Q(n+1) x=0	Q(n+1) x=1
00	1	10	11
01	1	00	10
10	1	10	10
11	1	11	01

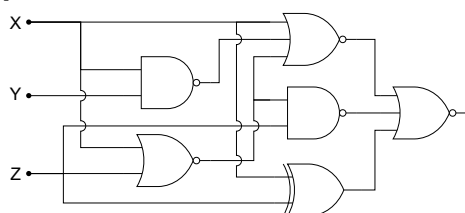
[5]

None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

[6]

R. What is the worst case for the propagation time of the following circuit?

[Qual é o pior caso para o tempo de propagação do seguinte circuito?]



Gate	tp [ns]
NAND2	7
NOR2	8
NOR3	12
XOR2	16

[1]: 34
[4]: 27

[2]: 32
[5]: 28

[3]: 31
[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

(This space was intentionally left blank for you auxiliary calculations.)

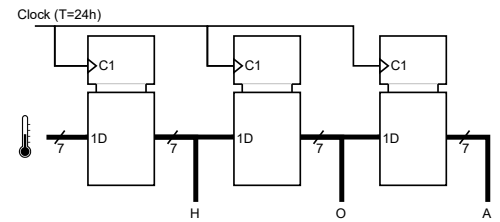
This page will be discarded

Volume 1 - Part II

NOTE: Portuguese version in the following page

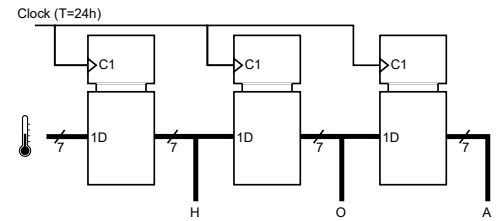
[Question score partitioning: 35% + 30% + 35%]

To control the temperature of a greenhouse, it was adopted a set of registers as shown in the figure, which allows the recording of the temperature values measured on three consecutive days: today (H), yesterday (O) and the day before yesterday (A). The measured temperature has a dynamic range between -64°C and $+63^{\circ}\text{C}$, with a 7-bit precision. In the following exercises, consider the use of 8-bit adders:



- Design the circuit that computes the weighted average $T_M = 0.5 \times T_H + 0.375 \times T_O + 0.25 \times T_A$ with an 8-bit precision.
Hint: remember that $0.375 = 3/8$.
- Without using adders, implement a circuit that activates the alarm signal ($X = 1$) when $T_M \geq 24^{\circ}\text{C}$.
Hint: design a combinational circuit to detect the pattern $T_M \geq +24$.
- In order to evaluate the variation rate (i.e., derivative) of the observed temperature over the last three days, implement a circuit that activates a signal ($Z = 1$) when $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O)$.
Hint: remember that $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

Para controlar a temperatura de uma estufa foi instalado o sistema de registos apresentado na figura que permite armazenar os valores de temperatura medidos em três dias consecutivos: hoje (H), ontem (O), e anteontem (A). A temperatura medida tem uma gama dinâmica entre -64°C e $+63^{\circ}\text{C}$, com uma precisão de 7-bits. Nos seguintes exercícios, considere a utilização de somadores de 8-bit:



1. Projecte o circuito que calcula o valor da média pesada $T_M = 0.5 \times T_H + 0.375 \times T_O + 0.25 \times T_A$ com uma precisão de 8-bits.
Sugestão: recorde que $0.375 = 3/8$.
2. Sem utilizar somadores, implemente um circuito que activa o sinal de alarme ($X = 1$) quando $T_M \geq 24^{\circ}\text{C}$.
Sugestão: projecte um circuito combinatório que detecte o padrão $T_M \geq +24$.
3. De modo a avaliar o ritmo de variação (i.e., derivada) da temperatura observada ao longo dos últimos três dias, implemente um circuito que active um sinal ($Z = 1$) quando $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O)$.
Sugestão: recorde que $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

Volume 1 - Part III

NOTE: Portuguese version in the following page

[Question score partitioning: 50% + 50%]

Question A:

Design a circuit that controls a toaster. The toaster works as follows:



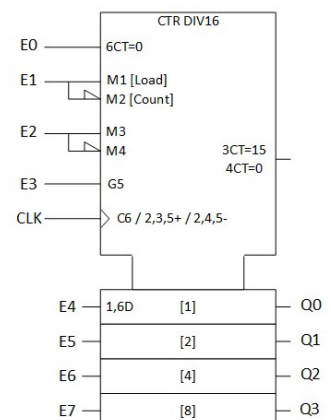
- The toaster has five input signals:
 - STOP_H: Aborts the toasting process, returning to a standby state.
 - ACT_H: Lever that lowers the bread and starts the toasting mechanism.
 - LONG_H: Button that sets the toasting time (active: $2TA$; inactive: $1TA$), where TA is the period of the auxiliary timer (see below).
 - THERM_H: Warning from sensing circuit when the temperature is above 50°C .
 - TIMEOUT_H: This signal is active during one clock period when the auxiliary timer expires.
- The toaster has four output signals:
 - LED_H: LED is on while the toaster is switched on, or the temperature is above 50°C .
 - TOAST_H: Activates the heating mechanism of the toaster.
 - FINISH_H: Activated during one clock period to disconnect the heating and free the bread.
 - TIMER_ACT_H: A transition from 0 to 1 in this signal starts the timer; a transition from 1 to 0 prepares the timer for a new activation.
- There are two standby states: with LED switched off (temperature lower or equal than 50°C indicated by $\text{THERM_H}=0$), and with LED switched on (temperature higher than 50°C , indicated by $\text{THERM_H}=1$).
- The initial state is a standby state with the LED switched off. After the user introduces the bread, presses the lever, activating ACT_H. The toaster starts, activating the timer (TIMER_ACT_H) and the heating (TOAST_H).
- Toasting will continue during 1 or 2 successive activations of the timer, depending on the value of LONG_H.
- After the timer expires for the last time (depending on LONG_H), the signal FINISH_H is active during one clock period.
- After FINISH_H is activated, the toasting operation is finished, the toaster returns to a standby state, and it is assumed that the lever automatically returns to the initial position. However, the red LED will remain lit (standby state with LED switched on) until the temperature becomes lower or equal than 50°C . This state behaves similarly to the initial state, except for the LED.

Complete the state diagram (see Volume 2, Part IIIA) defining the values of the input signals associated with all state transitions, as well as the values of the output signals in each state. "Don't cares" must be used for the inputs whose value does not matter for given a state transition. In the diagram, the inputs/outputs must be indicated in the following order:

- Order of the inputs: STOP_H, ACT_H, LONG_H, THERM_H, TIMEOUT_H.
- Order of the outputs: LED_H, TOAST_H, FINISH_H, TIMER_ACT_H.

Question B:

1. Consider a state machine with input A and state bits Q3, Q2, Q1 and Q0, implemented with the circuit depicted in the figure. Complete the state transition table (see Volume 2, Part IIIB), considering the provided state transitions. Justify, identifying the operation performed by the circuit in each transition. **Note: The parallel LOAD operation will only be accepted in case there is no other alternative leading to the same result. The signals that don't care to a given operation must mandatorily be marked as don't cares.**
2. Indicate the algebraic expressions of the signals E0 and E1 in the disjunctive canonical form, ignoring the "don't cares".



Pergunta A:



Projecte um controlador de uma torradeira que funciona da seguinte forma:

- A torradeira tem cinco sinais de entrada:
 - STOP_H: Aborta a operação da torradeira, retornando a um estado de *standby*.
 - ACT_H: Alavanca que baixa o pão e liga o mecanismo de aquecimento.
 - LONG_H: Botão que define o tempo de operação (activo: $2TA$; inativo: $1TA$), sendo TA o período do temporizador auxiliar (ver em baixo).
 - THERM_H: Aviso de um sensor de temperatura quando a temperatura da torradeira é superior a 50°C .
 - TIMEOUT_H: Ativo durante um período de relógio quando o temporizador auxiliar expira.
- A torradeira tem quatro sinais de saída:
 - LED_H: LED acende enquanto a torradeira está em operação, ou a temperatura é superior a 50°C .
 - TOAST_H: ativa o mecanismo de aquecimento da torradeira.
 - FINISH_H: ativado durante um período de relógio para desligar o aquecimento e libertar o pão.
 - TIMER_ACT_H: Uma transição de 0 para 1 neste sinal inicia o temporizador; uma transição de 1 para 0 reinicializa o gatilho do temporizador para poder receber uma nova ativação.
- Existem dois estados de *standby*: com o LED apagado (temperatura menor ou igual a 50°C indicada por $\text{THERM_H}=0$), e LED aceso (temperatura superior a 50°C , indicada por $\text{THERM_H}=1$).
- O estado inicial é o estado de *standby* com o LED apagado. Depois de o utilizador introduzir o pão, pressiona a alavanca, ativando ACT_H. A torradeira inicia assim a sua operação, ativando o temporizador (TIMER_ACT_H) e o aquecimento (TOAST_H).
- A operação continua durante 1 ou 2 activações (sucessivas) do temporizador, consoante o valor de LONG_H.
- O sinal FINISH_H é ativado durante um período de relógio depois de o temporizador expirar pela última vez (que depende de LONG_H).
- Depois de FINISH_H ser ativado, a operação da torradeira termina, a torradeira volta a ficar num estado de *standby*, e assume-se que a alavanca voltou automaticamente à posição inicial. No entanto, o LED vermelho permanecerá aceso (estado *standby* com LED aceso) até que a temperatura passe a ser menor ou igual a 50°C . Este estado comporta-se de forma semelhante ao estado inicial, à exceção do LED.

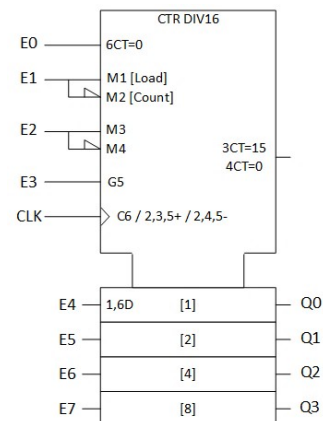
Complete o diagrama de estados (ver Volume 2, Parte IIIA), definindo os valores dos sinais de entrada que desencadeiam todas as transições de estado, assim como os valores de saída de cada estado. As "indiferenças" têm de ser obrigatoriamente usadas para entradas que não tenham influência numa determinada transição de estado. As entradas/saídas têm de ser indicadas de acordo com a ordem seguinte:

- Ordem das entradas: STOP_H, ACT_H, LONG_H, THERM_H, TIMEOUT_H.
- Ordem das saídas: LED_H, TOAST_H, FINISH_H, TIMER_ACT_H.

Pergunta B:

Considere uma máquina de estados com entrada A e bits de estado Q3, Q2, Q1 e Q0, realizada com base no circuito da figura.

1. Complete a tabela de transição de estados (ver Volume 2, Parte IIIB), considerando as transições nela representadas. Justifique, identificando na tabela as operações realizadas em cada transição. **Nota: A operação de carregamento em paralelo (LOAD) só será aceite se não houver uma operação alternativa que conduza ao mesmo resultado. Os sinais indiferentes para determinada operação têm obrigatoriamente de ser marcados como indiferenças.**
2. Indique as expressões para os sinais E0 e E1 na forma canónica disjuntiva, ignorando as indiferenças.





**Don't forget to identify this and the following pages!
Only these pages will be considered for your evaluation.**

Volume 2 - Part I

For each question of Part I (question A, B, C, ...), fill in the number of the correct answer from the supplied multiple-choice list (answer 1, 2, 3, ...):

★	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
9																			X	X	X	X	X	X	X	X

NOTE: Leave blank (or fill in with 0) all questions that you do not wish to answer.

Volume 2 - Part II

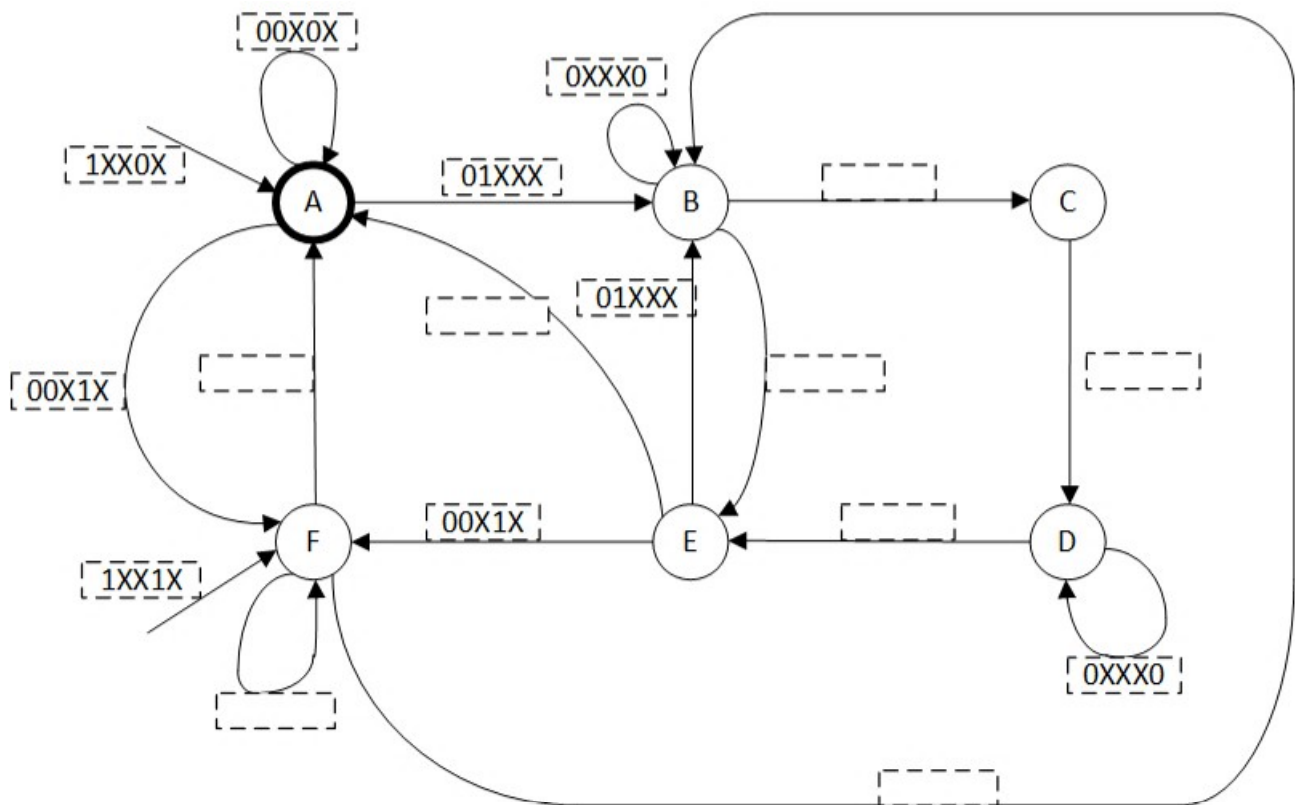
Volume 2 - Part II (Cont.)

Volume 2 - Part III

Pergunta A:

Meaning of the states [*Significado dos estados*]:

- A: Standby state w/ temperature ≤ 50 ; **initial state** [*Estado standby com temperatura ≤ 50 ; estado inicial*];
- B: Toaster switched on during the first timer period [*Torradeira ligada durante o primeiro período do temporizador*];
- C: Toaster switched on, re-initialize timer trigger before starting the second timer period [*Torradeira ligada, reinicializar gatilho do temporizador antes de iniciar segundo período do temporizador*];
- D: Toaster switched on during the second timer period [*Torradeira ligada durante o segundo período do temporizador*];
- E: Finish [*Terminar*];
- F: Standby state w/ temperature > 50 [*Estado standby com temperatura > 50*];



For each state, define the values of the inputs (in the diagram) and of the outputs (below) according to the following order:
 [Para cada estado, indique os valores das entradas (no diagrama) e das saídas (em baixo) de acordo com a seguinte ordem]:

- Ordem das entradas: STOP_H, ACT_H, LONG_H, THERM_H, TIMEOUT_H.
- Ordem das saídas: LED_H, TOAST_H, FINISH_H, TIMER_ACT_H.

- A: _____
- B: _____
- C: _____
- D: _____
- E: _____
- F: _____

Volume 2 - Part III (Cont.)

Pergunta B:

$Q_3^n Q_2^n Q_1^n Q_0^n$	A	E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	$Q_3^{n+1} Q_2^{n+1} Q_1^{n+1} Q_0^{n+1}$	Operation
0000	0	0	0							0001	
0000	1	0	0							1111	
0001	0	0	0							0010	
0001	1	0	1							0011	
0100	0	1	X							0000	
0100	1	0	0							0011	
1001	0	0	0							1010	
1001	1	0	1							1011	
1111	0	0	0							1110	
1111	1	0	1							1101	

- E0 = _____
- E1 = _____

