

This page will be discarded

Volume 1 - Part I

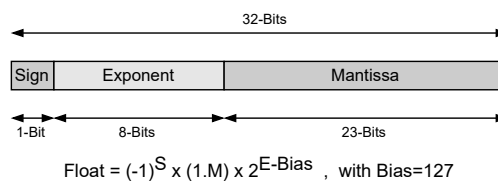
- A. The following 32-bit words correspond to signed rational numbers represented in fixed-point and floating-point. Which of the options presented below corresponds to an ascending ordering of these words?
 [As seguintes palavras de 32-bits correspondem a números racionais com sinal representados em 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

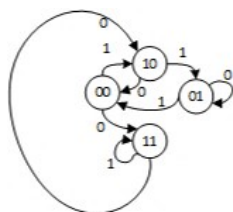
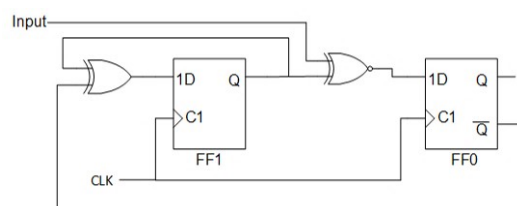
[2]: B,C,A
 [5]: A,C,B

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

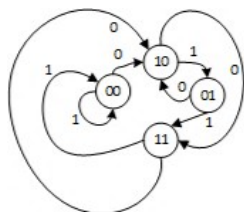


Correct answers: [4]

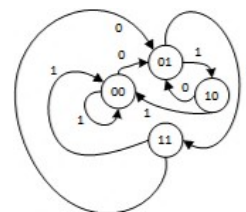
- B. Consider the following circuit. Which state diagram corresponds to the circuit?
 [Considere o seguinte circuito. Qual dos diagramas de estado corresponde ao funcionamento do circuito?]



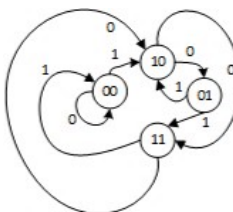
[1]



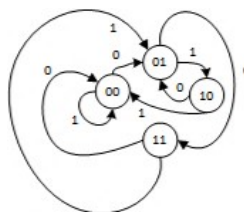
[2]



[3]



[4]



[5]

None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]

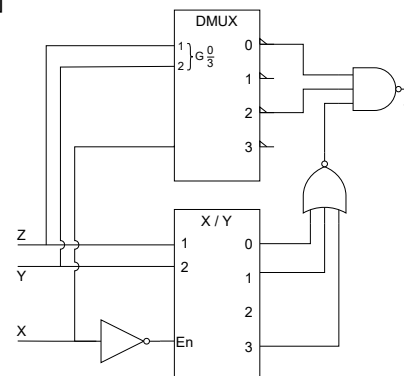
[6]

Correct answers: [1]

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*]

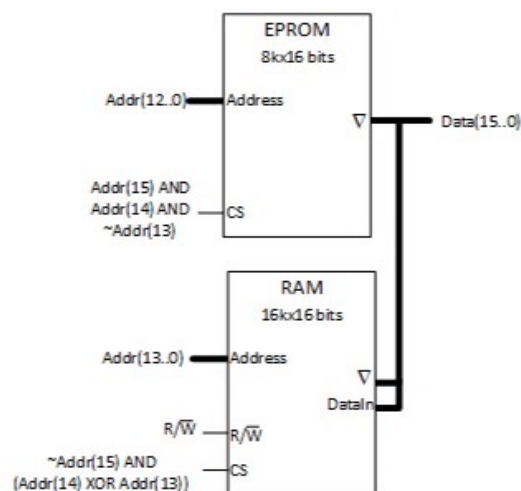


Correct answers: [1]

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

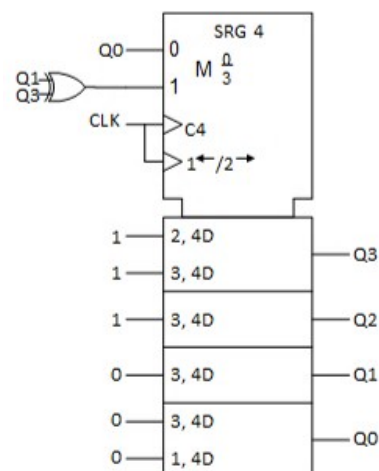


Correct answers: [6]

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 Q3 Q2 Q1 Q0 = 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*]



Correct answers: [1]

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

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

[1]: 31513
[4]: 65633

[2]: 37363
[5]: 66743

[3]: 46723

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

Correct answers: [5]

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
[4]: 11001110

[2]: 11001111
[5]: 00110001

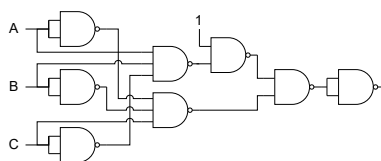
[3]: 10110001

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

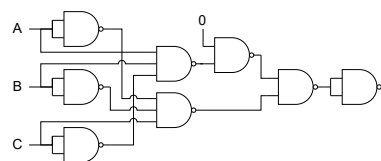
Correct answers: [2]

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

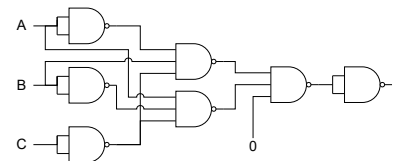
[Qual dos seguintes circuitos implementa a expressão $\overline{(\bar{A} \odot B)} \cdot \bar{C}$?]



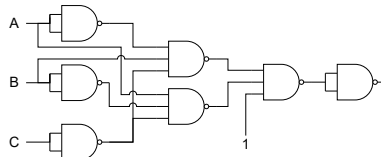
[1]



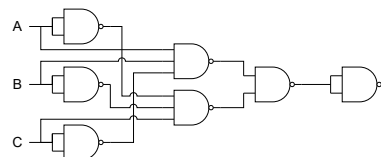
[2]



[3]



[4]



[5]

None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

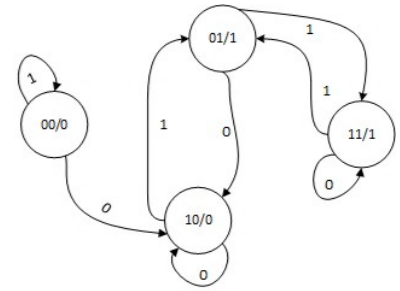
[6]

Correct answers: [4]

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]

Correct answers: [3]

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

[1]: 242

[2]: 253

[3]: 215

[4]: 175

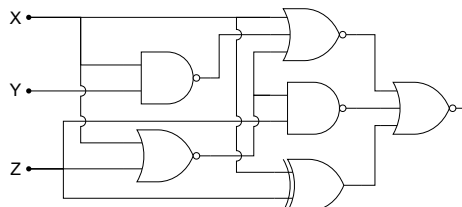
[5]: 230

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

Correct answers: [2]

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

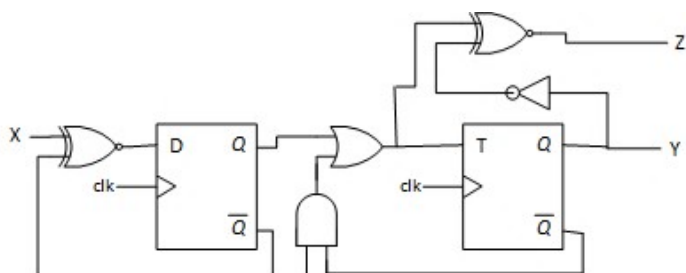
[5]: 32

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

Correct answers: [5]

L. 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]: 34

[2]: 29
[5]: 38

[3]: 30
[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

Correct answers: [5]

M. 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

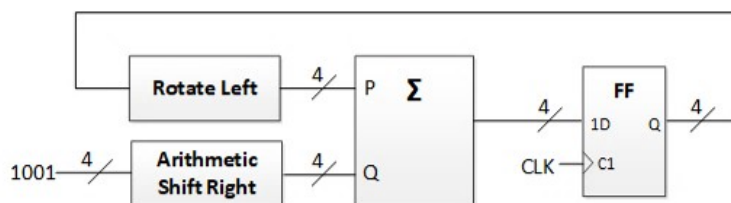
[2]: 1110, 1111

[3]: 0111, 1111

[4]: 1100, 1000

[5]: 0001, 1110

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



Correct answers: [5]

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

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

[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

Correct answers: [5]

- 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

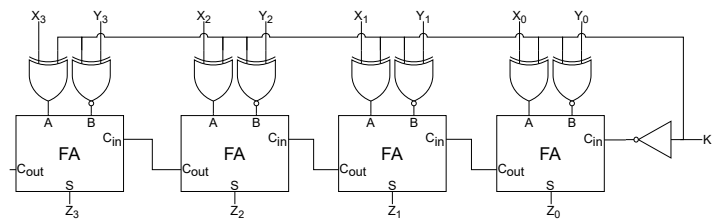
[3]: K=0: Z= X-Y ; K=1: Z=X+Y+1

[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]



Correct answers: [5]

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

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

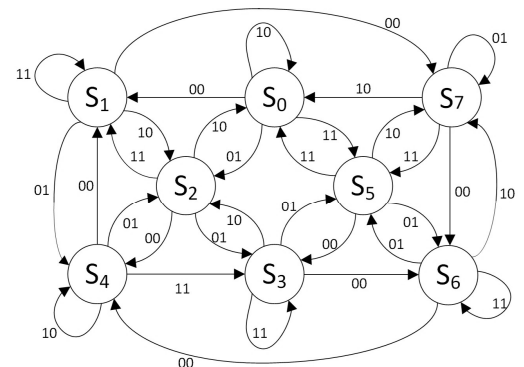
[3]: $D_3 = X_1\overline{X_0}Q_2 + X_1X_0Q_3 + X_1\overline{X_0}Q_6 + X_1\overline{X_0}Q_7$

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

[6]: None of the other options

[Nenhuma das outras opções]



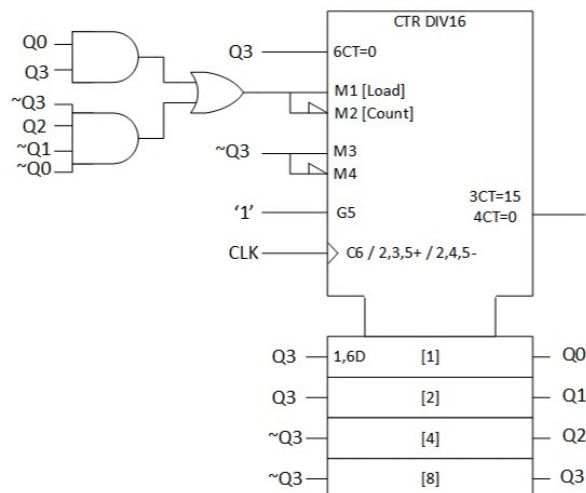
Correct answers: [5]

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]

Correct answers: [3]

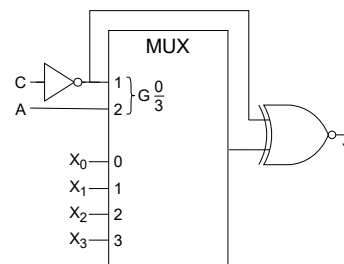


R. Consider the following circuit and truth table. Select the multiplexer inputs $\{X_3; X_2; X_1; X_0\}$ that result in the given truth table.

[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



Correct answers: [5]

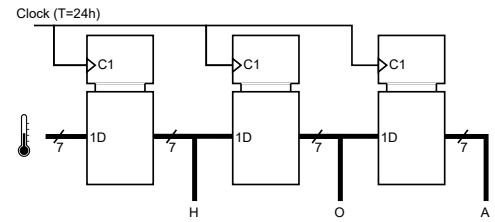
(This space was intentionally left blank for you auxiliary calculations.)

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 $0.375 = 3/8$.

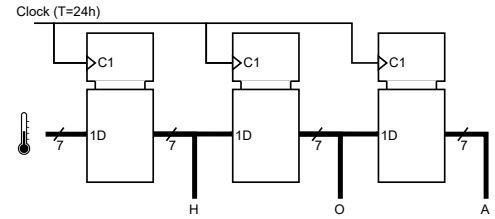
2. Without using adders, implement a circuit that activates the alarm signal ($X = 1$) when $T_M \geq 24^{\circ}\text{C}$.

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 $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O)$.

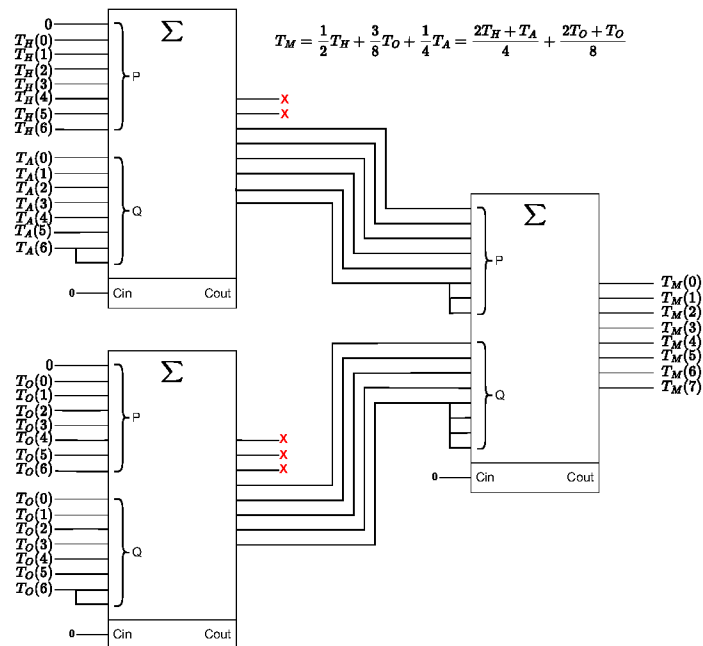
Hint: remember that $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

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:

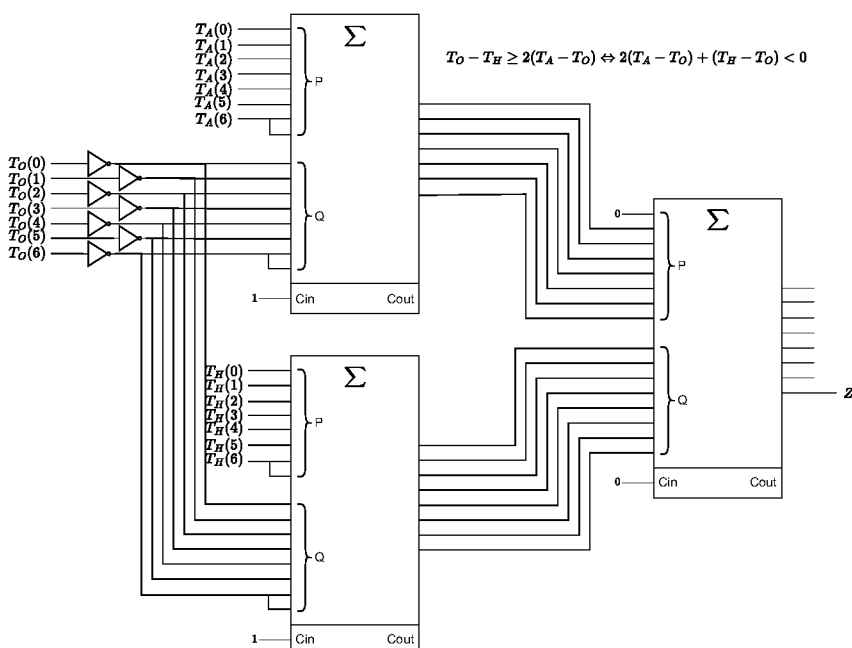
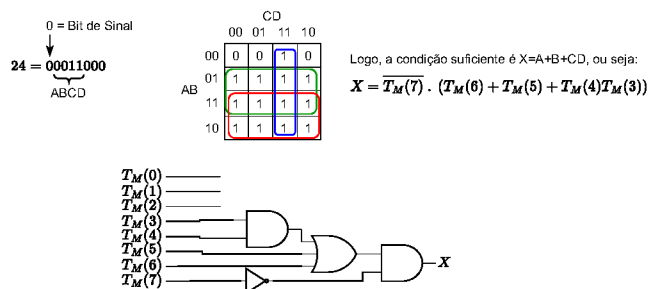


1. Projecte o circuito que calcula o valor da média pesada $T_M = 0.5 \times T_H + 0.375 \times T_O + 0.25 \times T_A$ com uma precisão de 8-bits.
Sugestão: recorde que $0.375 = 3/8$.
2. Sem utilizar somadores, implemente um circuito que activa o sinal de alarme ($X = 1$) quando $T_M \geq 24^{\circ}\text{C}$.
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 $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

Solução Proposta:



Todos os números superiores a 24 têm uma representação em binário em que 4 bits ABCD assinalados têm de assumir um valor superior a 0011. Os bits ABCD correspondem a: $T_M(6)T_M(5)T_M(4)T_M(3)$



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:



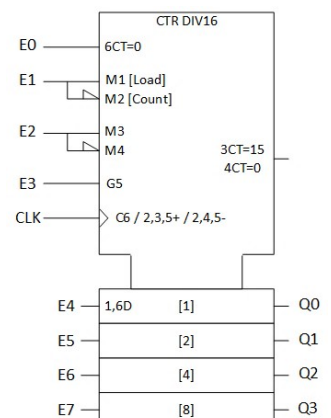
- The toaster has five input signals:
 - STOP_H: Aborts the toasting process, returning to a standby state.
 - ACT_H: Lever that lowers the bread and starts the toasting mechanism.
 - LONG_H: Button that sets the toasting time (active: $2TA$; inactive: $1TA$), where TA is the period of the auxiliary 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.

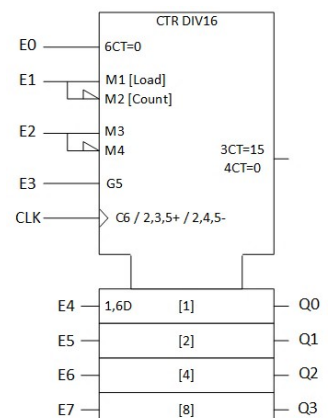
Complete o diagrama de estados (ver Volume 2, Parte IIIA), definindo os valores dos sinais de entrada que desencadeiam todas as transições de estado, assim como os valores de saída de cada estado. As "indiferenças" têm de ser obrigatoriamente usadas para entradas que não tenham influência numa determinada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

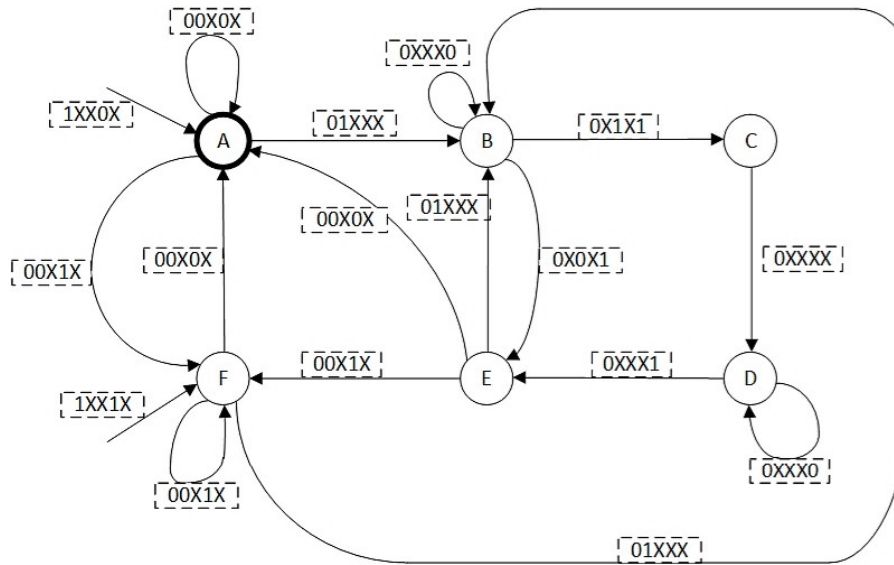


Solução Proposta:

Pergunta A:

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: Estado standby c/ temperatura $\leq 50^\circ$; estado inicial; saídas 0000

B: Torradeira ligada durante o primeiro período do temporizador; saídas 1101

C: Torradeira ligada, reiniciar gatilho do temporizador antes de iniciar segundo período do temporizador; saídas 1100

D: Torradeira ligada durante o segundo período do temporizador; saídas 1101

E: Terminar; saídas 1010

F: Estado standby c/ temperatura $> 50^\circ$; saídas 1000

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	1	1	X	X	X	X	0001	INC
0000	1	0	0	0	1	X	X	X	X	1111	DEC
0001	0	0	0	1	1	X	X	X	X	0010	INC
0001	1	0	1	X	X	1	1	0	0	0011	LOAD
0100	0	1	X	X	X	X	X	X	X	0000	RESET
0100	1	0	0	0	1	X	X	X	X	0011	DEC
1001	0	0	0	1	1	X	X	X	X	1010	INC
1001	1	0	1	X	X	1	1	0	1	1011	LOAD
1111	0	0	0	0	1	X	X	X	X	1110	DEC
1111	1	0	1	X	X	1	0	1	1	1101	LOAD

$$E0 = \overline{Q_3} Q_2 \overline{Q_1} \overline{Q_0} \overline{A}$$

$$E1 = \overline{Q_3} \overline{Q_2} \overline{Q_1} Q_0 A + Q_3 \overline{Q_2} \overline{Q_1} Q_0 A + Q_3 Q_2 Q_1 Q_0 A$$



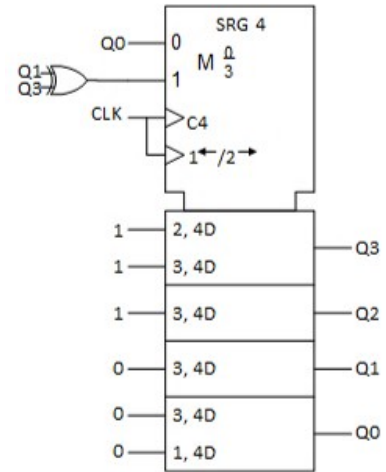
This page will be discarded

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]



Correct answers: [1]

- 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]

Correct answers: [1]

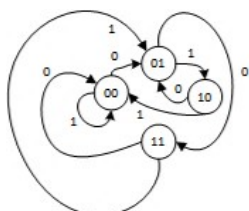
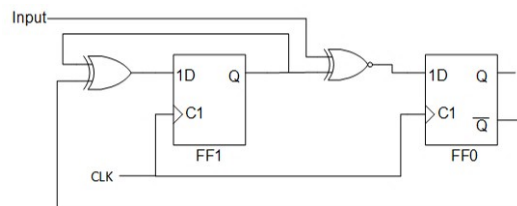
- C. What is the 8-bit two's complement representation of -49 ?

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

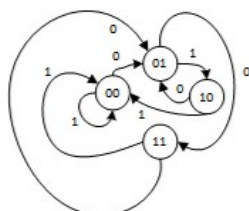
- [1]: 11001111 [2]: 00110001 [3]: 10110001
- [4]: 11001110 [5]: 11010000 [6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

Correct answers: [1]

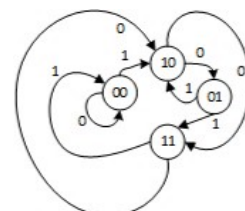
D. Consider the following circuit. Which state diagram corresponds to the circuit?
[Considere o seguinte circuito. Qual dos diagramas de estado corresponde ao funcionamento do circuito?]



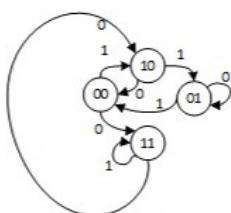
[1]



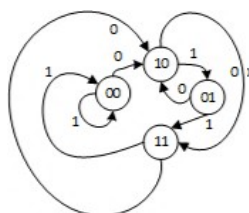
[2]



[3]



[4]



[5]

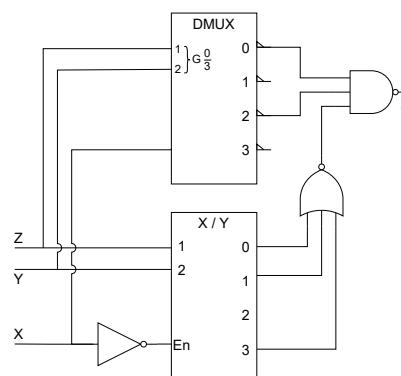
None of the other options
[*Nenhuma das outras opções*]

[6]

Correct answers: [4]

E. 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 $(1, 1, 0)$.]



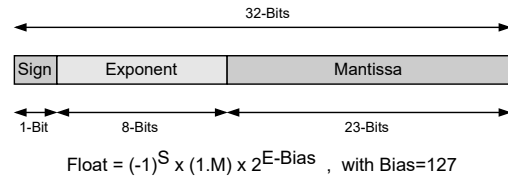
- [1] : $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{1 ; 0 ; 1\}$
 [2] : $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{1 ; 1 ; 0\}$
 [3] : $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{0 ; 0 ; 1\}$
 [4] : $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{0 ; 1 ; 0\}$
 [5] : $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ;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

Correct answers: [1]

- F. 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)

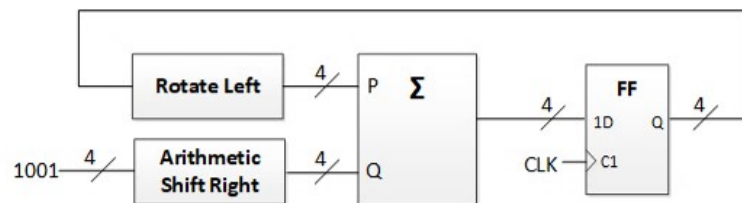
- [1]: C,A,B [2]: A,B,C [3]: B,A,C
 [4]: B,C,A [5]: A,C,B [6]: C,B,A



Correct answers: [1]

- 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?]

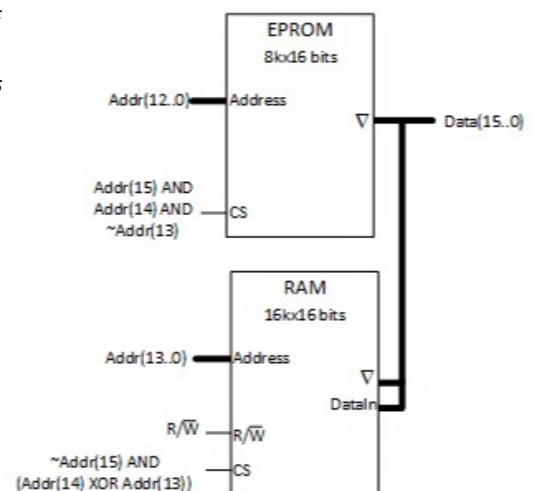
- [1]: 0001, 1110
 [2]: 0011, 1110
 [3]: 1100, 1000
 [4]: 1110, 1111
 [5]: 0111, 1111
 [6]: None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]



Correct answers: [1]

- 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]

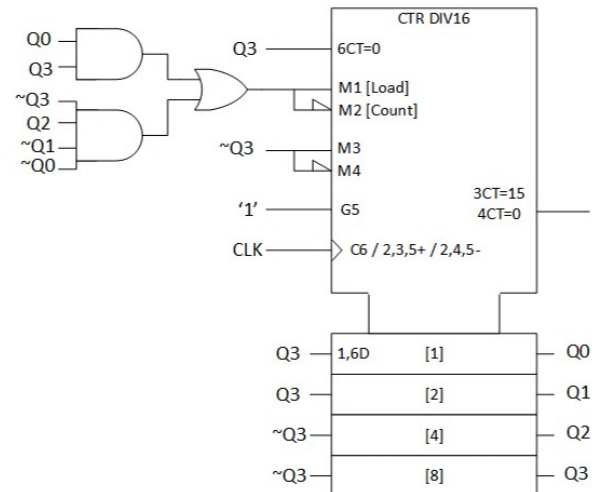


Correct answers: [6]

- 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.)]

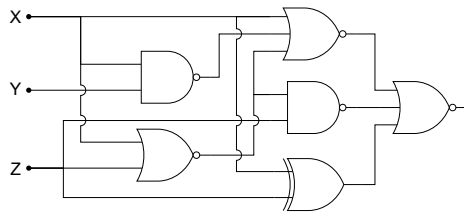
- [1]: ... 9 - 8 - 7 - 6 - 5 - 4 - 9 ...
 [2]: ... 13 - 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 13...
 [3]: ... 4 - 12 - 0 - 1 - 2 - 3 - 4 ...
 [4]: ... 12 - 1 - 2 - 3 - 14 - 13 - 12 ...
 [5]: ... 4 - 12 - 11 - 3 - 4 ...
 [6]: None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]



Correct answers: [3]

- 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

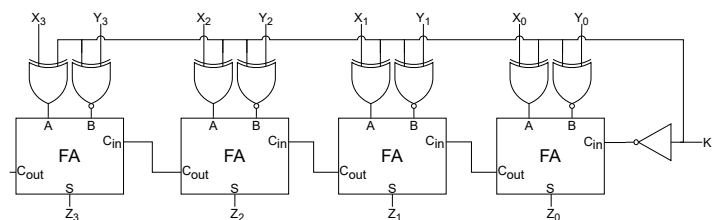
- [1]: 27 [2]: 32 [3]: 31
 [4]: 28 [5]: 34 [6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

Correct answers: [2]

- 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]

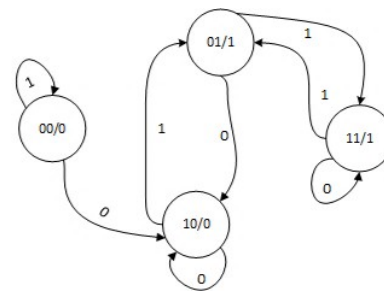


Correct answers: [2]

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) 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	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	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	10	11
01	1	00	10
10	1	10	10
11	1	11	01

[5]

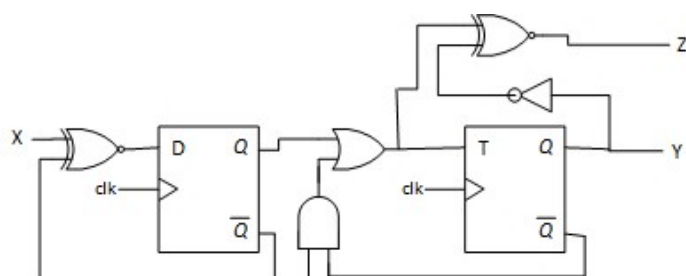
None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

[6]

Correct answers: [4]

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 [Nenhuma das outras opções]

Correct answers: [1]

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

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

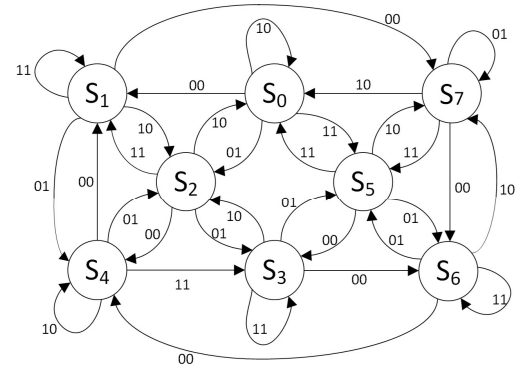
[3]: $D_3 = X_1\overline{X_0}Q_2 + X_1X_0Q_3 + X_1\overline{X_0}Q_6 + X_1\overline{X_0}Q_7$

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

[6]: None of the other options

[Nenhuma das outras opções]



Correct answers: [5]

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

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

[1]: 65633

[2]: 66743

[3]: 31513

[4]: 46723

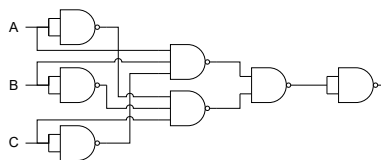
[5]: 37363

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

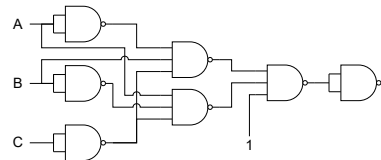
Correct answers: [2]

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

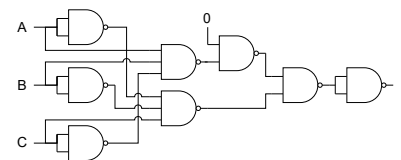
[Qual dos seguintes circuitos implementa a expressão $\overline{(\overline{A} \odot B)} \cdot \overline{C}$?]



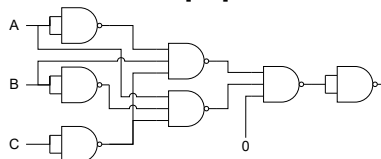
[1]



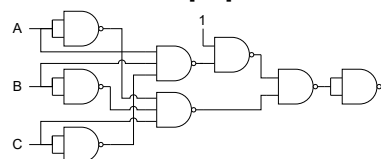
[2]



[3]



[4]



[5]

None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

[6]

Correct answers: [2]

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

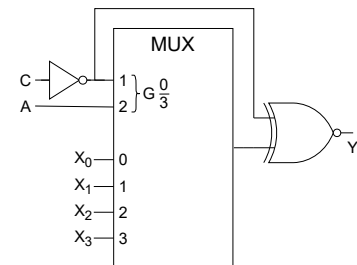
[4]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{1; \bar{B}; 0; B\}$

[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



Correct answers: [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

Correct answers: [3]

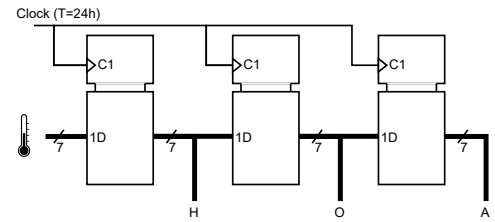
(This space was intentionally left blank for you auxiliary calculations.)

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 $0.375 = 3/8$.

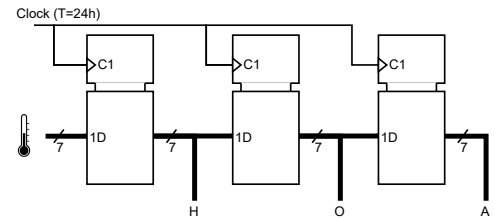
2. Without using adders, implement a circuit that activates the alarm signal ($X = 1$) when $T_M \geq 24^{\circ}\text{C}$.

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 $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O)$.

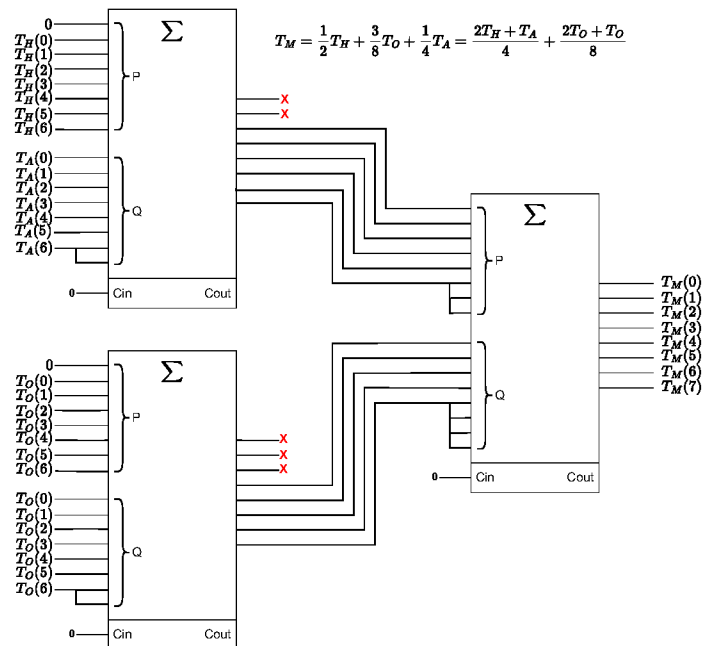
Hint: remember that $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

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:

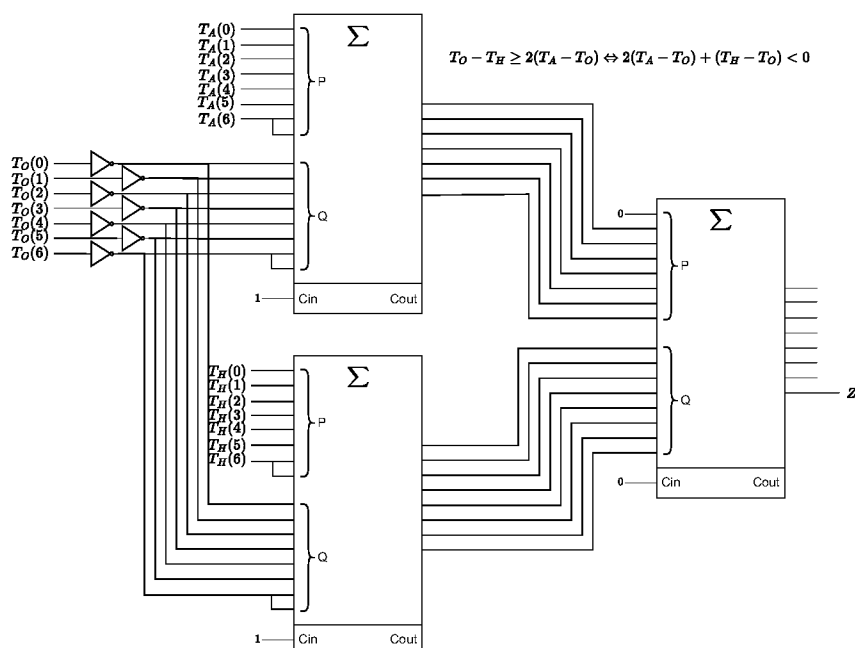
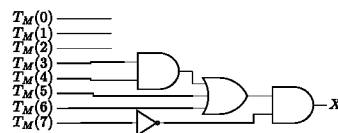
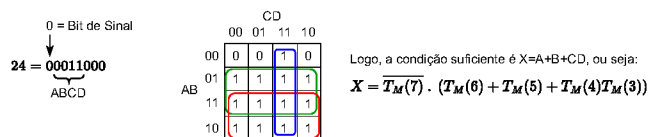


1. Projecte o circuito que calcula o valor da média pesada $T_M = 0.5 \times T_H + 0.375 \times T_O + 0.25 \times T_A$ com uma precisão de 8-bits.
Sugestão: recorde que $0.375 = 3/8$.
2. Sem utilizar somadores, implemente um circuito que activa o sinal de alarme ($X = 1$) quando $T_M \geq 24^{\circ}\text{C}$.
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 $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

Solução Proposta:



Todos os números superiores a 24 têm uma representação em binário em que 4 bits ABCD assinalados têm de assumir um valor superior a 0011. Os bits ABCD correspondem a: $T_M(6)T_M(5)T_M(4)T_M(3)$



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:



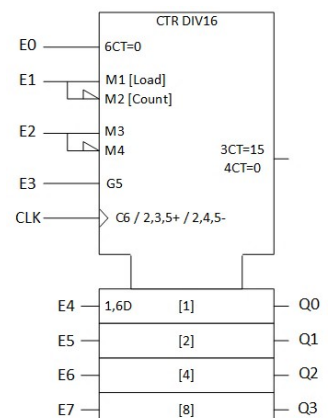
- The toaster has five input signals:
 - STOP_H: Aborts the toasting process, returning to a standby state.
 - ACT_H: Lever that lowers the bread and starts the toasting mechanism.
 - LONG_H: Button that sets the toasting time (active: $2TA$; inactive: $1TA$), where TA is the period of the auxiliary 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.

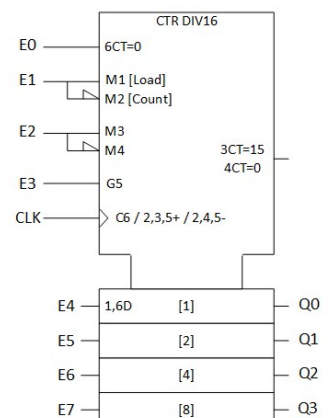
Complete o diagrama de estados (ver Volume 2, Parte IIIA), definindo os valores dos sinais de entrada que desencadeiam todas as transições de estado, assim como os valores de saída de cada estado. As "indiferenças" têm de ser obrigatoriamente usadas para entradas que não tenham influência numa determinada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

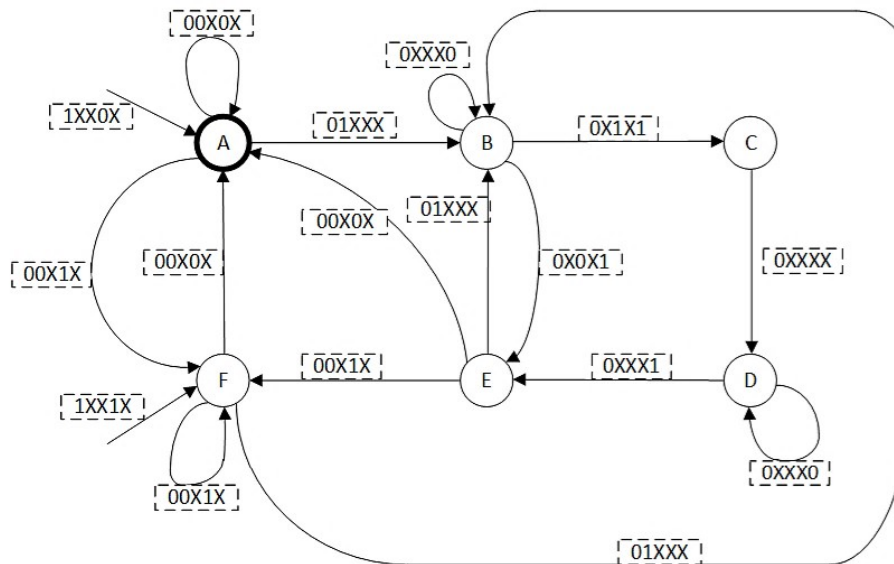


Solução Proposta:

Pergunta A:

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: Estado standby c/ temperatura $\leq 50^\circ$; estado inicial; saídas 0000

B: Torradeira ligada durante o primeiro período do temporizador; saídas 1101

C: Torradeira ligada, reiniciar gatilho do temporizador antes de iniciar segundo período do temporizador; saídas 1100

D: Torradeira ligada durante o segundo período do temporizador; saídas 1101

E: Terminar; saídas 1010

F: Estado standby c/ temperatura $> 50^\circ$; saídas 1000

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	1	1	X	X	X	X	0001	INC
0000	1	0	0	0	1	X	X	X	X	1111	DEC
0001	0	0	0	1	1	X	X	X	X	0010	INC
0001	1	0	1	X	X	1	1	0	0	0011	LOAD
0100	0	1	X	X	X	X	X	X	X	0000	RESET
0100	1	0	0	0	1	X	X	X	X	0011	DEC
1001	0	0	0	1	1	X	X	X	X	1010	INC
1001	1	0	1	X	X	1	1	0	1	1011	LOAD
1111	0	0	0	0	1	X	X	X	X	1110	DEC
1111	1	0	1	X	X	1	0	1	1	1101	LOAD

$$E0 = \overline{Q_3} Q_2 \overline{Q_1} \overline{Q_0} \overline{A}$$

$$E1 = \overline{Q_3} \overline{Q_2} \overline{Q_1} Q_0 A + Q_3 \overline{Q_2} \overline{Q_1} Q_0 A + Q_3 Q_2 Q_1 Q_0 A$$

This page will be discarded

Volume 1 - Part I

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

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

[1]: 46723

[2]: 31513

[3]: 65633

[4]: 66743

[5]: 37363

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

Correct answers: [4]

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

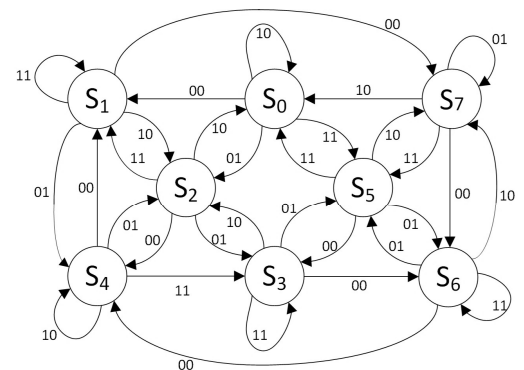
[3]: $D_3 = \overline{X_1}X_0Q_1 + X_1\overline{X_0}Q_3 + \overline{X_1}X_0(Q_5 + Q_7)$

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

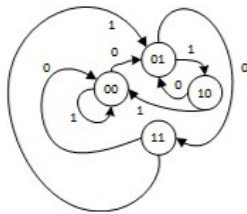
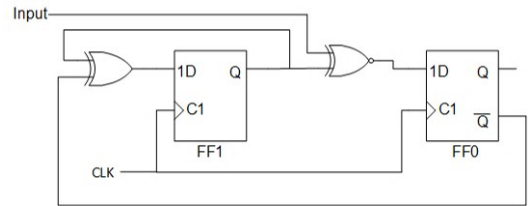
[6]: None of the other options

[Nenhuma das outras opções]

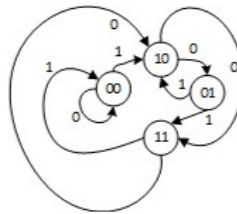


Correct answers: [4]

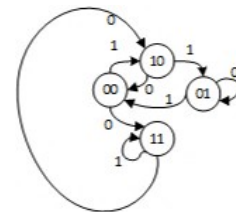
- C. Consider the following circuit. Which state diagram corresponds to the circuit?
 [Considere o seguinte circuito. Qual dos diagramas de estado corresponde ao funcionamento do circuito?]



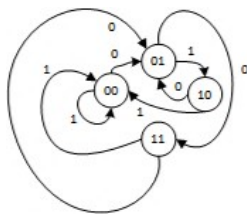
[1]



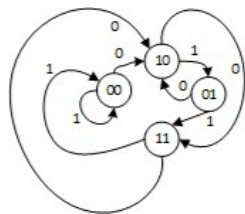
[2]



[3]



[4]



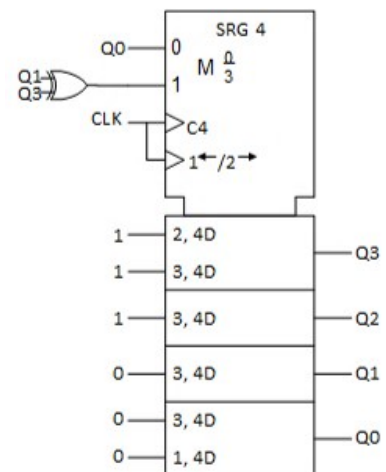
[5]

None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]

[6]

Correct answers: [3]

- 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 $Q_3 Q_2 Q_1 Q_0 = 1011$. 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]

Correct answers: [2]

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

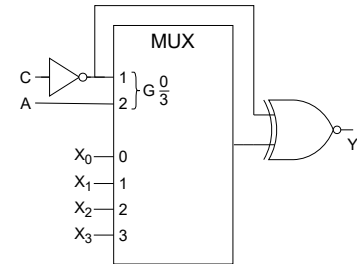
[4]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{1; \overline{B}; 0; B\}$

[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



Correct answers: [2]

- 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]

Correct answers: [2]

- 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 ...

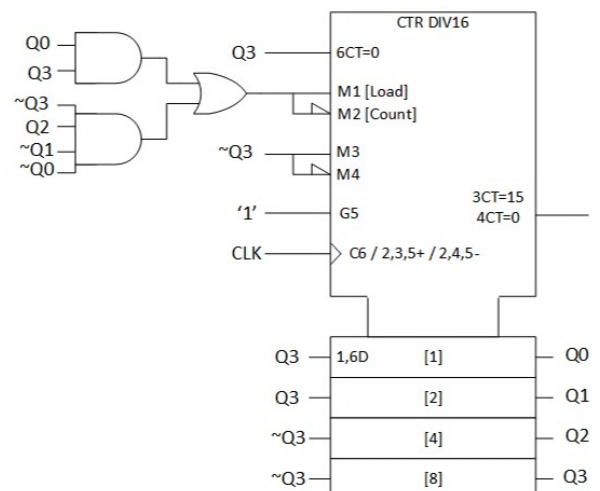
[3]: ... 12 - 1 - 2 - 3 - 14 - 13 - 12 ...

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

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

[6]: None of the other options

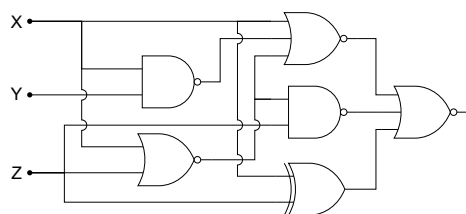
[Nenhuma das outras opções]



Correct answers: [4]

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

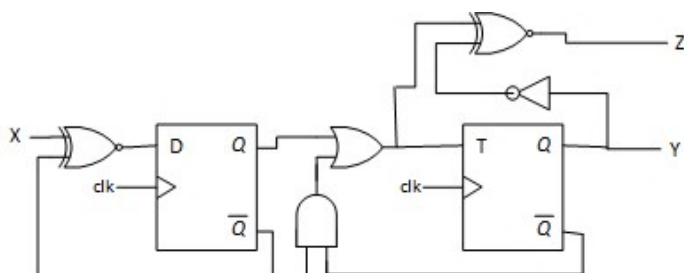
[5]: 31

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

Correct answers: [1]

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

[2]: 38

[3]: 34

[4]: 30

[5]: 29

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

Correct answers: [2]

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

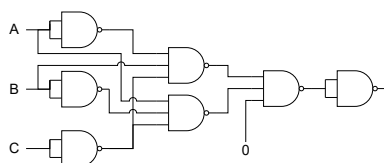
[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

		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

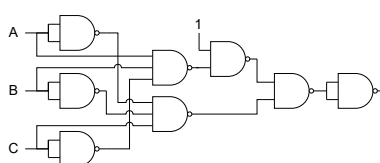
Correct answers: [1]

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

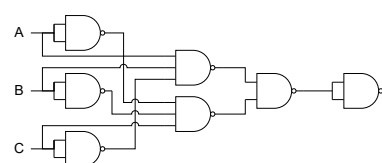
[Qual dos seguintes circuitos implementa a expressão $\overline{(\bar{A} \odot B)} \cdot \bar{C}$?]



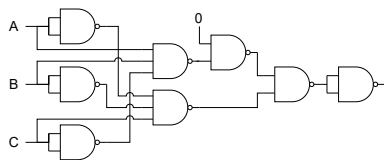
[1]



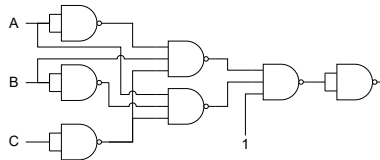
[2]



[3]



[4]



[5]

None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

[6]

Correct answers: [5]

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

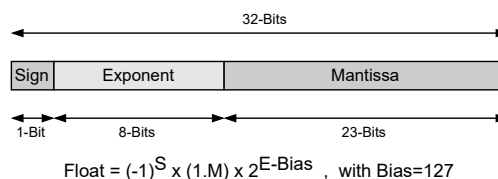
[2]: B,C,A

[3]: C,A,B

[4]: A,C,B

[5]: A,B,C

[6]: C,B,A



Correct answers: [3]

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

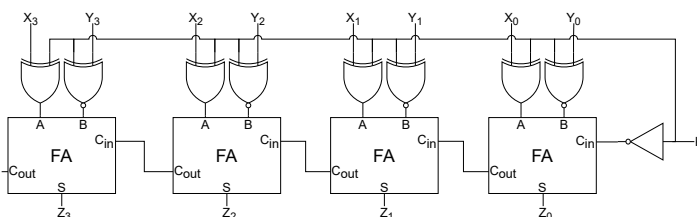
[2]: K=0: Z= -X ; K=1: Z=X+Y

[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]



Correct answers: [3]

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

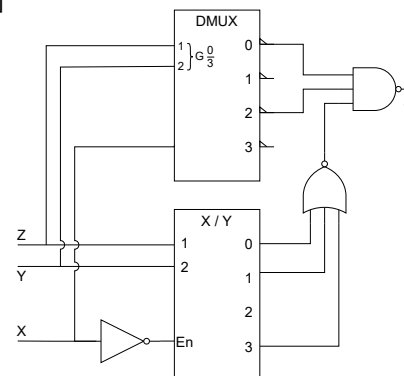
[2]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{0 ; 1 ; 1\}$

[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]

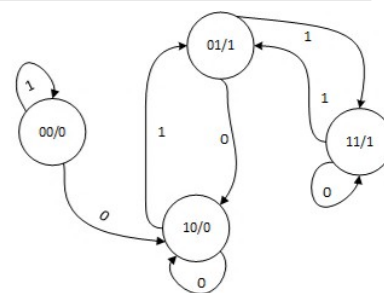


Correct answers: [3]

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

[1]

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

[2]

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

[3]

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

[4]

		Q(n+1)	Q(n+1)
Q(n)	Y(n)	x=0	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]

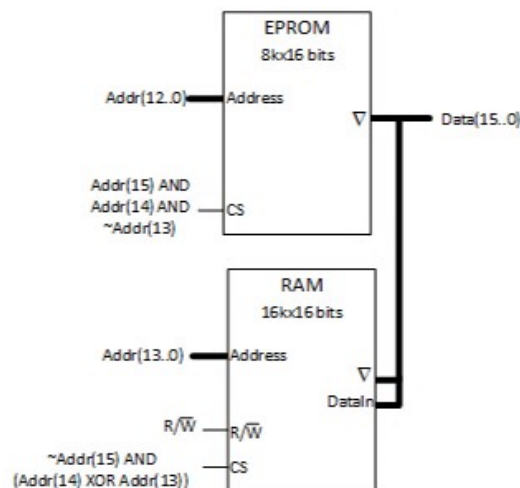
[6]

Correct answers: [1]

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]

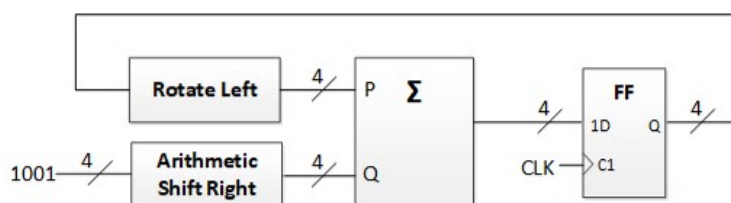


Correct answers: [6]

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]



Correct answers: [1]

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]

Correct answers: [3]

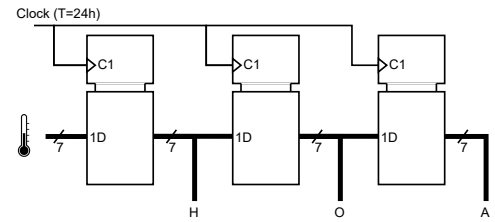
(This space was intentionally left blank for you auxiliary calculations.)

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 $0.375 = 3/8$.

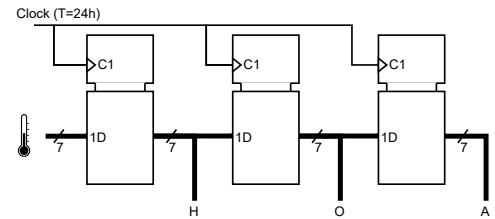
2. Without using adders, implement a circuit that activates the alarm signal ($X = 1$) when $T_M \geq 24^{\circ}\text{C}$.

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 $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O)$.

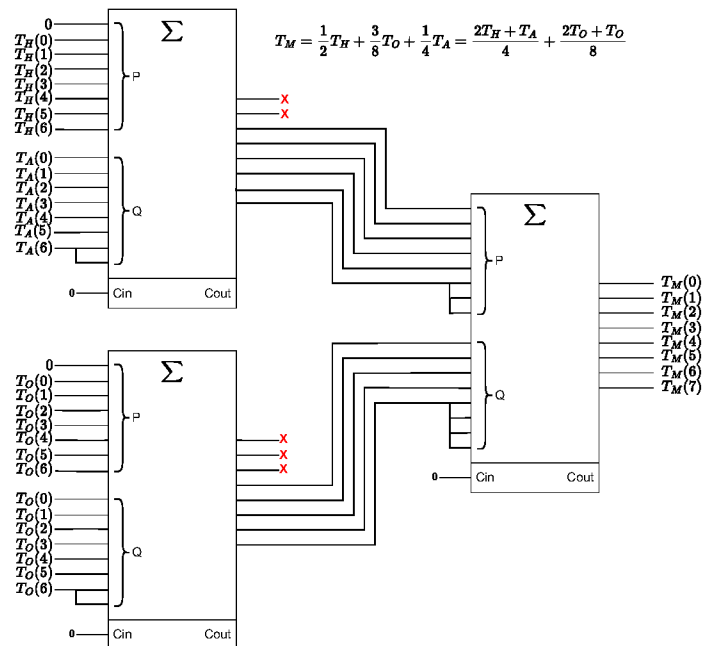
Hint: remember that $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

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:

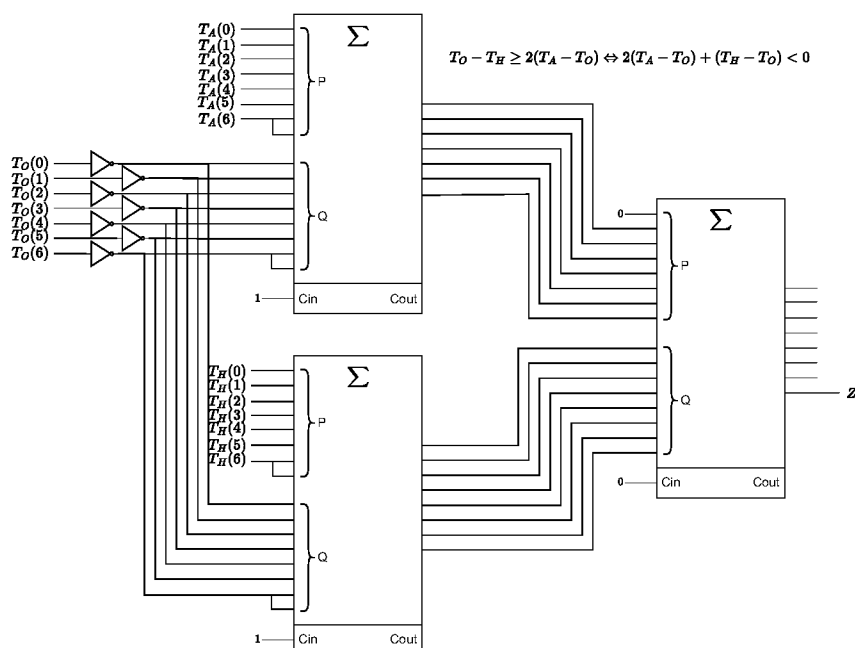
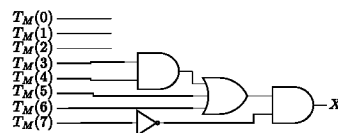
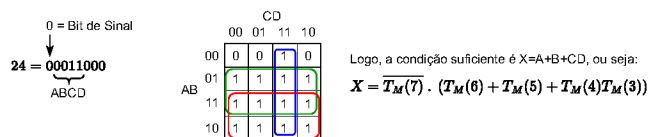


1. Projecte o circuito que calcula o valor da média pesada $T_M = 0.5 \times T_H + 0.375 \times T_O + 0.25 \times T_A$ com uma precisão de 8-bits.
Sugestão: recorde que $0.375 = 3/8$.
2. Sem utilizar somadores, implemente um circuito que activa o sinal de alarme ($X = 1$) quando $T_M \geq 24^{\circ}\text{C}$.
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 $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

Solução Proposta:



Todos os números superiores a 24 têm uma representação em binário em que 4 bits ABCD assinalados têm de assumir um valor superior a 0011. Os bits ABCD correspondem a: $T_M(6)T_M(5)T_M(4)T_M(3)$



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:



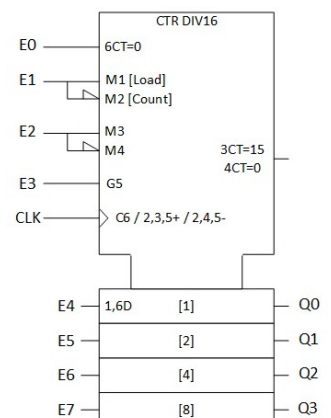
- The toaster has five input signals:
 - STOP_H: Aborts the toasting process, returning to a standby state.
 - ACT_H: Lever that lowers the bread and starts the toasting mechanism.
 - LONG_H: Button that sets the toasting time (active: $2TA$; inactive: $1TA$), where TA is the period of the auxiliary 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.

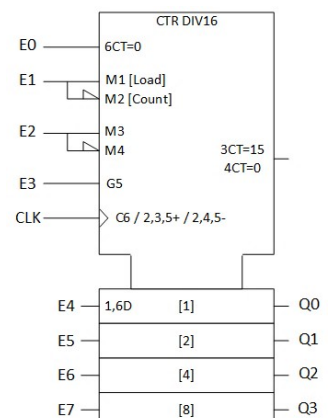
Complete o diagrama de estados (ver Volume 2, Parte IIIA), definindo os valores dos sinais de entrada que desencadeiam todas as transições de estado, assim como os valores de saída de cada estado. As "indiferenças" têm de ser obrigatoriamente usadas para entradas que não tenham influência numa determinada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

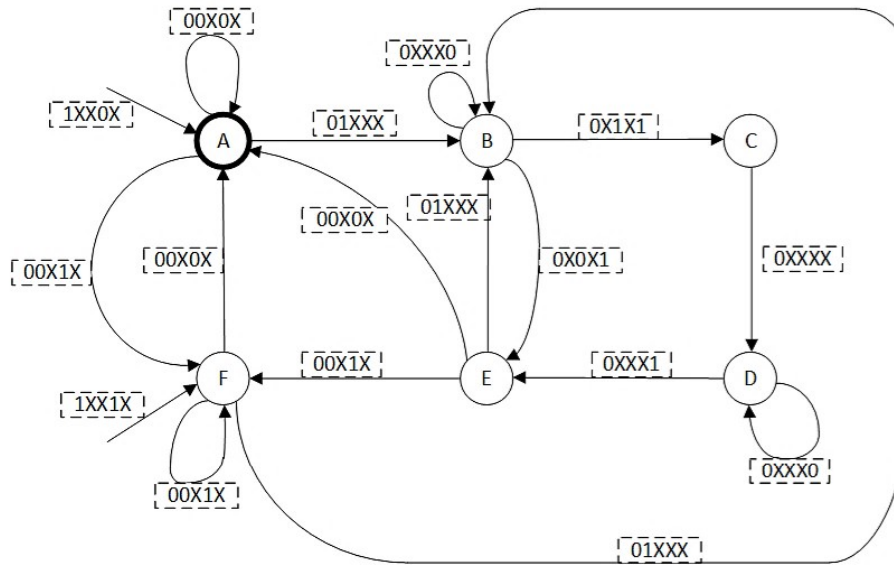


Solução Proposta:

Pergunta A:

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: Estado standby c/ temperatura $\leq 50^\circ$; estado inicial; saídas 0000

B: Torradeira ligada durante o primeiro período do temporizador; saídas 1101

C: Torradeira ligada, reiniciar gatilho do temporizador antes de iniciar segundo período do temporizador; saídas 1100

D: Torradeira ligada durante o segundo período do temporizador; saídas 1101

E: Terminar; saídas 1010

F: Estado standby c/ temperatura $> 50^\circ$; saídas 1000

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	1	1	X	X	X	X	0001	INC
0000	1	0	0	0	1	X	X	X	X	1111	DEC
0001	0	0	0	1	1	X	X	X	X	0010	INC
0001	1	0	1	X	X	1	1	0	0	0011	LOAD
0100	0	1	X	X	X	X	X	X	X	0000	RESET
0100	1	0	0	0	1	X	X	X	X	0011	DEC
1001	0	0	0	1	1	X	X	X	X	1010	INC
1001	1	0	1	X	X	1	1	0	1	1011	LOAD
1111	0	0	0	0	1	X	X	X	X	1110	DEC
1111	1	0	1	X	X	1	0	1	1	1101	LOAD

$$E0 = \overline{Q_3} Q_2 \overline{Q_1} \overline{Q_0} \overline{A}$$

$$E1 = \overline{Q_3} \overline{Q_2} \overline{Q_1} Q_0 A + Q_3 \overline{Q_2} \overline{Q_1} Q_0 A + Q_3 Q_2 Q_1 Q_0 A$$

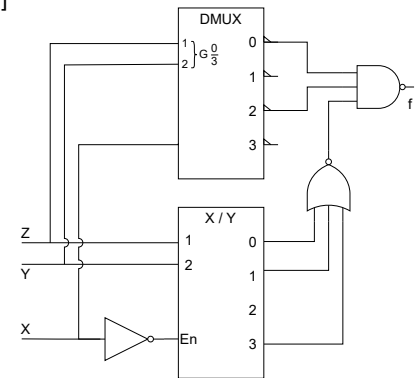
This page will be discarded

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 $(1, 1, 0)$.]

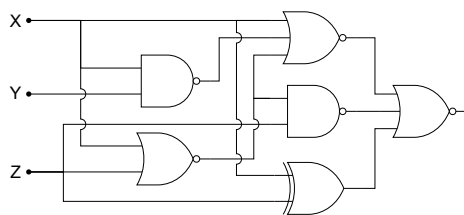
- [1]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{1 ; 1 ; 0\}$
 [2]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{0 ; 0 ; 1\}$
 [3]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{0 ; 1 ; 1\}$
 [4]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{1 ; 0 ; 1\}$
 [5]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1,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



Correct answers: [4]

- 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]

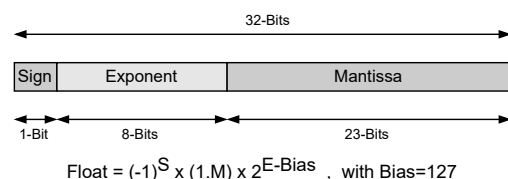
Correct answers: [1]

- 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



Correct answers: [3]

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

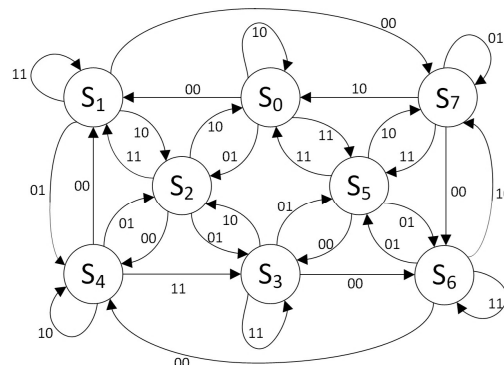
[3]: $D_3 = X_1\overline{X_0}Q_2 + X_1X_0Q_3 + \overline{X_1}X_0Q_5 + \overline{X_1}\overline{X_0}Q_6$

[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]



Correct answers: [2]

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

[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

Correct answers: [2]

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

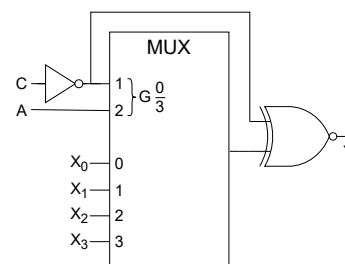
[4]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{0; \overline{B}; 1; \overline{B}\}$

[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

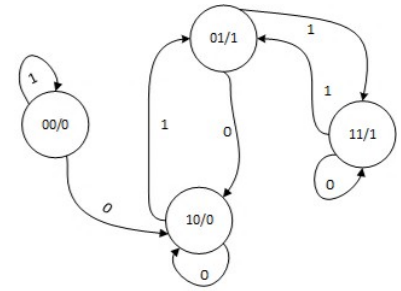


Correct answers: [3]

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

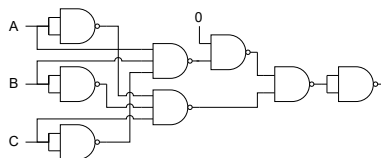
[5]

None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

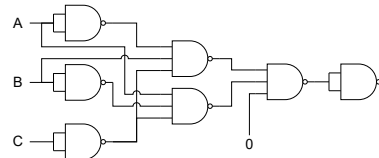
[6]

Correct answers: [3]

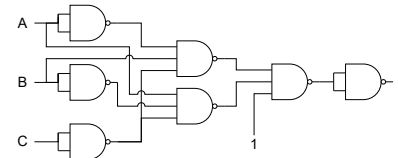
H. Which of the following circuits implements the expression $\overline{(\overline{A} \odot B)} \cdot \overline{C}$?
[Qual dos seguintes circuitos implementa a expressão $\overline{(\overline{A} \odot B)} \cdot \overline{C}$?]



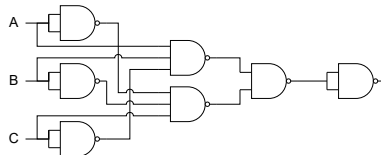
[1]



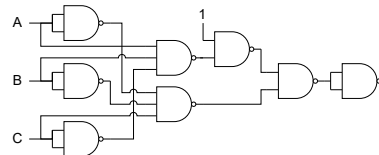
[2]



[3]



[4]



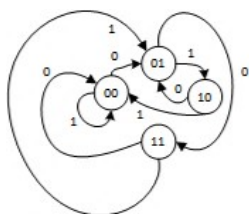
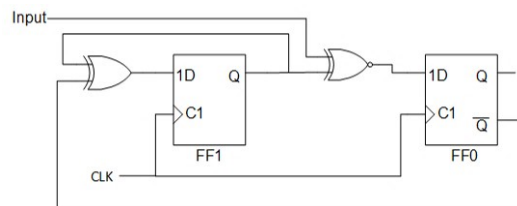
[5]

None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

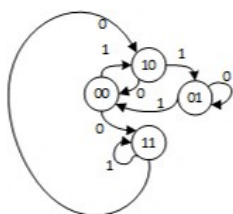
[6]

Correct answers: [3]

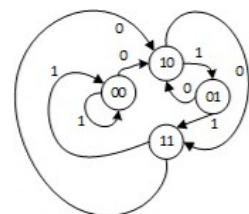
- I. Consider the following circuit. Which state diagram corresponds to the circuit?
 [Considere o seguinte circuito. Qual dos diagramas de estado corresponde ao funcionamento do circuito?]



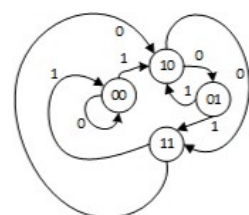
[1]



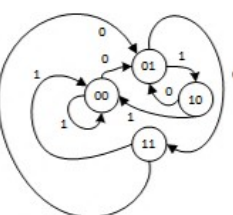
[2]



[3]



[4]



[5]

None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]

[6]

Correct answers: [2]

- 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]

Correct answers: [3]

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

[1]: 31513

[2]: 37363

[3]: 46723

[4]: 66743

[5]: 65633

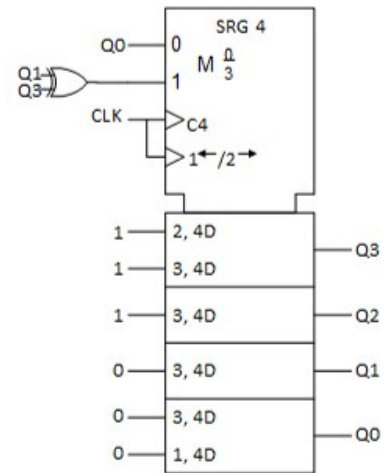
[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

Correct answers: [4]

- 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?

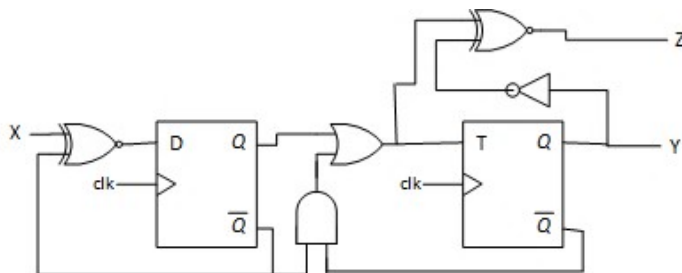
[Considere o seguinte circuito com um registo de deslocamento de 4-bits representado na figura. O estado actual é $Q_3 Q_2 Q_1 Q_0 = 1011$. Quais serão os próximos dois estados?]

- [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]



Correct answers: [1]

- 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]

Correct answers: [2]

- 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]

Correct answers: [1]

- 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

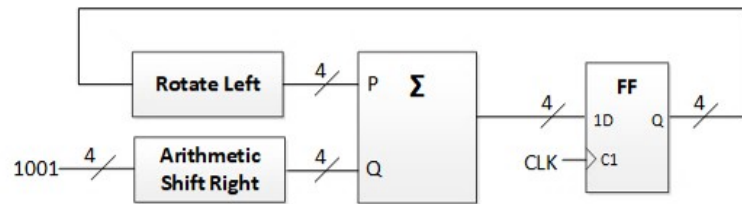
[2]: 1110, 1111

[3]: 0011, 1110

[4]: 0001, 1110

[5]: 0111, 1111

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



Correct answers: [4]

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

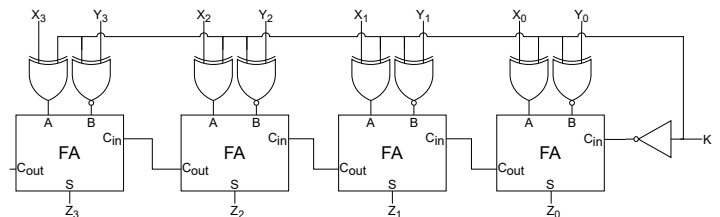
[2]: $K=0: Z = -X$; $K=1: Z = X+Y$

[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]



Correct answers: [3]

- 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

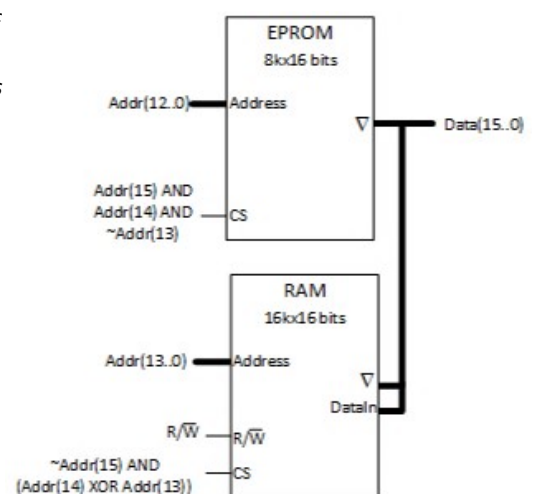
[2]: RAM: 8000h..BFFFh; EPROM: 2000h..3FFFh

[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]



Correct answers: [6]

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...

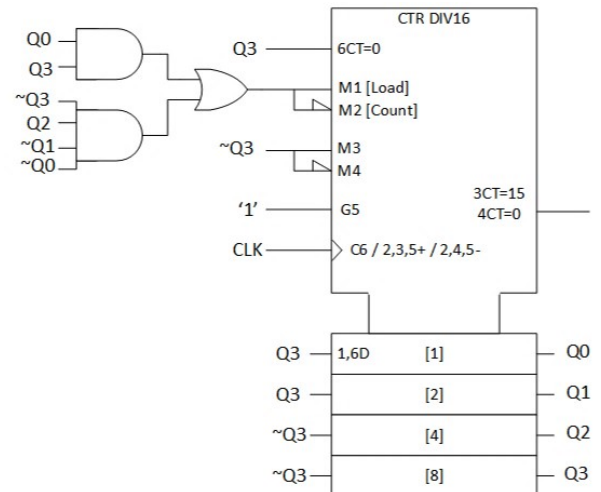
[3]: ... 9 - 8 - 7 - 6 - 5 - 4 - 9 ...

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

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

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

Correct answers: [5]



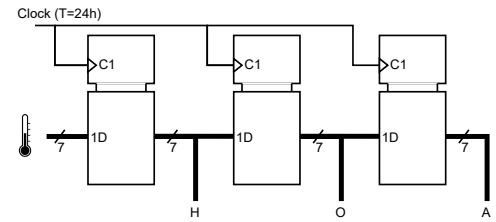
(This space was intentionally left blank for you auxiliary calculations.)

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 $T_M \geq 24^{\circ}\text{C}$.

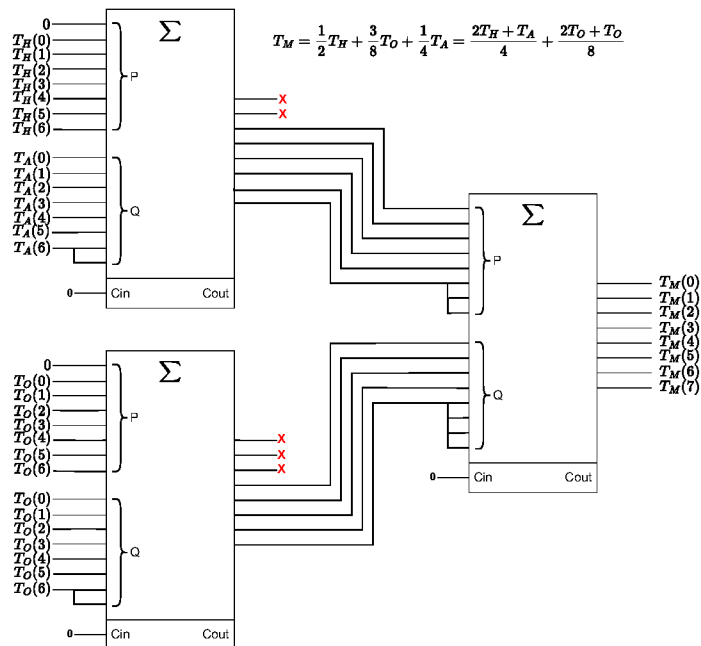
Hint: design a combinational circuit to detect the pattern $T_M \geq +24$.

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 $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O)$.

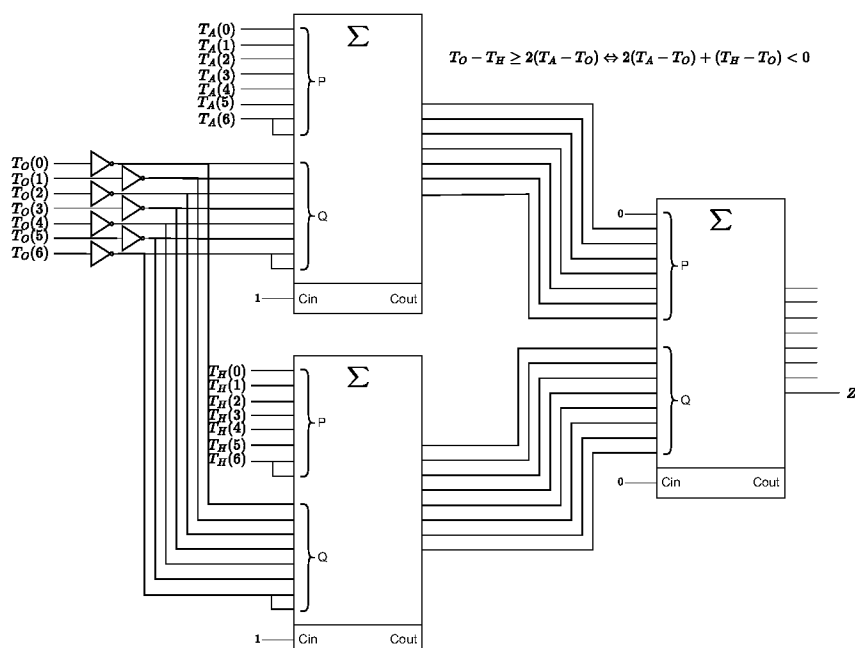
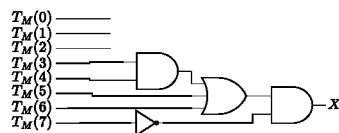
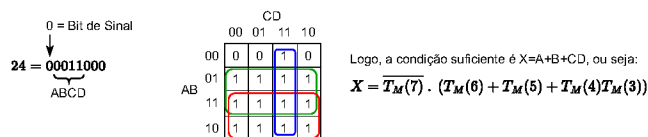
Hint: remember that $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

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

Solução Proposta:



Todos os números superiores a 24 têm uma representação em binário em que 4 bits ABCD assinalados têm de assumir um valor superior a 0011. Os bits ABCD correspondem a: $T_M(6)T_M(5)T_M(4)T_M(3)$



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:



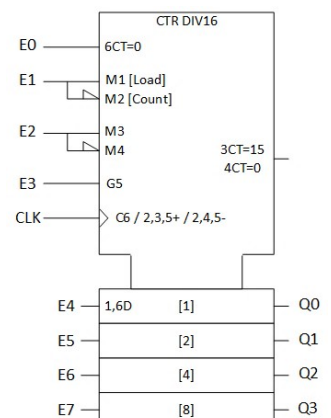
- The toaster has five input signals:
 - STOP_H: Aborts the toasting process, returning to a standby state.
 - ACT_H: Lever that lowers the bread and starts the toasting mechanism.
 - LONG_H: Button that sets the toasting time (active: $2TA$; inactive: $1TA$), where TA is the period of the auxiliary 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.

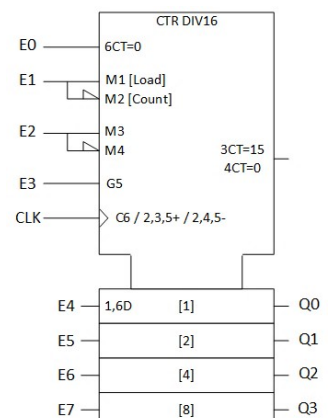
Complete o diagrama de estados (ver Volume 2, Parte IIIA), definindo os valores dos sinais de entrada que desencadeiam todas as transições de estado, assim como os valores de saída de cada estado. As "indiferenças" têm de ser obrigatoriamente usadas para entradas que não tenham influência numa determinada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

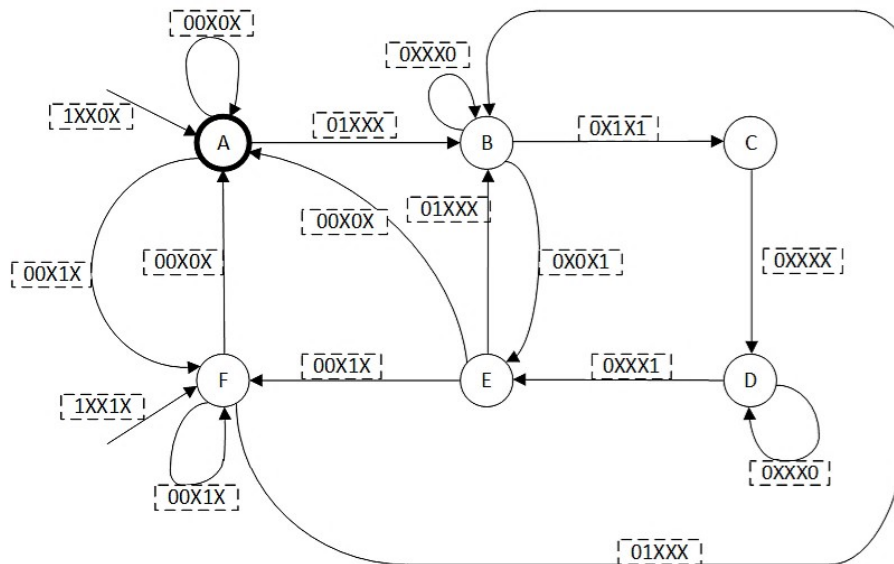


Solução Proposta:

Pergunta A:

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: Estado standby c/ temperatura $\leq 50^\circ$; estado inicial; saídas 0000

B: Torradeira ligada durante o primeiro período do temporizador; saídas 1101

C: Torradeira ligada, reiniciar gatilho do temporizador antes de iniciar segundo período do temporizador; saídas 1100

D: Torradeira ligada durante o segundo período do temporizador; saídas 1101

E: Terminar; saídas 1010

F: Estado standby c/ temperatura $> 50^\circ$; saídas 1000

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	1	1	X	X	X	X	0001	INC
0000	1	0	0	0	1	X	X	X	X	1111	DEC
0001	0	0	0	1	1	X	X	X	X	0010	INC
0001	1	0	1	X	X	1	1	0	0	0011	LOAD
0100	0	1	X	X	X	X	X	X	X	0000	RESET
0100	1	0	0	0	1	X	X	X	X	0011	DEC
1001	0	0	0	1	1	X	X	X	X	1010	INC
1001	1	0	1	X	X	1	1	0	1	1011	LOAD
1111	0	0	0	0	1	X	X	X	X	1110	DEC
1111	1	0	1	X	X	1	0	1	1	1101	LOAD

$$E0 = \overline{Q_3} \overline{Q_2} \overline{Q_1} \overline{Q_0} \overline{A}$$

$$E1 = \overline{Q_3} \overline{Q_2} \overline{Q_1} Q_0 A + Q_3 \overline{Q_2} \overline{Q_1} Q_0 A + Q_3 Q_2 \overline{Q_1} Q_0 A$$



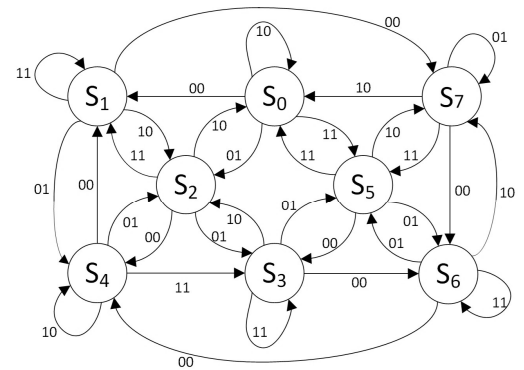
This page will be discarded

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]

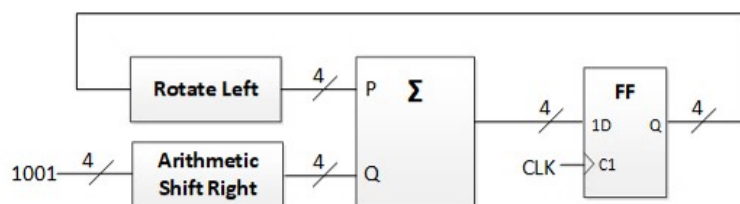


Correct answers: [2]

- 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]

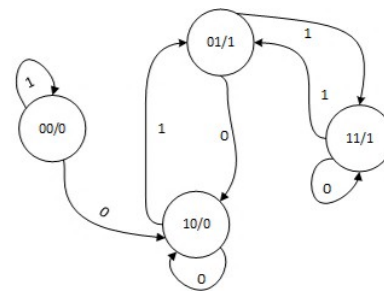


Correct answers: [5]

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

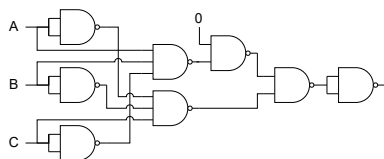
[5]

None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

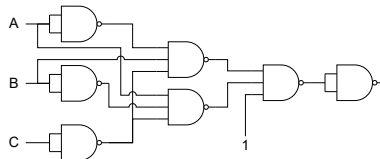
[6]

Correct answers: [4]

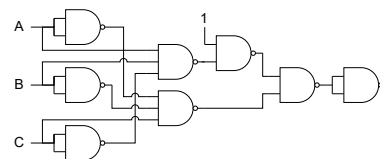
D. Which of the following circuits implements the expression $\overline{(\overline{A} \odot B)} \cdot \overline{C}$?
[Qual dos seguintes circuitos implementa a expressão $\overline{(\overline{A} \odot B)} \cdot \overline{C}$?]



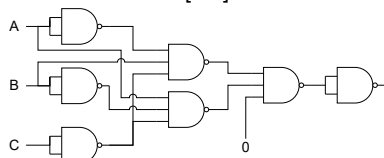
[1]



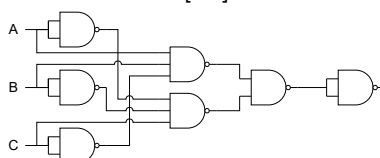
[2]



[3]



[4]



[5]

None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

[6]

Correct answers: [2]

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

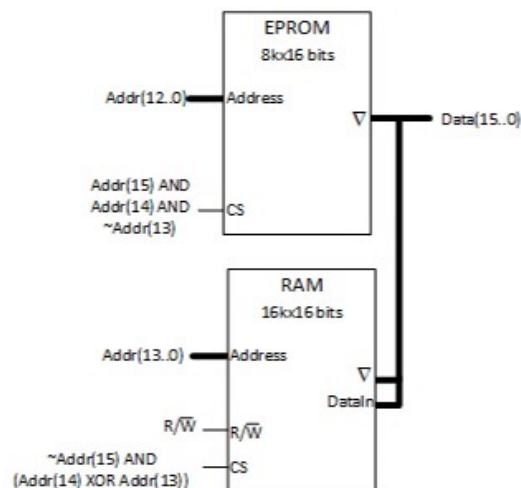
[3]: RAM:8000h..BFFFh; EPROM:2000h..3FFFh

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

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

[6]: None of the other options

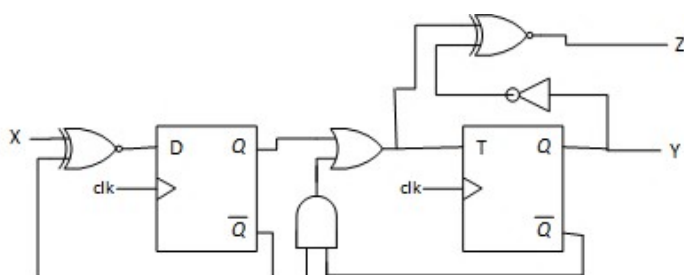
[Nenhuma das outras opções]



Correct answers: [6]

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

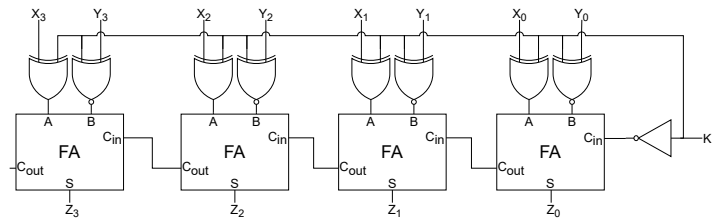
[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

Correct answers: [2]

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]

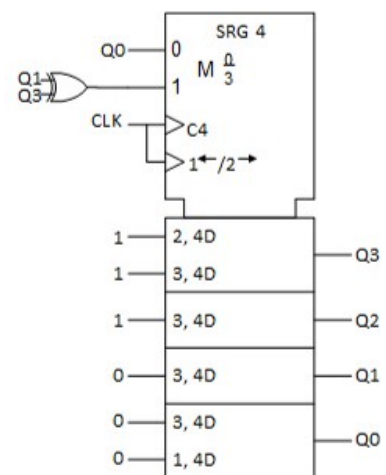


Correct answers: [5]

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



Correct answers: [5]

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]

Correct answers: [1]

- 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]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{0; \bar{B}; 1; B\}$

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

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

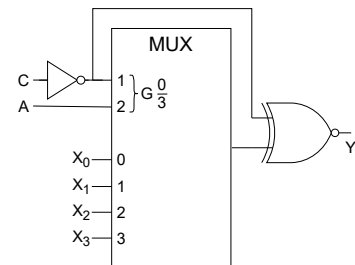
[4]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{0; B; 1; \bar{B}\}$

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

[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



Correct answers: [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]: $\bar{B}.C + \bar{A}.B.\bar{C} + \bar{A}.\bar{D}$

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

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

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

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

[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

Correct answers: [5]

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

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

[1]: 37363

[2]: 46723

[3]: 31513

[4]: 65633

[5]: 66743

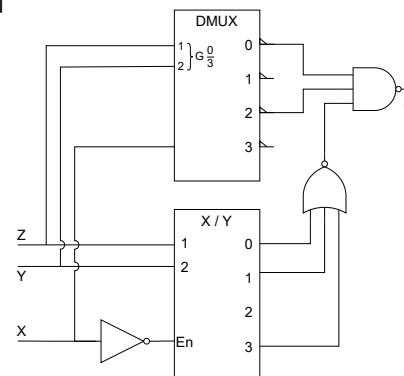
[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

Correct answers: [5]

- 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]



Correct answers: [1]

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

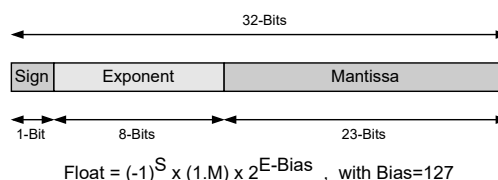
Correct answers: [2]

- 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?

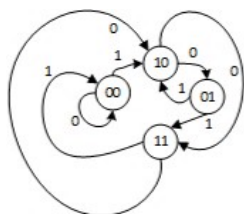
[As seguintes palavras de 32-bits correspondem a números racionais com sinal representados em vírgula fixa e em vírgula flutuante. Qual das opções corresponde à ordenação crescente destas palavras?]

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

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



Correct answers: [1]

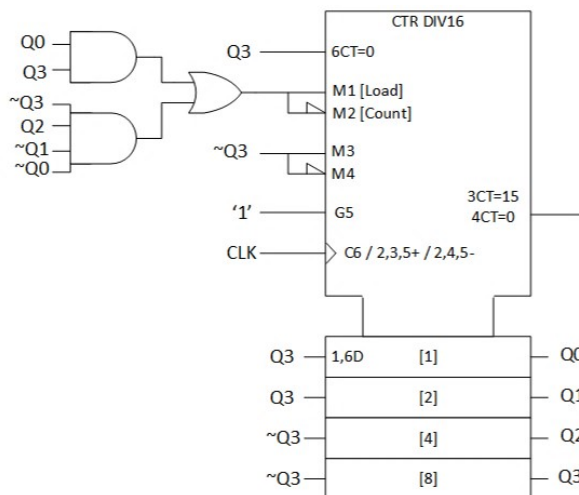


None of the other options
[*Nenhuma das outras opções*]

[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.)]



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

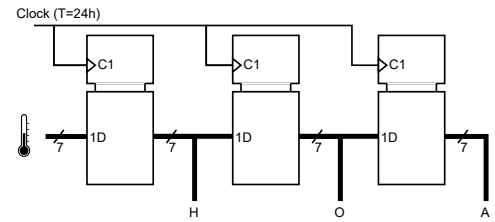
Page 8 of 16
(Answers Version 5)

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 $0.375 = 3/8$.

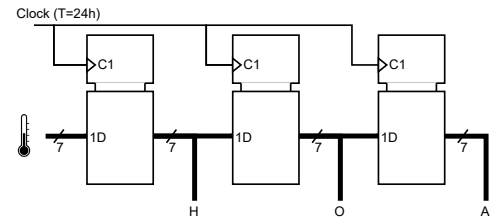
2. Without using adders, implement a circuit that activates the alarm signal ($X = 1$) when $T_M \geq 24^{\circ}\text{C}$.

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 $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O)$.

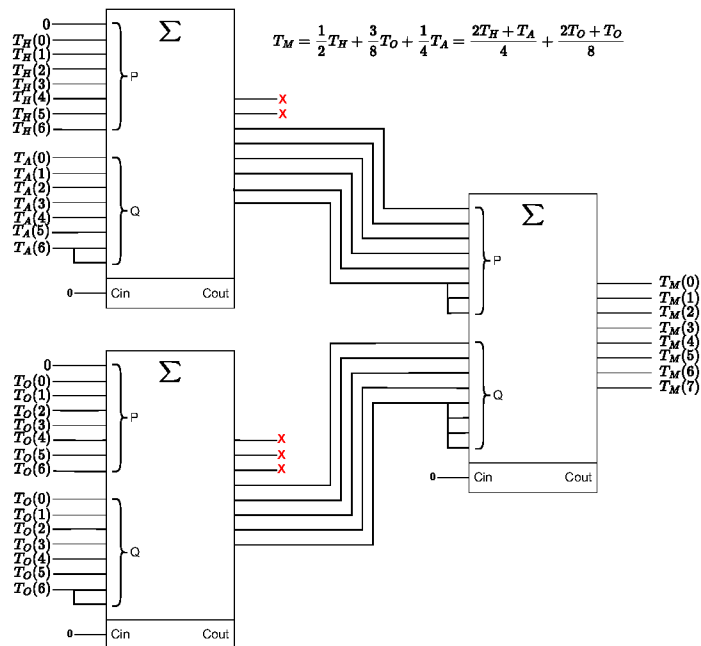
Hint: remember that $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

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:

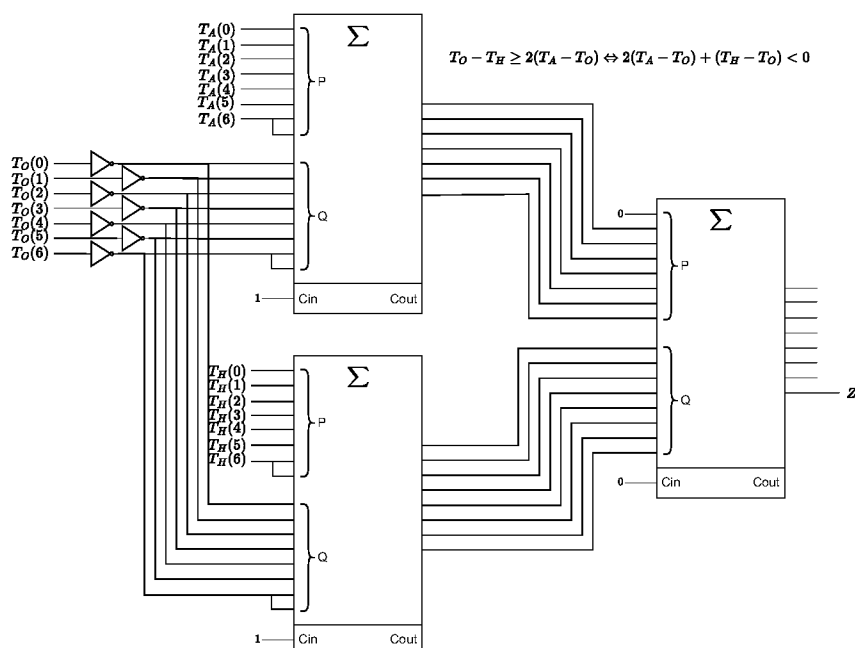
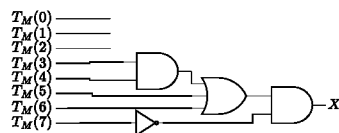
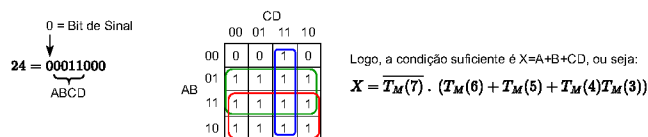


1. Projecte o circuito que calcula o valor da média pesada $T_M = 0.5 \times T_H + 0.375 \times T_O + 0.25 \times T_A$ com uma precisão de 8-bits.
Sugestão: recorde que $0.375 = 3/8$.
2. Sem utilizar somadores, implemente um circuito que activa o sinal de alarme ($X = 1$) quando $T_M \geq 24^{\circ}\text{C}$.
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 $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

Solução Proposta:



Todos os números superiores a 24 têm uma representação em binário em que 4 bits ABCD assinalados têm de assumir um valor superior a 0011. Os bits ABCD correspondem a: $T_M(6)T_M(5)T_M(4)T_M(3)$



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:



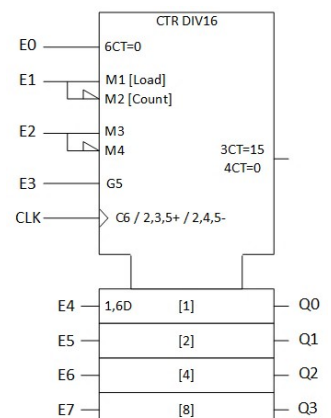
- The toaster has five input signals:
 - STOP_H: Aborts the toasting process, returning to a standby state.
 - ACT_H: Lever that lowers the bread and starts the toasting mechanism.
 - LONG_H: Button that sets the toasting time (active: $2TA$; inactive: $1TA$), where TA is the period of the auxiliary 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.

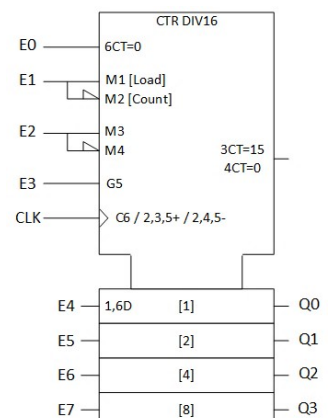
Complete o diagrama de estados (ver Volume 2, Parte IIIA), definindo os valores dos sinais de entrada que desencadeiam todas as transições de estado, assim como os valores de saída de cada estado. As "indiferenças" têm de ser obrigatoriamente usadas para entradas que não tenham influência numa determinada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

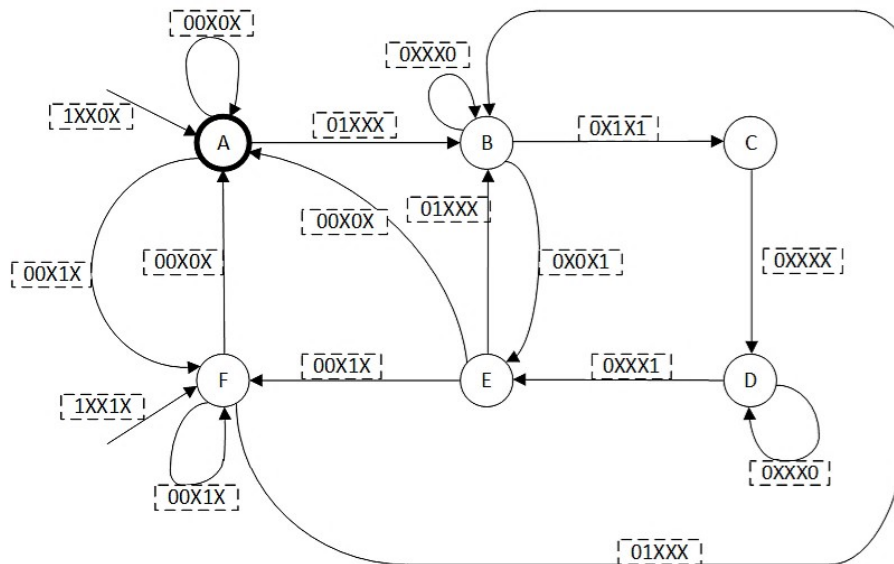


Solução Proposta:

Pergunta A:

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: Estado standby c/ temperatura $\leq 50^\circ$; estado inicial; saídas 0000

B: Torradeira ligada durante o primeiro período do temporizador; saídas 1101

C: Torradeira ligada, reiniciar gatilho do temporizador antes de iniciar segundo período do temporizador; saídas 1100

D: Torradeira ligada durante o segundo período do temporizador; saídas 1101

E: Terminar; saídas 1010

F: Estado standby c/ temperatura $> 50^\circ$; saídas 1000

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	1	1	X	X	X	X	0001	INC
0000	1	0	0	0	1	X	X	X	X	1111	DEC
0001	0	0	0	1	1	X	X	X	X	0010	INC
0001	1	0	1	X	X	1	1	0	0	0011	LOAD
0100	0	1	X	X	X	X	X	X	X	0000	RESET
0100	1	0	0	0	1	X	X	X	X	0011	DEC
1001	0	0	0	1	1	X	X	X	X	1010	INC
1001	1	0	1	X	X	1	1	0	1	1011	LOAD
1111	0	0	0	0	1	X	X	X	X	1110	DEC
1111	1	0	1	X	X	1	0	1	1	1101	LOAD

$$E0 = \overline{Q_3} Q_2 \overline{Q_1} \overline{Q_0} \overline{A}$$

$$E1 = \overline{Q_3} \overline{Q_2} \overline{Q_1} Q_0 A + Q_3 \overline{Q_2} \overline{Q_1} Q_0 A + Q_3 Q_2 Q_1 Q_0 A$$

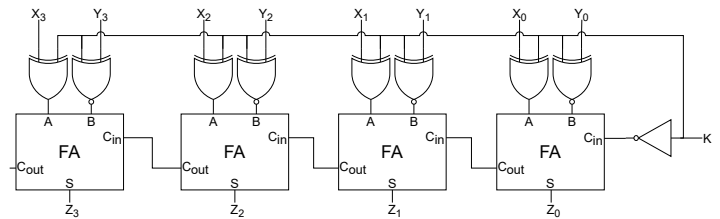
This page will be discarded

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]



Correct answers: [4]

- 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 ?]

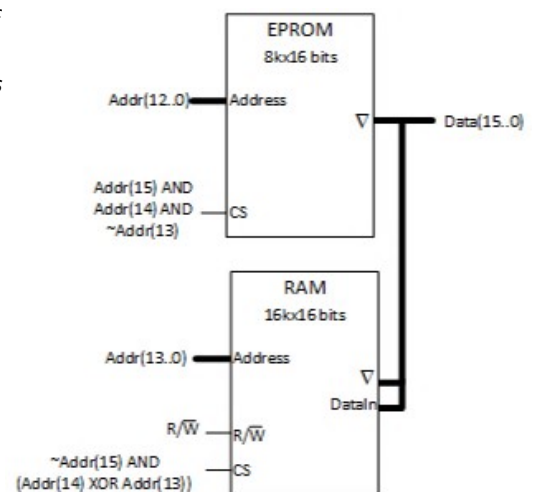
- [1]: 11001110 [2]: 11001111 [3]: 11010000
 [4]: 10110001 [5]: 00110001 [6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

Correct answers: [2]

- 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]



Correct answers: [6]

- 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

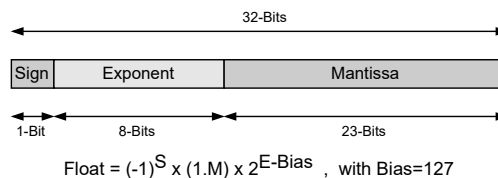
[2]: C,A,B

[3]: A,B,C

[4]: B,A,C

[5]: B,C,A

[6]: C,B,A



Correct answers: [2]

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

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

[1]: 65633

[2]: 31513

[3]: 37363

[4]: 46723

[5]: 66743

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

Correct answers: [5]

- F. Represent 375_8 in base 10.

[Represente 375_8 na base 10.]

[1]: 215

[2]: 175

[3]: 253

[4]: 242

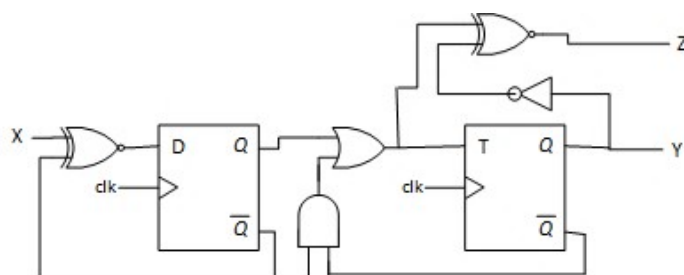
[5]: 230

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

Correct answers: [3]

- 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

[2]: 34

[3]: 38

[4]: 35

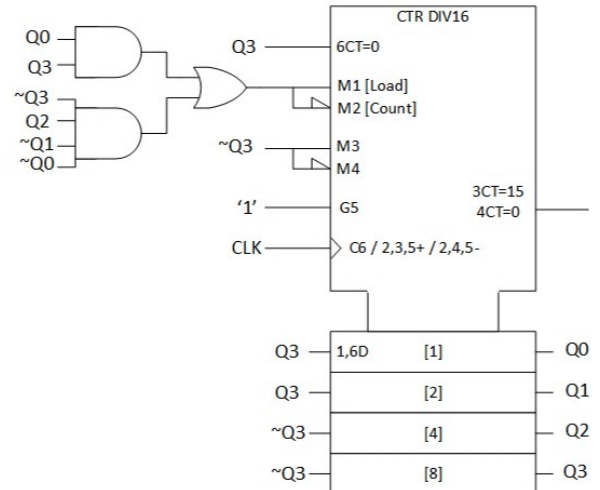
[5]: 29

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

Correct answers: [3]

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 ...

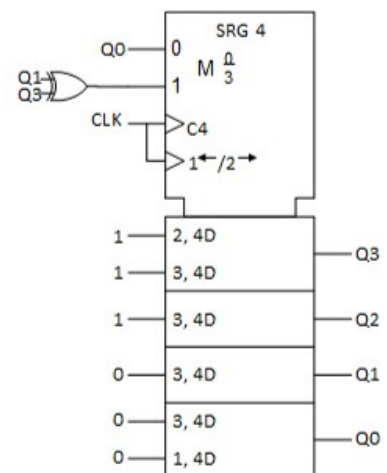
[5]: ... 4 - 12 - 0 - 1 - 2 - 3 - 4 ...

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

Correct answers: [5]

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

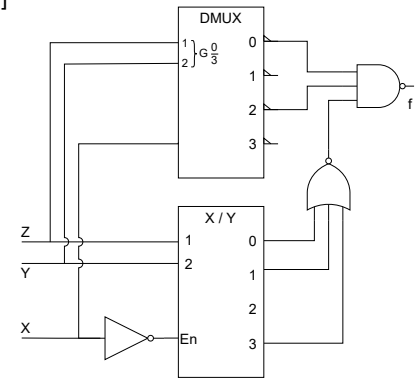
[6]: None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

Correct answers: [2]

- 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]



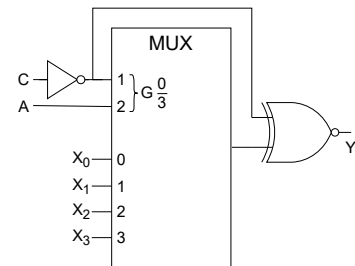
Correct answers: [4]

- 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

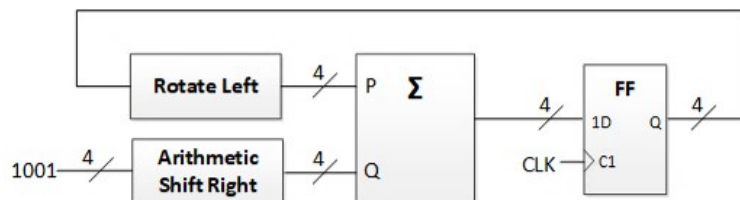


Correct answers: [4]

- 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?]

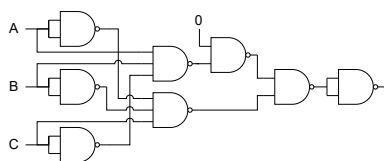
- [1]: 1100, 1000
 [2]: 0111, 1111
 [3]: 1110, 1111
 [4]: 0011, 1110
 [5]: 0001, 1110
 [6]: None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]



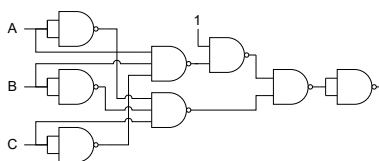
Correct answers: [5]

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

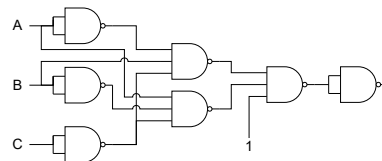
[Qual dos seguintes circuitos implementa a expressão $\overline{(\bar{A} \odot B)} \cdot \bar{C}$?]



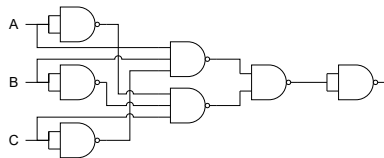
[1]



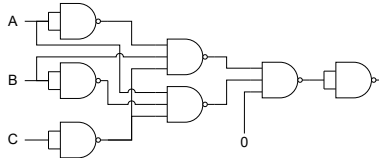
[2]



[3]



[4]



[5]

None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

[6]

Correct answers: [3]

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]: $\bar{C}.A + \bar{C}.B.\bar{D} + B.D$

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

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

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

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

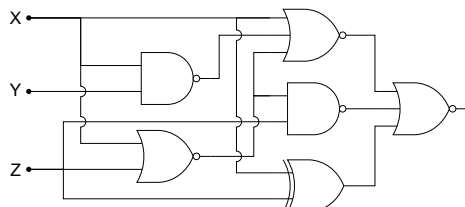
[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

		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

Correct answers: [2]

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]

Correct answers: [2]

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

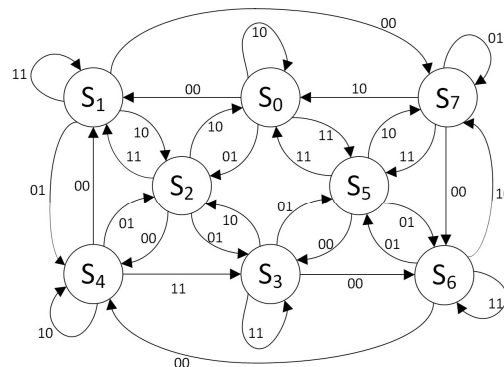
[3]: $D_3 = X_1\overline{X_0}Q_2 + X_1X_0Q_3 + \overline{X_1}X_0Q_5 + \overline{X_1}\overline{X_0}Q_6$

[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]

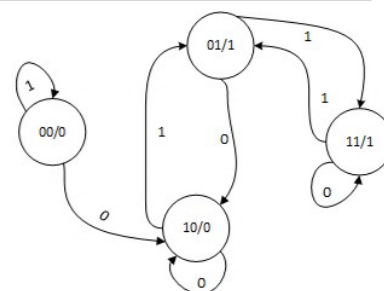


Correct answers: [2]

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

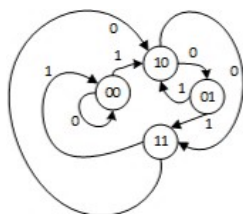
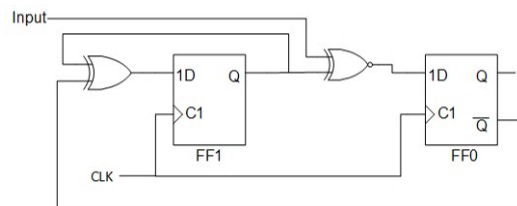
[5]

None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

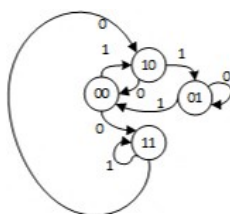
[6]

Correct answers: [2]

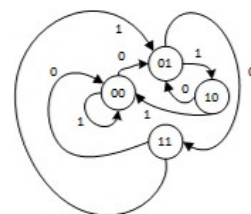
- R. Consider the following circuit. Which state diagram corresponds to the circuit?
 [Considere o seguinte circuito. Qual dos diagramas de estado corresponde ao funcionamento do circuito?]



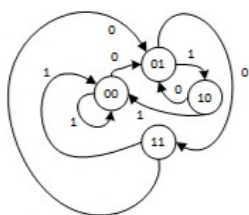
[1]



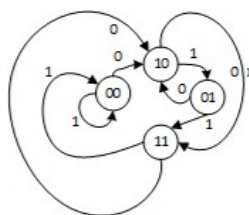
[2]



[3]



[4]



[5]

None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]

[6]

Correct answers: [2]

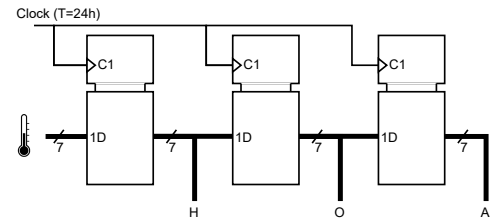
(This space was intentionally left blank for you auxiliary calculations.)

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 $0.375 = 3/8$.

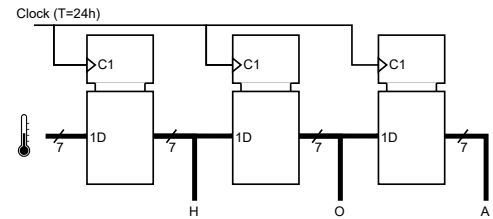
2. Without using adders, implement a circuit that activates the alarm signal ($X = 1$) when $T_M \geq 24^{\circ}\text{C}$.

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 $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O)$.

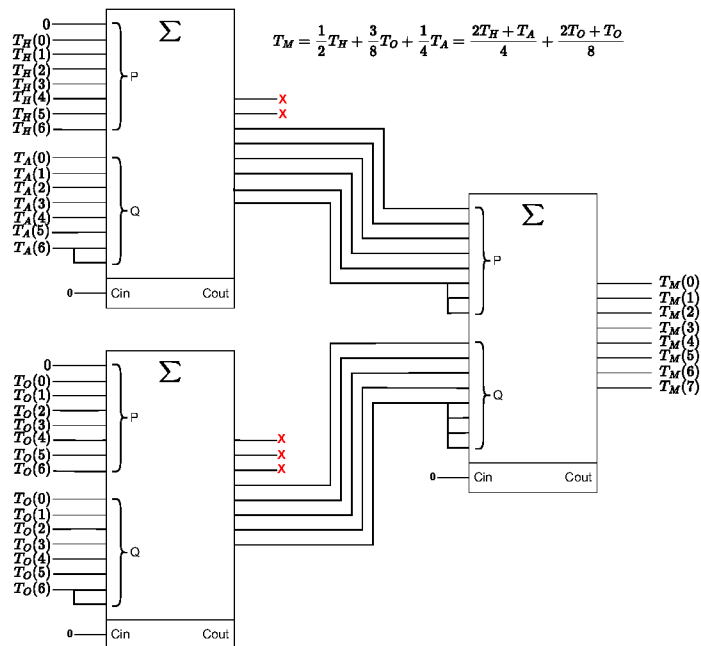
Hint: remember that $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

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:

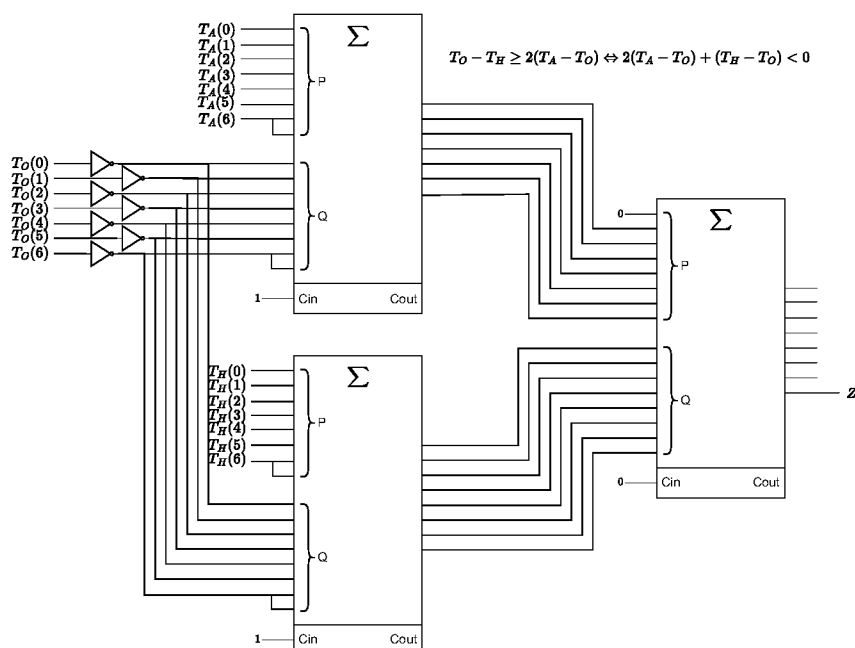
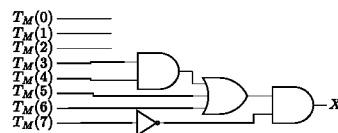
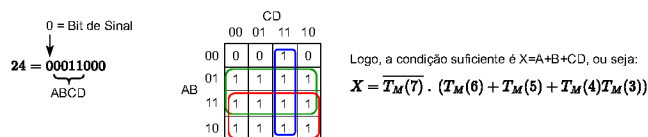


1. Projecte o circuito que calcula o valor da média pesada $T_M = 0.5 \times T_H + 0.375 \times T_O + 0.25 \times T_A$ com uma precisão de 8-bits.
Sugestão: recorde que $0.375 = 3/8$.
2. Sem utilizar somadores, implemente um circuito que activa o sinal de alarme ($X = 1$) quando $T_M \geq 24^{\circ}\text{C}$.
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 $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

Solução Proposta:



Todos os números superiores a 24 têm uma representação em binário em que 4 bits ABCD assinalados têm de assumir um valor superior a 0011. Os bits ABCD correspondem a: $T_M(6)T_M(5)T_M(4)T_M(3)$



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:



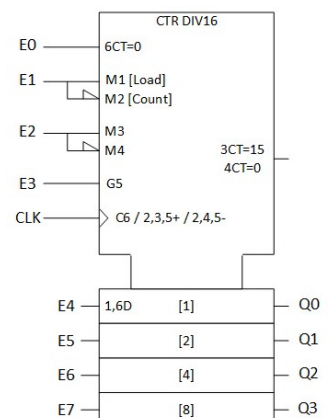
- The toaster has five input signals:
 - STOP_H: Aborts the toasting process, returning to a standby state.
 - ACT_H: Lever that lowers the bread and starts the toasting mechanism.
 - LONG_H: Button that sets the toasting time (active: $2TA$; inactive: $1TA$), where TA is the period of the auxiliary 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.

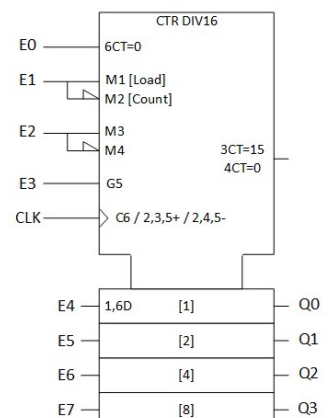
Complete o diagrama de estados (ver Volume 2, Parte IIIA), definindo os valores dos sinais de entrada que desencadeiam todas as transições de estado, assim como os valores de saída de cada estado. As "indiferenças" têm de ser obrigatoriamente usadas para entradas que não tenham influência numa determinada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

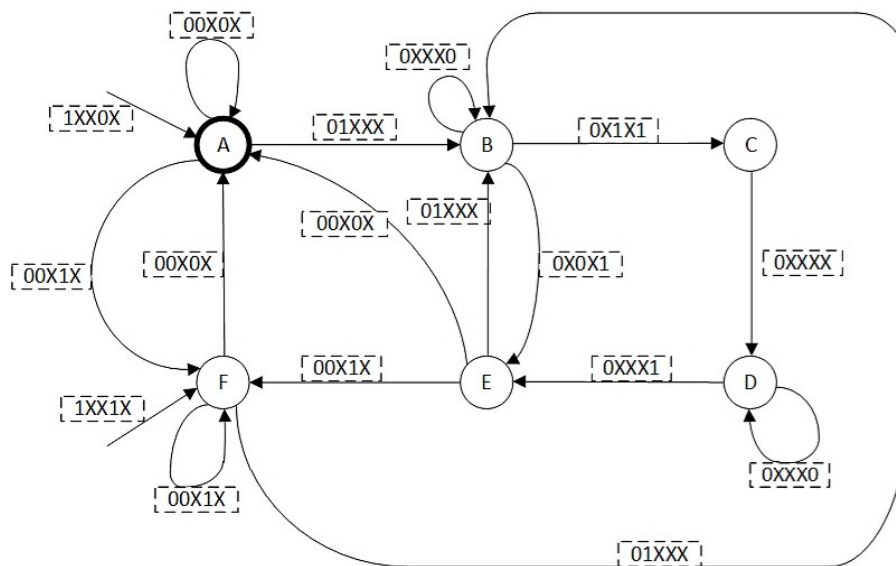
Pergunta B:

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.



Ordem das saídas: LED_H, TOAST_H, FINISH_H, TIMER_ACT_H.



F: Estado standby c/ temperatura >50º; saídas 1000

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	1	1	X	X	X	X	0001	INC
0000	1	0	0	0	1	X	X	X	X	1111	DEC
0001	0	0	0	1	1	X	X	X	X	0010	INC
0001	1	0	1	X	X	1	1	0	0	0011	LOAD
0100	0	1	X	X	X	X	X	X	X	0000	RESET
0100	1	0	0	0	1	X	X	X	X	0011	DEC
1001	0	0	0	1	1	X	X	X	X	1010	INC
1001	1	0	1	X	X	1	1	0	1	1011	LOAD
1111	0	0	0	0	1	X	X	X	X	1110	DEC
1111	1	0	1	X	X	1	0	1	1	1101	LOAD

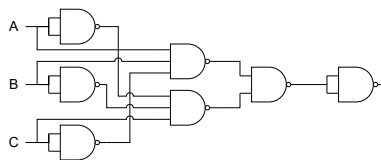
- $E1 = \overline{Q}3\overline{Q}2\overline{Q}1Q0A + Q3\overline{Q}2\overline{Q}1Q0A + Q3Q2Q1Q0A$



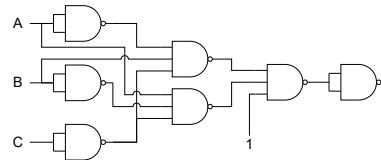
This page will be discarded

Volume 1 - Part I

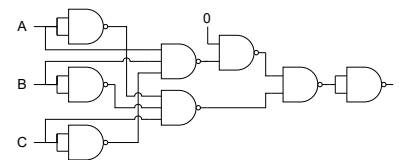
- A. Which of the following circuits implements the expression $\overline{(\overline{A} \odot B)} \cdot \overline{C}$?
 [Qual dos seguintes circuitos implementa a expressão $\overline{(\overline{A} \odot B)} \cdot \overline{C}$?]



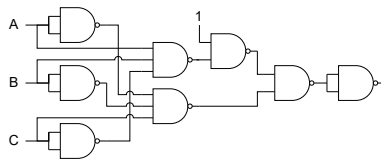
[1]



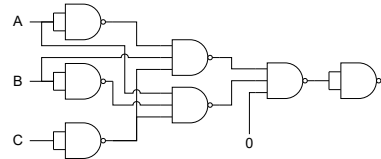
[2]



[3]



[4]



[5]

None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]

[6]

Correct answers: [2]

- 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

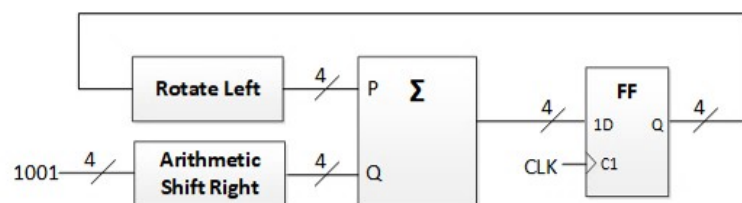
[2]: 0001, 1110

[3]: 0111, 1111

[4]: 0011, 1110

[5]: 1110, 1111

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

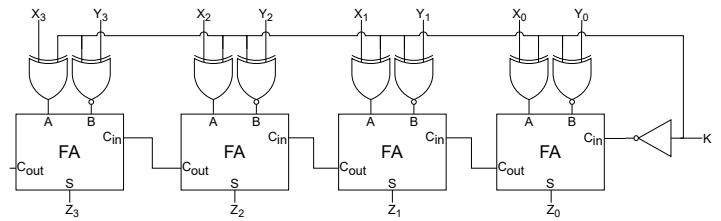


Correct answers: [2]

- 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]



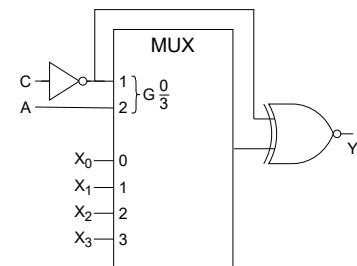
Correct answers: [2]

- 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

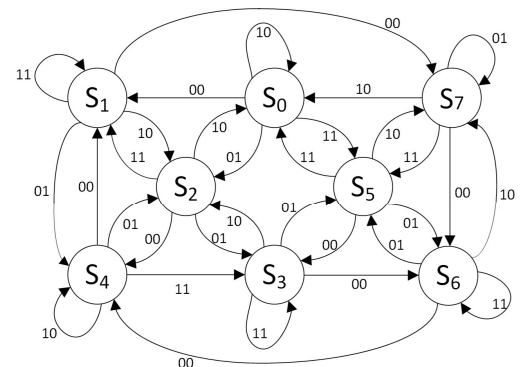


Correct answers: [3]

- 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]



Correct answers: [3]

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

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

[1]: 65633

[2]: 46723

[3]: 31513

[4]: 66743

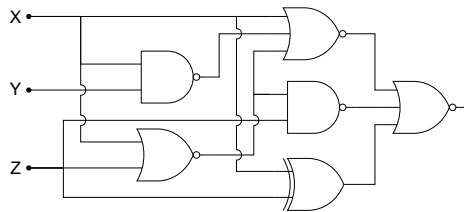
[5]: 37363

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

Correct answers: [4]

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

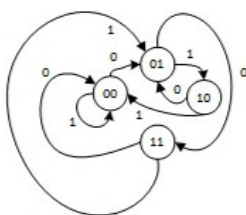
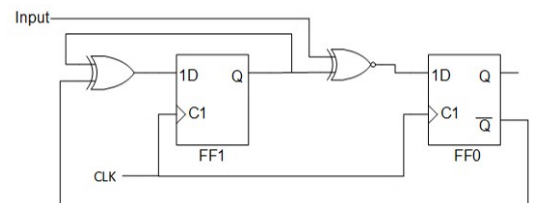
[5]: 28

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

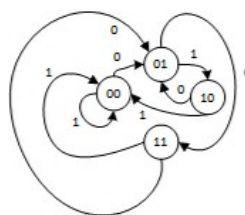
Correct answers: [2]

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

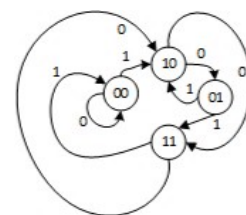
[Considere o seguinte circuito. Qual dos diagramas de estado corresponde ao funcionamento do circuito?]



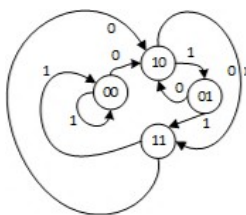
[1]



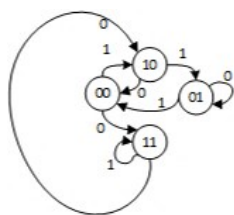
[2]



[3]



[4]



[5]

None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

[6]

Correct answers: [5]

- 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]

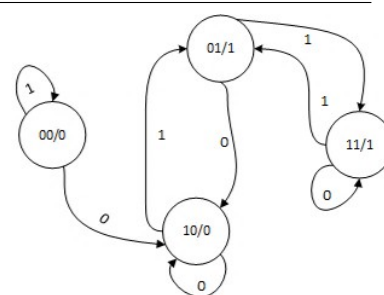
	CD			
	00	01	11	10
00	X	0	0	1
01	0	1	X	0
11	1	X	0	0
10	X	X	0	1

Correct answers: [5]

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]

Correct answers: [5]

- K. Represent 375_8 in base 10.

[Represente 375_8 na base 10.]

[1]: 242

[2]: 230

[3]: 175

[4]: 253

[5]: 215

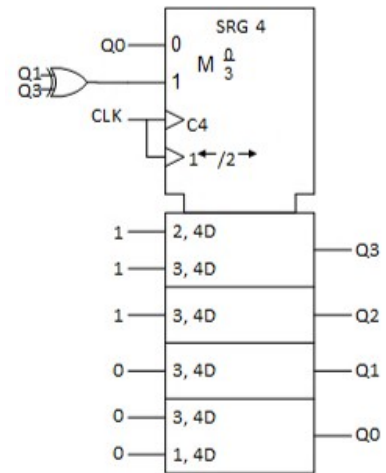
[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

Correct answers: [4]

- 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]

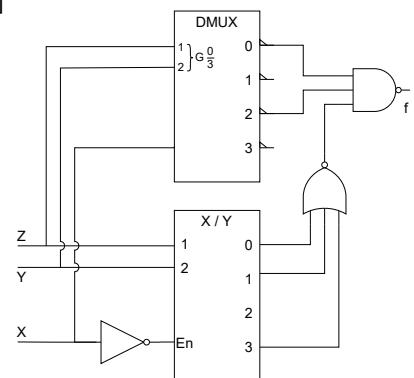


Correct answers: [2]

- 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 $(1, 1, 0)$.]

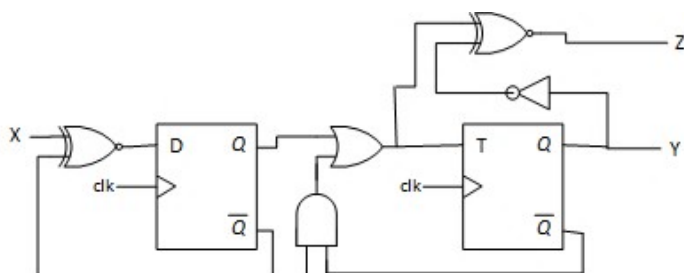
- [1]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{1 ; 1 ; 0\}$
- [2]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{1 ; 0 ; 1\}$
- [3]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{0 ; 0 ; 1\}$
- [4]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{0 ; 1 ; 0\}$
- [5]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1,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



Correct answers: [2]

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
[4]: 35

[2]: 38
[5]: 34

[3]: 30

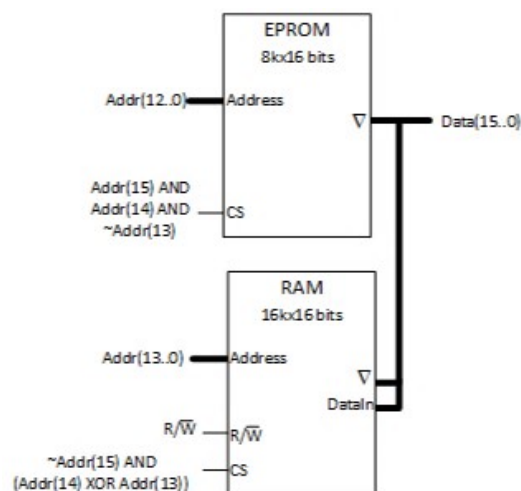
[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

Correct answers: [2]

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]



Correct answers: [6]

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

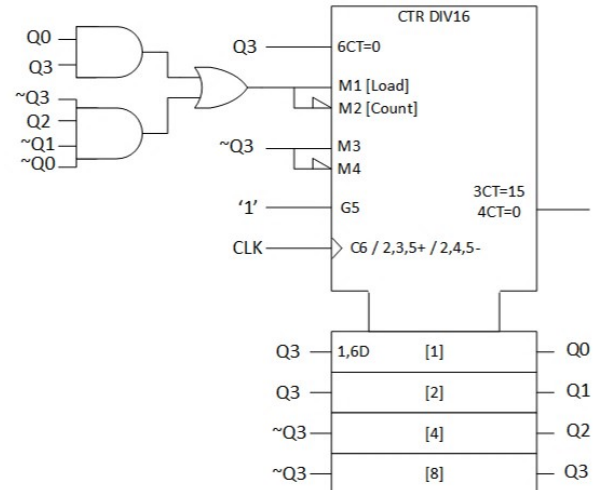
[3]: 00110001

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

Correct answers: [1]

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]

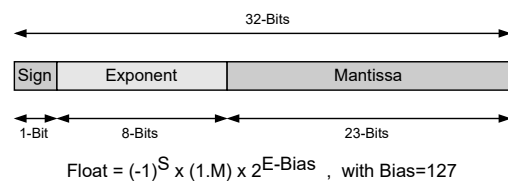
Correct answers: [1]

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



Correct answers: [3]

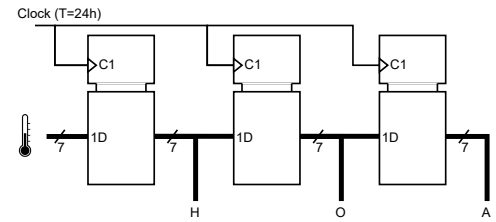
(This space was intentionally left blank for you auxiliary calculations.)

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 $0.375 = 3/8$.

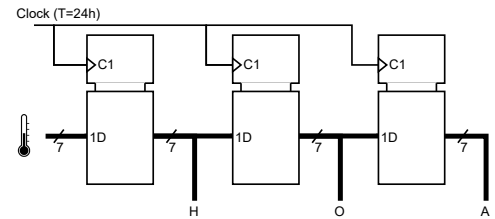
2. Without using adders, implement a circuit that activates the alarm signal ($X = 1$) when $T_M \geq 24^{\circ}\text{C}$.

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 $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O)$.

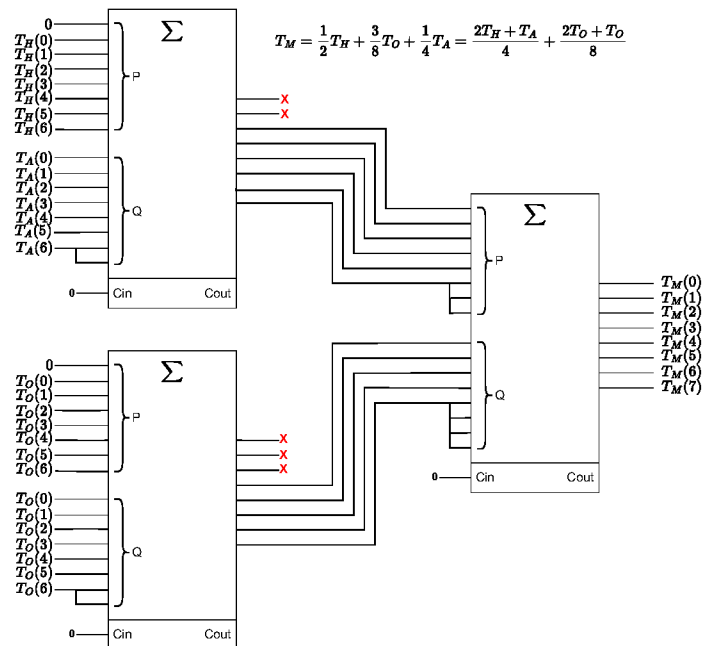
Hint: remember that $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

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:

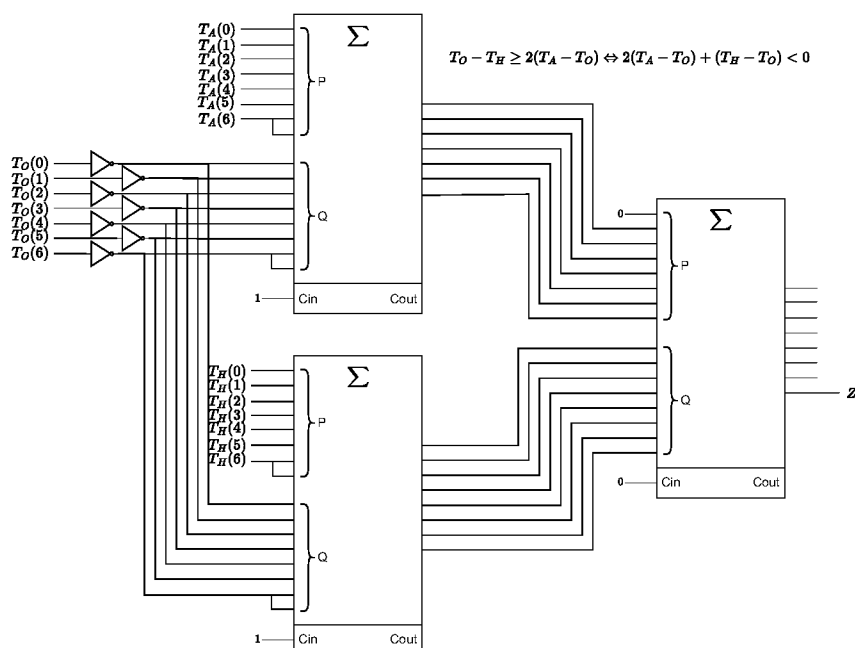
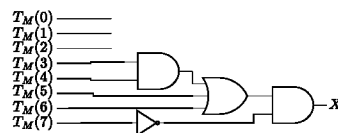
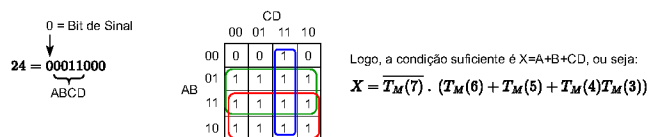


1. Projecte o circuito que calcula o valor da média pesada $T_M = 0.5 \times T_H + 0.375 \times T_O + 0.25 \times T_A$ com uma precisão de 8-bits.
Sugestão: recorde que $0.375 = 3/8$.
2. Sem utilizar somadores, implemente um circuito que activa o sinal de alarme ($X = 1$) quando $T_M \geq 24^{\circ}\text{C}$.
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 $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

Solução Proposta:



Todos os números superiores a 24 têm uma representação em binário em que 4 bits ABCD assinalados têm de assumir um valor superior a 0011. Os bits ABCD correspondem a: $T_M(6)T_M(5)T_M(4)T_M(3)$



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:



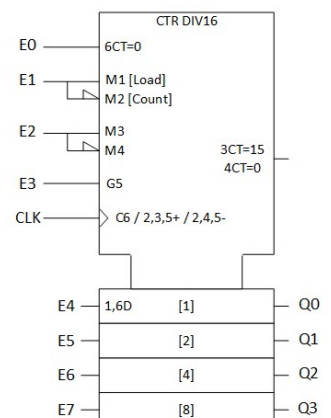
- The toaster has five input signals:
 - STOP_H: Aborts the toasting process, returning to a standby state.
 - ACT_H: Lever that lowers the bread and starts the toasting mechanism.
 - LONG_H: Button that sets the toasting time (active: $2TA$; inactive: $1TA$), where TA is the period of the auxiliary 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.

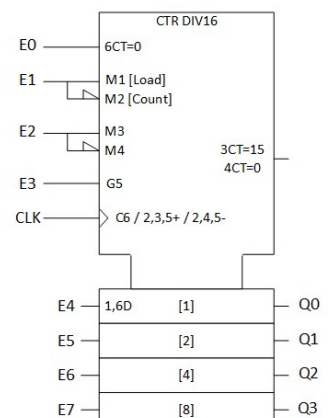
Complete o diagrama de estados (ver Volume 2, Parte IIIA), definindo os valores dos sinais de entrada que desencadeiam todas as transições de estado, assim como os valores de saída de cada estado. As "indiferenças" têm de ser obrigatoriamente usadas para entradas que não tenham influência numa determinada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

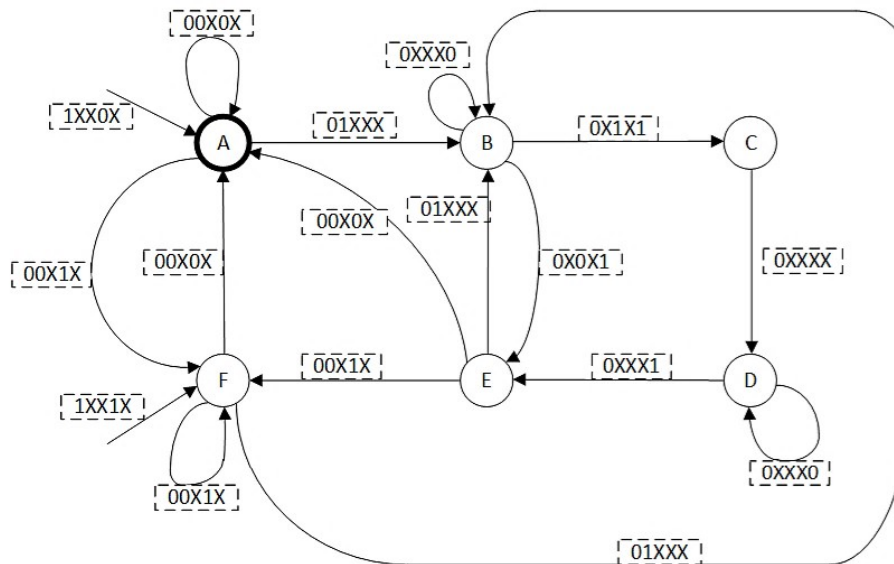


Solução Proposta:

Pergunta A:

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: Estado standby c/ temperatura $\leq 50^\circ$; estado inicial; saídas 0000

B: Torradeira ligada durante o primeiro período do temporizador; saídas 1101

C: Torradeira ligada, reiniciar gatilho do temporizador antes de iniciar segundo período do temporizador; saídas 1100

D: Torradeira ligada durante o segundo período do temporizador; saídas 1101

E: Terminar; saídas 1010

F: Estado standby c/ temperatura $> 50^\circ$; saídas 1000

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	1	1	X	X	X	X	0001	INC
0000	1	0	0	0	1	X	X	X	X	1111	DEC
0001	0	0	0	1	1	X	X	X	X	0010	INC
0001	1	0	1	X	X	1	1	0	0	0011	LOAD
0100	0	1	X	X	X	X	X	X	X	0000	RESET
0100	1	0	0	0	1	X	X	X	X	0011	DEC
1001	0	0	0	1	1	X	X	X	X	1010	INC
1001	1	0	1	X	X	1	1	0	1	1011	LOAD
1111	0	0	0	0	1	X	X	X	X	1110	DEC
1111	1	0	1	X	X	1	0	1	1	1101	LOAD

$$E0 = \overline{Q_3} Q_2 \overline{Q_1} \overline{Q_0} \overline{A}$$

$$E1 = \overline{Q_3} \overline{Q_2} \overline{Q_1} Q_0 A + Q_3 \overline{Q_2} \overline{Q_1} Q_0 A + Q_3 Q_2 Q_1 Q_0 A$$

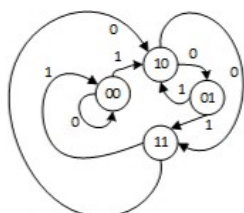
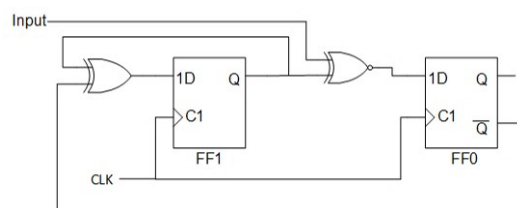


This page will be discarded

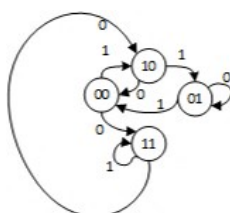
Volume 1 - Part I

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

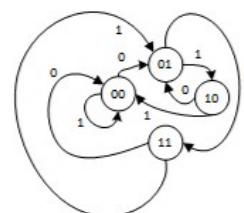
[Considere o seguinte circuito. Qual dos diagramas de estado corresponde ao funcionamento do circuito?]



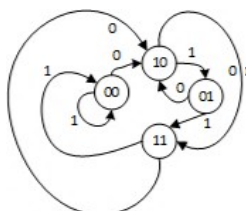
[1]



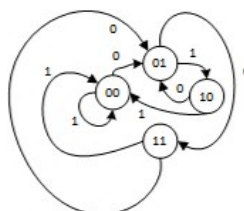
[2]



[3]



[4]



[5]

None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

[6]

Correct answers: [2]

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

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

[1]: 66743

[2]: 46723

[3]: 65633

[4]: 31513

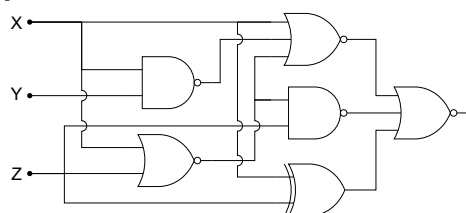
[5]: 37363

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

Correct answers: [1]

- 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

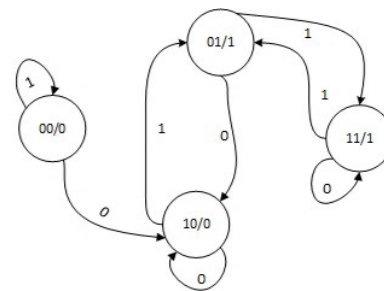
[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

Correct answers: [5]

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]

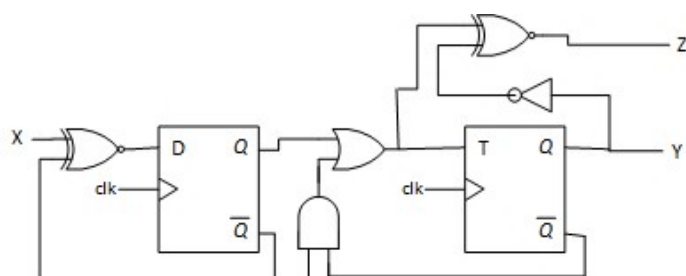
None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

[6]

Correct answers: [3]

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

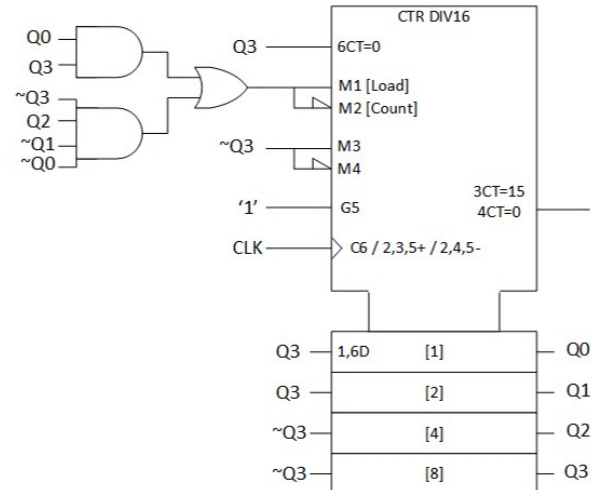
[5]: 38

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

Correct answers: [5]

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]

Correct answers: [4]

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]

Correct answers: [3]

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

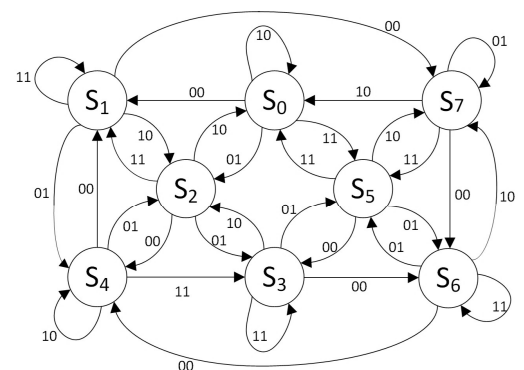
[3]: $D_3 = X_1\overline{X_0}Q_2 + X_1X_0Q_3 + \overline{X_1}X_0Q_5 + \overline{X_1}\overline{X_0}Q_6$

[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

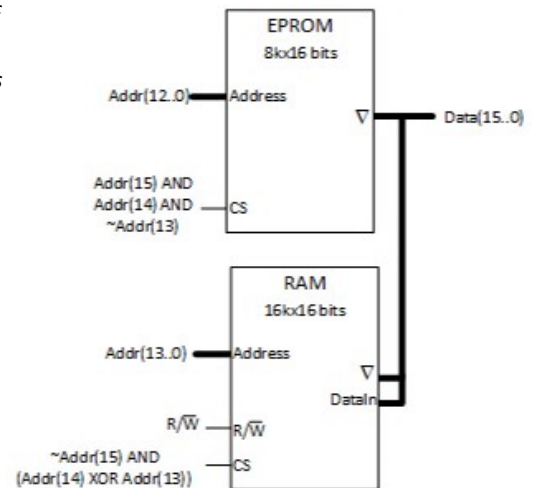
[Nenhuma das outras opções]



Correct answers: [5]

- 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.]

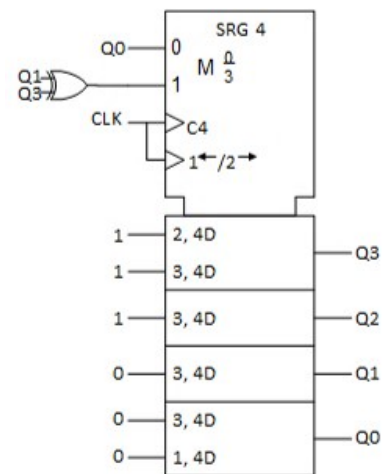
- [1]: RAM:A000h..5FFFh; EPROM:C000h..DFFFh
[2]: RAM:C000h..FFFFh; EPROM:B000h..EFFFh
[3]: RAM:8000h..BFFFh; EPROM:1000h..2FFFh
[4]: RAM:8000h..BFFFh; EPROM:2000h..3FFFh
[5]: RAM:4000h..7FFFh; EPROM:B000h..EFFFh
[6]: None of the other options
[Nenhuma das outras opções]



Correct answers: [6]

- 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?]

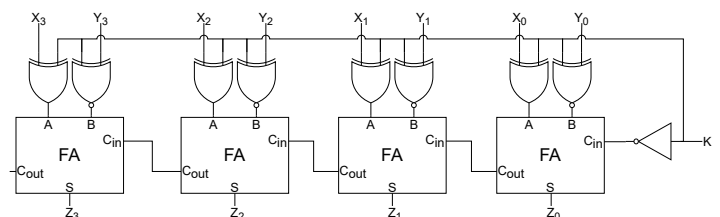
- [1]: 1011, 0110
[2]: 1010, 0110
[3]: 1001, 1001
[4]: 0011, 1111
[5]: 0110, 1011
[6]: None of the other options
[Nenhuma das outras opções]



Correct answers: [5]

- 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]

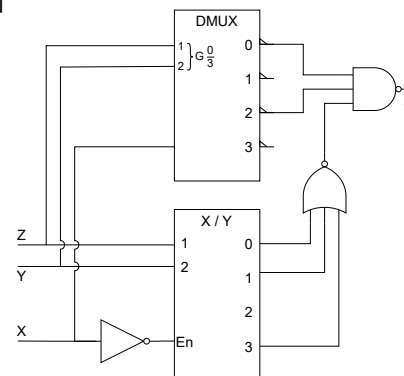


Correct answers: [4]

- 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]



Correct answers: [4]

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

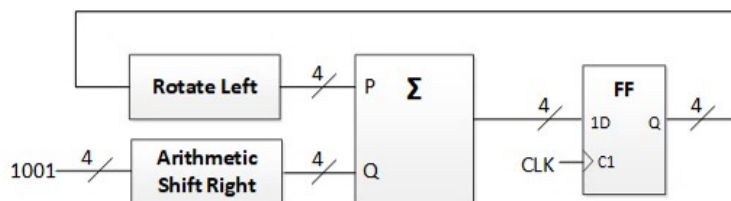
Correct answers: [3]

- 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]

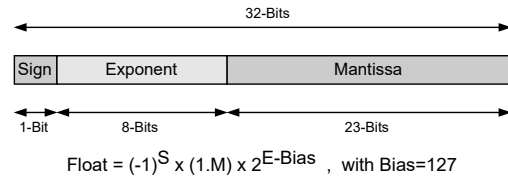


Correct answers: [1]

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



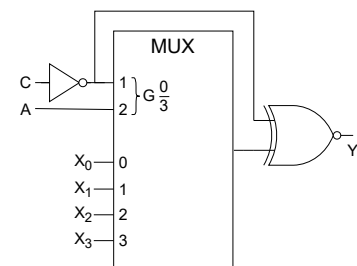
Correct answers: [2]

- 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



Correct answers: [2]

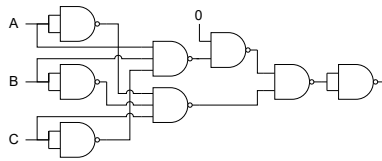
- Q. Represent 375_8 in base 10.

[Represente 375_8 na base 10.]

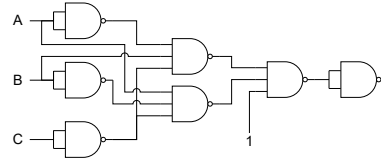
- [1]: 253 [2]: 175 [3]: 242
 [4]: 230 [5]: 215 [6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

Correct answers: [1]

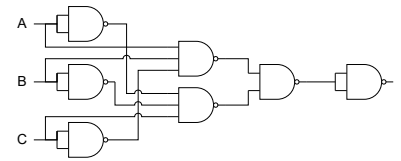
- R. Which of the following circuits implements the expression $\overline{(\bar{A} \odot B)} \cdot \bar{C}$?
 [Qual dos seguintes circuitos implementa a expressão $\overline{(\bar{A} \odot B)} \cdot \bar{C}$?]



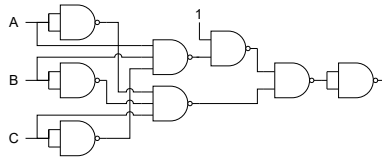
[1]



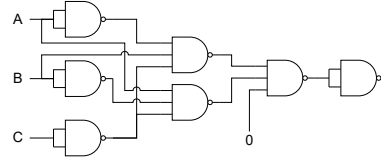
[2]



[3]



[4]



[5]

None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]

[6]

Correct answers: [2]

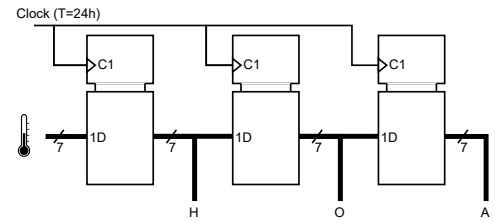
(This space was intentionally left blank for you auxiliary calculations.)

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 $0.375 = 3/8$.

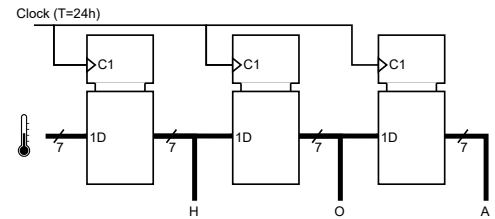
2. Without using adders, implement a circuit that activates the alarm signal ($X = 1$) when $T_M \geq 24^{\circ}\text{C}$.

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 $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O)$.

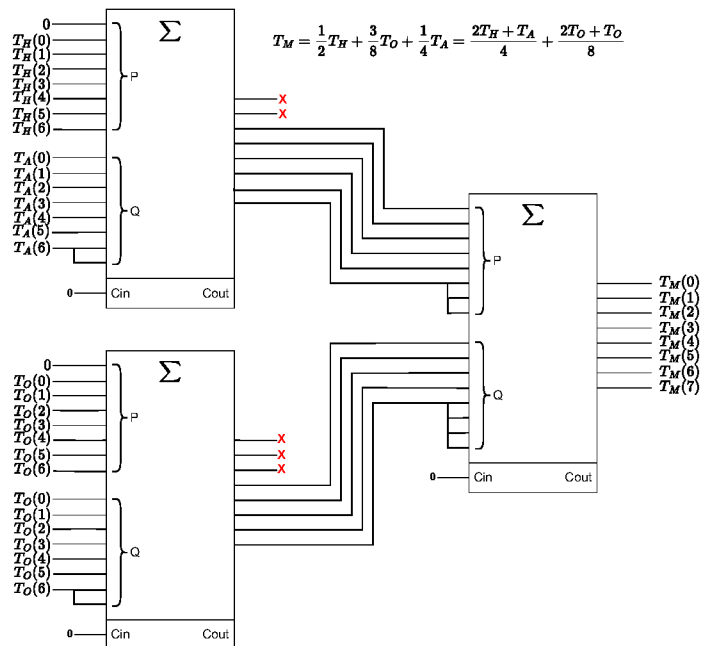
Hint: remember that $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

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:

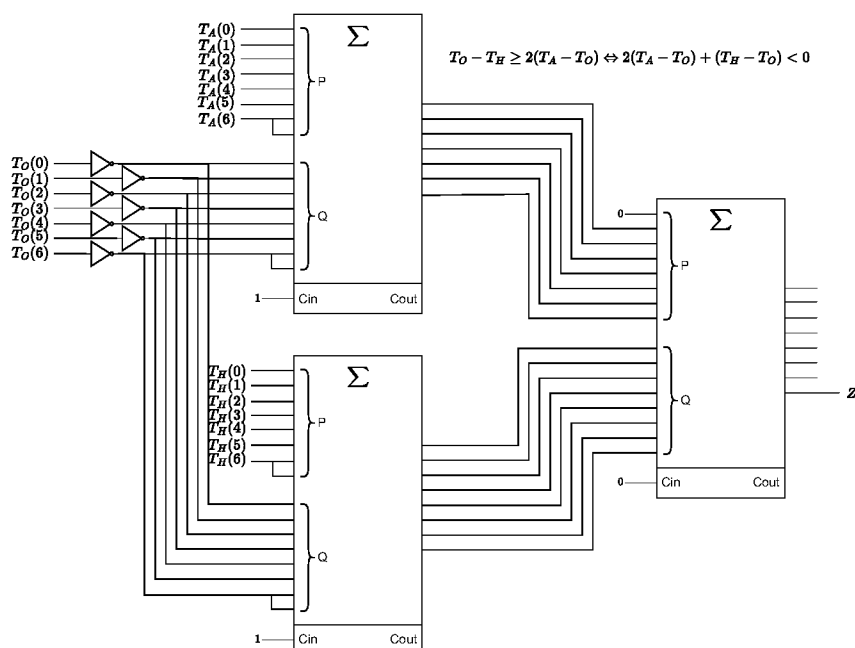
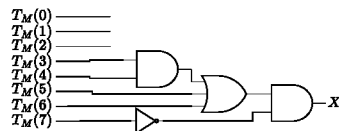
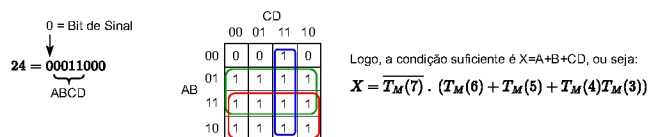


1. Projecte o circuito que calcula o valor da média pesada $T_M = 0.5 \times T_H + 0.375 \times T_O + 0.25 \times T_A$ com uma precisão de 8-bits.
Sugestão: recorde que $0.375 = 3/8$.
2. Sem utilizar somadores, implemente um circuito que activa o sinal de alarme ($X = 1$) quando $T_M \geq 24^\circ\text{C}$.
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 $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

Solução Proposta:



Todos os números superiores a 24 têm uma representação em binário em que 4 bits ABCD assinalados têm de assumir um valor superior a 0011. Os bits ABCD correspondem a: $T_M(6)T_M(5)T_M(4)T_M(3)$



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:



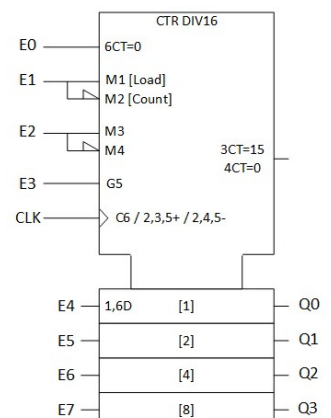
- The toaster has five input signals:
 - STOP_H: Aborts the toasting process, returning to a standby state.
 - ACT_H: Lever that lowers the bread and starts the toasting mechanism.
 - LONG_H: Button that sets the toasting time (active: $2TA$; inactive: $1TA$), where TA is the period of the auxiliary 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.

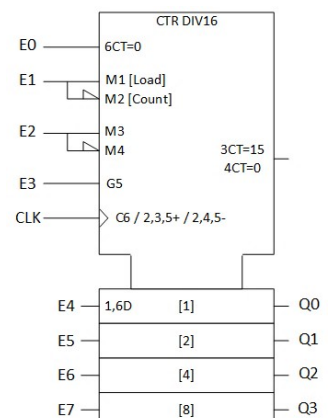
Complete o diagrama de estados (ver Volume 2, Parte IIIA), definindo os valores dos sinais de entrada que desencadeiam todas as transições de estado, assim como os valores de saída de cada estado. As "indiferenças" têm de ser obrigatoriamente usadas para entradas que não tenham influência numa determinada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

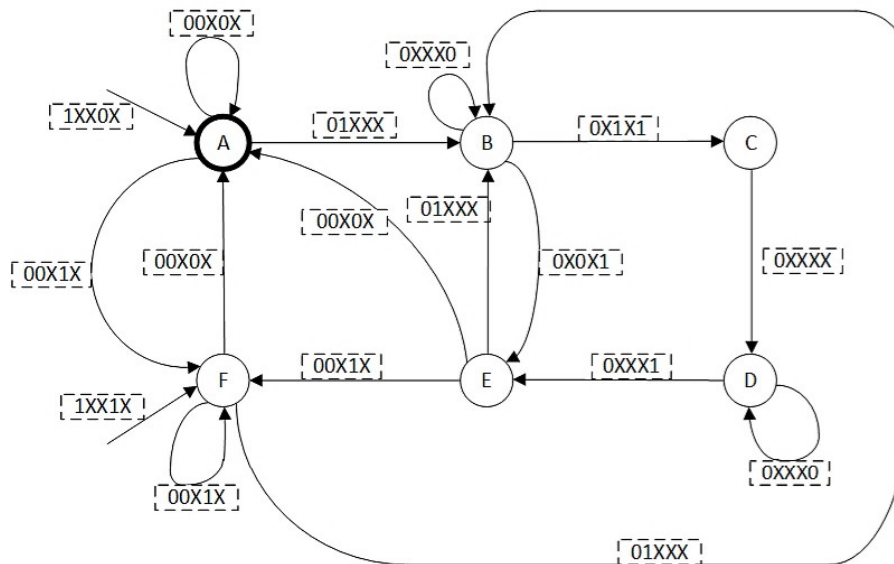


Solução Proposta:

Pergunta A:

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: Estado standby c/ temperatura $\leq 50^\circ$; estado inicial; saídas 0000

B: Torradeira ligada durante o primeiro período do temporizador; saídas 1101

C: Torradeira ligada, reiniciar gatilho do temporizador antes de iniciar segundo período do temporizador; saídas 1100

D: Torradeira ligada durante o segundo período do temporizador; saídas 1101

E: Terminar; saídas 1010

F: Estado standby c/ temperatura $> 50^\circ$; saídas 1000

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	1	1	X	X	X	X	0001	INC
0000	1	0	0	0	1	X	X	X	X	1111	DEC
0001	0	0	0	1	1	X	X	X	X	0010	INC
0001	1	0	1	X	X	1	1	0	0	0011	LOAD
0100	0	1	X	X	X	X	X	X	X	0000	RESET
0100	1	0	0	0	1	X	X	X	X	0011	DEC
1001	0	0	0	1	1	X	X	X	X	1010	INC
1001	1	0	1	X	X	1	1	0	1	1011	LOAD
1111	0	0	0	0	1	X	X	X	X	1110	DEC
1111	1	0	1	X	X	1	0	1	1	1101	LOAD

$$E0 = \overline{Q_3} \overline{Q_2} \overline{Q_1} \overline{Q_0} \overline{A}$$

$$E1 = \overline{Q_3} \overline{Q_2} \overline{Q_1} Q_0 A + Q_3 \overline{Q_2} \overline{Q_1} Q_0 A + Q_3 Q_2 \overline{Q_1} Q_0 A$$



This page will be discarded

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

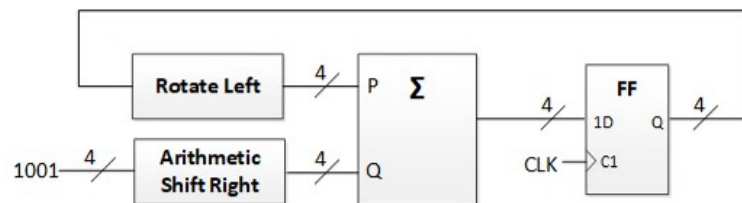
[3]: 0001, 1110

[4]: 1110, 1111

[5]: 1100, 1000

[6]: None of the other options

[Nenhuma das outras opções]



Correct answers: [3]

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

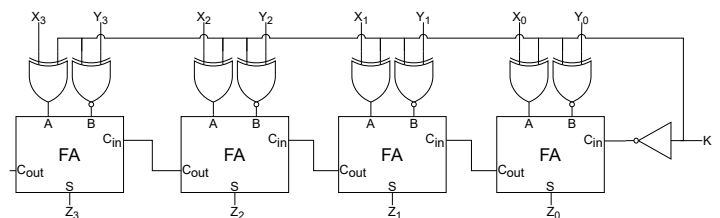
[3]: $K=0: Z = X-Y$; $K=1: Z = -(X-Y)-1$

[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]



Correct answers: [3]

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

[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]

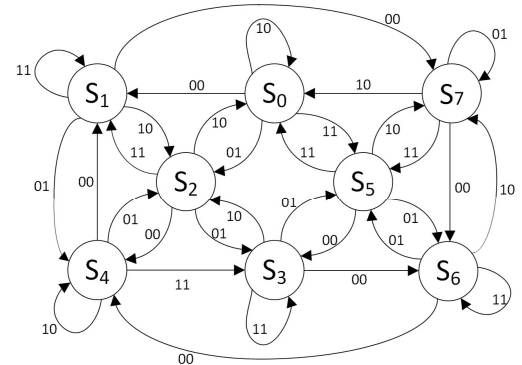
		CD			
		00	01	11	10
AB	00	X	0	0	1
	01	0	1	X	0
	11	1	X	0	0
	10	X	X	0	1

Correct answers: [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]



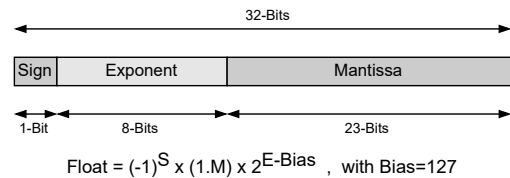
Correct answers: [4]

- 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)

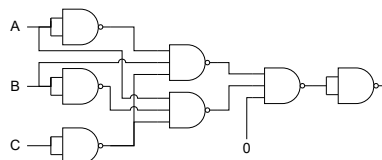
- [1]: A,B,C [2]: A,C,B [3]: B,A,C
 [4]: C,A,B [5]: B,C,A [6]: C,B,A



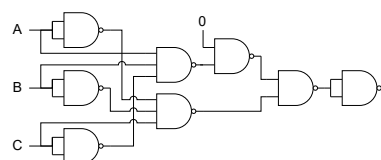
Correct answers: [4]

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

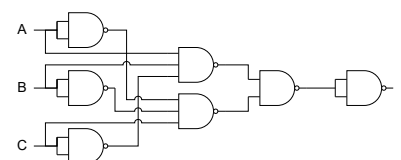
[Qual dos seguintes circuitos implementa a expressão $\overline{(\overline{A} \odot B)} \cdot \overline{C}$?]



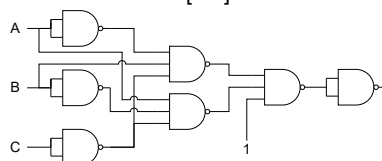
[1]



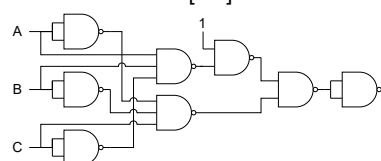
[2]



[3]



[4]



[5]

None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]

[6]

Correct answers: [4]

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

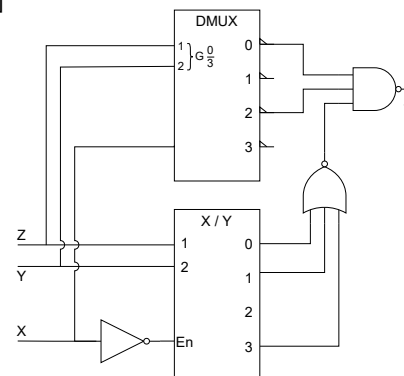
[2]: $\{f(0, 0, 1) ; f(0, 1, 0) ; f(1, 1, 0)\} = \{0 ; 1 ; 0\}$

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

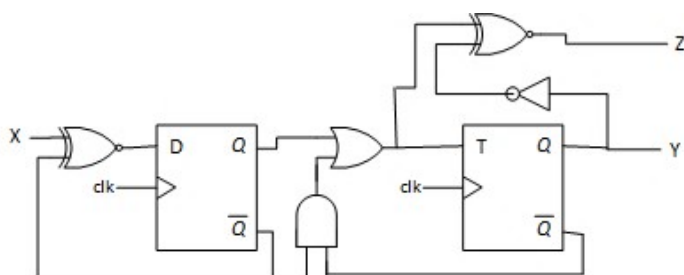
[6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]



Correct answers: [4]

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]

Correct answers: [3]

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

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

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

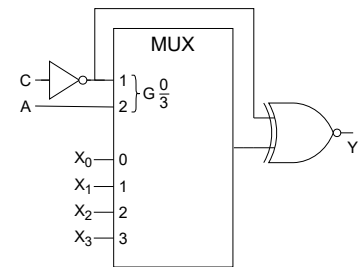
[4]: $\{X_3; X_2; X_1; X_0\} = \{1; B; 0; \overline{B}\}$

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

[6]: None of the other options

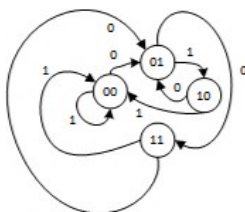
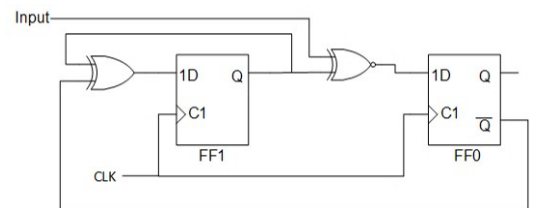
[Nenhuma das outras opções]

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

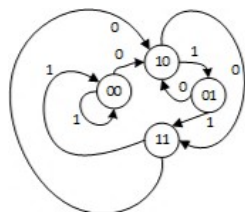


Correct answers: [5]

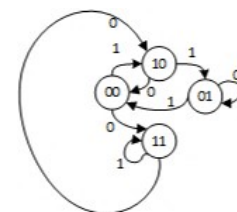
- J. Consider the following circuit. Which state diagram corresponds to the circuit?
 [Considere o seguinte circuito. Qual dos diagramas de estado corresponde ao funcionamento do circuito?]



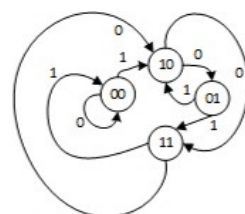
[1]



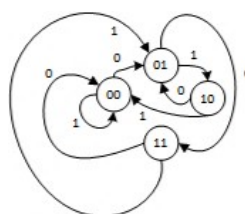
[2]



[3]



[4]



[5]

None of the other options
 [Nenhuma das outras opções]

[6]

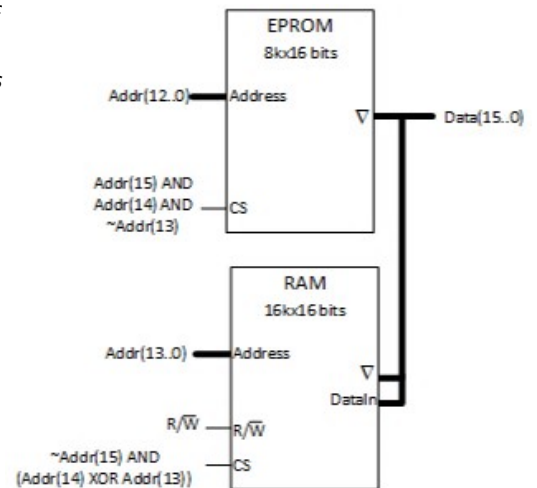
Correct answers: [3]

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

Correct answers: [6]

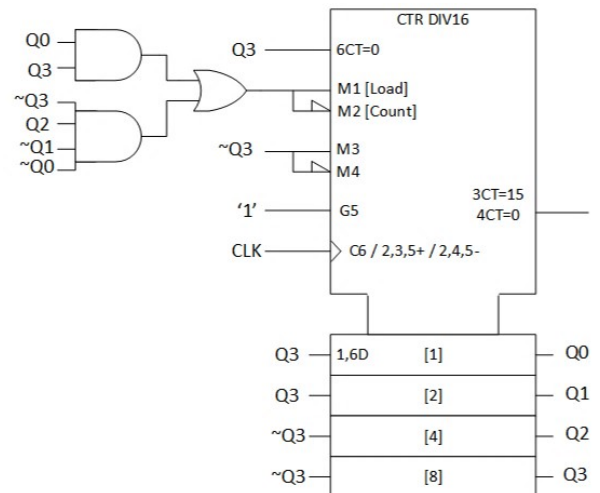


- L. Which of the following options corresponds to the sequence, in stationary mode, in decimal format at the output of the circuit in the figure below? (suggestion: start by analyzing a "load" situation.)

[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]

Correct answers: [1]



- 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]

Correct answers: [4]

- 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]

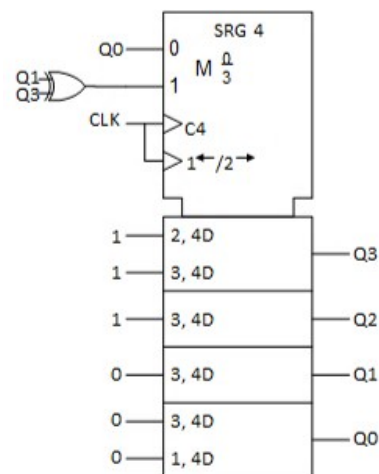
Correct answers: [2]

- O. 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]

Correct answers: [2]



- P. Represent 375_8 in base 10.

[Represente 375_8 na base 10.]

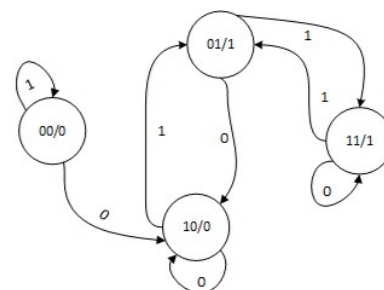
- [1]: 175
- [2]: 230
- [3]: 242
- [4]: 253
- [5]: 215
- [6]: None of the other options [Nenhuma das outras opções]

Correct answers: [4]

- 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]

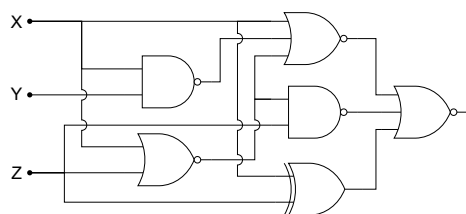
None of the other options
[Nenhuma das outras opções]

[6]

Correct answers: [3]

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

[2]: 32

[3]: 31

[4]: 27

[5]: 28

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

Correct answers: [2]

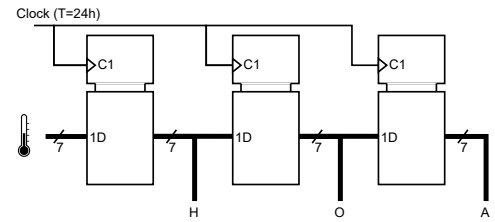
(This space was intentionally left blank for you auxiliary calculations.)

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 $0.375 = 3/8$.

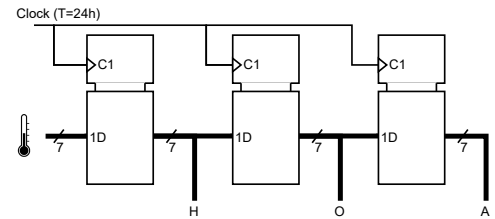
2. Without using adders, implement a circuit that activates the alarm signal ($X = 1$) when $T_M \geq 24^{\circ}\text{C}$.

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 $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O)$.

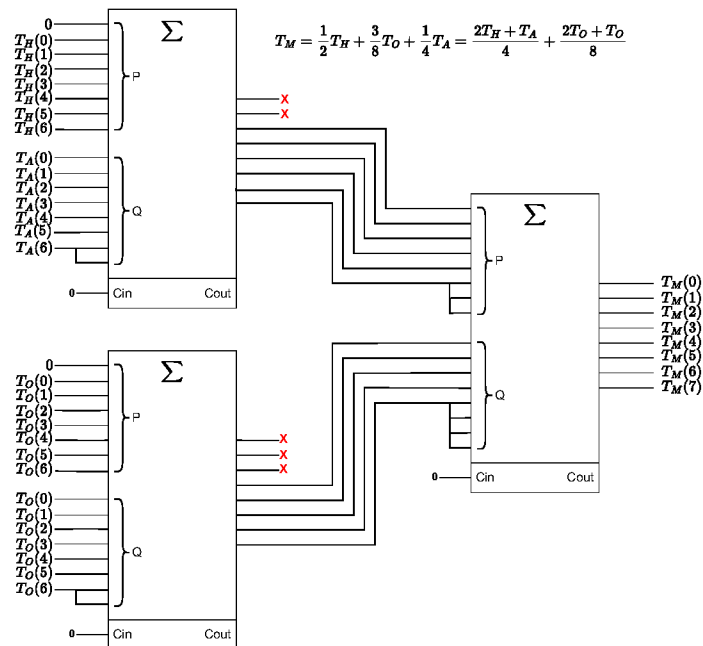
Hint: remember that $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

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:

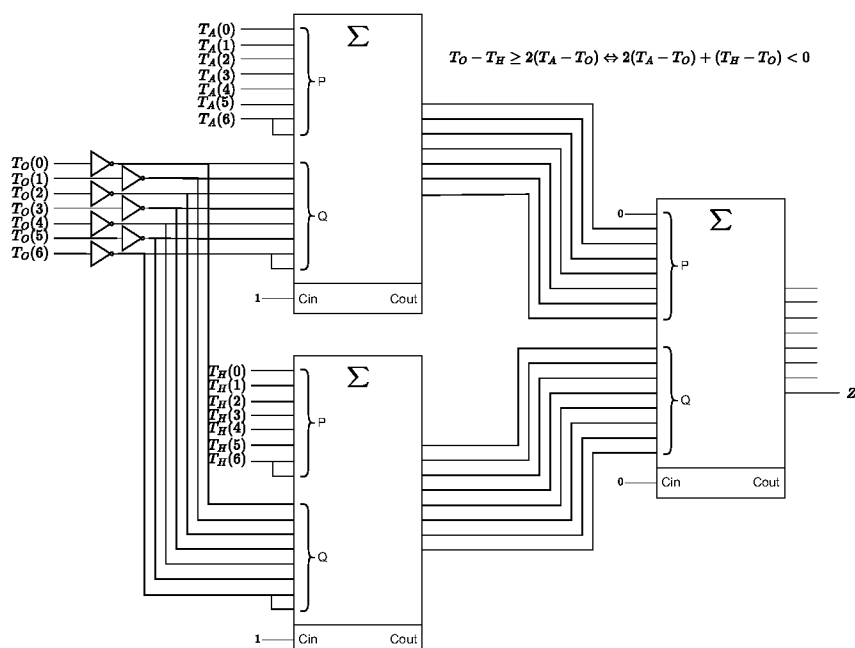
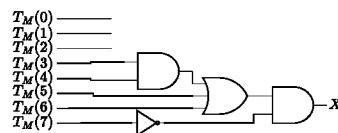
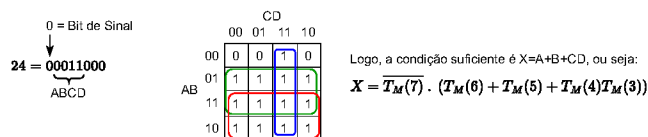


1. Projecte o circuito que calcula o valor da média pesada $T_M = 0.5 \times T_H + 0.375 \times T_O + 0.25 \times T_A$ com uma precisão de 8-bits.
Sugestão: recorde que $0.375 = 3/8$.
2. Sem utilizar somadores, implemente um circuito que activa o sinal de alarme ($X = 1$) quando $T_M \geq 24^\circ\text{C}$.
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 $(T_O - T_H) \geq 2 \times (T_A - T_O) \Leftrightarrow 2 \times (T_A - T_O) + (T_H - T_O) < 0$.

Solução Proposta:



Todos os números superiores a 24 têm uma representação em binário em que 4 bits ABCD assinalados têm de assumir um valor superior a 0011. Os bits ABCD correspondem a: $T_M(6)T_M(5)T_M(4)T_M(3)$



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:



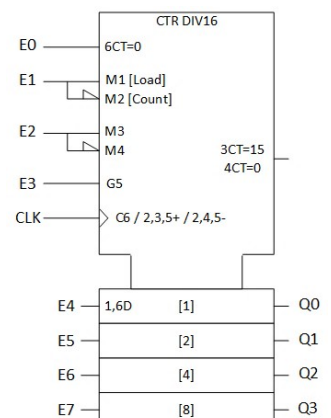
- The toaster has five input signals:
 - STOP_H: Aborts the toasting process, returning to a standby state.
 - ACT_H: Lever that lowers the bread and starts the toasting mechanism.
 - LONG_H: Button that sets the toasting time (active: $2TA$; inactive: $1TA$), where TA is the period of the auxiliary 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.

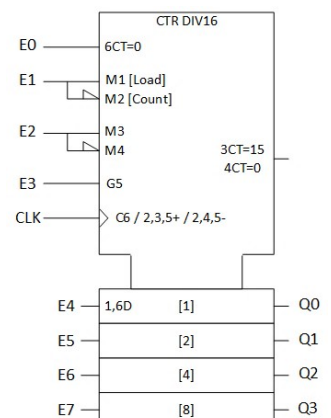
Complete o diagrama de estados (ver Volume 2, Parte IIIA), definindo os valores dos sinais de entrada que desencadeiam todas as transições de estado, assim como os valores de saída de cada estado. As "indiferenças" têm de ser obrigatoriamente usadas para entradas que não tenham influência numa determinada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

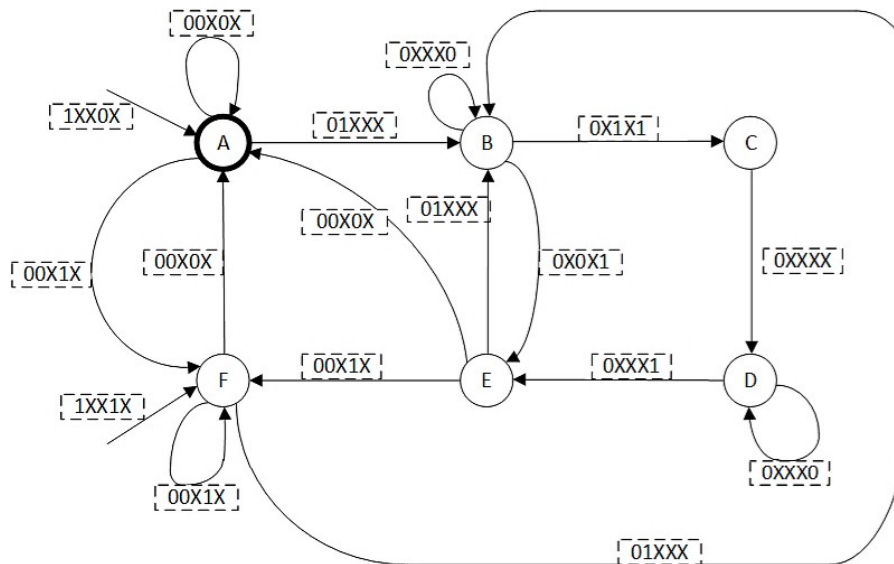


Solução Proposta:

Pergunta A:

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: Estado standby c/ temperatura $\leq 50^\circ$; estado inicial; saídas 0000

B: Torradeira ligada durante o primeiro período do temporizador; saídas 1101

C: Torradeira ligada, reiniciar gatilho do temporizador antes de iniciar segundo período do temporizador; saídas 1100

D: Torradeira ligada durante o segundo período do temporizador; saídas 1101

E: Terminar; saídas 1010

F: Estado standby c/ temperatura $> 50^\circ$; saídas 1000

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	1	1	X	X	X	X	0001	INC
0000	1	0	0	0	1	X	X	X	X	1111	DEC
0001	0	0	0	1	1	X	X	X	X	0010	INC
0001	1	0	1	X	X	1	1	0	0	0011	LOAD
0100	0	1	X	X	X	X	X	X	X	0000	RESET
0100	1	0	0	0	1	X	X	X	X	0011	DEC
1001	0	0	0	1	1	X	X	X	X	1010	INC
1001	1	0	1	X	X	1	1	0	1	1011	LOAD
1111	0	0	0	0	1	X	X	X	X	1110	DEC
1111	1	0	1	X	X	1	0	1	1	1101	LOAD

$$E0 = \overline{Q_3} \overline{Q_2} \overline{Q_1} \overline{Q_0} \overline{A}$$

$$E1 = \overline{Q_3} \overline{Q_2} \overline{Q_1} Q_0 A + Q_3 \overline{Q_2} \overline{Q_1} Q_0 A + Q_3 Q_2 \overline{Q_1} Q_0 A$$