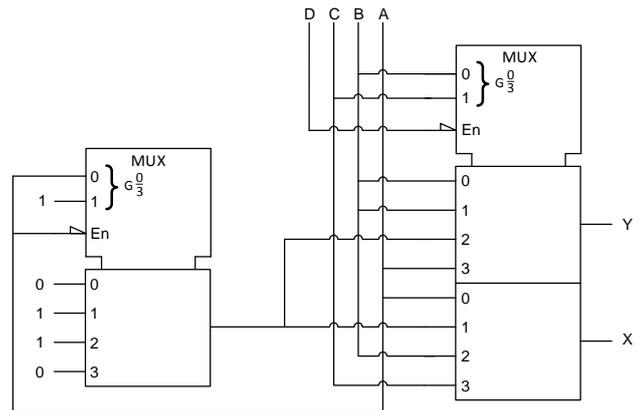


Antes de iniciar o teste, tenha em atenção o seguinte:

- i. Duração do teste: 1h30m.
- ii. O teste contempla 4 perguntas, distribuídas em 10 páginas.
- iii. Existem 4 variações distintas do teste: A, B, C e D.
- iv. O teste é sem consulta. Sobre a secretária apenas deve encontrar-se a sua identificação (cartão de estudante). **NÃO PODE UTILIZAR CALCULADORA.**
- v. Identifique todas as folhas do enunciado. Folhas não identificadas não serão cotadas!
- vi. Resolva o teste no próprio enunciado. Para cada questão é fornecido um espaço próprio, dentro do qual deverá responder. A sua dimensão está ajustada ao tamanho expectável da resposta.
- vii. Excepcionalmente, e caso realmente necessite, pode usar o espaço extra disponível das páginas em branco, colocadas ao longo do teste. Nesse caso, deve indicar junto ao enunciado da pergunta, que a resposta à mesma se encontra na página que utilizou.
- viii. Justifique adequadamente todas as respostas.
- ix. Responda ao teste com calma. Se não sabe responder a uma pergunta, passe à seguinte e volte a ela no fim.

1. Considere o seguinte circuito lógico:

- a) Obtenha, através da inspeção do circuito, a tabela de verdade das funções Booleanas $Y(D,C,B,A)$ e $X(D,C,B,A)$. Assuma que a variável A representa o bit menos significativo.....[1,5 val.]



D	C	B	A	Y		X	
0	0	0	0	0		0	
0	0	0	1	0	B	1	A
0	0	1	0	1	B	1	Sel=10
0	0	1	1	1		0	EN=0
0	1	0	0	1	Sel=10	0	B
0	1	0	1	0	EN=0	0	
0	1	1	0	0	A	1	C
0	1	1	1	1		1	
1	0	0	0	0		0	
1	0	0	1	0		0	
1	0	1	0	0		0	
1	0	1	1	0		0	
1	1	0	0	0	EN=0	0	EN=0
1	1	0	1	0		0	
1	1	1	0	0		0	
1	1	1	1	0		0	

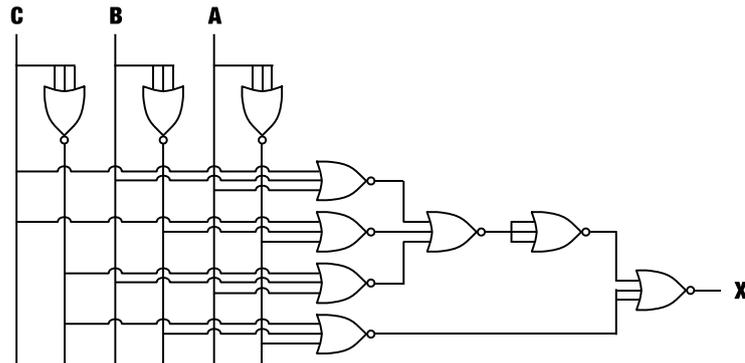
Aluno:

Nº

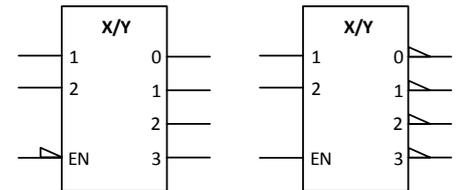
- b) Assumindo que a variável D é ligada ao valor lógico '0', apresente a expressão de X(C,B,A) na forma normal conjuntiva (produto de somas) e implemente-a utilizando portas NOR de 3 entradas. [1,0 val.]
Nota: considere a função alternativa $G(C,B,A) = m_1 + m_2 + m_3 + m_7$ caso não tenha respondido à pergunta a).

$$X(C, B, A) = M_0 M_3 M_4 M_5 = (C + B + A)(C + \bar{B} + \bar{A})(\bar{C} + B + A)(\bar{C} + B + \bar{A})$$

$$\text{NOR3: } X(C, B, A) = \overline{\overline{C + B + A} + \overline{C + \bar{B} + \bar{A}} + \overline{\bar{C} + B + A} + \overline{\bar{C} + B + \bar{A}}}$$

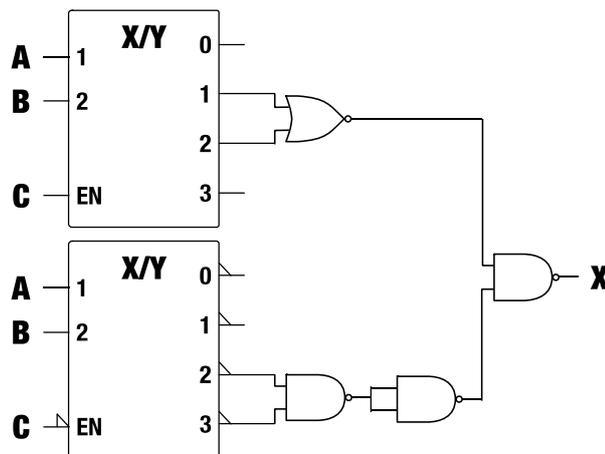


- c) Continuando a assumir a variável D ligada ao valor lógico '0', projete um circuito que permite implementar a função X(C,B,A) utilizando obrigatoriamente os dois decodificadores apresentados na figura. Para além destes decodificadores, poderá utilizar somente portas NAND e NOR de 2 entradas..... [1,5 val.]

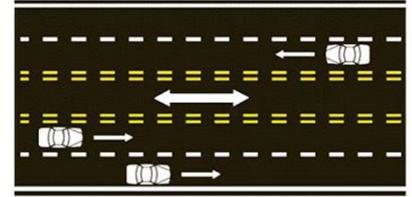


Nota: caso não tenha respondido à pergunta a), pode voltar a considerar a função alternativa G(C,B,A) indicada na pergunta anterior.

$$X(C, B, A) = m_1 + m_2 + m_6 + m_7 = m_1 + m_2 + \overline{m_6 + m_7} = m_1 + m_2 + \overline{M_6 M_7} = \overline{m_1 + m_2} \overline{M_6 M_7}$$



2. Pretende-se implementar um mecanismo de controlo de uma via reversível de uma ponte (i.e., uma via que pode ser utilizada em ambos os sentidos, de acordo com o horário de funcionamento da ponte). Para o efeito, o controlo desta via está ligado a um sinal de 5 bits (EDCBA) com a indicação da hora marcada por um relógio digital (entre 0 e 23). De modo a garantir a segurança dos condutores, assume-se que a via é interdita durante o intervalo de 1h compreendido entre as mudanças de direção de circulação na via. Assuma o seguinte agendamento para a circulação no sentido Norte→Sul: {01h00,02h00,03h00,10h00,11h00,16h00,17h00,18h00,19h00,20h00}.



a) Apresente a tabela de verdade das funções Booleanas **NS(EDCBA)**, **SN(EDCBA)** e **I(EDCBA)**, correspondentes aos sentidos Norte→Sul, Sul→ Norte e ao estado da via Interditada. Assuma que a variável A corresponde ao bit menos significativo e que o valor tomado por estas três funções fora da gama de representação do relógio é irrelevante. [1,0 val.]

E	D	C	B	A	NS	I	SN
0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	1	1	0	0
0	0	0	1	0	1	0	0
0	0	0	1	1	1	0	0
0	0	1	0	0	0	1	0
0	0	1	0	1	0	0	1
0	0	1	1	0	0	0	1
0	0	1	1	1	0	0	1
0	1	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	1	0	1	0
0	1	0	1	0	1	0	0
0	1	0	1	1	1	0	0
0	1	1	0	0	0	1	0
0	1	1	0	1	0	0	1
0	1	1	1	0	0	0	1
0	1	1	1	1	0	1	0
1	0	0	0	0	1	0	0
1	0	0	0	1	1	0	0
1	0	0	1	0	1	0	0
1	0	0	1	1	1	0	0
1	0	1	0	0	1	0	0
1	0	1	0	1	0	1	0
1	0	1	1	0	0	0	1
1	0	1	1	1	0	0	1
1	1	0	0	0	X	X	X
1	1	0	0	1	X	X	X
1	1	0	1	0	X	X	X
1	1	0	1	1	X	X	X
1	1	1	0	0	X	X	X
1	1	1	0	1	X	X	X
1	1	1	1	0	X	X	X
1	1	1	1	1	X	X	X

Aluno:	Nº
--------	----

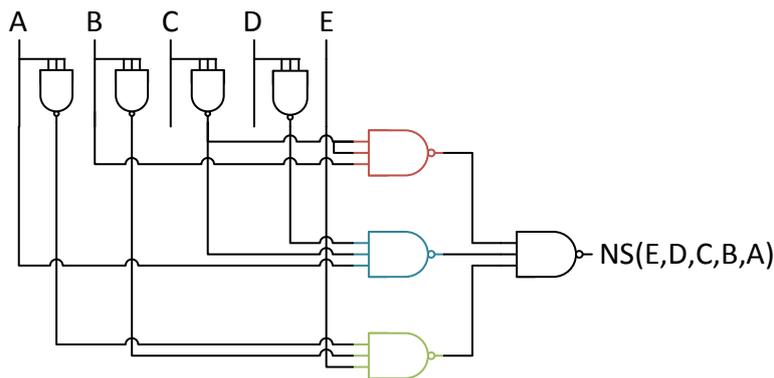
- b) Minimize a função **NS(EDCBA)** utilizando o método de minimização de Karnaugh e apresente a sua expressão mínima disjuntiva (soma de produtos). [2,0 val.]

		C B A							
E D	000	001	011	010	110	111	101	100	
00	0 ⁰	1 ¹	1 ³	1 ²	0 ⁶	0 ⁷	0 ⁵	0 ⁴	
01	0 ⁸	0 ⁹	1 ¹¹	1 ¹⁰	0 ¹⁴	0 ¹⁵	0 ¹³	0 ¹²	
11	X ²⁴	X ²⁵	X ²⁷	X ²⁶	X ³⁰	X ³¹	X ²⁹	X ²⁸	
10	1 ¹⁶	1 ¹⁷	1 ¹⁹	1 ¹⁸	0 ²²	0 ²³	0 ²¹	1 ²⁰	

$$NS(EDCBA) = (\bar{C}B) + (\bar{D}CA) + (E\bar{B}\bar{A})$$

- c) Implemente a expressão obtida na alínea anterior utilizando exclusivamente portas lógicas NAND de 3 entradas. Desenhe o logograma..... [1,5 val.]

$$NS(EDCBA) = \overline{(\bar{C}B)} + \overline{(\bar{D}CA)} + \overline{(E\bar{B}\bar{A})} = \overline{(\bar{C}B)} \cdot \overline{(\bar{D}CA)} \cdot \overline{(E\bar{B}\bar{A})}$$



- d) Indique o valor da função **NS(EDCBA)** caso o relógio (com uma avaria) marcasse o valor 28 à sua saída. Justifique..... [0,5 val.]

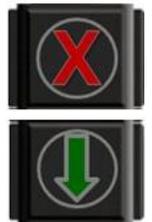
NS(28_d) ou NS(11100) = 1, pois o mintermo m₂₈, originalmente indeterminado, foi agrupado no implicante primo (E $\bar{B}\bar{A}$), utilizado na função.

Aluno:	Nº
--------	----

- e) Pretende-se implementar um sistema de alarme que indique uma avaria deste circuito de controlo. Para o efeito, o alarme deverá receber na sua entrada os sinais NS(EDCBA), SN(EDCBA) e I(EDCBA) e produzir o valor lógico '1' na sua saída (F) caso os sinais NS e SN tenham o mesmo valor lógico e a via não esteja interdita. Desenhe o logigrama deste circuito procurando utilizar o menor número de portas lógicas possível. Justifique, apresentando a expressão algébrica a que chegou. [1,0 val.]

$$A = (NS \text{ xnor } SN) \text{ and } \text{not}(I) = (NS \text{ xor } SN) \text{ nand } I$$

- f) Indique a expressão Booleana dos sinais Red(NS,SN,I) e Green(NS,SN,I) que deverão ativar os semáforos vermelho e verde na extremidade Norte da ponte. Justifique. [0,5 val.]



Green = NS

Red = not(NS)

Aluno:

Nº



(Página deixada intencionalmente em branco.)

Aluno:

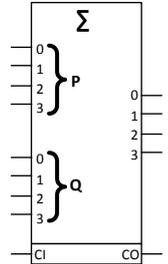
Nº

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

3. Uma empresa produtora de leite está a implementar um mecanismo de controlo do enchimento das embalagens. O leite recolhido é primeiramente colocado num depósito de Pasteurização, sendo depois transferido para garrafas, cujo volume pode ser escolhido entre 1 e 8 litros (cada garrafa). As garrafas de cada dimensão são então agrupadas em paletes de 12 unidades antes de irem para o mercado.

a) Implemente um circuito digital que calcula a capacidade de leite transportada em cada palete (P). Para o efeito, considere que o utilizador introduz a capacidade de cada garrafa (G) utilizando uma representação binária em complemento para 2 com 6 bits.

Para a realização deste circuito deverá utilizar somadores de 4-bits (ver figura), para além de outra lógica adicional que julgue necessária..... [1,5 val.]

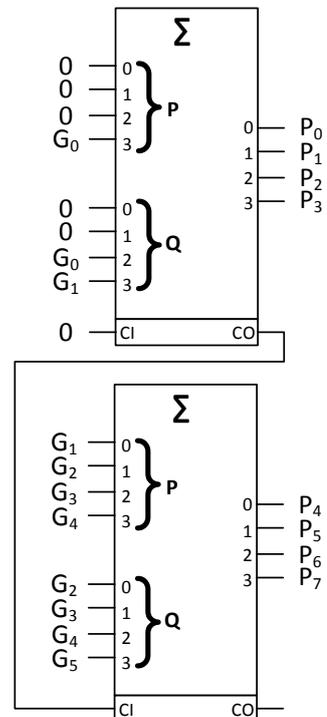


- 12 unidades

- Capacidade de cada unidade: 1 a 8 litros com 6 bits, mas x5 e x4 são sempre zero, pois trata-se sempre de um número positivo

-> Pior caso = $8 \times 12 = 96$ -> 7 bits (+1 por ser complemento para 2) = 8 bits ($y_7..y_0$), em que y_7 é sempre zero, pois o resultado é sempre positivo

$$P = G \times 12 = G \times (8+4) = G \times 8 + G \times 4 = G \times 2^3 + G \times 2^2 = G \ll 3 + G \ll 2$$



b) Considere que o depósito de Pasteurização tem a capacidade $D=107$ litros.

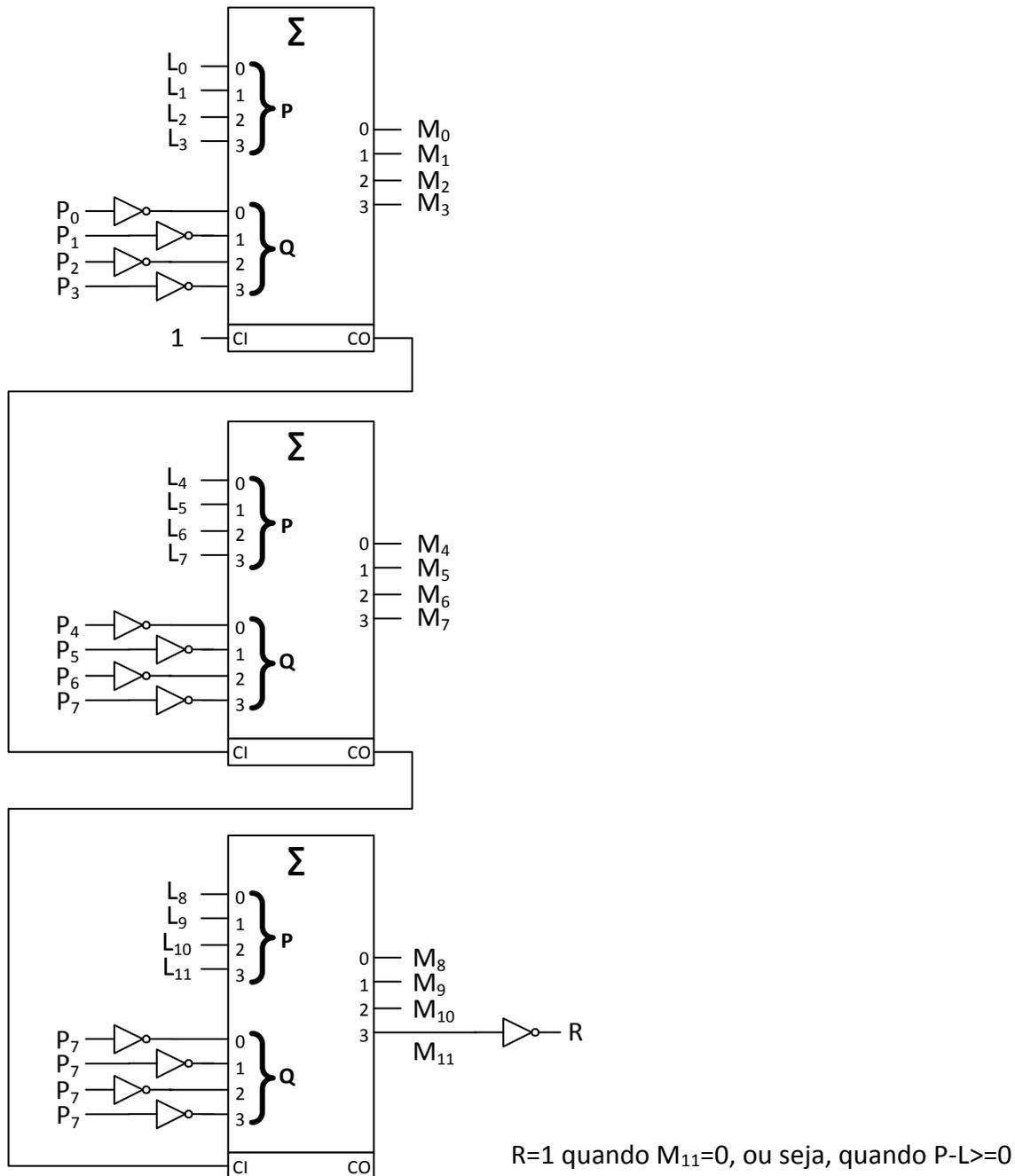
- Apresente este valor (D) na base 2, em notação de complemento para 2 com 8 bits. [1,0 val.]
- Represente o mesmo valor na base 8. [0,5 val.]

$$107_{10} = 1101011_2 = 153_8$$

Aluno:	Nº
--------	----

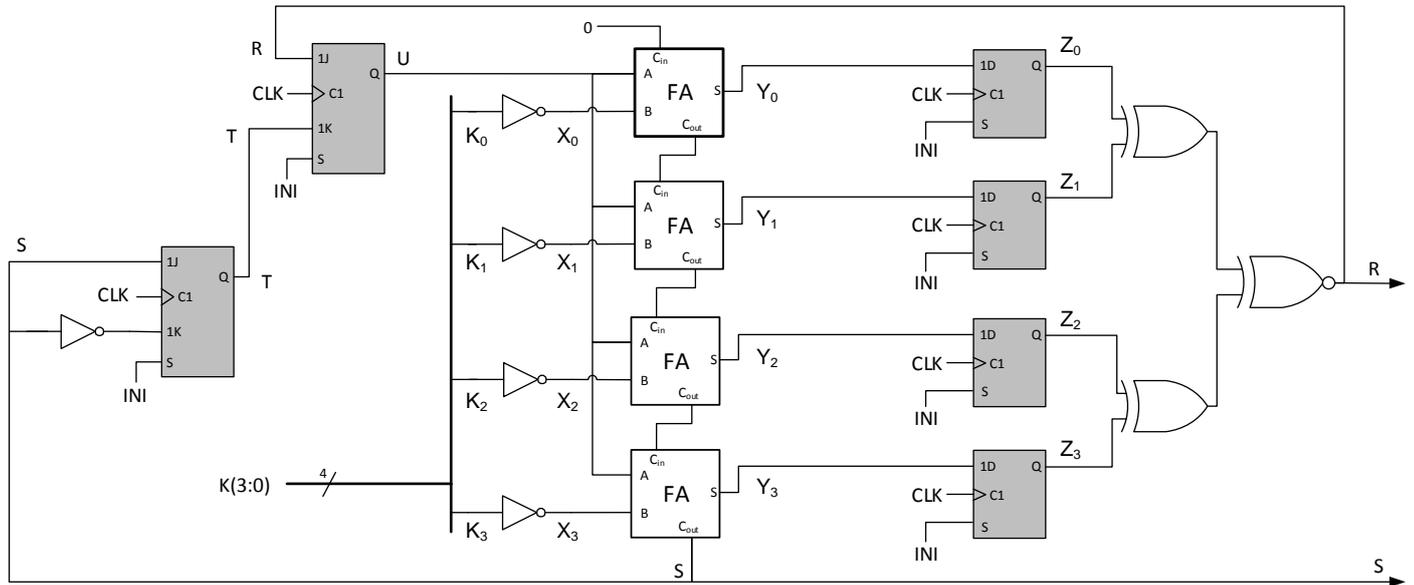
- c) Implemente um circuito que calcula a margem (M) existente no depósito de Pasteurização entre o nível de leite num dado instante (L) e a quantidade de leite necessária para encher uma nova paleta (P), ativando a saída binária *Ready* (R=1) quando a quantidade de leite for suficiente.

Assuma que esta margem (em litros) é positiva quando a quantidade de leite é suficiente para encher uma nova paleta. Para a realização deste circuito deverá voltar a utilizar somadores de 4-bits iguais aos utilizados na alínea (a) deste exercício, para além de outra lógica adicional que julgue necessária..... [2,0 val.]



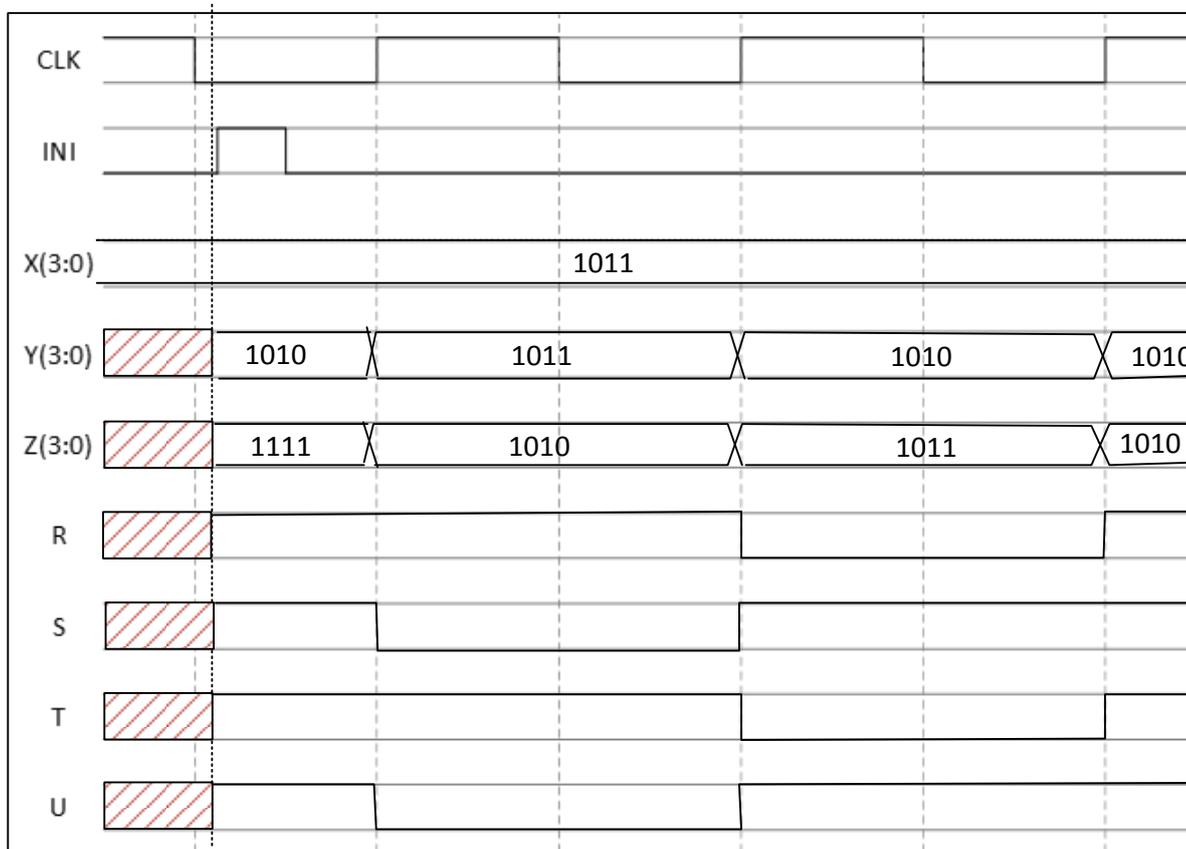
Aluno:	Nº
--------	----

4. Considere o circuito sequencial da figura abaixo.



a) Considerado que $K(3:0) = 0100_{(2)}$, e desprezando os tempos de propagação das portas lógicas, complete o diagrama temporal apresentado em baixo.

Represente os sinais indefinidos com um padrão a tracejado ()..... [2,0 val.]



Aluno:	Nº
--------	----

- b) Considerando os tempos de propagação indicados na tabela ao lado, indique qual o caminho crítico que conduz ao mínimo período de relógio. Justifique. [1,5 val.]

Componente	t_p [ps]	t_{su} [ps]	t_H [ps]
Flip-Flop D	20	10	15
Flip-Flop JK	25	15	20
Inversor	10	-	-
XOR	30	-	-
XNOR	35	-	-
FA $t_p(A,B \rightarrow S)$	70	-	-
FA $t_p(A,B \rightarrow Cout)$	40	-	-
FA $t_p(Cin \rightarrow S)$	45	-	-
FA $t_p(Cin \rightarrow Cout)$	35	-	-

$$t_p(\text{FFJK}) + t_p(\text{FA}(A,B \rightarrow \text{Cout})) + 3 \times t_p(\text{FA}(Cin \rightarrow \text{Cout})) + t_p(\text{inv}) + t_{su}(\text{FFJK}) = 25 + 40 + 105 + 10 + 15 = 195 \text{ ps}$$

- c) Indique o valor da frequência máxima de relógio. Justifique. [1,0 val.]
NOTA: apresente o resultado sob a forma de fração, caso não consiga fazer a operação.

$$F_{\max} = (10^{12}/195) \text{ Hz} = (1000/195) \text{ GHz}$$