

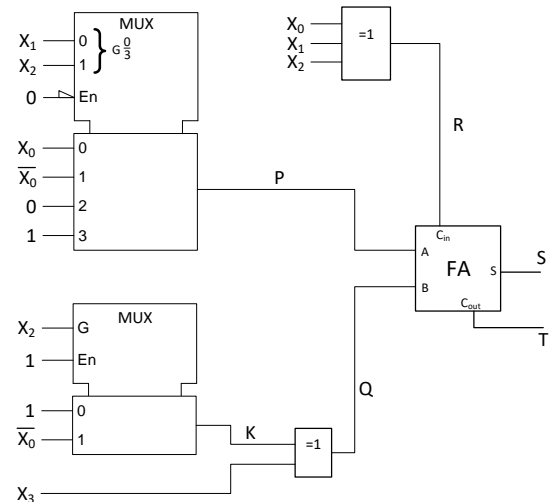
Antes de iniciar o teste, tenha em atenção o seguinte:

- 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 K, P, Q, R, S e T, em função de  $X_3, X_2, X_1, X_0$ . Assuma que a variável  $X_0$  representa o bit menos significativo..... [1,5 val.]

X3	X2	X1	X0		K	P	Q	R	S	T
0	0	0	0		1	0	1	0	1	0
0	0	0	1		1	1	1	1	1	1
0	0	1	0		1	1	1	1	1	1
0	0	1	1		1	0	1	0	1	0
0	1	0	0		1	0	1	1	0	1
0	1	0	1		0	0	0	0	0	0
0	1	1	0		1	1	1	1	0	1
0	1	1	1		0	1	0	0	0	1
1	0	0	0		1	0	0	0	0	0
1	0	0	1		1	1	0	1	0	1
1	0	1	0		1	1	0	0	0	1
1	0	1	1		1	0	0	1	0	0
1	1	0	0		1	0	0	1	1	0
1	1	0	1		0	0	1	0	1	0
1	1	1	0		1	1	0	0	1	0
1	1	1	1		0	1	1	1	1	1

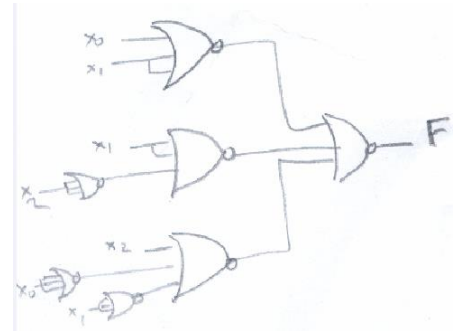


- b) Considere a função  $F(X_2, X_1, X_0) = P(0, X_2, X_1, X_0)$ , isto é, a função F corresponde à primeira metade da tabela de verdade da função P, em que a entrada  $X_3=0$ . Represente-a na forma mínima conjuntiva (produto de somas) e implemente-a utilizando portas NOR de 3 entradas. Apresente o logograma do circuito projetado. .... [1,0 val.]

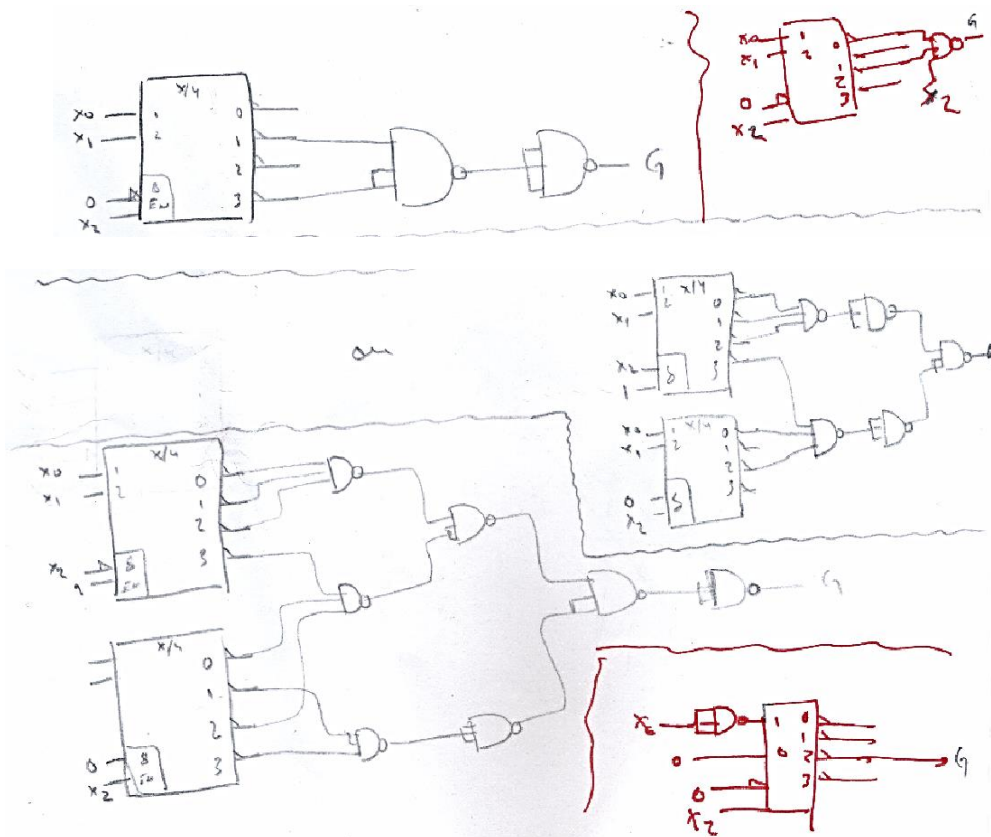
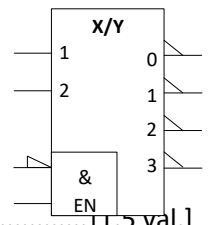
X1X0	00	01	11	10
X2				
0	0	1	0	1
1	0	0	1	1

$$F(X_2, X_1, X_0) = (X_0 + X_1) \cdot (X_1 + \overline{X_2}) \cdot (\overline{X_0} + \overline{X_1} + X_2)$$

$$= \overline{X_0} + \overline{X_1} + X_1 + \overline{X_2} + \overline{X_0} + \overline{X_1} + X_2$$



- c) Considere agora a função  $G(X_2, X_1, X_0) = K(0, X_2, X_1, X_0)$ , isto é, a função G corresponde à primeira metade da tabela de verdade da função K, em que a entrada  $X_3=0$ . Projete um circuito que permite implementar a função G utilizando obrigatoriamente um ou dois componentes iguais ao apresentado na figura ao lado. Para além deste(s) componente(s), poderá utilizar somente portas **NAND** de 3 entradas. .... [1,5 val.]



2. O gestor de frota de uma determinada empresa identificou cada veículo com um código único e classificou-o de acordo com o tipo de combustível utilizado, conforme representado na tabela seguinte.

CÓD.	MATRÍCULA	COMBUSTÍVEL
1	18-US-54	Diesel
2	17-MO-77	Gasolina
3	96-QP-73	Gasolina
4	05-ST-87	Electricidade
5	05-QQ-88	Diesel
6	89-PM-90	GPL
7	56-MU-25	Hidrogénio
8	50-ST-04	Diesel

CÓD.	MATRÍCULA	COMBUSTÍVEL
9	02-PV-02	Electricidade
10	93-RR-32	Gasolina
11	50-UV-41	Diesel
12	61-UO-42	Gasolina
13	Retirado de circulação	
14	57-MQ-40	Diesel
15	06-MR-22	GPL
16	56-UV-24	GPL

CÓD.	MATRÍCULA	COMBUSTÍVEL
17	20-NR-31	Gasolina
18	02-MQ-12	Diesel
19	47-VU-26	Electricidade
20	65-SU-62	Electricidade
21	87-OM-93	Diesel
22	32-SQ-42	Gasolina
23	31-UQ-59	Hidrogénio
24	03-TQ-82	Diesel

CÓD.	MATRÍCULA	COMBUSTÍVEL
25	19-UM-14	Gasolina
26	21-QP-72	Diesel

Tipo	Combustível
Líquido (L)	Gasolina
	Diesel
Gasoso (G)	GPL
	Hidrogénio
Elétrico (E)	Electricidade



De modo a otimizar a administração da frota, associou os diferentes combustíveis em 3 classes, representando os veículos movidos a combustíveis petrolíferos líquidos (L), i.e. Gasolina e Diesel, os combustíveis gasosos (G), i.e. GPL e Hidrogénio, e os veículos elétricos (E) – ver quadro em cima. Para o efeito, pretende-se implementar um mecanismo de controlo (à entrada da garagem) que recebe um código de 5 bits ( $C_4C_3C_2C_1C_0$ ) referente ao código da viatura e que identifica esse mesmo veículo.

a) Apresente a tabela de verdade das funções Booleanas  $L(C_4C_3C_2C_1C_0)$ ,  $G(C_4C_3C_2C_1C_0)$  e  $E(C_4C_3C_2C_1C_0)$ , correspondentes às classes de combustíveis **líquido**, **gasoso** e **elétricos**, respetivamente. Assuma que o valor tomado por estas funções é irrelevante em todas as situações em que o código não corresponda a um veículo disponível na frota. .... [1,0 val.]

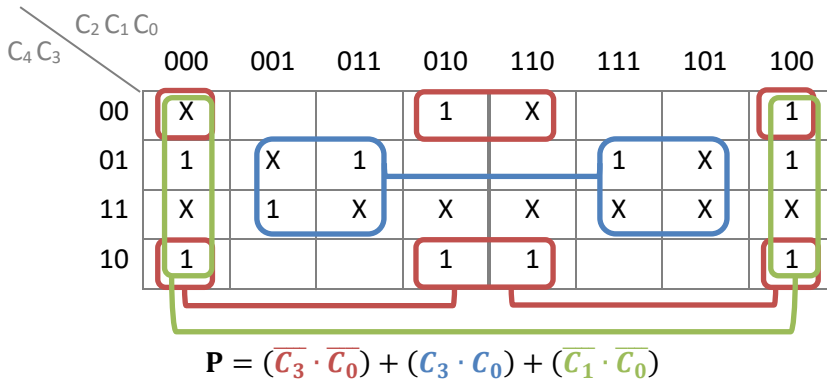
$C_4$	$C_3$	$C_2$	$C_1$	$C_0$	L	G	E
0	0	0	0	0	X	X	X
0	0	0	0	1	1	0	0
0	0	0	1	0	1	0	0
0	0	0	1	1	1	0	0
0	0	1	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	1	0	0
0	0	1	1	0	0	1	0
0	0	1	1	1	0	1	0
0	1	0	0	0	1	0	0
0	1	0	0	1	0	0	1
0	1	0	1	0	1	0	0
0	1	0	1	1	1	0	0
0	1	1	0	0	1	0	0
0	1	1	0	1	X	X	X
0	1	1	1	0	1	0	0
0	1	1	1	1	0	1	0
1	0	0	0	0	0	1	0
1	0	0	0	1	1	0	0
1	0	0	1	0	1	0	0
1	0	0	1	1	0	0	1
1	0	1	0	0	0	0	1
1	0	1	0	1	1	0	0
1	0	1	1	0	1	0	0
1	0	1	1	1	0	1	0
1	1	0	0	0	1	0	0
1	1	0	0	1	1	0	0
1	1	0	1	0	1	0	0
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

- b) Independentemente do tipo de combustível utilizado, o plano de manutenção prevê também a inspeção anual dos pneumáticos do veículo. Considere a seguinte função Booleana, que define o grupo de veículos sujeitos a inspeção durante o corrente ano:



$$P(C_4 C_3 C_2 C_1 C_0) = \sum m(2,4,8,11,12,15,16,18,20,22,25) + \sum m_d(0,6,9,13,24,26,27,28,29,30,31)$$

Minimize a função  $P(C_4 C_3 C_2 C_1 C_0)$  utilizando o método de minimização de Karnaugh e apresente a sua expressão mínima disjuntiva (soma de produtos). ..... [2,0 val.]

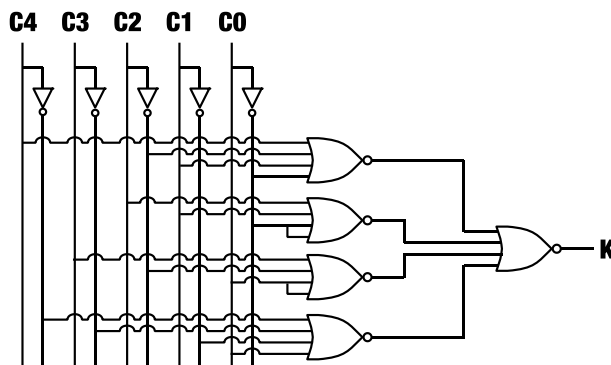


- c) Recentemente, juntou-se à frota um veículo novo para substituir o antigo veículo Nº 13 (entretanto retirado de circulação). Por lapso, o gestor esqueceu-se de o classificar perante o plano de inspeção dos pneus. Indique o valor da função  $P(C_4 C_3 C_2 C_1 C_0)$  para este veículo. Justifique. ..... [0,5 val.]

$P(13_d)$  ou  $P(01101) = 1$ , pois o mintermo  $m_{13}$ , originalmente indeterminado, foi agrupado no implicante  $C_3 C_0$ , utilizado na função.

- d) Implemente a seguinte expressão utilizando exclusivamente portas lógicas NOT e NOR4. Desenhe o logigrama. .... [1,5 val.]

$$K = (C_4 + \overline{C_2} + C_1 + \overline{C_0}) \cdot (C_2 + C_1 + \overline{C_0}) \cdot (C_3 + \overline{C_2} + C_0) \cdot (\overline{C_4} + \overline{C_3} + \overline{C_1} + C_0)$$

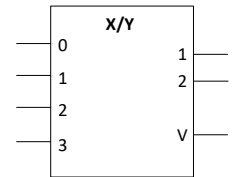


Aluno:	Nº
--------	----

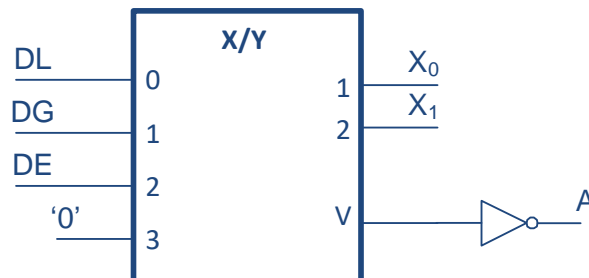
e) Para implementar medidas que reduzam as emissões de gases com efeito de estufa, o gestor pretende implementar um sistema de atribuição de viaturas que garanta que nenhum veículo da classe (L) é atribuído antes de se esgotarem todos os veículos da classe (G). De igual forma, não deve ser atribuído nenhum veículo da classe (G) sem antes se esgotarem todos os veículos da classe (E).

- Implemente um circuito que determine a classe do veículo a atribuir a cada instante. Assuma a existência das seguintes variáveis binárias (DL,DG,DE) que tomam o valor lógico '1' sempre que estejam disponíveis veículos das classes L, G e E, respetivamente.
- Assuma que a saída ( $X_1, X_0$ ) deste circuito (classe selecionada) é codificada de acordo com a tabela apresentada.
- De modo a que sejam tomadas medidas de contingência, o circuito deverá ainda apresentar uma saída (A) que indica (quando ativa a HIGH) que nenhum veículo se encontra disponível.

Classe	$X_1X_0$
L	00
G	01
E	10



Sugestão: considere a possibilidade de utilizar um codificador de prioridades com 2-bits. .... [2,0 val.]



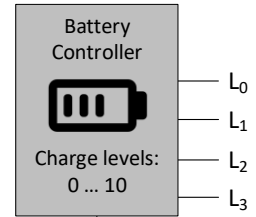


(Página deixada intencionalmente em branco.)

Aluno:

Nº

3. O controlador de bateria de um smartphone dispõe de uma saída digital para indicar a carga actual da bateria, numa escala de 11 níveis, entre 0 (completamente descarregada) e 10 (completamente carregada), utilizando uma representação binária de 4-bits, sem sinal.



a) De modo a permitir a indicação do nível de carga da bateria numa escala entre 0% e 100%, torna-se necessário conceber um circuito que multiplique o valor do nível medido por um fator de escala de 10x. .... [1,5 val.]

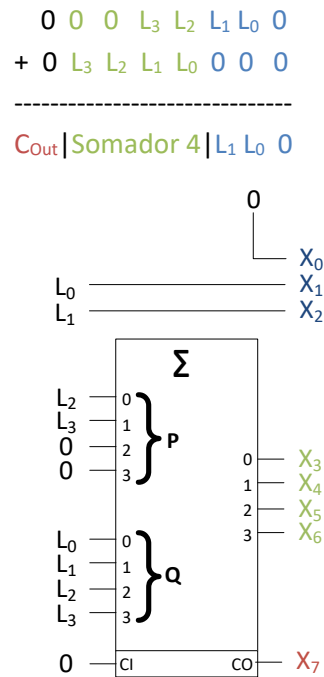
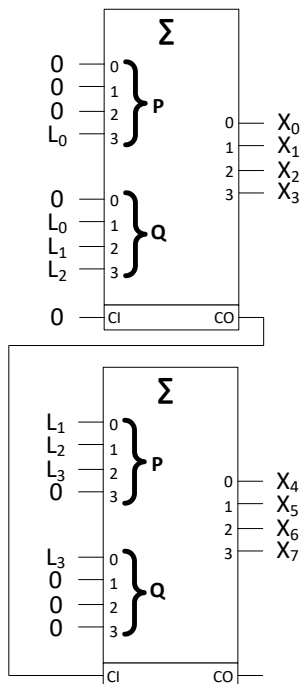
- Indique a largura mínima do barramento de saída do circuito concebido (em bits).
- Implemente o referido circuito utilizando somente somadores de 4-bits.

O barramento de saída deve ter pelo menos 7 bits, pois  $\lceil \log_2 100 \rceil = 7$

$$B = 10 \times L = (8+2) \times L = 8 \times L + 2 \times L, \text{ com } L \geq 0$$

Solução 1 (dois somadores de 4-bits):

Solução 2 (um só somador de 4-bits):



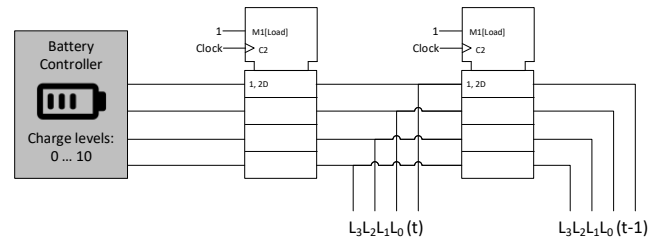
b) Para implementar um sistema de aviso ao utilizador, pretende-se ligar a saída do conversor projetado na alínea anterior a um circuito que assinale quando o nível de bateria é inferior a 1/3 do seu valor máximo. Para o efeito, torna-se necessário utilizar o valor fronteira  $F=33$ .

- Apresente este valor na base 2, em notação de complemento para 2 com 8 bits. .... [1,0 val.]
- Represente o mesmo valor na base 8 e na base 16. .... [0,5 val.]

$$33_{10} = 00100001_2 = 41_8 = 21_{16}$$

Aluno:	Nº
--------	----

- c) Para conceber uma versão mais sofisticada deste controlador, pretende-se implementar um sistema de proteção que proceda a uma monitorização do ritmo de descarga da bateria, calculando uma versão simplificada da 1ª derivada do nível da bateria  $D(t)=L(t-1)-L(t)$ , sendo que  $L(t-1)$  e  $L(t)$  são os níveis medidos (4-bits) entre dois instantes de tempo separados de 1 minuto, obtidos nas saídas de dois registos.



Em particular, caso a bateria descarregue mais do que um nível por minuto (i.e.,  $D(t) \geq 2$ ), o sistema deverá encerrar todas as aplicações abertas, de modo a salvaguardar o funcionamento mínimo do telefone.

Projete a lógica combinatória necessária de modo a gerar o sinal  $A(t)$  que deteta esta situação anómala.

Para a realização deste circuito deverá utilizar somente somadores de 4-bits, para além de outra lógica adicional que julgue necessária..... [2,0 val.]

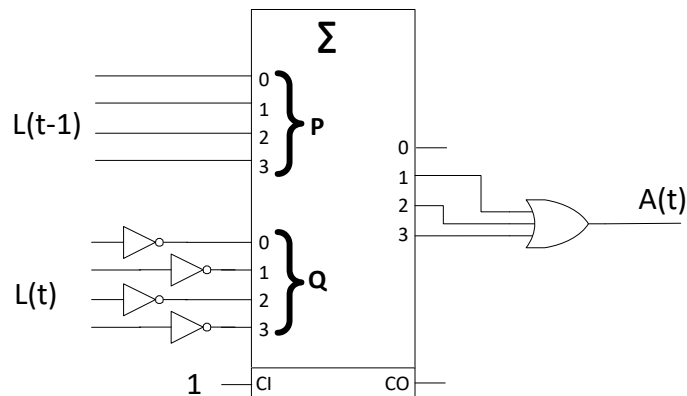
Sugestão: tenha em atenção que  $0 \leq L(t) \leq 10$  e que  $L(t-1) \geq L(t)$ , pois a bateria está sempre a descarregar.

$D(t)$  é sempre positivo, pois  $L(t-1) \geq L(t)$

$A(t)=1$  sempre que  $D(t) \geq 2$ , ou seja,  $A(t)=0$  quando:  $D(t)=0$  i.e.,  $(D_3D_2D_1D_0) = (0000)$

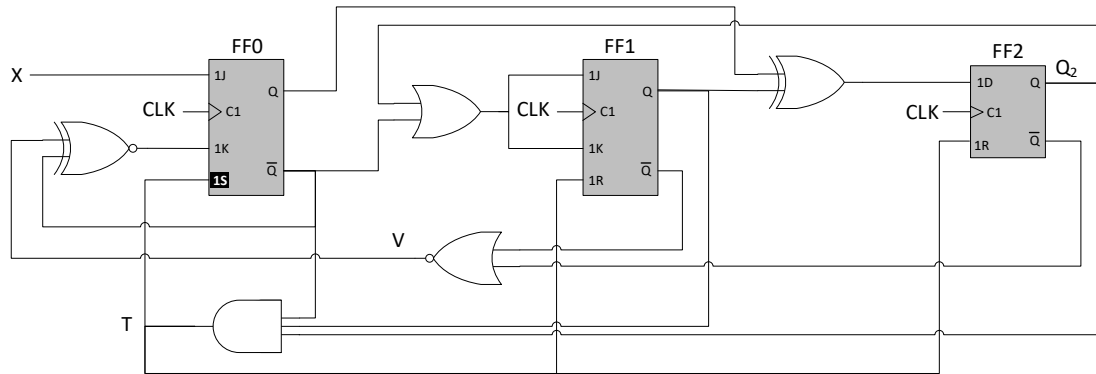
$D(t)=1$  i.e.,  $(D_3D_2D_1D_0) = (0001)$

Ou seja,  $A(t) = 1$  quando  $(D_3 \text{ OR } D_2 \text{ OR } D_1) = 1$

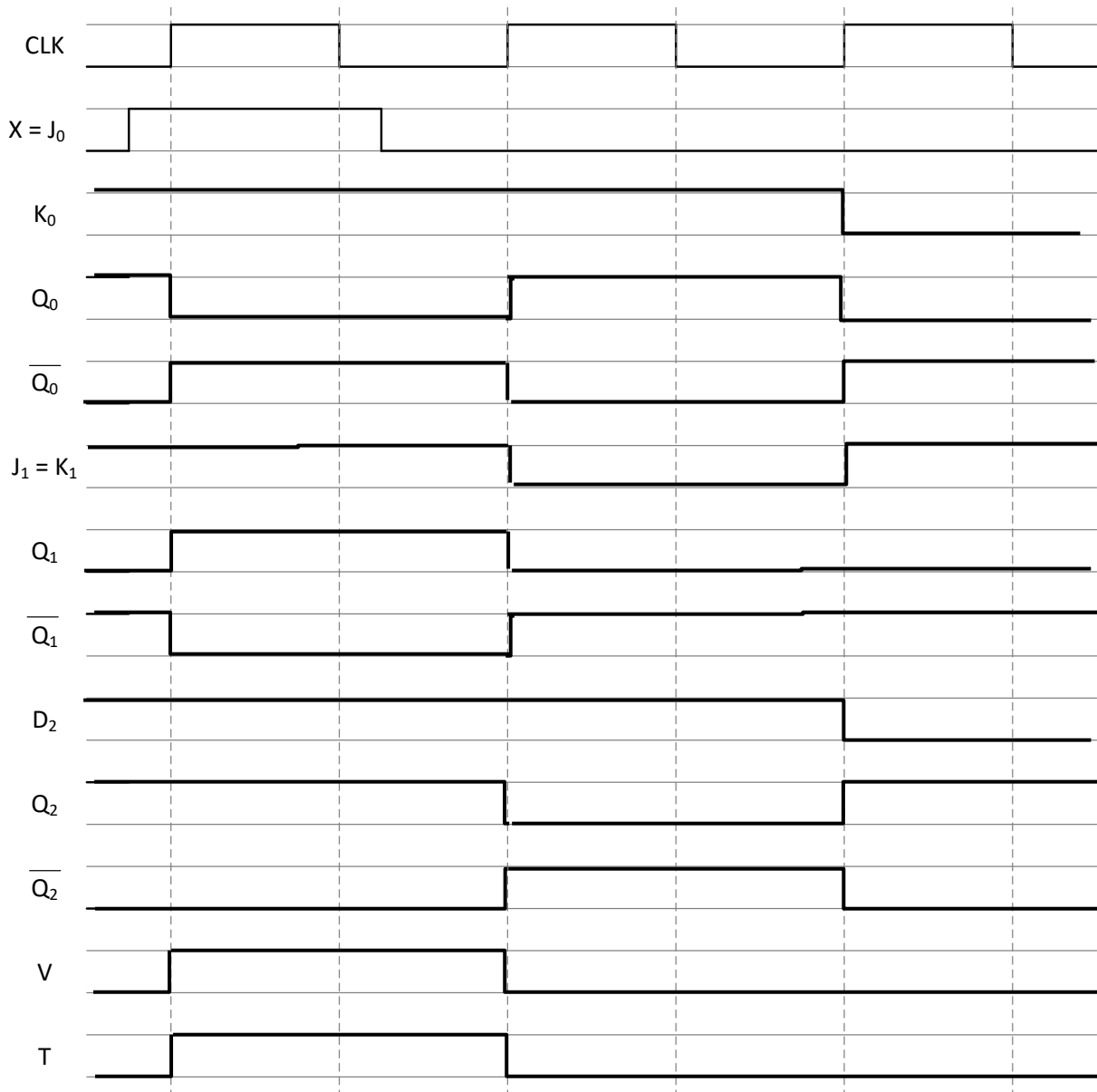




4. Considere o circuito sequencial da figura abaixo.

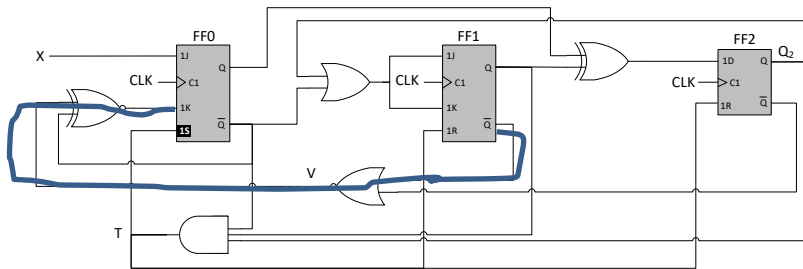


a) Complete o diagrama temporal apresentado em baixo, desprezando os tempos de propagação/setup em todos os componentes do circuito. Assuma o seguinte estado inicial  $Q_2Q_1Q_0 = 101$ . ..... [2,0 val.]



Aluno:	Nº
--------	----

- b) Considerando os tempos de propagação indicados na tabela ao lado, assinale o caminho crítico do circuito e indique o valor do período mínimo do sinal de relógio. Justifique. ..... [1,5 val.]



Componente	$t_p$ [ps]	$t_{su}$ [ps]	$t_h$ [ps]
Flip-Flop D	20	15	5
Flip-Flop JK	25	10	5
XOR2	20	-	-
XNOR2	25	-	-
AND3	20	-	-
OR2	15	-	-
NOR2	10	-	-

$$T_{min} = t_p(\text{FFJK}) + t_p(\text{NOR2}) + t_p(\text{XNOR2}) + t_{su}(\text{FFJK}) = 70\text{ps}$$

- c) Indique o valor da frequência máxima de relógio. Justifique. ..... [0,5 val.]  
NOTA: apresente o resultado sob a forma de fração, caso não consiga fazer a operação.

$$F_{max} = 1000/70 \text{ GHz} = 1/70 \text{ THz}$$