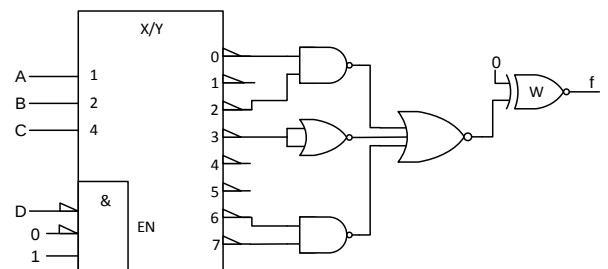


Antes de iniciar o teste, tenha em atenção o seguinte:

- 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).
- 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. Excecionalmente, 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 função booleana $f(D,C,B,A)$ na forma canónica disjuntiva (soma de produtos). Sugestões: (i) substitua a porta W por um componente equivalente; (ii) avalie, em separado, os casos em que $D=0$ e $D=1$. Justifique todos os passos.[1,5 val.]





- b) Minimize a expressão de $f(D,C,B,A)$ utilizando o método de minimização de Karnaugh. Sugestão: comece por determinar a tabela de verdade, considerando que A representa o bit menos significativo.

Nota: considere a função alternativa $f'(D,C,B,A) = m_8 + m_{10} + m_{11} + m_{14} + m_{15}$ caso não tenha respondido à pergunta anterior. [1,0 val.]

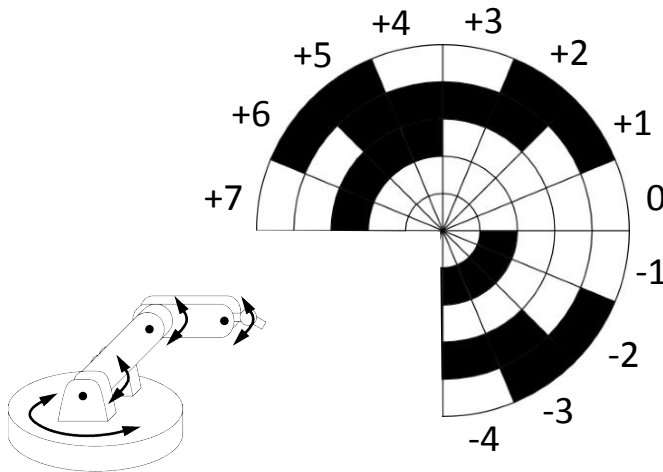
- c) Desenhe o logigrama do circuito que implementa a expressão mínima utilizando apenas portas NAND de 3 entradas..... [1,0 val.]

Aluno:

Nº

Pág. 2

2. Para controlar o ângulo de rotação de um braço robot, o seu eixo de rotação foi acoplado com um disco codificador baseado no código de Gray. O robot descreve movimentos ao longo de uma amplitude angular de $3\pi/2$, compreendido entre $-\pi/2$ (codificado com o valor -4) e $+\pi$ (codificado com o valor +7).



G3	G2	G1	G0	D3	D2	D1	D0	Valor
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	1	+1
0	0	1	0	0	0	1	1	+3
0	0	1	1	0	0	1	0	+2
0	1	0	0	0	1	1	1	+7
0	1	0	1	0	1	1	0	+6
0	1	1	0	0	1	0	0	+4
0	1	1	1	0	1	0	1	+5
1	0	0	0	1	1	1	1	-1
1	0	0	1	1	1	1	0	-2
1	0	1	0	1	1	0	0	-4
1	0	1	1	1	1	0	1	-3
1	1	0	0	Zona não permitida				
1	1	0	1					
1	1	1	0					
1	1	1	1					

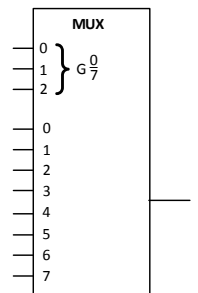
Pretende-se implementar um circuito combinatório que decodifique o valor binário de 4-bits obtido do codificador, de modo a obter o correspondente número em código

binário natural. Para o feito, preencheu-se a tabela de verdade apresentada, que representa o mapeamento entre cada código Gray (G3,G2,G1,G0) e o correspondente código binário natural (D3,D2,D1,D0).

- a) Por inspeção visual da tabela de verdade, indique a função Booleana que permite gerar o sinal ERRO(G3,G2,G1,G0), que assinala a passagem do braço para uma zona do espaço (ângulo) não permitida. Justifique, explicando detalhadamente o seu raciocínio. [1,0 val.]

- b) Indique a função Booleana na forma canónica conjuntiva (produto de somas) correspondente ao sinal $D2(G3, G2, G1, G0)$. Assuma que esta função assume o valor lógico um na zona angular não permitida (i.e., na zona em que $ERRO=1$). [1,5 val.]

- c) Implemente o circuito que permite gerar o sinal $D0(G3, G2, G1, G0)$ utilizando exclusivamente portas NOT e um único multiplexer 8:1, semelhante ao ilustrado na figura. Assuma que esta função assume o valor lógico zero na zona angular não permitida (i.e., na zona em que $ERRO=1$). [2,0 val.]



- d) Apesar de o braço poder deslocar-se no espaço angular acima descrito, existem algumas restrições que o obrigam a deslocar-se mais devagar nalguns troços, nomeadamente, nos troços correspondentes aos sectores com valores $\{-3, -4, +3, +4\}$. Desenhe o logigrama do circuito que gera o sinal Speed(G_3, G_2, G_1, G_0) que representa (com o valor lógico 0) a redução da velocidade do motor. Este sinal deve ser gerado a partir dos bits obtidos à saída do codificador de Gray, em que G_0 representa o bit menos significativo. Apresente o mapa de Karnaugh utilizado na minimização e utilize exclusivamente portas lógicas NOR de 2 entradas. Assuma que este sinal pode tomar qualquer valor quando os bits (G_3, G_2, G_1, G_0) tomam valores fora do espaço angular permitido (i.e., na zona em que ERRO=1). [1,5 val.]

- e) Indique o valor do sinal Speed (G_3, G_2, G_1, G_0) quando, inadvertidamente, a entrada (G_3, G_2, G_1, G_0) apresenta o valor (1,1,1,1). Justifique. [0,5 val.]

- f) Indique a vantagem da utilização do código de Gray na codificação do ângulo descrito pelo braço robot. Justifique. [0,5 val.]



(Página deixada intencionalmente em branco.)

Aluno:

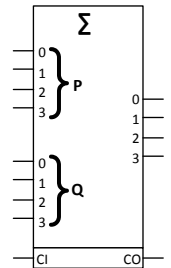
Nº

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

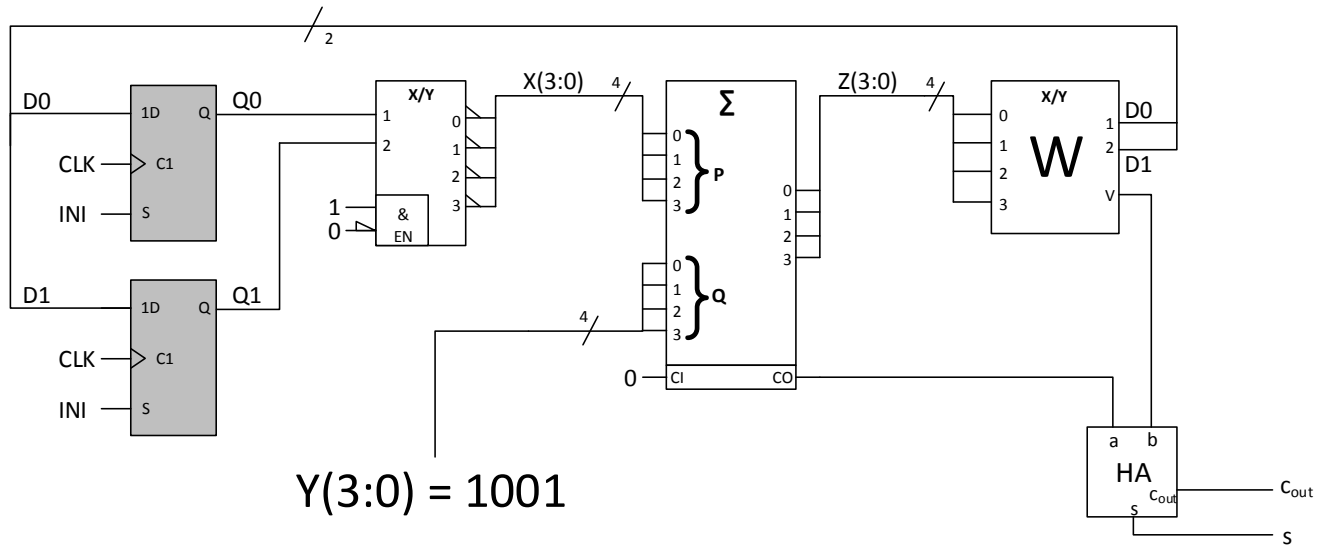
3. O termómetro instalado no exterior de um edifício integra um sensor digital, em que o valor da temperatura medido é disponibilizado na notação de números inteiros em complemento para 2.
- a) Atendendo a que o termómetro terá de suportar temperaturas extremas entre -20°C e $+45^{\circ}\text{C}$, indique o número mínimo de bits (n) necessários para representar a temperatura medida. Justifique, indicando o maior número positivo e o menor número negativo representáveis com n-bits. [1,5 val.]
- b) Devido a um erro na encomenda do termómetro, foi adquirido um sensor de um lote diferente do desejado, com a identificação $L=147_8$, que realiza a medida na escala de *Fahrenheit* (F) em vez de utilizar a escala de *Celsius* (C).
- Indique o valor do número do lote (L) na base 10 [1,0 val.]
 - Represente o número $M = -L$ na base 2, em notação de complemento para 2 com 10 bits. [0,5 val.]

- c) Implemente um circuito que permita fazer a conversão entre a escala de *Fahrenheit* (F) e a escala de *Celsius* (C), utilizando a seguinte fórmula de correção aproximada do valor da temperatura medida: $C = (F - 30) / 2$, em que as constantes 30 e 2 são fixas (isto é, não são entradas do circuito). Para a realização deste circuito deverá utilizar somadores de 4-bits (ver figura), para além de outra lógica adicional que julgue necessária.

Nota: caso não tenha realizado a alínea a), considere n=6 bits[2,0 val.]



4. Considere o circuito sequencial da figura abaixo com entradas CLK, INI e Y(3:0) e saídas S e C_{out}.



- a) Represente, através de uma tabela de verdade, a operação realizada pelo componente assinalado com a letra W, contemplando a variação de todas as saídas (D1,D0,V) em função das suas entradas (Z3,Z2,Z1,Z0). Assuma que Z0 e D0 representam os bits menos significativos..... [1,0 val.]

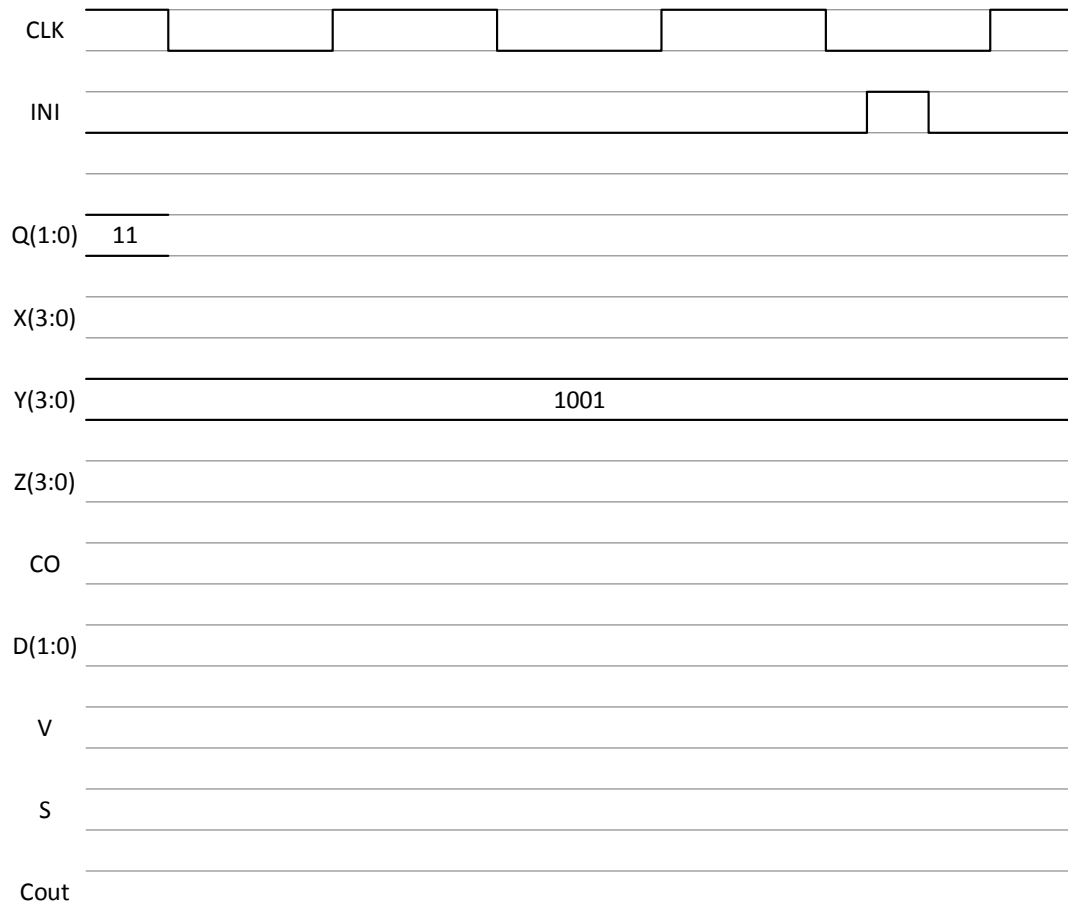
Aluno:

No

Pág. 9

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

- b) Considerado que $Y=1001_{(2)}$, e desprezando os tempos de propagação das portas lógicas, complete o diagrama temporal apresentado em baixo. [2,0 val.]



- c) Considerando os tempos de propagação indicados na tabela ao lado, indique qual o caminho crítico que conduz ao mínimo período de relógio. Justifique.
 Indique ainda o valor da frequência máxima de relógio. Justifique..... [1,5 val.]

Componente	$t_p[ps]$	$t_{su}[ps]$
Flip-Flop	20	10
Descodificador 2:4	40	-
Adder4 $tp(in \rightarrow s)$	70	-
Adder4 $tp(in \rightarrow Co)$	80	-
Codificador 4:2 $tp(in \rightarrow out)$	30	-
Codificador 4:2 $tp(in \rightarrow V)$	35	-
Half-Adder $tp(in \rightarrow S)$	10	-
Half-Adder $tp(in \rightarrow Cout)$	8	-