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

i. *Duração do teste: 1h30m.*
ii. *O teste contempla 8 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. *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 número X = 74, representado na base 10.
   a) Converta-o para a base 2. .... [1,0 val.]
   b) Utilize o resultado obtido para converter o mesmo número para base 16. .... [0,5 val.]
   c) Represente o número Y = -X na notação em complemento para dois, com 8 bits. .... [1,0 val.]

a) $1001010_{(2)}$
b) $4A_{(16)}$
c) Y = 10110110

Aluno:	Nº

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

2. Considere a função lógica $f(A,B,C,D) = \bar{A}(B \oplus C) + AB\bar{C}D + AC\bar{D}$
   a) Escreva a função na forma canónica disjuntiva (soma de produtos). Justifique. .... [1,5 val.]
   b) Apresente, no quadriculado, a tabela de verdade da função. .... [1,0 val.]

a)

$$\begin{aligned} f(A,B,C,D) &= \bar{A}(B\bar{C} + \bar{B}C) + AB\bar{C}D + AC\bar{D}, \text{ definição de XOR} \\ &= \bar{A}B\bar{C} + \bar{A}\bar{B}C + AB\bar{C}D + AC\bar{D}, \text{ prop. distributiva} \\ &= \bar{A}B\bar{C}(D + \bar{D}) + \bar{A}\bar{B}C(D + \bar{D}) + AB\bar{C}D + A(B + \bar{B})C\bar{D}, \text{ opostos} \\ &= \bar{A}B\bar{C}D + \bar{A}B\bar{C}\,\bar{D} + \bar{A}\bar{B}CD + \bar{A}\bar{B}C\bar{D} + AB\bar{C}D + ABC\bar{D} + A\bar{B}C\bar{D}, \text{ prop. distributiva} \end{aligned}$$

b)

A	B	C	D	$B \oplus C$	$\bar{A}(B \oplus C)$	$AB\bar{C}D$	$AC\bar{D}$	$f(A,B,C,D)$
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	1	0	0	1
0	0	1	1	1	1	0	0	1
0	1	0	0	1	1	0	0	1
0	1	0	1	1	1	0	0	1
0	1	1	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	0	0	1	1
1	0	1	1	1	0	0	0	0
1	1	0	0	1	0	0	0	0
1	1	0	1	1	0	1	0	1
1	1	1	0	0	0	0	1	1
1	1	1	1	0	0	0	0	0

3. Considere a função lógica f(A,B,C,D) incompletamente especificada, definida da seguinte forma:

$$f(A,B,C,D) = \Sigma m(0,1,2,8,10,13) + \Sigma m_d(3,4,11,15)$$

   a) Apresente o mapa de Karnaugh correspondente a esta função, utilizando as linhas/colunas necessárias na grelha disponibilizada para o efeito. . ... [1,0 val.]
   b) Identifique a expressão algébrica da função. Justifique. .... [1,0 val.]
   c) Na solução por si identificada, qual o valor da função quando a entrada (A,B,C,D) toma o valor 3? Justifique. .... [1,0 val.]

a)

AB \ CD	00	01	11	10
00	1	1	x	1
01	x	0	0	0
11	0	1	x	0
10	1	0	x	1

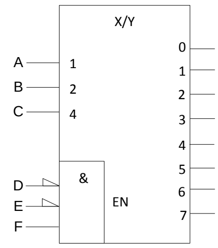
b) $f(A,B,C,D) = \overline{B}\,\overline{D} + \overline{A}\,\overline{B} + ABD$

AB \ CD	00	01	11	10
00	1	1	x	1
01	x	0	0	0
11	0	1	x	0
10	1	0	x	1

c) $f(0,0,1,1) = \overline{0}\,.\,\overline{1} + \overline{0}\,.\,\overline{0} + 0.0.1 = 1$

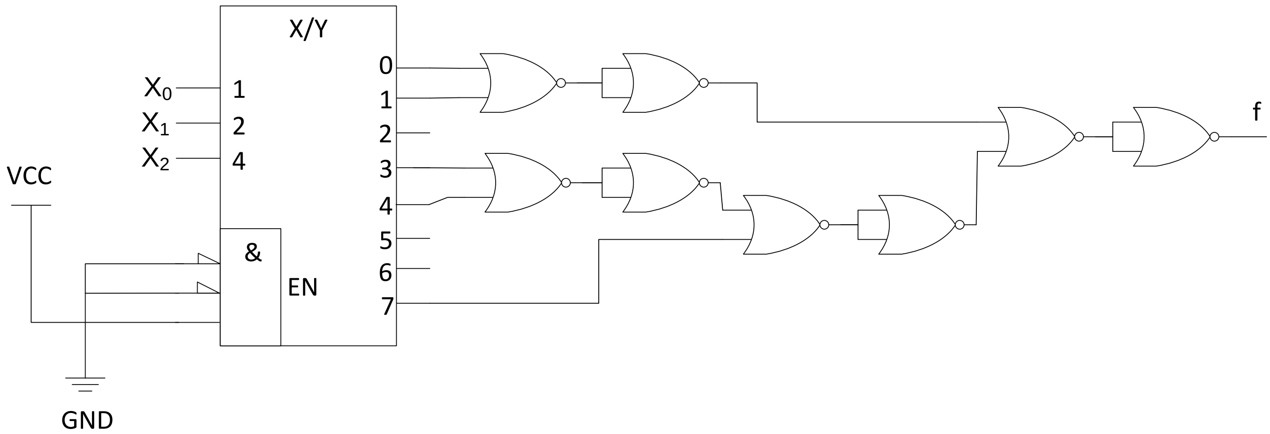
4. Considere a função lógica $f(X_2,X_1,X_0)$, definida da seguinte forma:

$$f(X_2,X_1,X_0) = \Sigma m(0,1,3,4,7)$$



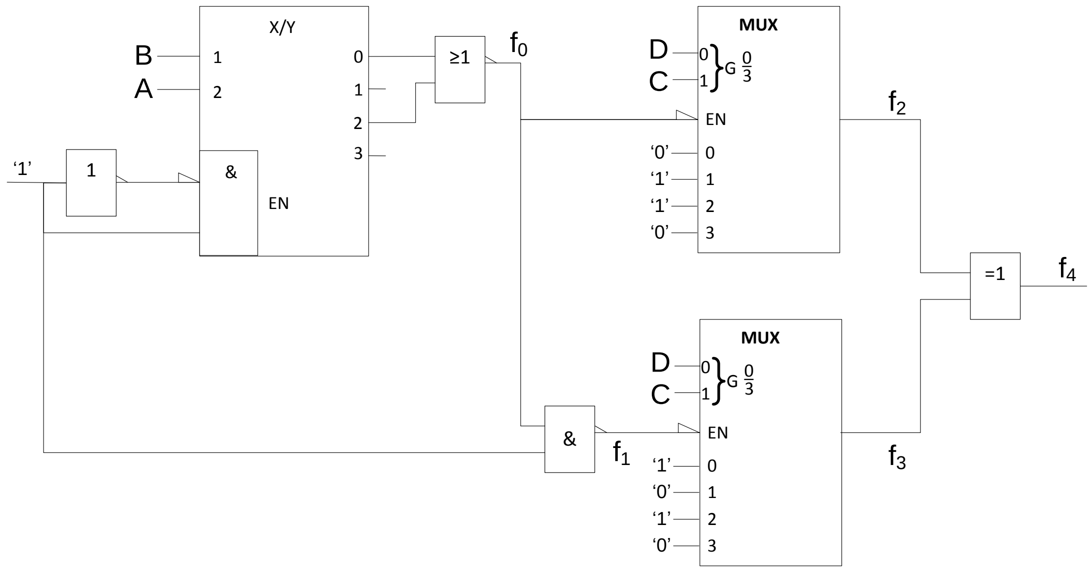
Implemente esta função utilizando apenas os seguintes componentes:

- Descodificador 3:8, com saídas não negadas
- Portas NOR de duas entradas (NOR2) .... [2,5 val.]



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

5. Considere o circuito da figura. Apresente, na quadrícula, a tabela de verdade das funções f_0, f_1, f_2, f_3 e f_4 em função das variáveis (A,B,C,D). .... [2,5 val.]



A	B	C	D	f_0	f_1	f_2	f_3	f_4
0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	1	0	1	1	0	1
0	0	1	0	0	1	1	0	1
0	0	1	1	0	1	0	0	0
0	1	0	0	1	0	0	1	1
0	1	0	1	1	0	0	0	0
0	1	1	0	1	0	0	1	1
0	1	1	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	0	1	0	1	1	0	1
1	0	1	0	0	1	1	0	1
1	0	1	1	0	1	0	0	0
1	1	0	0	1	0	0	1	1
1	1	0	1	1	0	0	0	0
1	1	1	0	1	0	0	1	1
1	1	1	1	1	0	0	0	0

Aluno:	Nº

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

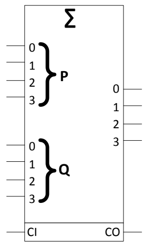
(Página deixada intencionalmente em branco.)

6. Considere, neste exercício, a representação em binário de números com sinal:
   a) Considere os seguintes números, representados com 4 bits em complemento para dois:

   A = 0011 ; B = 1001

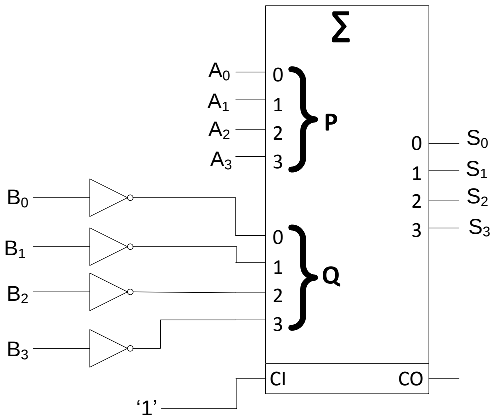
   Indique, para a operação A + B:
   i. o vector de soma (S) resultante;
   ii. o vector constituído pelos vários bits de transporte (C) gerados ao longo da operação;
   iii. o valor das flags zero (Z), negativo (N) e overflow (V) à saída da unidade aritmética. . [1,0 val.]

   b) Considere o circuito somador representado na figura. Implemente o circuito que permite realizar a operação S = A – B. Pode utilizar outros componentes que julgar necessário. .... [1,0 val.]

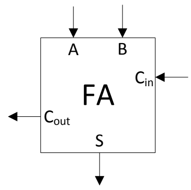


a) $S = (S_3,S_2,S_1,S_0) = (1,1,0,0)$
   $C = (C_3,C_2,C_1,C_0) = (0,0,1,1)$
   Z = 0, N = 1, V = 0

b) Realizar a operação $S = A - B$ em complemento para 2 é equivalente a $S = A + \overline{B} + 1$



7. Considere um somador completo (*Full-Adder*) de 1 bit com entradas (A,B,C_{in}) e saídas (S,C_{out}).

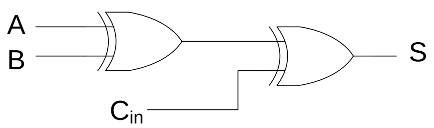


   a) Desenhe o circuito lógico da função $S(A,B,C_{in})$.
   Utilize apenas as seguintes portas lógicas:
   - XOR2, AND2, AND3, OR2, OR3 .... [1,5 val.]

   b) Considerando os tempos de propagação correspondentes a cada uma das portas lógicas utilizadas, calcule os seguintes tempos máximos de propagação:
   - $t_p(A \rightarrow S)$
   - $t_p(C_{in} \rightarrow S)$ .... [1,0 val.]

	XOR2	AND2 / OR2	AND3 / OR3
t_{pLH} [ns]	10	6	8
t_{pHL} [ns]	12	8	10

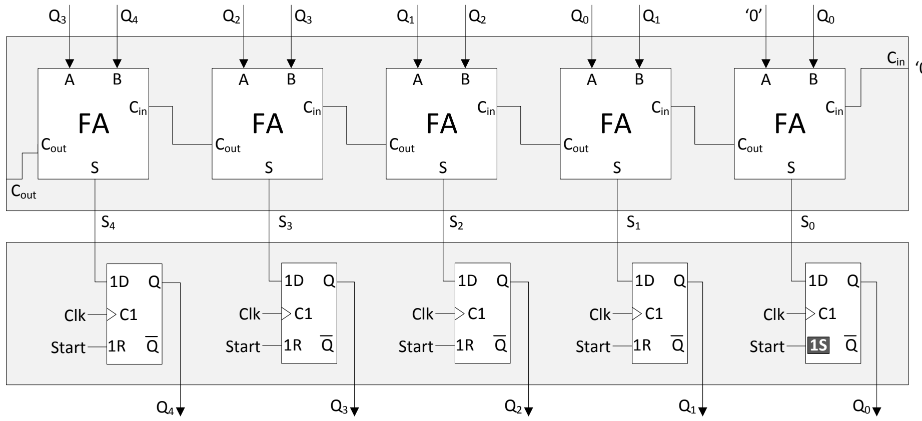
a)



b) $t_p(A \rightarrow S) = 12 + 12 = 24$ ns
$t_p(C_{in} \rightarrow S) = 12$ ns

8. Considere o seguinte circuito, constituído por um circuito somador do tipo ripple-carry e um conjunto de 5 flip-flops do tipo D. As saídas dos flip-flops estão ligadas às entradas do somador, de forma a realizar a seguinte operação: ($S_4\ S_3\ S_2\ S_1\ S_0$) = ($Q_4\ Q_3\ Q_2\ Q_1\ Q_0$) + ($Q_3\ Q_2\ Q_1\ Q_0\ 0$).

zero!!!



	S	C_{out}
A	12ns	10ns
B	12ns	10ns
C_{in}	6ns	10ns

Tabela 1

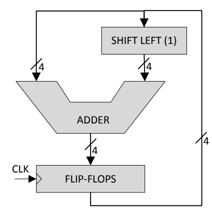
	min	max
t_{pFF}	4ns	5ns
t_{SU}	8ns	10ns
t_W	10ns	13ns

Tabela 2

a) A tabela 1 apresenta os tempos máximos de propagação entre cada uma das entradas e cada uma das saídas do módulo somador completo utilizado (FA). Exemplo: $t_p(C_{in} \rightarrow S)$ = 6ns.
Determine o tempo máximo de propagação entre a entrada B do FA correspondente ao bit menos significativo (ligada a Q_0) e a saída S_4, correspondente ao bit mais significativo. .... [1,0 val.]

$t_p(Q_0 \rightarrow S_4) = t_p(B \rightarrow C_{out}) + 3 \times t_p(C_{in} \rightarrow C_{out}) + t_p(C_{in} \rightarrow S) = 4 \times 10 + 6 = 46$ ns

b) Considerando o resultado da alínea anterior, determine a frequência máxima de funcionamento do circuito. Os parâmetros de temporização dos flip-flops estão indicados na tabela 2. SUGESTÃO: relacione o circuito anterior com o circuito apresentado na figura ao lado. NOTA: caso não tenha resolvido a alínea anterior, considere o valor $t_p(Q_0 \rightarrow S_4)$ = 50ns .... [1,0 val.]



$$f_{max} = \frac{1}{t_{SU} + t_{pFF} + t_p(Q_0 \rightarrow S_4)} = \frac{1}{10 + 5 + 46} = \frac{1}{61} GHz$$

c) Indique a sequência de valores na saída Q = ($Q_4\ Q_3\ Q_2\ Q_1\ Q_0$) após os 3 flancos ascendentes de relógio imediatamente depois da inactivação do sinal `Start`. Justifique. .... [0,5 val.]

Quando o sinal `Start` está activo Q = (0 0 0 0 1). Depois da inactivação do sinal `Start` temos:

1º flanco ascendente de relógio: Q = (0 0 0 1 1), porque S = (0 0 0 0 1) + (0 0 0 1 0) e como `set=reset`=0, a saída dos flip-flops corresponde ao valor S

2º flanco ascendente de relógio: Q = (0 1 0 0 1), porque S = (0 0 0 1 1) + (0 0 1 1 0)

3º flanco ascendente de relógio: Q = (1 1 0 1 1), porque S = (0 1 0 0 1) + (1 0 0 1 0)

(Página deixada intencionalmente em branco.)