

EA772 Circuitos Lógicos
Prof. José Mario De Martino – Prova 02 – 1º. Semestre 2013

Nome: _____ RA: _____

1. (2,0 pts) Faça a minimização de estados do sistema sequencial descrito na Tabela 1. Apresente a tabela de estados mínima.

EA	Entrada	
	x = A	x = B
S0	S5, a	S12, b
S1	S6, a	S11, b
S2	S11, b	S4, a
S3	S9, a	S8, b
S4	S9, a	S11, b
S5	S0, b	S8, b
S6	S12, b	S11, b
S7	S8, b	S3, a
S8	S2, b	S0, a
S9	S10, b	S2, b
S10	S5, a	S8, b
S11	S7, b	S12, a
S12	S6, a	S0, b
	PE, z	

Tabela 1: Tabela de Estados

2. (2,0 pts) Utilizando um único flip-flop D sensível a borda da subida e portas lógicas, projete um flip-flop SR sensível a borda de descida. Desenhe o circuito. Utilizando um único flip-flop D sensível a borda de subida e portas lógicas, projete um flip-flop JK sensível a borda de descida. Desenhe o circuito.
3. (2,0 pts) Projete um contador binário módulo 4 cíclico decrescente/crescente. O contador possui duas entradas binárias x e d. Quando x = 0, o contador permanece no estado em que se encontra, contando quando x = 1. Quando d = 1 a contagem é decrescente e quando d = 0 a contagem é crescente. Utilize flip-flops T sensíveis a borda de subida. Projete uma máquina de Moore. Faça a minimização dos circuitos combinacionais utilizando mapas de Karnaugh.
4. (2,0 pts) Projete uma máquina de Mealy que possua uma entrada binária x e uma saída binária z. A saída z(t) será igual a 1 sempre que x(t-3, t) = 0101 ou x(t-4, t) = 01101. Utilize flip-flops D sensíveis a borda de subida. Faça a minimização dos circuitos combinacionais utilizando mapas de Karnaugh.
5. (2,0 pts) Calcule a frequência máxima de operação do circuito sequencial apresentado na Figura 1. Considere $t_{in} = 2,8 \text{ ns}$, $t_{out} = 4,0$ e atraso de propagação de 0,5 ns para cada porta lógica (t_{in} é o atraso de propagação, em relação borda de acionamento do relógio, do circuito sequencial conectado à entrada x e t_{out} é o tempo de *setup* do circuito sequencial

conectado à saída z). Para os flip-flops, considere tempo de *setup* de 0,7 ns, tempo de *hold* de 0,5 ns e atraso de propagação de 3,0 ns. Apresente os cálculos e o resultado em MHz.

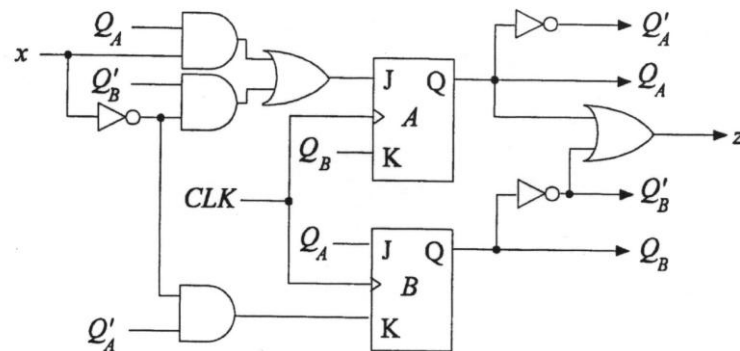


Figura 1: Circuito sequencial.

QUESTÃO 1

①

S0	S5, a	S12, b
S1	S6, a	S11, b
S2	S11, b	S4, a
S3	S9, a	S8, b
S4	S9, a	S11, b
S5	S0, b	S8, b
S6	S12, b	S11, b
S7	S8, b	S3, a
S8	S2, b	S0, a
S9	S10, b	S2, b
S10	S5, a	S8, b
S11	S7, b	S12, a
S12	S6, a	S0, b

PARTIÇÃO 1

{S0, S1, S3, S4, S10, S12} 1

{S2, S7, S8, S11} 2

{S5, S6, S9} 3

.0,4

1	S0	3	1
	S1	3	2
	S3	3	2
	S4	3	2
	S10	3	2
	S12	3	1
<hr/>			
2	S2	2	1
	S7	2	1
	S8	2	1
	S11	2	1
<hr/>			
3	S5	1	2
	S6	1	2
	S9	1	2

PARTIÇÃO 2

{S0, S12} 1

.0,4

{S1, S3, S4, S10} 2

{S2, S7, S8, S11} 3

{S5, S6, S9} 4

1	S0	4	1
	S12	4	1
2	S1	4	3
	S3	4	3
	S4	4	3
	S10	4	3
3	S2	3	2
	S7	3	2
	S8	3	1
	S11	3	1
4	S5	1	3
	S6	1	3
	S9	2	3

PARTIÇÃO 3

- {S0, S12} 1
- {S1, S3, S4, S10} 2
- {S2, S7} 3
- {S8, S11} 4
- {S5, S6} 5
- {S9} 6

0,4

1	S0	5	1
	S12	5	1
2	S1	5	4
	S3	6	4
	S4	6	4
	S10	5	4
3	S2	4	2
	S7	4	2
4	S8	3	1
	S11	3	1
5	S5	1	4
	S6	1	4
6	S9		

PARTIÇÃO 4

- {S0, S12} 1
- {S1, S10} 2
- {S3, S4} 3
- {S2, S7} 4
- {S8, S11} 5
- {S5, S6} 6
- {S9} 7

0,4

1	S0	6 1
	S12	6 1
	S1	6 5
2	S10	6 5
	S3	7 5
3	S4	7 5
	S2	5 3
4	S7	5 3
	S8	4 1
5	S11	4 1
	S5	1 5
6	S6	1 5
7	S9	

PARTIÇÃO IGUAL A ANTERIOR

PARTIÇÃO $k \geq 4$

{S0, S12} S0

{S1, S10} S1

{S3, S4} S3

{S2, S7} S2

{S8, S11} S8

{S5, S6} S5

{S9} S9

4

ESTADO

REPRESENTANTE

• 0, 4

TABELA DE ESTADOS MÍNIMA


EA	$x=A$	$x=B$
S0	S5, a	S0, b
S1	S5, a	S8, b
S3	S9, a	S8, b
S2	S8, b	S3, a
S8	S2, b	S0, a
S5	S0, b	S8, b
S9	S1, b	S2, b
	PE, +	

QUESTÃO 2

4

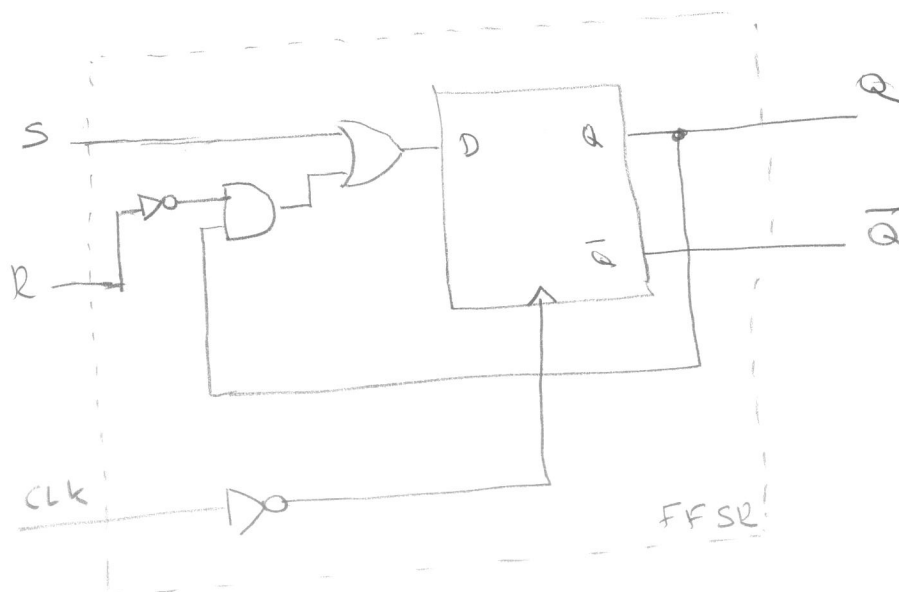
EA			D
S	R	Q(t)	Q(t+1)
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	X
1	1	1	X

D	$\bar{R}\bar{Q}(t)$	$\bar{R}Q(t)$	$RQ(t)$	$R\bar{Q}(t)$
\bar{S}	0	1	0	0
S	1	1	X	X

$$D = S + \bar{R}Q(t)$$


	$\bar{R}\bar{Q}(t)$	$\bar{R}Q(t)$	$RQ(t)$	$R\bar{Q}(t)$
\bar{S}	0	1	0	0
S	1	1	X	X

$$D = \bar{R} (S + Q(t))$$



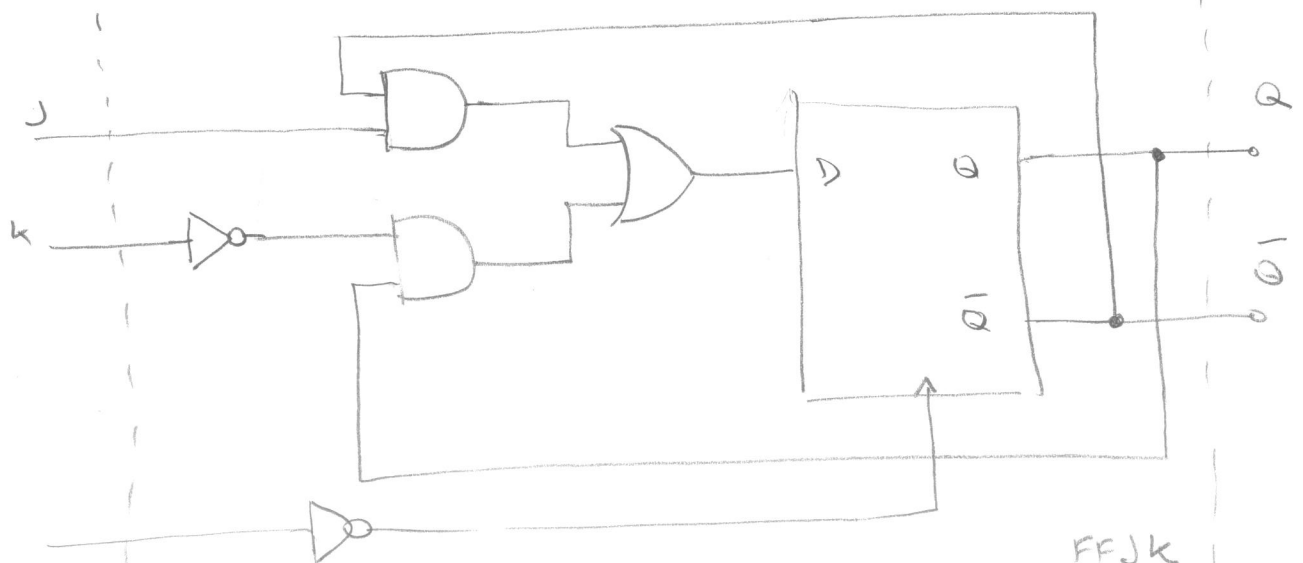
J	K	Q(t)	Q(t+1)
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

	$\bar{k}\bar{Q}(t)$	$\bar{k}Q(t)$	$kQ(t)$	$k\bar{Q}(t)$
J	0	1	0	0
j	1	1	0	1

$$D = JQ(t) + KQ(t)$$

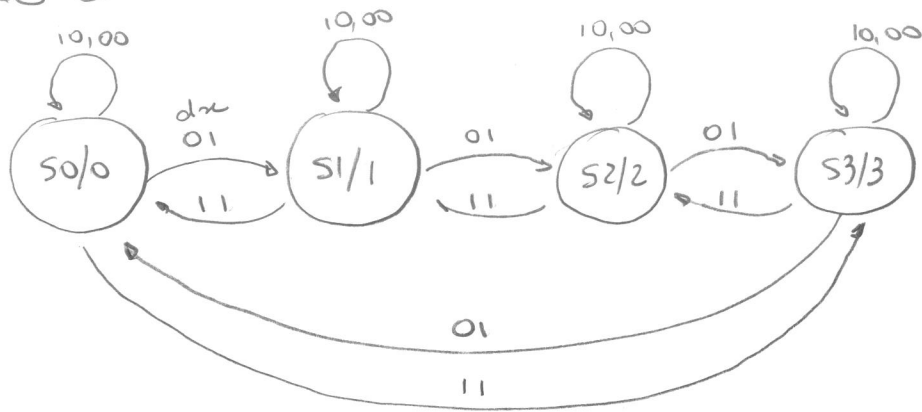
$\bar{k}\bar{q}(t)$ $\bar{k}q(t)$ $kq(t)$ $k\bar{q}(t)$

$$\mathcal{D} = (J + Q(t)) (\bar{K} + \bar{Q}(t))$$



QUESTÃO 3

6



CODIFICAÇÃO DOS ESTADOS

	y_1	y_0
S0	0	0
S1	0	1
S2	1	0
S3	1	1

CODIFICAÇÃO SAÍDA

MAQUINA DE MOORE
COM SAÍDA = ESTADO ANAL

$$z_1 = y_1$$

$$z_0 = y_0$$

EA					0.5		0.5	
d	x	y_1	y_0		y_1	y_0	T_1	T_2
0	0	0	0		0	0	0	0
0	0	0	1		0	1	0	0
0	0	1	0		1	0	0	0
0	0	1	1		1	1	0	0
0	1	0	0		0	1	0	1
0	1	0	1		1	0	1	1
0	1	1	0		1	1	0	1
0	1	1	1		0	0	1	1
1	0	0	0		0	0	0	0
1	0	0	1		0	1	0	0
1	0	1	0		1	0	0	0
1	0	1	1		1	1	0	0
1	1	0	0		1	1	1	1
1	1	0	1		0	0	0	1
1	1	1	0		0	1	1	1
1	1	1	1		1	0	0	1

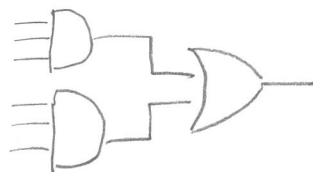
T	$Q(t+1)$		T
0	$Q(t)$	$0 \rightarrow 0$	0
1	$\overline{Q(t)}$	$0 \rightarrow 1$	1
		$1 \rightarrow 0$	1
		$1 \rightarrow 1$	0

"T₁":

7

	\bar{y}, \bar{y}_0	\bar{y}, y_0	y, y_0	y, \bar{y}_0
$\bar{d}x$	0	0	0	0
$\bar{d}x$	0	1	1	0
dx	1	0	0	1
$d\bar{x}$	0	0	0	0

$$T_1 = \bar{d}x y_0 + dx \bar{y}_0$$

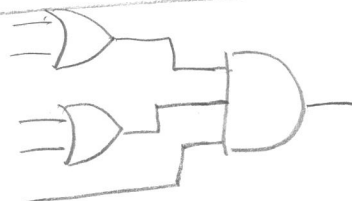


0.5

3 PORTAS
8 ENTRADAS

	\bar{y}, \bar{y}_0	\bar{y}, y_0	y, y_0	y, \bar{y}_0
$\bar{d}x$	0	0	0	0
$\bar{d}x$	0	1	1	0
dx	1	0	0	1
$d\bar{x}$	0	0	0	0

$$T_1 = x (d + y_0) (\bar{d} + \bar{y}_0)$$



3 PORTAS
7 ENTRADAS

	\bar{y}, \bar{y}_0	\bar{y}, y_0	y, y_0	y, \bar{y}_0
$\bar{d}x$	0	0	0	0
$\bar{d}x$	1	1	1	1
dx	1	1	1	1
$d\bar{x}$	0	0	0	0

$$T_2 = x$$

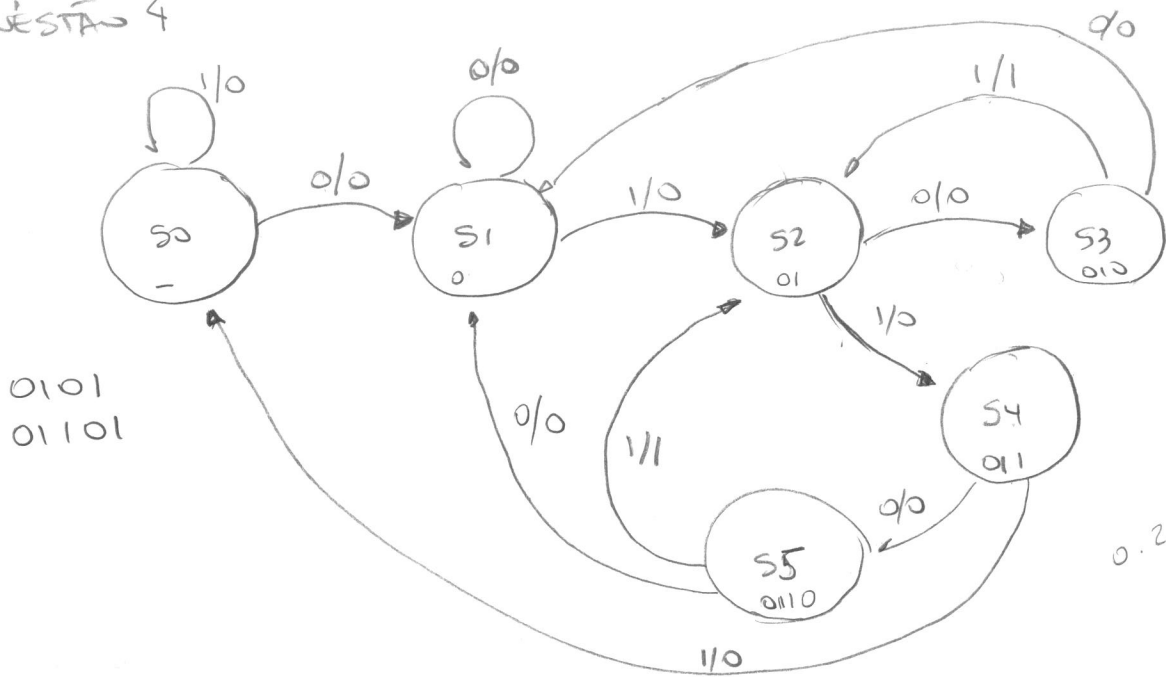
0.5

	\bar{y}, \bar{y}_0	\bar{y}, y_0	y, y_0	y, \bar{y}_0
$\bar{d}x$	0	0	0	0
$\bar{d}x$	1	1	1	1
dx	1	1	1	1
$d\bar{x}$	0	0	0	0

$$T_2 = x$$

QUESTÃO 4

8



CODIFICAÇÃO DOS ESTADOS

	y_2	y_1	y_0
S0	0	0	0
S1	0	0	1
S2	0	1	0
S3	0	1	1
S4	1	0	0
S5	1	0	1

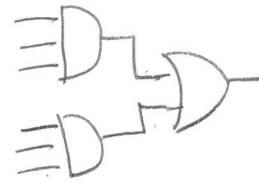
x	EA			PE			z
	y_2	y_1	y_0	Y_2	Y_1	Y_0	
0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	0	0	1	1	0
0	0	1	1	0	0	1	0
0	1	0	0	1	0	1	0
0	1	0	1	0	0	1	0
0	1	1	0	x	x	x	x
0	1	1	1	x	x	x	x
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	1	0	0
1	0	1	0	0	1	0	0
1	0	1	1	0	0	0	0
1	1	0	0	x	x	x	x
1	1	0	1	x	x	x	x

9

D_2

	$\bar{y}_1 \bar{y}_2$	$\bar{y}_1 y_2$	$y_1 \bar{y}_2$	$y_1 y_2$
$\bar{x} \bar{y}_1$	0	0	0	0
$\bar{x} y_1$	1	0	x	x
$x \bar{y}_1$	0	0	x	x
$x y_1$	0	0	0	1

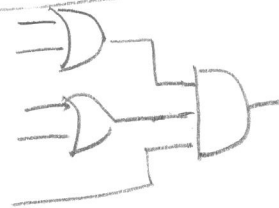
$$D_2 = \bar{x} y_2 \bar{y}_0 + x y_1 \bar{y}_0$$



3 PORTAS
8 ENTRADAS

0.2

$$D_2 = \bar{y}_0 (x + y_2) (\bar{x} + y_1)$$



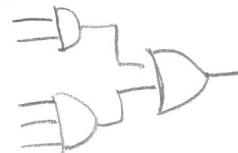
3 PORTAS
7 ENTRADAS

0.2

D_1

	$\bar{y}_1 \bar{y}_2$	$\bar{y}_1 y_2$	$y_1 \bar{y}_2$	$y_1 y_2$
$\bar{x} \bar{y}_1$	0	0	0	1
$\bar{x} y_1$	0	0	x	x
$x \bar{y}_1$	0	1	x	x
$x y_1$	0	1	1	0

$$D_1 = x y_0 + \bar{x} y_1 \bar{y}_0$$

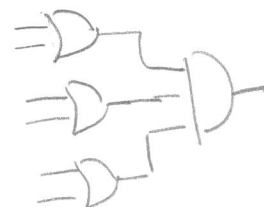


3 PORTAS
7 ENTRADAS

0.2

	$\bar{y}_1 \bar{y}_2$	$\bar{y}_1 y_2$	$y_1 \bar{y}_2$	$y_1 y_2$
$\bar{x} \bar{y}_1$	0	0	0	1
$\bar{x} y_1$	0	0	x	x
$x \bar{y}_1$	0	1	x	x
$x y_1$	0	1	1	0

$$D_1 = (x + y_1) (x + \bar{y}_0) (\bar{x} + y_0)$$



4 PORTAS
9 ENTRADAS

0.2

D_0

	$\bar{y}_1 \bar{y}_0$	$\bar{y}_1 y_0$	$y_1 \bar{y}_0$	$y_1 y_0$
$\bar{x} \bar{y}_2$	1	1	1	1
$\bar{x} y_2$	1	1	x	x
$x \bar{y}_2$	0	0	x	x
$x y_2$	0	0	0	0

$$D_0 = \bar{x}$$

0.2

	$\bar{y}_1 \bar{y}_0$	$\bar{y}_1 y_0$	$y_1 \bar{y}_0$	$y_1 y_0$
$\bar{x} \bar{y}_2$	1	1	1	1
$\bar{x} y_2$	1	1	x	x
$x \bar{y}_2$	0	0	x	x
$x y_2$	0	0	0	0

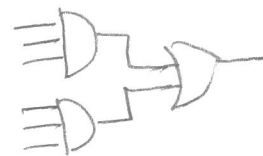
$$D_0 = \bar{x}$$

0.2

z

	$\bar{y}_1 \bar{y}_0$	$\bar{y}_1 y_0$	$y_1 \bar{y}_0$	$y_1 y_0$
$\bar{x} \bar{y}_2$	0	0	0	0
$\bar{x} y_2$	0	0	x	x
$x \bar{y}_2$	0	1	x	x
$x y_2$	0	0	1	0

$$z = x y_2 y_0 + x y_1 y_0$$

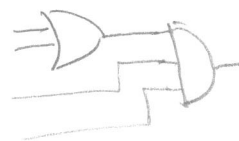


3 PORTAS
8 ENTRADAS

0.2

	$\bar{y}_1 \bar{y}_0$	$\bar{y}_1 y_0$	$y_1 \bar{y}_0$	$y_1 y_0$
$\bar{x} \bar{y}_2$	0	0	0	0
$\bar{x} y_2$	0	0	x	x
$x \bar{y}_2$	0	1	x	x
$x y_2$	0	0	1	0

$$z = x y_0 (y_2 + y_1)$$



2 PORTAS
5 ENTRADAS

0.2

QUESTÃO 5

11

$$f_{\max} = \frac{1}{T_{\min}}$$

$$T_{\min} = \max \left\{ \begin{array}{l} t_{in} + d_1^x + t_{su}(FF); \\ t_p(FF) + d_1^y + t_{su}(FF); \\ t_p(FF) + d_2 + t_{out} \end{array} \right\}$$

DADOS:

$$t_{in} = 2,8ns; t_{su}(FF) = 0,7ns; t_p(FF) = 3,0ns; t_{out} = 4,0ns$$

- CÁLCULO DE d_1^x : ATRASO DE x NO CIRCUITO 1



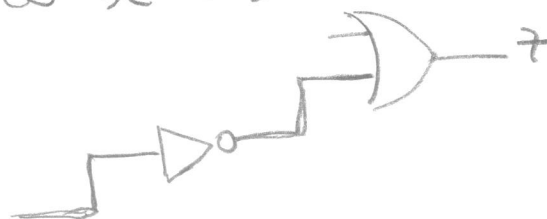
$$d_1^x = t_p(NOT) + t_p(AND2) + t_p(OR2) = 3.0,5 = 1,5ns$$

- CÁLCULO DE d_1^y : ATRASO DE y (QB NO PRIMEIRO CASO) NO CIRCUITO 1



$$d_1^y = t_p(NOT) + t_p(AND2) + t_p(OR2) = 3.0,5 = 1,5ns$$

- CÁLCULO DE d_2 : ATRASO DE QB NO CIRCUITO 2



$$d_2 = t_p(105) + t_p(022) = 2,05 = 1,0 \text{ ns} \quad .04$$

(12)

PORTAND

$$t_{in} + d_1^x + t_{su}(FF) = 2,8 + 1,5 + 0,7 = 5,0 \text{ ns} \quad .2$$

$$t_p(FF) + d_1^y + t_{su}(FF) = 3,0 + 1,5 + 0,7 = 5,2 \text{ ns} \quad .2$$

$$t_p(FF) + d_2 + t_{out} = 3,0 + 1,0 + 4,0 = 8,0 \text{ ns} \quad .2$$

$$T_{min} = 8,0 \text{ ns}$$

$$f_{max} = \frac{1}{8,0 \times 10^{-9}} = 125 \text{ MHz} \quad .2$$