

SISTEMAS DIGITAIS - FOLHA 10

CIRCUITOS SEQUENCIAIS (ESTADOS EQUIVALENTES, CIRC. ASSÍNCRONOS)

- 1) Depois de analisadas as especificações para um circuito sequencial chegou-se à conclusão que o circuito tem uma entrada x , uma saída z , e tem que obedecer à tabela de estados que se indica a seguir.

Estado presente	Estado seguinte		Saída z
	$x=0$	$x=1$	
a	d	c	0
b	f	h	0
c	e	d	1
d	a	e	0
e	c	a	1
f	f	b	1
g	b	h	0
h	c	g	1

Encontre todos os estados equivalentes, e represente a tabela de estados mínima.

- 2) Faça o mesmo para a tabela de estados à direita, de um circuito com duas entradas x, y e uma saída z que é função do estado presente e das entradas x e y (Teste 8.7.94)

estado presente q^n	xy				xy			
	00	01	10	11	00	01	10	11
1	6	2	1	1	0	0	0	0
2	6	3	1	1	0	0	0	0
3	6	9	4	1	0	0	1	0
4	5	6	7	8	1	0	1	0
5	5	9	7	1	1	0	1	0
6	6	6	1	1	0	0	0	0
7	5	10	7	1	1	0	1	0
8	6	2	1	8	0	0	0	0
9	9	9	1	1	0	0	0	0
10	6	11	1	2	0	0	0	0
11	6	9	4	1	0	0	1	0
	q^{n+1}				saída z			

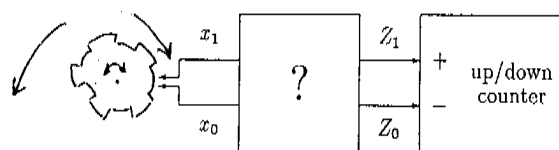
- 3) Depois de analisar as especificações para um circuito sequencial assíncrono chegou-se à conclusão que o circuito tem duas entradas X, Y e tem que obedecer à seguinte tabela de estados

presente $Q_1 Q_0$	XY			
	00	01	11	10
00	00	01	11*	11*
01	01	01	11	10*
11	11	10	11	11
10	00	10	11	10

onde $Q_1 Q_0$ representam o estado presente (já codificados) e $Q_1^+ Q_0^+$ representam o estado seguinte a uma variação das sinais de entrada. Os estados estáveis estão assinalados com um círculo.

- (i) Descreva por palavras e com o auxílio de 'setas' todas as corridas (críticas ou não críticas) que podem ocorrer. (ii) Resolva o problema das corridas críticas introduzindo estados adicionais

4)



No circuito da figura dois sensores x_1 e x_0 permitem detectar se um disco giratório roda para a direita ou para a esquerda.

- Se o disco roda para a direita x_1 é activado primeiro ($x_1=1$) e só depois é activado x_0 ($x_0=1$). Neste caso o contador deve incrementar ($z_1 z_0 = 10$)
- Se o disco roda para a esquerda x_0 é activado primeiro e só depois é activado x_1 . Neste caso o contador deve decrementar ($z_1 z_0 = 01$)

Em qualquer momento o sentido da rotação pode ser alterado.

- (i) Construa a tabela de estados do circuito de controlo (ii) codifique a tabela evitando corridas críticas (iii) realize o controlo utilizando FF tipo D

SD F10

2/2

SISTEMAS DIGITAIS - FOLHA 10 CORREÇÃO

ESTADOS EQUIVALENTES, CIRC. ASSÍNCRONOS

Problema
1)

TABELA DE IMPLICAÇÕES

b	$a=f$ $c=h$					
c						
d	$e=c$	$a=f$ $h=e$				
e			$e=c$ $d=a$			
f			$e=f$ $d=b$	$c=f$ $a=b$		
g	$a=f$ $e=h$	$f=b$	$a=b$ $e=h$			
h		$f=c$ $h=g$	$e=c$ $d=g$	$c=g$ $b=g$		
	a	b	c	d	e	f

a equivale a b se e só se d equivale a f e e equivale a h
 b, c não são equivalentes porque têm saídas diferentes

- Definir os estados equivalentes: saídas iguais e estados seguintes iguais para todas as combinações das entradas.

- Instruções para completar a tabela de implicações

- (1) marcar com X os estados não equivalentes porque têm saídas diferentes
- (2) no caso de saídas iguais, colocar dentro dos quadrados as igualdades que têm que existir para que o par de estados em estudo seja equivalente
- (3) completar a tabela, revisar de novo e verificar se as igualdades são verdadeiras em todas as situações; no caso de falsas o par de estados em estudo não é equivalente — marcar com X
- (4) Repetir (3) até que não haja mais alterações à tabela

(5) os quadradinhos que no fim não tem X,
contêm os estados equivalentes

Solução: neste caso os estados equivalentes são

$$e \equiv c$$

$$d \equiv a$$

(porque aparecem nos únicos quadradinhos da tabela que não tem X)

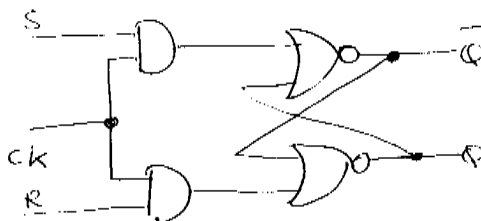
A tabela de estados simplificada (minima) é'

Estado presente	Estado seguinte		Saída Z
	X=0	1	
a	a	c	0
b	f	h	0
c	c	a	1
f	f	b	1
g	b	h	0
h	c	g	1

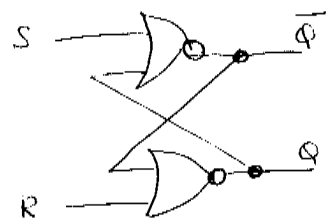
Problema 3

Introduzir aos circuitos assíncronos:

FF síncrono



FF assíncrono



FF síncrono

O FF muda de estado só em determinado instante definido pela entrada do relógio (ck) — TODOS os estados são estáveis

FF assíncrono

O FF muda de estado imediatamente e instantaneamente após uma mudança no valor lógico das entradas — Há estados ESTÁVEIS e estados INSTÁVEIS

CORRIDAS LÓGICAS — existem em circuitos assíncronos quando dois (ou mais) FF mudam de estado simultaneamente

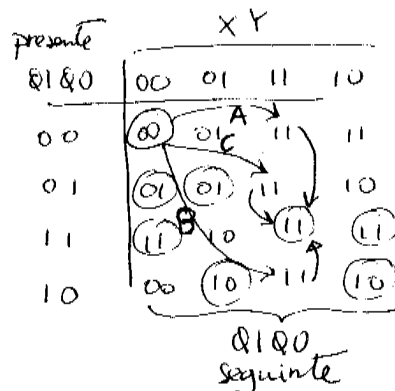
CORRIDA NÃO CRÍTICA — o estado final NÃO depende da ordem pela qual os FF mudam de estado.

CORRIDA CRÍTICA — o estado final é diferente conforme a ordem pela qual os FF mudam de estado

Há 3 corridas neste circuito

1ª corrida

Transição $XY = 00$ para $XY = 11$ quando o circuito está inicialmente no estado $Q_1 Q_0 = 00$



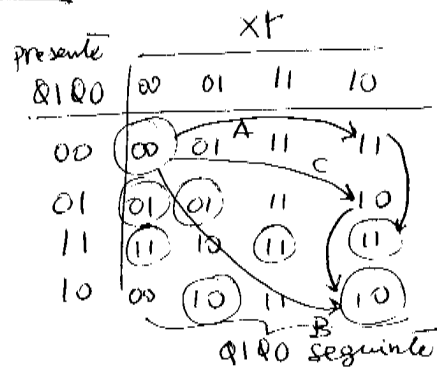
CASO A - FF mudam de estado simultaneamente \rightarrow
estado final $Q_1 Q_0 = 11$

CASO B - FF Q_1 muda 1º de estado: $Q_1 Q_0 = 00$ para $Q_1 Q_0 = 10$
 \rightarrow estado final $Q_1 Q_0 = 11$

CASO C - FF Q_0 muda 1º de estado: $Q_1 Q_0 = 00$ para $Q_1 Q_0 = 01$
 \rightarrow estado final $Q_1 Q_0 = 11$

CONCLUSÃO: CORRIDA NÃO CRÍTICA

2ª CORRIDA: Transição $X^r = 00$ para $X^r = 10$ quando $Q_1 Q_0 = 00$



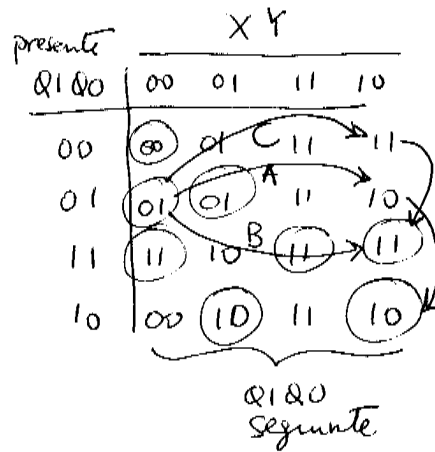
CASO A - FF mudam de estado ao mesmo tempo
 \rightarrow estado final $Q_1 Q_0 = 11$

CASO B - FF Q_1 muda 1º: $Q_1 Q_0 = 00$ para $Q_1 Q_0 = 10$
 \rightarrow estado final $Q_1 Q_0 = 10$

CASO C - FF Q_0 muda 1º: $Q_1 Q_0 = 00$ para $Q_1 Q_0 = 01$
 \rightarrow estado final $Q_1 Q_0 = 10$

Conclusão: CORRIDA CRÍTICA

3ª corrida: transição $Xr=00$ para $Xr=10$
quando $Q1Q0 = 01$



Caso A: estado final $Q1Q0 = 10$

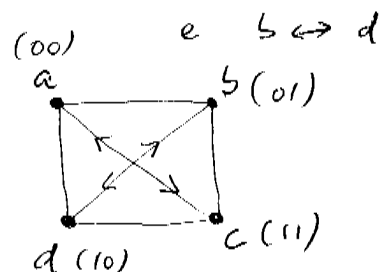
Caso B: FF $Q1$ muda 1^o : $Q1Q0 = 01$ para $Q1Q0 = 11$
→ estado final $Q1Q0 = 11$

Caso C: FF $Q0$ muda 1^o : $Q1Q0 = 01$ para $Q1Q0 = 00$
→ estado final $Q1Q0 = 11$

conclusão → CORRIDA CRÍTICA

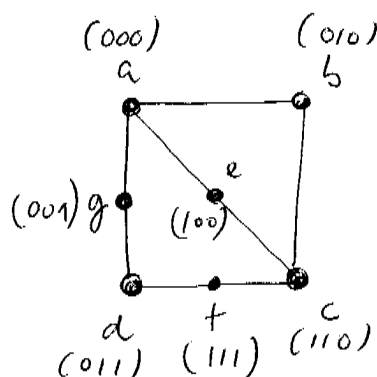
(ii) Solução de corridas críticas por introdução de estados adicionais

CODIFICAÇÃO TRIVIAL: corridas críticas entre $a \leftrightarrow c$



Introdução de 3 estados adicionais (com auxílio do mapa de karnaugh)

$Q_2 Q_1$	0	1
00	a	g
01	b	d
11	c	f
10	e	



abstração da tabela de estados

presente	Q	XY			
	Q	00	01	11	10
(00) a	a	(a)	b	c	c
(01) b	b	(b)	(b)	c	d
(11) c	c	(c)	d	(c)	(c)
(10) d	d	a	(d)	c	(d)

Q seguinte

Nova Tabela

presente	Q	XY			
	Q	00	01	11	10
(000) a	a	a	b	e	e
(010) b	b	b	b	c	d
(110) c	c	c	f	c	c
(011) d	g	g	d	f	d
(100) e	-	-	-	c	c
(111) f	-	-	d	c	-
(001) g	a	-	-	-	-
(101) h	-	-	-	-	-

Q seguinte

A nova tabela de estados NAO tem corridas críticas
(-) significa "don't care"

(OPCIONAL)

A síntese do circuito com FF tipo D ou tipo T significa

a construção de 3 mapas de karnaugh (para D_0, D_1, D_2 ou T_0, T_1, T_2) de 5 variáveis (Q_0, Q_1, Q_2, X, Y). Usualmente,

com FF tipo J-k ou tipo R-S o número de mapas de karnaugh é o dobro!

SD F10 6

Problema 4

Diagrama de estados

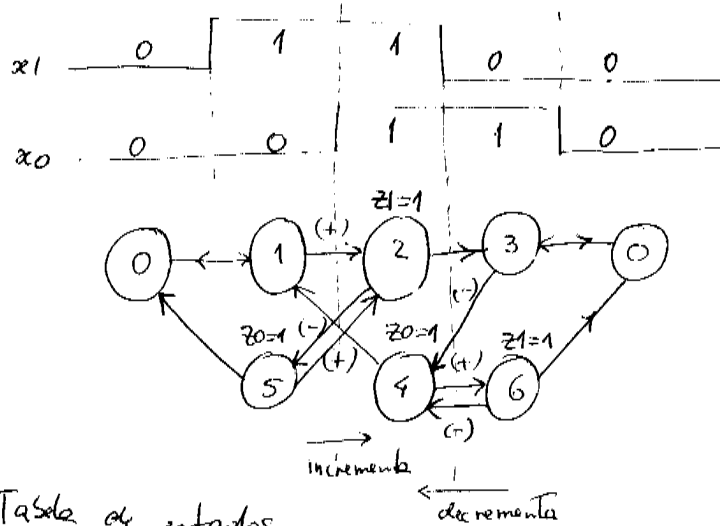


Tabla de estados

descripción	presente	$x_1 x_0$				$z_1 z_0$	
		00	01	11	10		
ningún sensor activado	0	0	3	-	1	0	0
x_1 activado	1	0	-	2	1	0	0
$x_1 x_0$ activados	2	-	3	2	5	1	0
x_0 activado	3	0	3	4	-	0	0
$x_0 x_1$ activados	4	-	6	4	1	0	1
$x_1 x_0 \bar{x}_0$	5	0	-	2	5	0	1
$x_0 x_1 \bar{x}_1$	6	0	6	4	-	1	0

Q siguiente

(-) significa imposible ("don't care")

Transformação de MÁQUINA DE MOORE (saídas só dependem dos estados) para MÁQUINA DE HEALY (saídas dependem dos estados e das entradas):

presente Q	x1 x0				x1 x0			
	00	01	11	10	00	01	11	10
0	①	3	-	1	00	-	-	-
1	0	-	2	①	-	-	-	00
2	-	3	②	5	-	-	10	-
3	0	③	4	-	-	00	-	-
4	-	6	④	1	-	-	00	-
5	0	-	2	⑤	-	-	-	01
6	0	⑥	4	-	-	10	-	-

(-) significa "don't care" Z1 Z0

Fusão de estados

(0, 1) "fundem-se" no estado "0"
 (2, 5) " " no estado "2"
 (4, 6) " " no estado "4"

presente Q	x1 x0				x1 x0			
	00	01	11	10	00	01	11	10
0	①	3	2	①	00	-	-	00
2	0	3	②	②	-	-	10	01
3	0	③	4	-	-	00	-	-
4	0	④	④	0	-	10	00	-

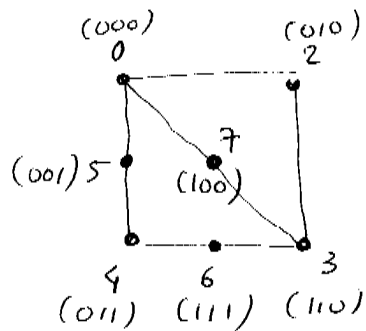
Q seguinte

Z1 Z0

SD F10

f

Codificamos os estados para evitar corridas críticas — 3 estados adicionais são introduzidos.



Nova tabela de estados já codificada:

desenciar	presente	z1 z0				z1 z0			
		00	01	11	10	00	01	11	10
"0"	000	000	100	010	000	00	-	-	00
"2"	010	000	100	010	010	-	-	10	01
"3"	110	100	110	111	-	-	00	-	-
"4"	011	001	011	011	001	-	10	00	-
"5"	001	000	-	-	000	-	-	-	-
"6"	111	-	-	011	-	-	-	-	-
"7"	100	000	110	-	-	-	-	-	-
→ "8" 'extra'	101	z1 z0				z1 z0			

Q2 Q1 Q0
seguinte
111

D2 D1 D0 (com FF tipo D)

São necessário 5 mapas de karnaugh (3 para D2, D1, D0 e 2 para z1, z0) de 5 variáveis de entrada (Q2, Q1, Q0, e z1, z0,)