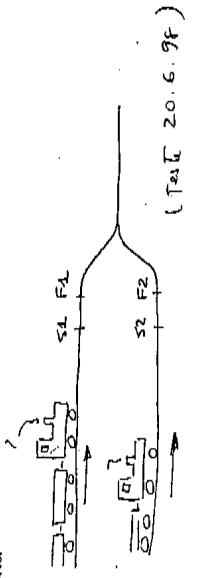


CIRCUITOS SEQUENCIAIS (MÁQUINAS DE ESTADOS)

- 1) Desenhe um contador binário módulo 4 incremental e decremental. O contador tem uma entrada X. Se $X=1$ o contador incrementa; se $X=0$ o contador decrementa. Realize o circuito com flip-flops tipo D (Teste 15.6.96).

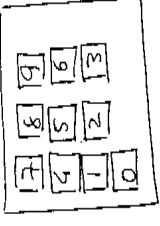
2) Numa linha ferroviária temos dois sensores S1 e S2, e temos dois semáforos F1 e F2, ver o desenho. Depois de chegar um comboio, o semáforo na linha dele troca de vermelho p/ verde. Enquanto este comboio está a passar, um comboio na outra linha tem de esperar.
 Faça o diagrama de estados, a tabela de estados, e a tabela simplificada.
 Construa o circuito de controlo com FF tipo D.
 Boa sorte!



- 3) É preciso desenhar um circuito que gere um sinal de saída 1 apenas se de 5 subsequentes bits numa entrada série X há 3 1s, e exactamente dois dos três bits ocorrerem nos três primeiros bits. Exemplo 011.01
 Se não é possível que uma sequência uma vez começa para gerar uma saída 1, o circuito volta ao estado de início e uma nova sequência começa.
 Apresente a tabela de estados mínima (após eliminar os estados equivalentes). (Exame 15.9.94)

um elevador. Cada entrada do elevador tem um botão (C0, C1, C2) para chamar o elevador. No elevador há três botões (P0, P1, P2) para indicar o piso pretendido. Só é permitida carregar em um botão P em cada utilização. Depois de um transporte o elevador fica no piso de destino.

Construa a tabela de estados e o diagrama de estados para o sistema de controlo. (Exame 10.7.98)



- 5) Pretende-se construir uma fechadura electrónica com o código 3285 para o alarme de um automóvel. Para esse fim dispõe-se de um teclado (ver figura) e de um sistema de ignição activado por um sinal X ($X=1$ significa activar a ignição). Se não é possível que uma sequência uma vez começada possa gerar o sinal $X=1$, o circuito de controlo deve voltar ao estado de início. Em caso de pressão simultânea de vários teclas, um circuito codificador de prioridade (já integrado no teclado) selecciona a tecla de maior valor.

Construa a tabela de estados para o sistema de controlo, e o respectivo diagrama de estados.

SISTEMAS DIGITAIS - FOLHA 9 SOLUÇÃO
CIRCUITOS SEQUENCIAIS (MAB. ESTADOS)

1) 4 estados $\rightarrow \log_2 4 = 2$ Flip-Flops

Diagrama de estados

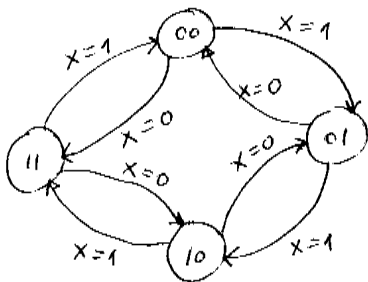


Tabela de estados

presente (n)		X	
Q1	Q0	0	1
0	0	11	01
0	1	00	10
1	0	01	11
1	1	10	00

$Q1 Q0 \equiv D_n D_{n+1}$
estado seguinte (n+1)

Tabela excitação FF D

Qn	Qn+1	Dn
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

$\rightarrow D_n = Q_{n+1}$

mapas de Karnaugh

X	0100	0101	0111	0110
0	1	0	1	0
1	0	1	0	1

X	00	01	11	10
0	1	0	0	1
1	1	0	0	1

$D1 = \bar{X} \bar{Q1} \bar{Q0} + X \bar{Q1} Q0$

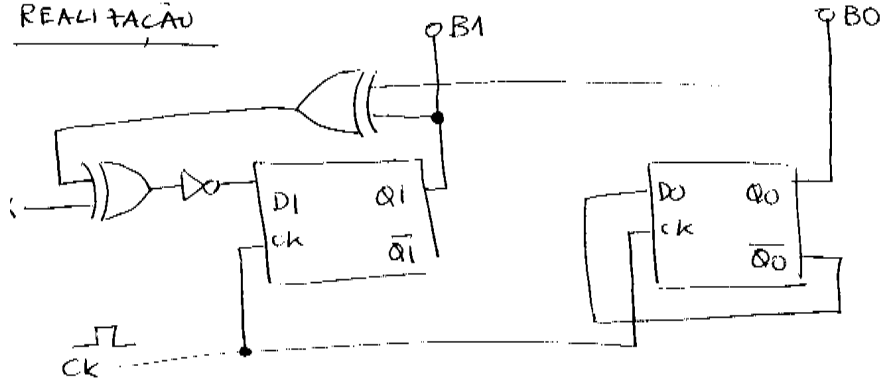
$+ \bar{X} Q1 Q0 + X Q1 \bar{Q0}$

$= \bar{X} (Q1 \oplus Q0) + X \cdot (Q1 \oplus Q0)$

$= X \oplus (Q1 \oplus Q0)$

$D0 = \bar{Q0}$

REALIZAÇÃO



2)

- S = 1 significa sensor activado
- S = 0 " " não activado
- F = 1 " semáforo verde
- F = 0 " semáforo vermelho

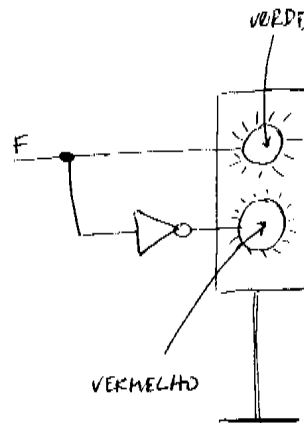


Tabela de estados

descriçã	(n) est. presente	sensores				comentário	prioridade
		S2	S1				
		00	01	10	11		
nenhum comboio na linha 1	A	A,11	B,01	C,10	B,01	←	linha 1 tem prioridade
na linha 2	B	A,11	B,01	C,10	B,01		
	C	A,11	B,01	C,10	C,10		

estado seguinte (n+1) F2 F1 ← semáforos

Definição de ESTADO REDUNDANTE = estados seguintes iguais para todas as combinações das entradas, e saídas iguais para todas as combinações das entradas

Conclusão: estado A redundante com estado B

Tabela simplificada

descriçao	Qn	S2 S1			
		00	01	10	11
c. na linha 1	B	B,11	B,01	C,10	B,01
c. na linha 2	C	B,11	B,01	C,10	C,10

Codificação dos estados

B = 0 (a codificação é arbitrária ; 0 inverso B=1, C=0
 C = 1 é equivalente)

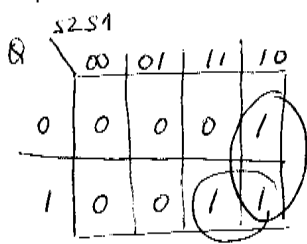
Tabela de estados

2 estados → 1 flip-flop

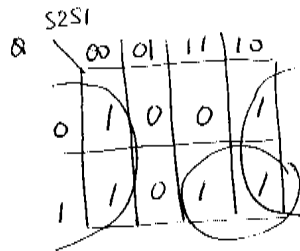
presente	Qn	S2 S1			
		00	01	10	11
0		0,11	0,01	1,10	0,01
1		0,11	0,01	1,10	1,10

seguinte → Qn+1, F2 F1
 ||
 Dn

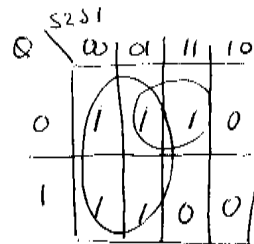
Mapas de karnaugh



$$D = Q S2 + S2 \bar{S1}$$

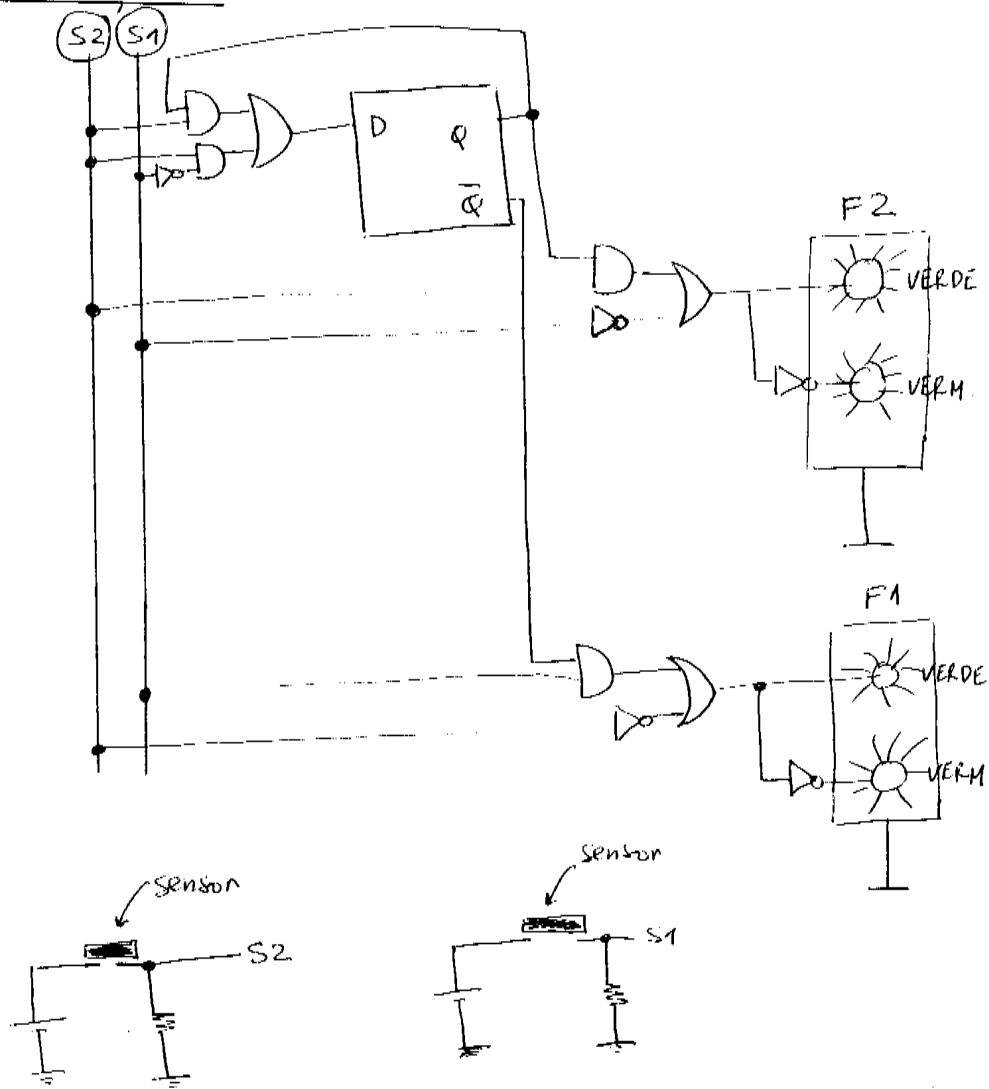


$$F2 = \bar{S1} + Q S2$$



$$F1 = \bar{S2} + \bar{Q} S1$$

Realização



3) Sequências válidas (três 1. e dois 1 nos primeiros 3 bits):

011		01
		10
101		01
		10
110		01
		10

3) Continuação

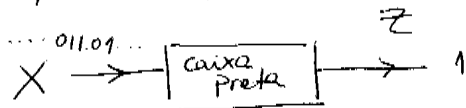


Tabela de Estados

descrição	Q _n	X		
		0	1	
zero bits recebidos	A	B	C	
recebi 0	B	A	D	sequência errada, voltar ao estado inicial
recebi 1	C	E	F	
recebi 01	D	A	G	
10	E	A	H	
11	F	I	A	
011	G	J	K	
101	H	L	M	→ J K
110	I	N	O	→ J K
0110	J	A	OK	
0111	K	OK	A	redundante (EQUIV. A J)
1010	L	A	OK	redundante (EQUIV. A K)
1011	M	OK	A	redundante (EQUIV. A J)
1100	N	A	OK	redundante (EQUIV. A K)
1101	O	OK	A	
sequência certa	OK	A, 1	A, 1	

Q_{n+1}, Z
estado seguinte

Nota:

Há 12 estados $\Rightarrow 2^3 < 12 < 2^4 \Rightarrow$ são necessários

quatro (4) FF.

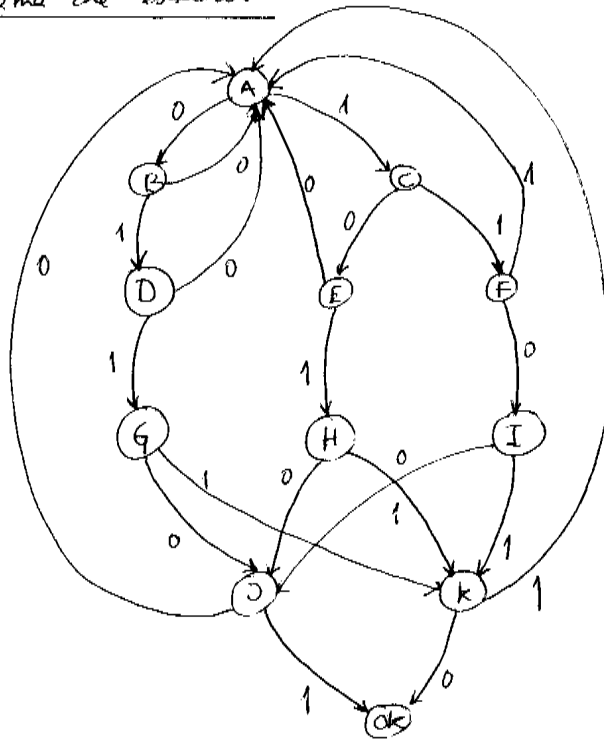
Codificação de estados: $\binom{m}{n} = \frac{n!}{m!(m-n)!} = \frac{16!}{12!(16-12)!}$ combinações possíveis.

Trivial: codificação em binário natural

ideal: mudar o menor número de bits entre estados adjacentes

3) Continuação

Diagrama de estados



4) Convenção:

"0" botão não foi carregado

"1" alguém carregou no botão

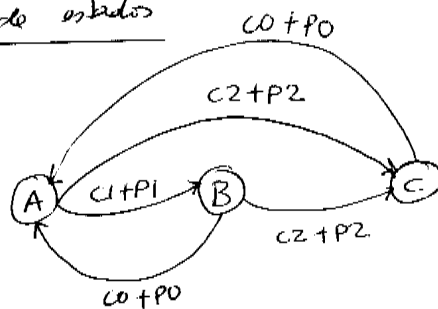
Combinações possíveis dos botões:

Na entrada			No elevador		
C0	C1	C2	P0	P1	P2
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	1
0	1	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0

Tabela de estados

descrição	ESTADO	$\begin{pmatrix} C0 \\ 00 \\ P0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} C1 \\ 00 \\ P1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} C2 \\ 00 \\ P2 \end{pmatrix}$			
		000	010	001	100
elevador no R/C	A	A	B	C	A
elevador 1º A	B	B	B	C	A
elevador 2º A	C	C	B	C	A

Diagrama de estados



(OPCIONAL)

Codificação de estados

descrição	presente		$(C0+P0) (C1+P1) (C2+P2)$			
	01	00	000	010	001	100
A = 00	0	0	00	01	10	00
B = 01	0	1	01	01	10	00
C = 10	1	0	10	01	10	00
D = 11	1	1	XX	XX	XX	XX

seguinte 01 00
11
D1 D0

Com FF tipo D a realização do circuito de controlo do elevador é trivial (2 mapas de karnaugh de 5 variáveis) e deixa-se como exercício...

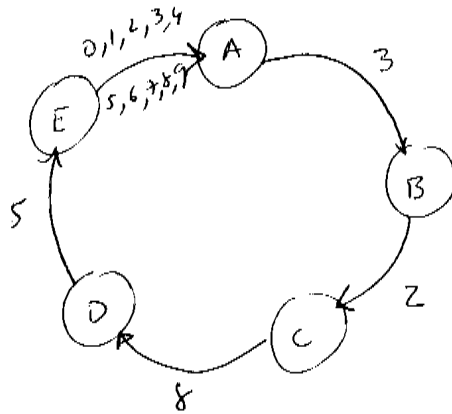
5)

Tabela de Estados

Descrição	ESTADO PRESENTE	Teclas									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
nenhuma tecla premiada (estado INICIAL)	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A
entrou 0 3	B	A	A	C	A	A	A	A	A	A	A
entrou 3 2	C	A	A	A	A	A	A	A	A	D	A
entrou 3 2 8	D	A	A	A	A	E, 1	A	A	A	A	A
entrou 3 2 8 5 ativar ignição	E	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

estado seguinte, X

Diagrama de estados (simplificado)



SD F9

8