

CIRCUITOS SEQUÊNCIAIS

- O que é um circuito sequencial?
- Diferença entre circuito combinatório e sequencial...

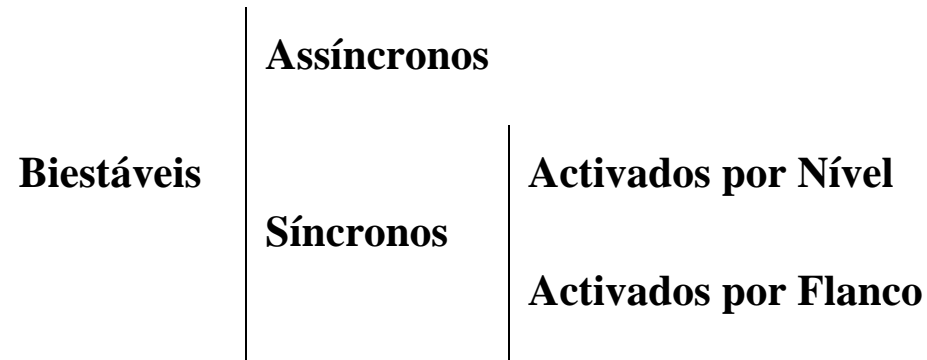
O elemento básico e fundamental da lógica sequencial é o *multivibrador biestável*.

Biestáveis Possuem dois estados estáveis e a capacidade de armazenar informação (1 biestável pode armazenar 1 bit).

Monoestáveis Possuem apenas um estado estável. Normalmente são utilizados para temporização ou em linhas de atrasos em sistemas digitais.

Aestáveis Não possuem nenhum estado estável. Este tipo de circuitos oscila livremente entre os seus dois estados possíveis. Uma aplicação deste tipo de multivibradores é como geradores de sinais de *clock*.

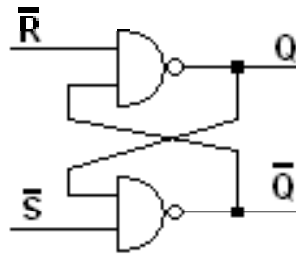
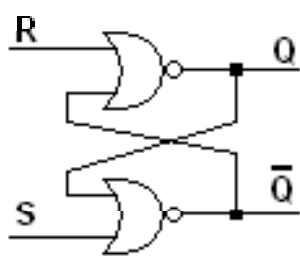
A classe dos multivibradores biestáveis pode ser dividida em:



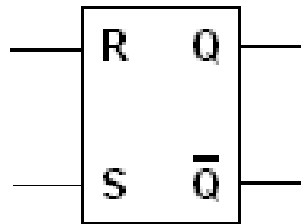
- Aos biestáveis síncronos activados for flanco é dado o nome de Flip-Flop's.
- Todos os outros serão designados por Latch's.

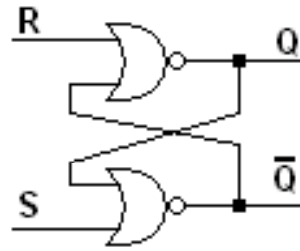
Biestáveis Assíncronos

Tipo RS



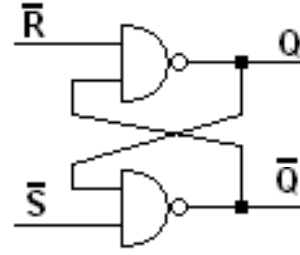
NOTA: RESET e PRESET





NOR

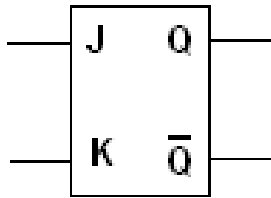
R	S	Q
0	0	$Q_{n+1} = Q_n^{(1)}$
0	1	1
1	0	0
1	1	Proibida ⁽²⁾



NAND

R	S	Q
0	0	Proibida ⁽²⁾
0	1	0
1	0	1
1	1	$Q_{n+1} = Q_n^{(1)}$

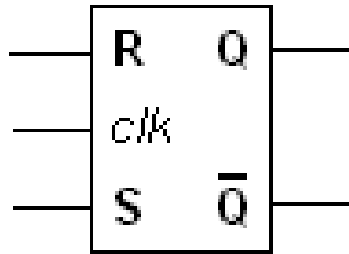
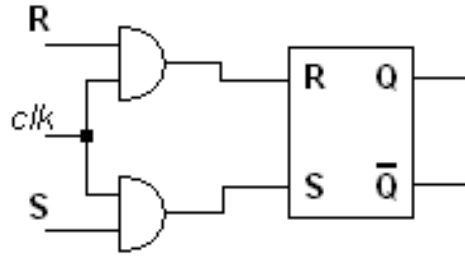
Tipo JK



J	K	Q
0	0	$Q_{n+1} = Q_n$
0	1	0
1	0	1
1	1	$Q_{n+1} = \bar{Q}_n^{(1)}$

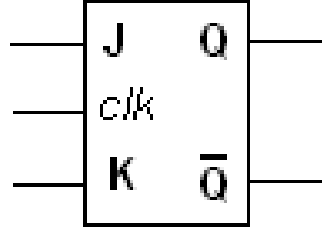
Biestáveis Síncronos Activados por Nível

Tipo RS



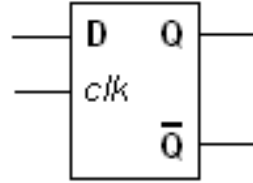
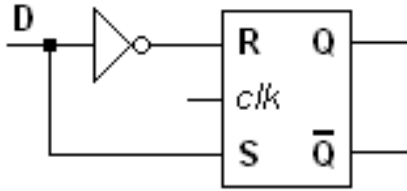
<i>clk</i>	S	R	Q
0	0	0	$Q_{n+1} = Q_n$
0	0	1	$Q_{n+1} = Q_n$
0	1	0	$Q_{n+1} = Q_n$
0	1	1	$Q_{n+1} = Q_n$
1	0	0	$Q_{n+1} = Q_n$
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	Proibido

Tipo JK



<i>clk</i>	J	K	Q
0	0	0	$Q_{n+1} = Q_n$
0	0	1	$Q_{n+1} = Q_n$
0	1	0	$Q_{n+1} = Q_n$
0	1	1	$Q_{n+1} = Q_n$
1	0	0	$Q_{n+1} = Q_n$
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	$Q_{n+1} = \bar{Q}_n$

Tipo D



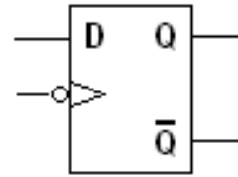
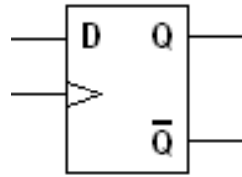
<i>clk</i>	D	Q
0	0	$Q_{n+1} = Q_n$
0	1	$Q_{n+1} = Q_n$
1	0	0
1	1	1

Os biestáveis síncronos activados por nível podem causar problemas quando as frequências envolvidas são elevadas.

Solução: biestáveis activados ao flanco

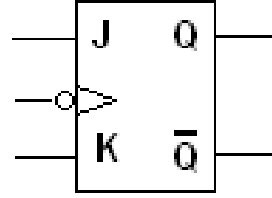
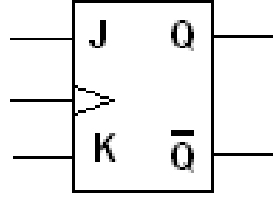
Biestáveis Síncronos Activados por Flanco

Tipo D



<i>clk</i>	D	Q
\uparrow	0	0
\uparrow	1	1
X	X	$Q_{n+1} = Q_n$

<i>clk</i>	D	Q
\downarrow	0	0
\downarrow	1	1
X	X	$Q_{n+1} = Q_n$

Tipo JK

clk	J	K	Q
\downarrow	0	0	$Q_{n+1} = Q_n$
\downarrow	0	1	0
\downarrow	1	0	1
\downarrow	1	1	$Q_{n+1} = \bar{Q}_n$
X	X	X	$Q_{n+1} = Q_n$

clk	J	K	Q
$\bar{\downarrow}$	0	0	$Q_{n+1} = Q_n$
$\bar{\downarrow}$	0	1	0
$\bar{\downarrow}$	1	0	1
$\bar{\downarrow}$	1	1	$Q_{n+1} = \bar{Q}_n$
X	X	X	$Q_{n+1} = Q_n$

Contadores

- Os sistemas digitais de contagem são uma das principais aplicações para mutivibradores biestáveis.
- Compostos por um conjunto de flip-flop's montados em cascata que evoluem os seus estados segundo uma determinada sequência pré-determinada.

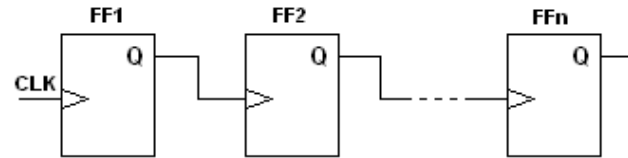
Módulo de um Contador: número de ciclos do sinal de sincronismo ao fim do qual o contador retorna ao estado inicial.

A capacidade de um contador é o número mais elevado, expresso em qualquer código binário, que pode ser representado nas suas saídas

Contadores

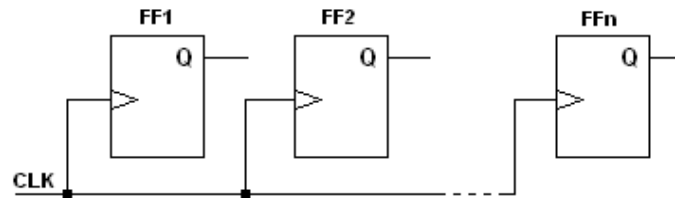
Assíncronos

Á excepção do primeiro flip-flop, cujo sinal de sincronismo é o sinal de clock, a saída de cada flip-flop será o sinal de relógio do flip-flop seguinte.



Síncronos

O sinal de relógio é aplicado simultaneamente a todos os flip-flop's, i.e. as saídas de todos os biestáveis são actualizadas simultaneamente.



Nos contadores assíncronos o tempo de propagação é superior ao dos contadores síncronos (**porquê?**)

Um contador qualquer genérico efectua a contagem de 0 a $2^n - 1$ onde n designa o número de biestáveis envolvidos.

- Alterar o valor do módulo do contador ou a sua capacidade.

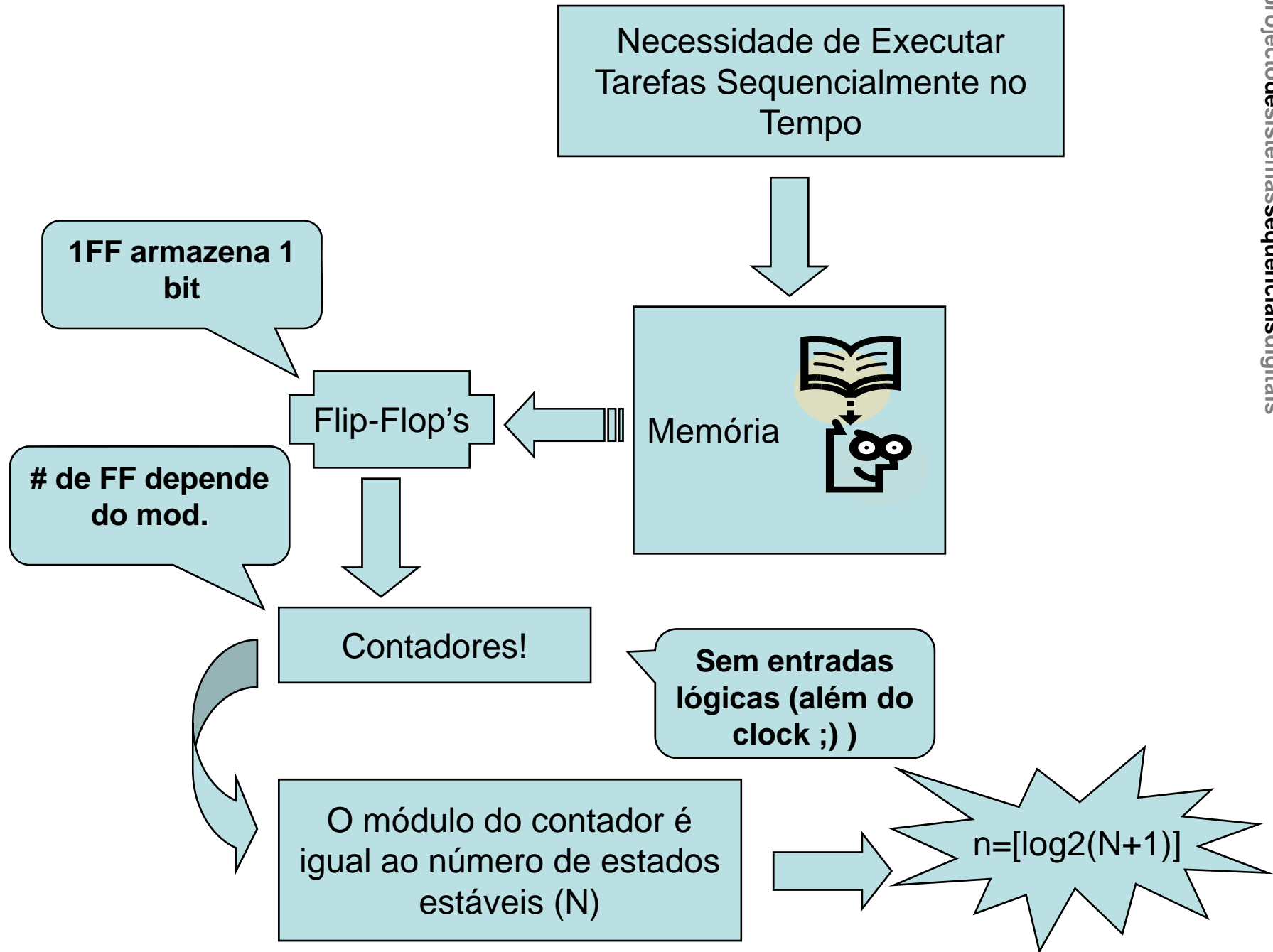


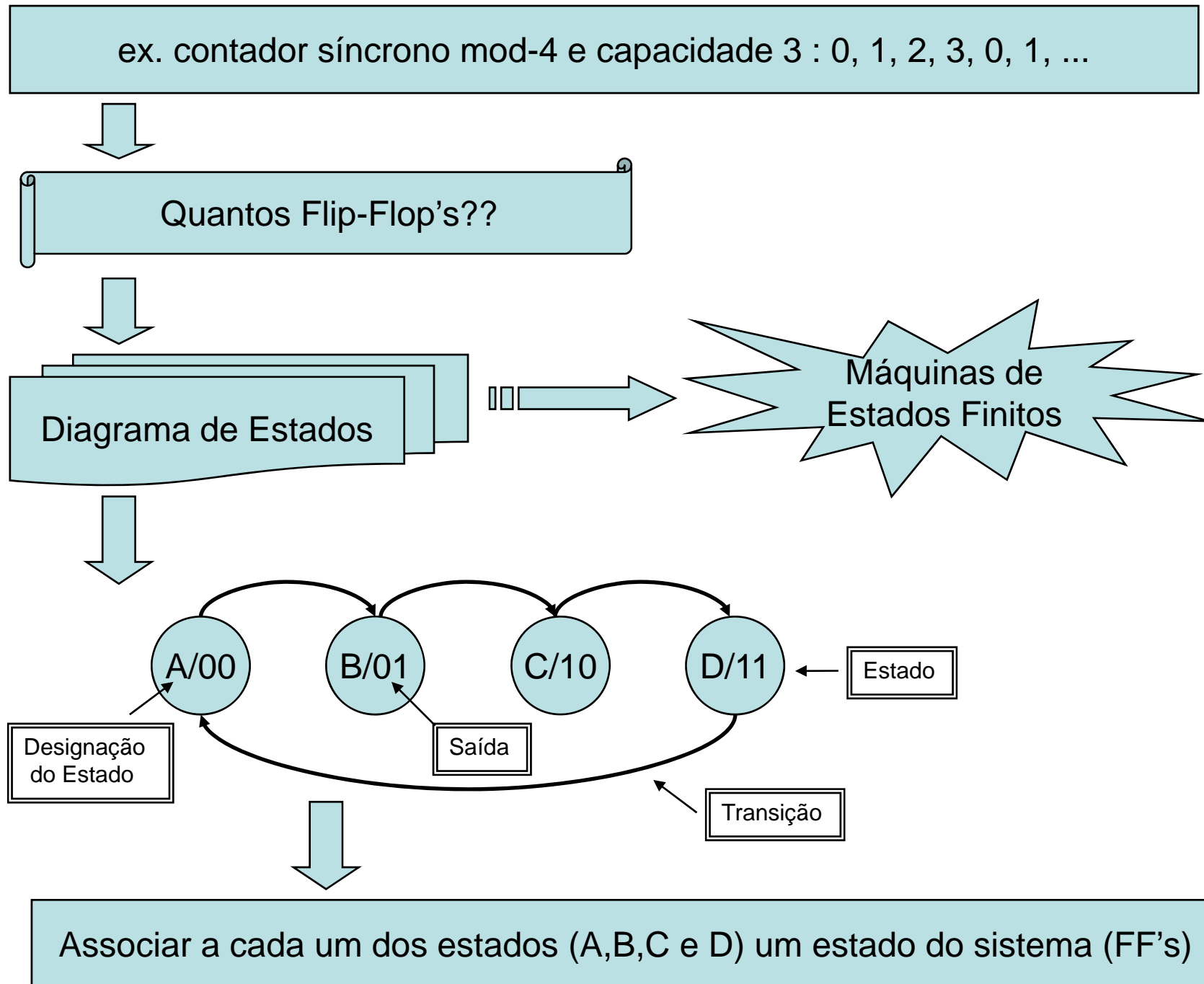
- O decodificador é normalmente um circuito combinatório desenvolvido a partir dos estados presentes do contador e dos estados que realmente se pretendem como saída.

PROJECTO DE CONTADORES:

EXEMPLO #1 : 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 0, 1, ... (contador assíncrono)

EXEMPLO #2 : 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 0, 1, ... (contador síncrono JK)





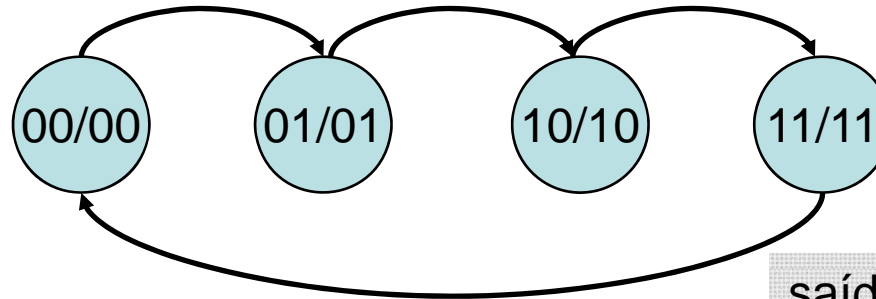
Atribuição dos Estados

ex:

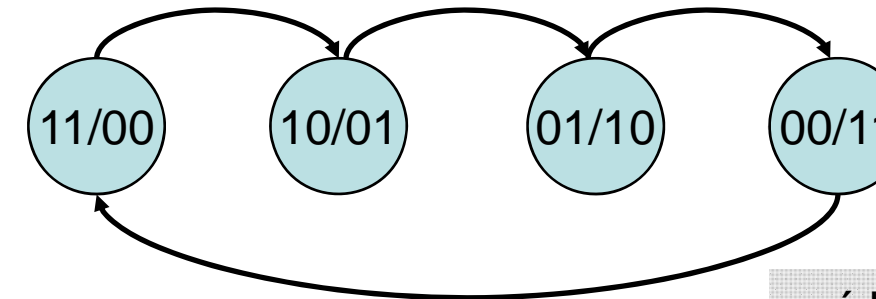
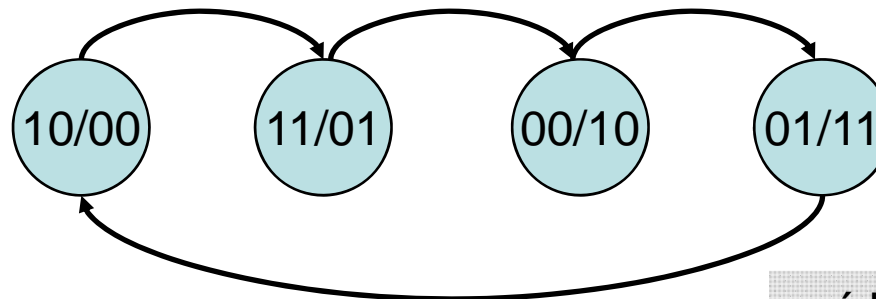
A	00
B	01
C	10
D	11

A	11
B	10
C	01
D	11

A	10
B	11
C	00
D	01



saídas=[Q1 : Q0]

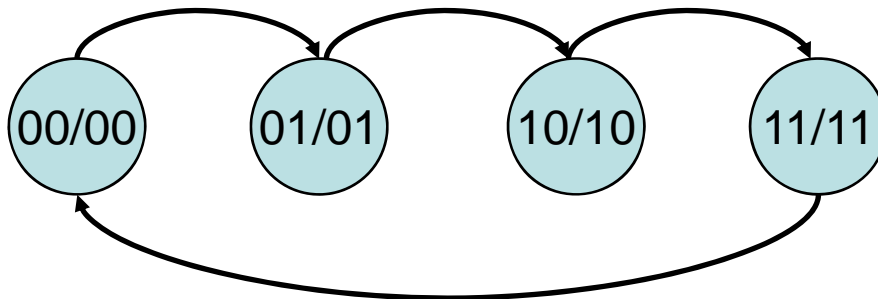
saídas=[$\bar{Q}1$: $\bar{Q}0$]saídas=[$\bar{Q}1$: Q0]

Nos projectos levados a cabo considerou-se sempre:
SAÍDAS = ESTADOS

ex. contador que efectue a contagem
-> 15, 16, 17, 15, 16, 17,...

Diferentes atribuições =>
diferentes circuitos lógicos

Do diagrama de estados...



saídas=[Q1 : Q0]

À tabela de transição de estados

Estados Presentes		Estados Seguintes		Saídas	
Q_1^n	Q_0^n	Q_1^{n+1}	Q_0^{n+1}		
0	0	0	1	0	0
0	1	1	0	0	1
1	0	1	1	1	0
1	1	0	0	1	1

Elementos de
memória: JK, SR,
D

Admitindo Flip-flop's D...

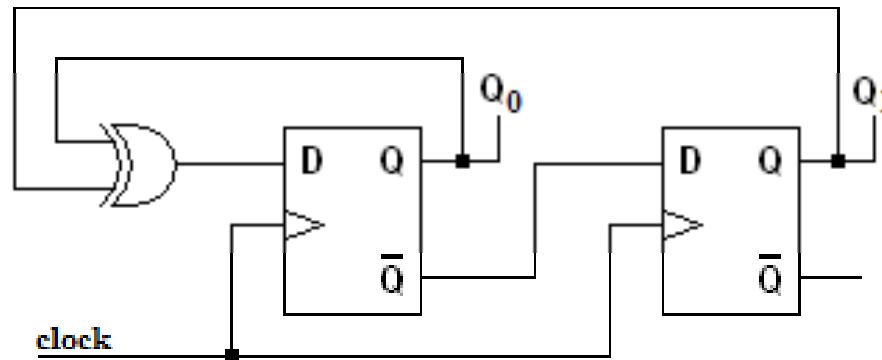
Estados Presentes		Estados Seguintes		Saída		Entradas dos FF's	
Q_1^n	Q_0^n	Q_1^{n+1}	Q_0^{n+1}	(MSB)	(LSB)	D_1	D_0
0	0	0	1	0	0	0	1
0	1	1	0	0	1	1	0
1	0	1	1	1	0	1	1
1	1	0	0	1	1	0	0

Das equações de excitação ...

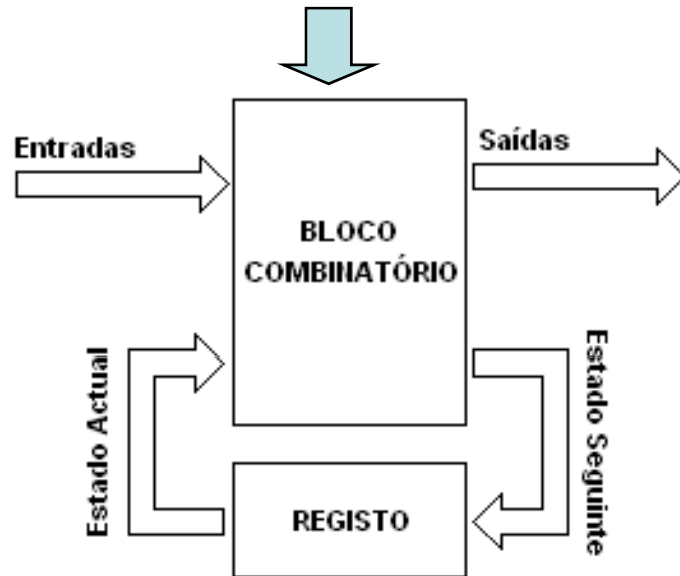
$$D_0 = Q_1 \oplus Q_0$$

$$D_1 = \bar{Q}_0$$

Ao circuito lógico!



Um sistema sequencial pode possuir outros graus de liberdade que não o “clock”!!!!!!



Bloco combinatório

- conjunto de portas lógicas
- possui linhas de entrada e de saída
 - + responsáveis pela admissão de informação
 - + alteração de um qualquer estado físico do sistema a controlar.

Um processo sequencial exige a memorização de estados anteriores do sistema - **bloco de registo**

1. *Passar das especificações verbais para um diagrama de estados*
2. *Construir a Tabela de Estados*
3. *Seleccção dos Elementos de Memória*
4. *Simplificação das Equações de Excitação*
5. *Implementação do Circuito Sequencial*

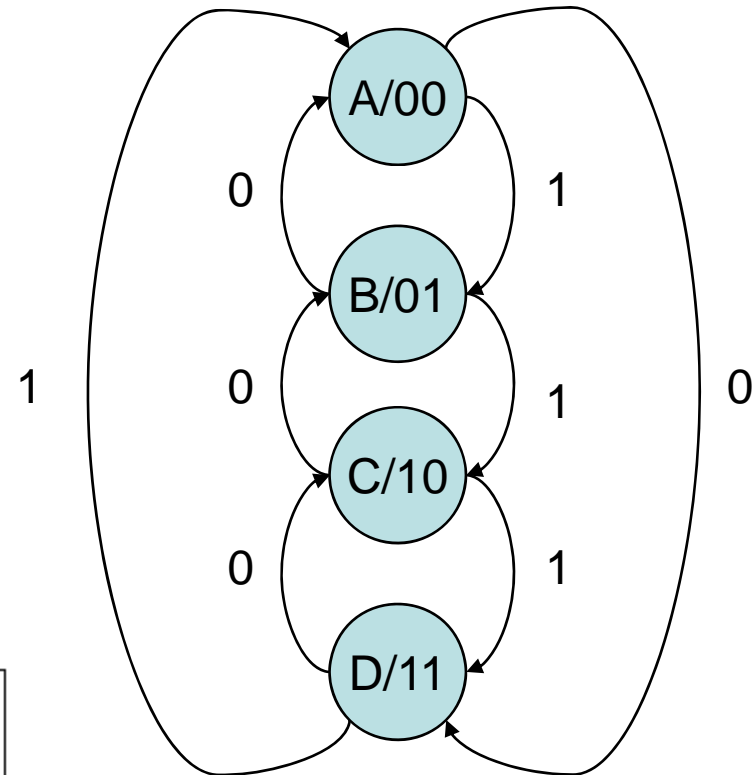
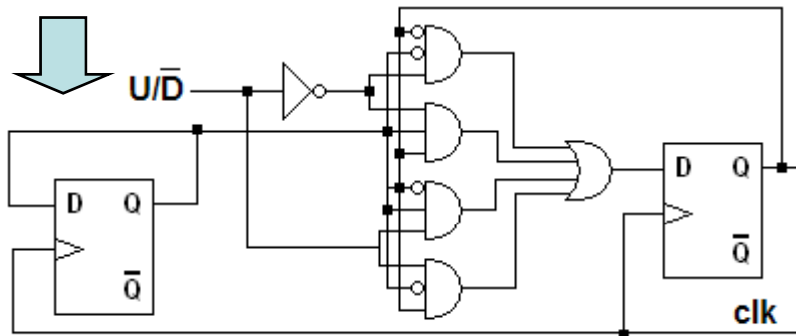
EXEMPLO #1: Contador Up/Down mod-4

Variável de entrada:

- U/ \bar{D} ('1' contagem ascendente e '0' contagem descendente)

Estado Presente		Entrada U/\bar{D}	Estado Seguinte	
Q_1^n	Q_0^n		Q_1^{n+1}	Q_0^{n+1}
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	1	0	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0

Flip-Flop's D



EXEMPLO #2

Automatização de uma linha de produção

Considere uma etapa de produção de uma fábrica de engarrafamento de água. Pretende-se desenvolver um circuito digital capaz de controlar, de forma automática, o processo de enchimento das garrafas. Para isso, o sistema possui três sensores, dois de posição (**A** e **B**) e um de nível (**C**), e dois actuadores, uma electro-válvula **V** e o motor do tapete rolante **M**. Inicialmente o tapete rolante movimenta-se até que uma garrafa assuma a posição de enchimento. Considera-se que a garrafa está bem posicionada quando o sensor **B** ficar activo depois de **A**. Nesse instante o motor pára e a válvula abre dando início à operação de enchimento. Essa operação é terminada quando o sensor de nível ficar activo.

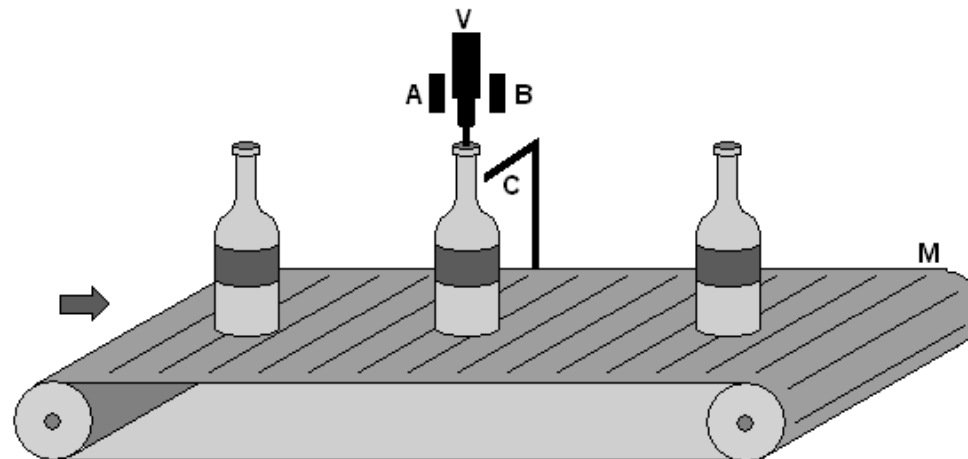
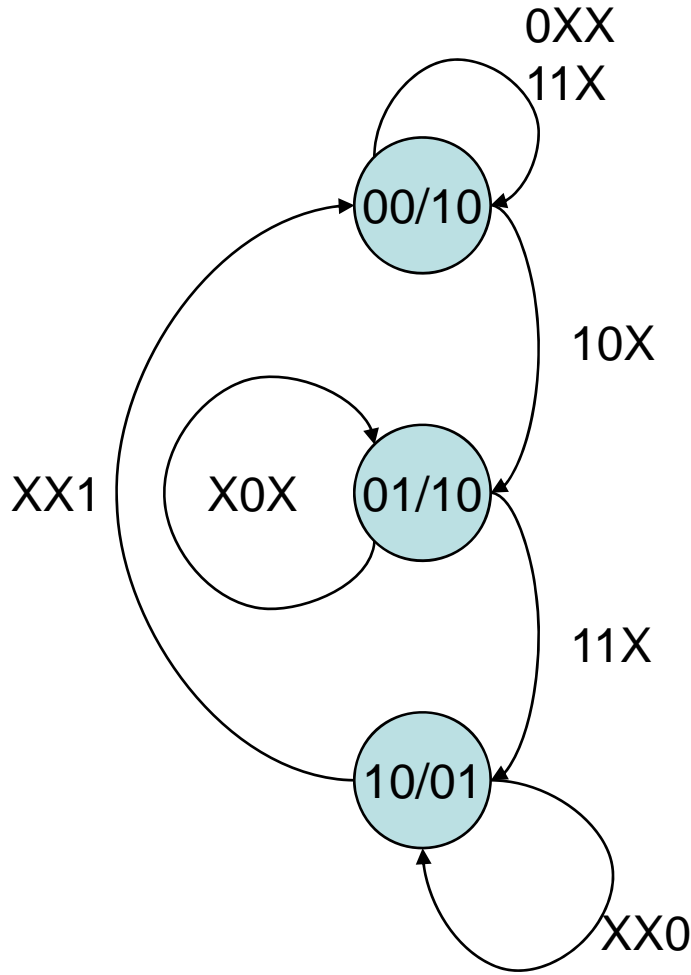


Diagrama de Estados



Fluxograma

Estados :
Rectângulos
Linhas de
Transmissão
Variáveis de
Decisão:
Losango

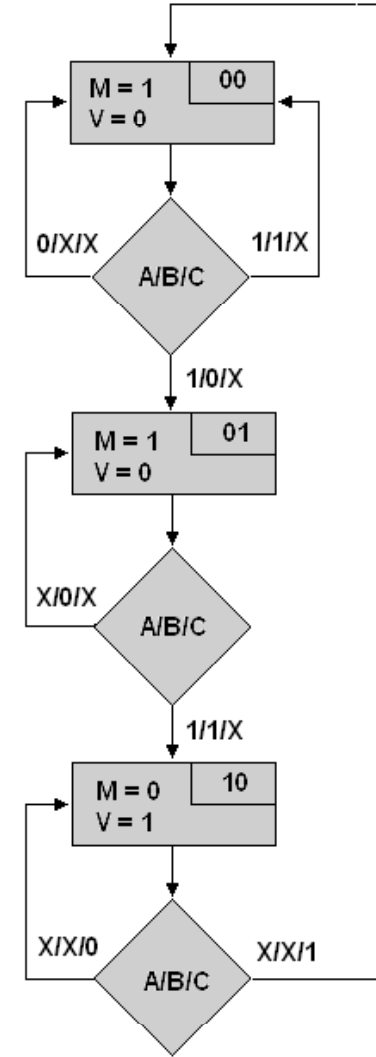


Tabela de Estados

Estado Presente		Entradas			Estado Seguinte		Saídas	
Q_1^n	Q_0^n	A	B	C	Q_1^{n+1}	Q_0^{n+1}	M	V
0	0	0	X	X	0	0	1	0
0	0	1	1	X	0	0	1	0
0	0	1	0	X	0	1	1	0
0	1	X	0	X	0	1	1	0
0	1	0	X	X	0	1	1	0
0	1	1	1	X	1	0	1	0
1	0	X	X	0	1	0	0	1
1	0	X	X	1	0	0	0	1

Equações de Excitação

Considerando Flip-Flop's tipo D...

$$D = Q^{n+1}$$

$Q_0^n = 0$

	CQ_1^n			
	00	01	11	10
AB	00	1		
	01	1		
	11	1		
	10	1		

$Q_0^n = 1$

	CQ_1^n			
	00	01	11	10
AB	00			
	01			
	11	1		1
	10			

$$D_1 = \overline{Q_0^n} \cdot \overline{C} \cdot Q_1^n + A \cdot B \cdot \overline{Q_1^n} \cdot Q_0^n$$

$Q_0^n = 0$

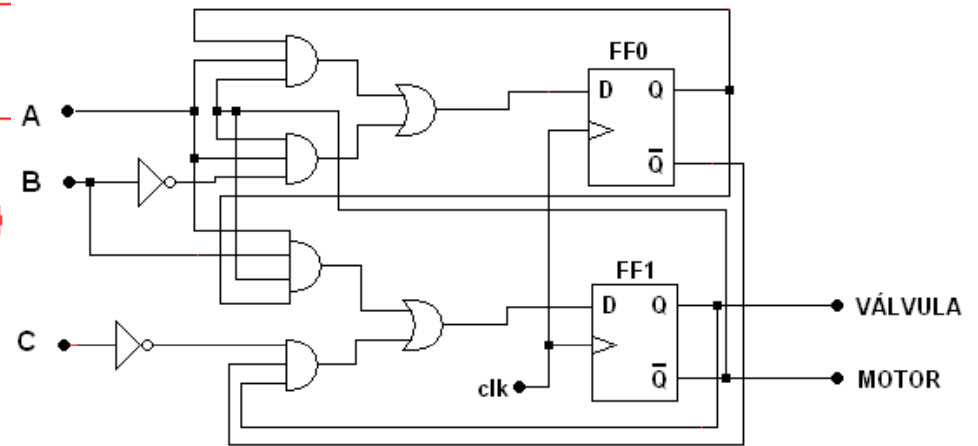
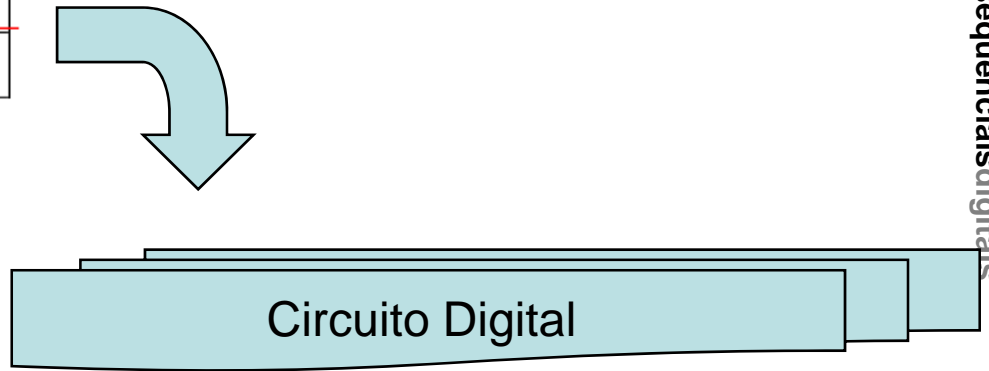
	CQ_1^n			
	00	01	11	10
AB	00			
	01			
	11			
	10	1		1

$Q_0^n = 1$

	CQ_1^n			
	00	01	11	10
AB	00	1		1
	01	1		1
	11			
	10	1		1

$$D_0 = \overline{Q_1^n} \cdot Q_0^n \cdot \overline{A} + A \cdot \overline{B} \cdot \overline{Q_1^n}$$

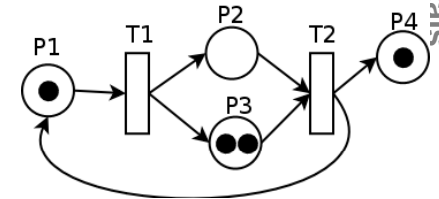
$$M = \overline{V} = \overline{Q_1}$$



Nota: As saídas dependem apenas dos estados!!!!!!

A MÁQUINA DE ESTADOS FINITOS

Número de estados simultâneos possíveis?



utilizada na teoria da computação

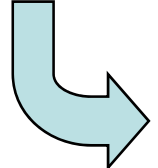
=1
Máquina de Estados Finita

a.k.a Máquina de estados ou "Automata"

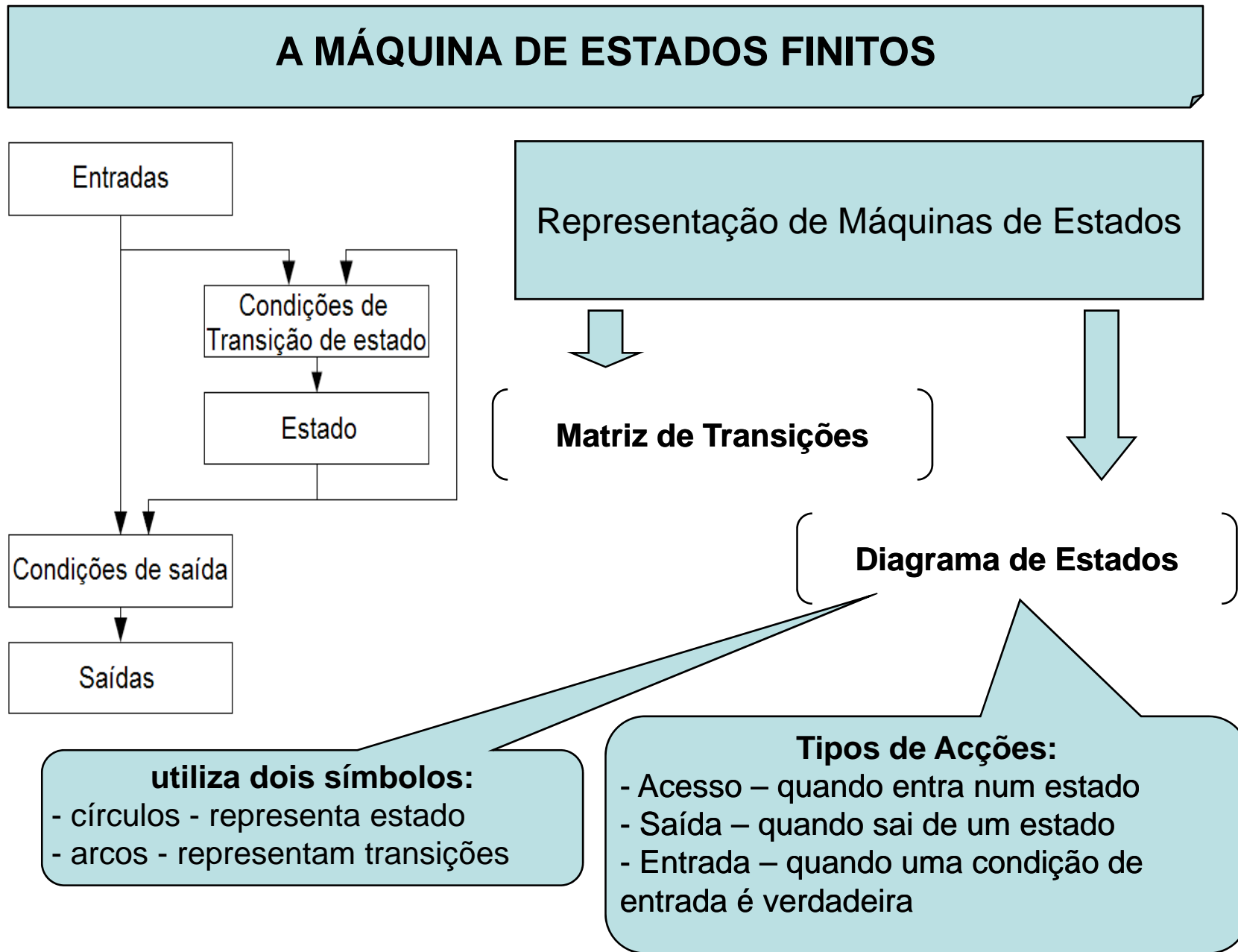
tantos estados quantas situações distintas

conceito de estado como informação sobre o historial

saída=f(estados presentes,entradas)



MEMÓRIA



MODELOS BÁSICOS DE MÁQUINA DE ESTADOS FINITOS: MÁQUINA DE MOORE E MEALY

Dois Paradigmas da Computação Sequencial

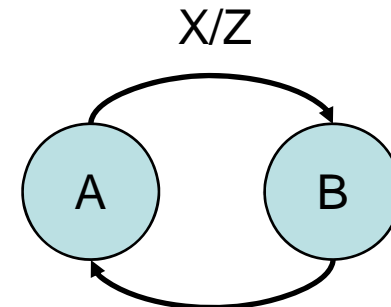
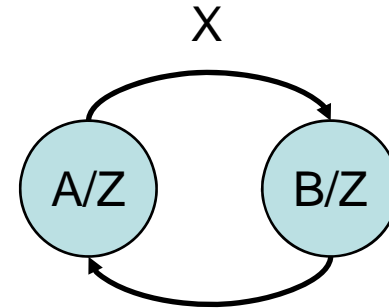
Até ao momento:
Saídas=f(Estados)

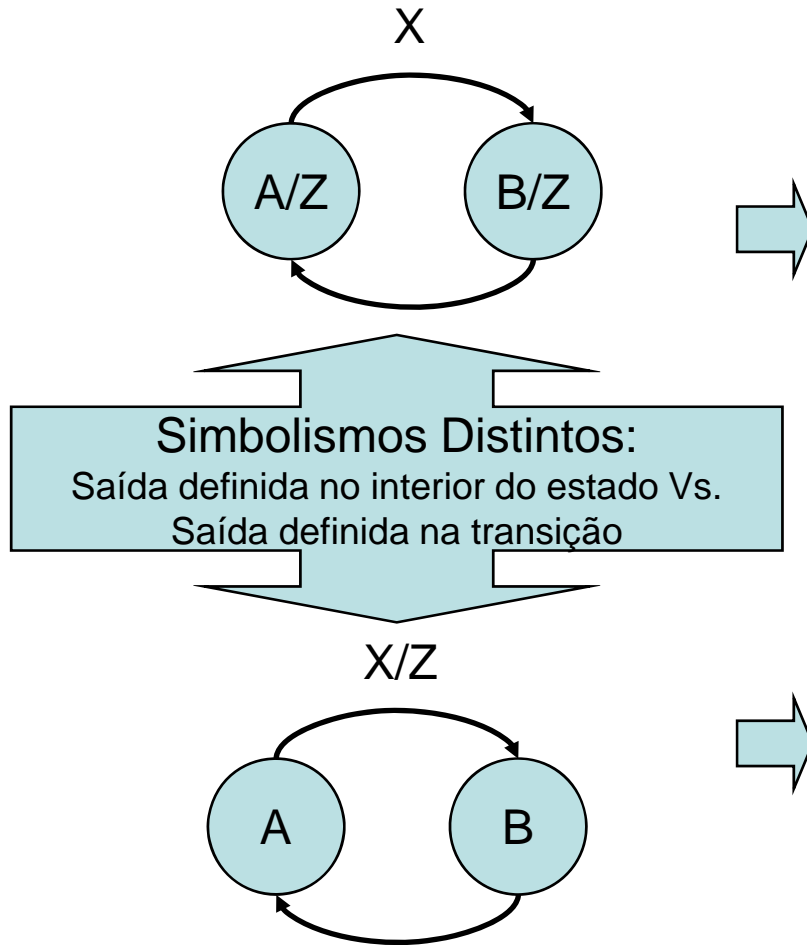
Máquina de MOORE:
Saídas apenas função dos estados

O valor da entrada em n+ apenas se reflecte em n+1 !!!

Saídas=f(Estados,Entradas)

Máquina de MEALY:
Saídas função dos estados e das entradas





Máquina de MOORE:

A transferência dos estados presentes para os seguintes depende apenas de X (e do clock!)

A variável de saída (Z) depende apenas do estado presente

Máquina de MEALY:

Nos arcos estão definidas as entradas e saídas: "1/0" designa que o símbolo "1" causa o símbolo "0" como saída

A variável de saída (Z) depende do estado presente e da entrada

Vantagens

Moore

- Detecção de falhas + evidente
- Maior robustez

Mealy

- Menos estados

EXEMPLO #1: Porta de um Elevador

Variáveis de entrada:

- Sensor de Porta Aberta (PA)
- Sensor de Porta Fechada (PF)
- Interruptor para Fechar (IF)
- Interruptor para Abrir (IA)

Var. de Saída:

- Fecha Porta (FP)
- Abre Porta (AP)

MOORE

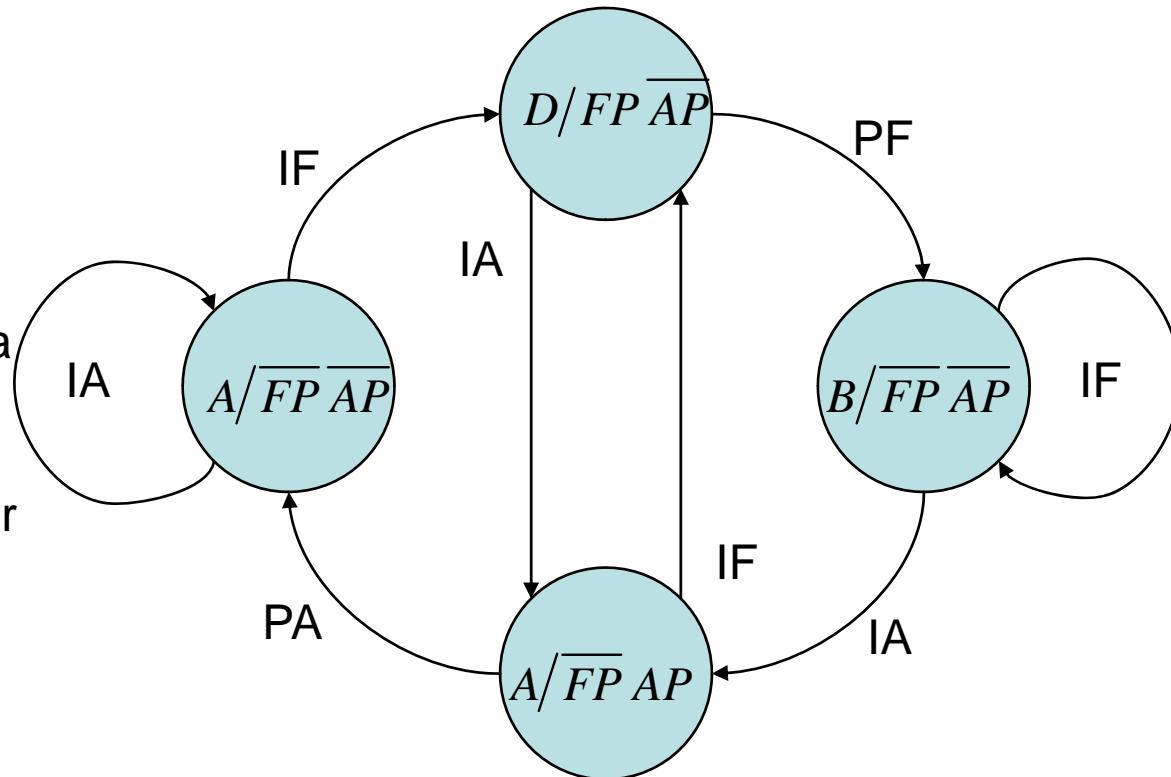
Estados:

A – Porta Aberta

B – Porta Fechada

C – Porta a Abrir

D – Porta a Fechar



EXEMPLO #2: Detector de Sequência

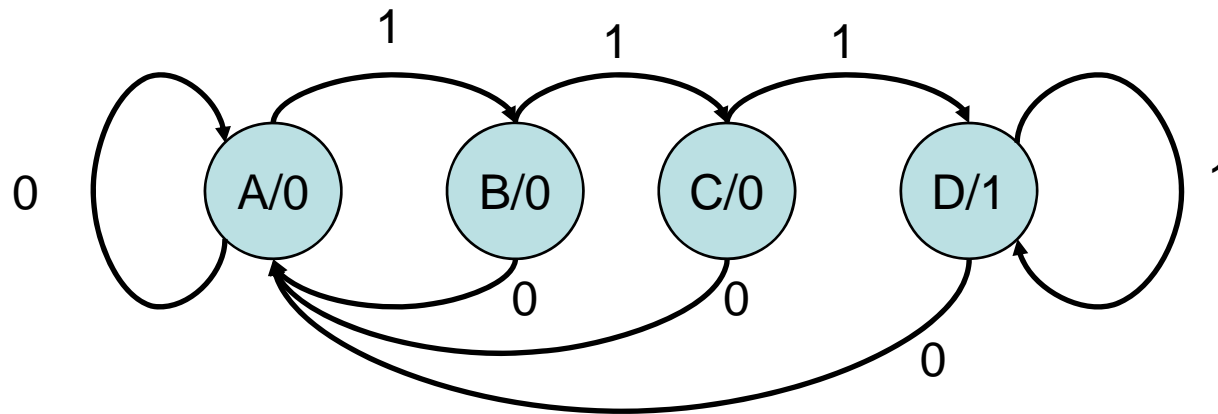
Desenvolver um sistema capaz de detectar que uma determinada sequência foi introduzida. Neste caso quando a entrada aplicada tiver a sequência '111'

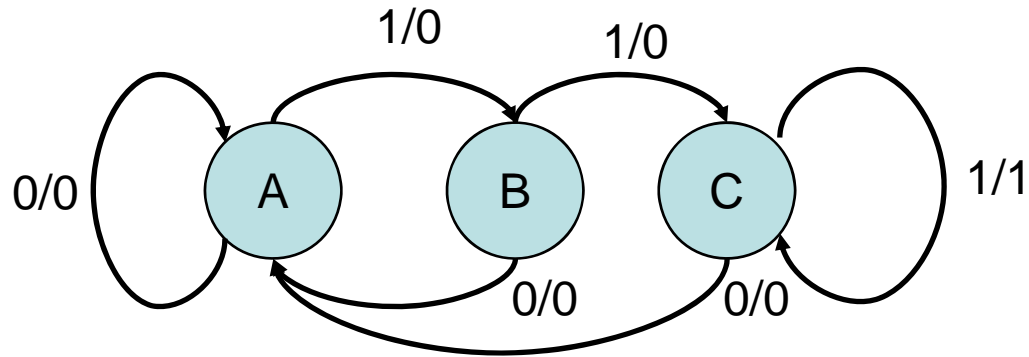
Variáveis:

1 entrada (X), 1 saída (Z)

Se $Z=1$ a sequência foi detectada
caso contrário $Z=0$

MOORE



MEALY

Realizar:

Fluxograma....

Tabela de Transição de Estados....

Circuito Lógico