

"As invenções são, sobretudo, o resultado de um trabalho teimoso"  
(Santos Dumont).

# Exercícios FSM

Paulo Ricardo Lisboa de Almeida

# Contador UP-DOWN Síncrono

Contador Síncrono Módulo 4

Inicia em 0

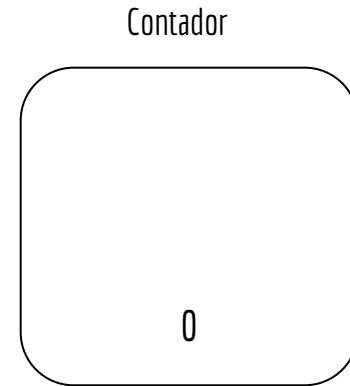
Conta até 3

Reinicia do 0 quando “estoura”

A cada ciclo

Soma um se UP=0

Subtrai um se UP=1



# Contador UP-DOWN Síncrono

Contador Síncrono Módulo 4

Inicia em 0

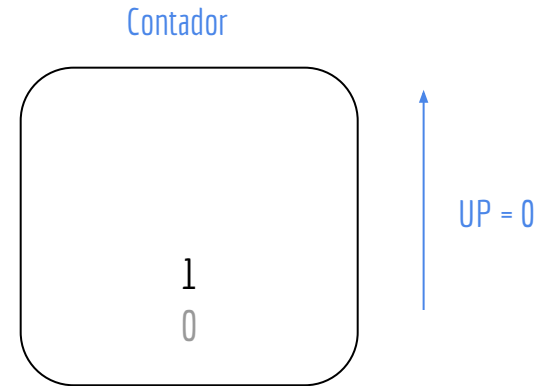
Conta até 3

Reinicia do 0 quando “estoura”

A cada ciclo

Soma um se UP=0

Subtrai um se UP=1



# Contador UP-DOWN Síncrono

Contador Síncrono Módulo 4

Inicia em 0

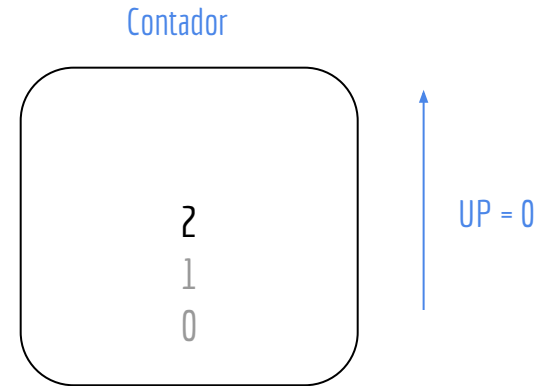
Conta até 3

Reinicia do 0 quando “estoura”

A cada ciclo

Soma um se UP=0

Subtrai um se UP=1



# Contador UP-DOWN Síncrono

Contador Síncrono Módulo 4

Inicia em 0

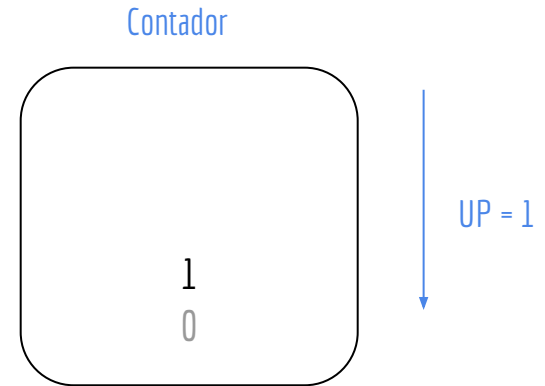
Conta até 3

Reinicia do 0 quando “estoura”

A cada ciclo

Soma um se UP=0

Subtrai um se UP=1



# Contador UP-DOWN Síncrono

Contador Síncrono Módulo 4

Inicia em 0

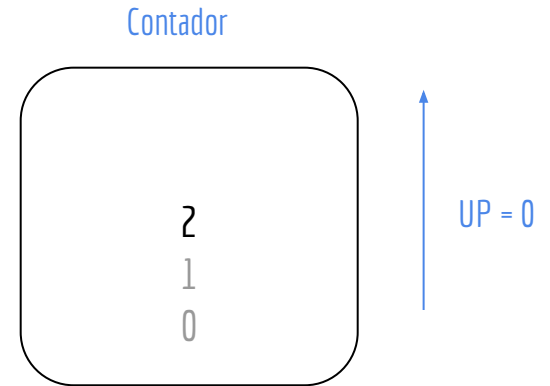
Conta até 3

Reinicia do 0 quando “estoura”

A cada ciclo

Soma um se UP=0

Subtrai um se UP=1



# Contador UP-DOWN Síncrono

Contador Síncrono Módulo 4

Inicia em 0

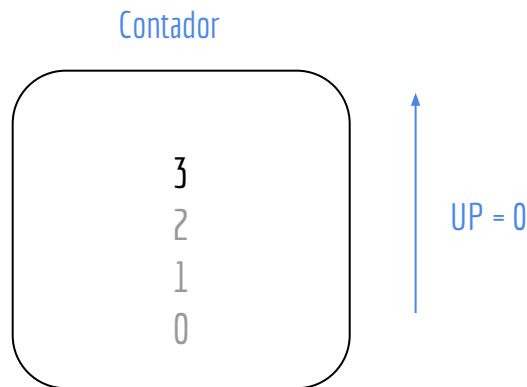
Conta até 3

Reinicia do 0 quando “estoura”

A cada ciclo

Soma um se UP=0

Subtrai um se UP=1



# Contador UP-DOWN Síncrono

Contador Síncrono Módulo 4

Inicia em 0

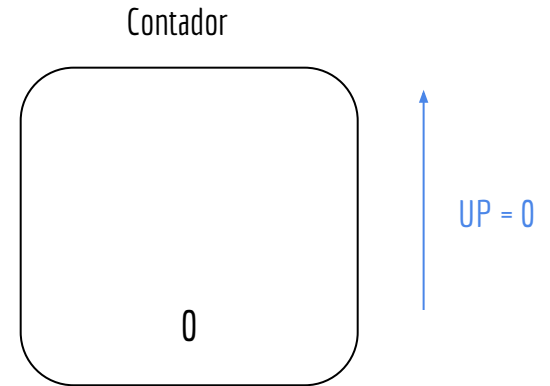
Conta até 3

Reinicia do 0 quando “estoura”

A cada ciclo

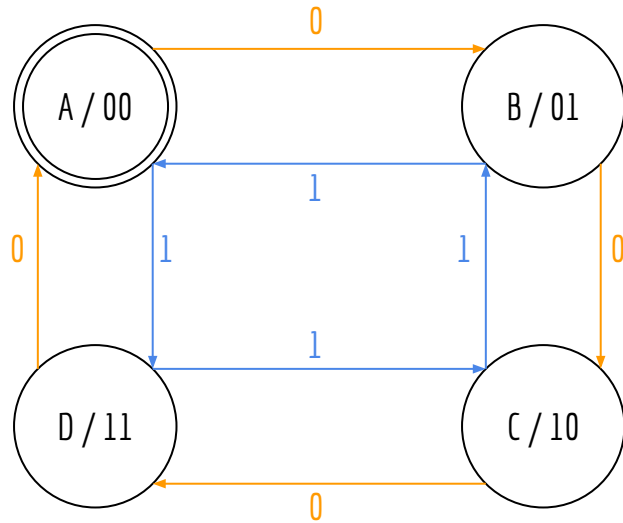
Soma um se  $UP=0$

Subtrai um se  $UP=1$



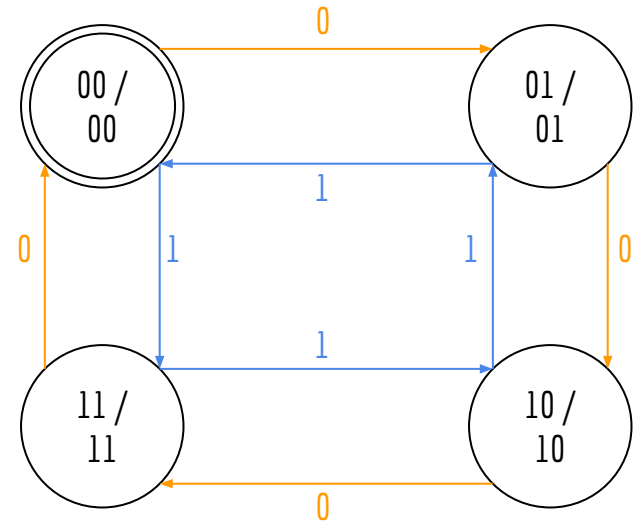


# Diagrama de Estados - Moore



# Tabela Verdade

Estado Atual		Entrada	Próximo Estado		Saída
$E1_t$	$EO_t$		$E1_{t+1}$	$EO_{t+1}$	
0	0	0	0	1	Saída = Estado Atual
0	0	1	1	1	
0	1	0	1	0	
0	1	1	0	0	
1	0	0	1	1	
1	0	1	0	1	
1	1	0	0	0	
1	1	1	1	0	



# Derivando a expressão - Flip-Flops tipo D

Estado Atual		Entrada	Próximo Estado		Saída
$E1_t$	$EO_t$		$E1_{t+1}$	$EO_{t+1}$	
0	0	0	0	1	Saída = Estado Atual
0	0	1	1	1	
0	1	0	1	0	
0	1	1	0	0	
1	0	0	1	1	
1	0	1	0	1	
1	1	0	0	0	
1	1	1	1	0	

$$E1_{t+1} = E1_t \bar{EO}_t \bar{U} + \bar{E1}_t \bar{EO}_t U + E1_t EO_t U + \bar{E1}_t EO_t \bar{U}$$

	$\bar{EO}_t \bar{U}$	$\bar{EO}_t U$	$EO_t U$	$EO_t \bar{U}$
$\bar{E1}_t$	0	1	0	1
$E1_t$	1	0	1	0

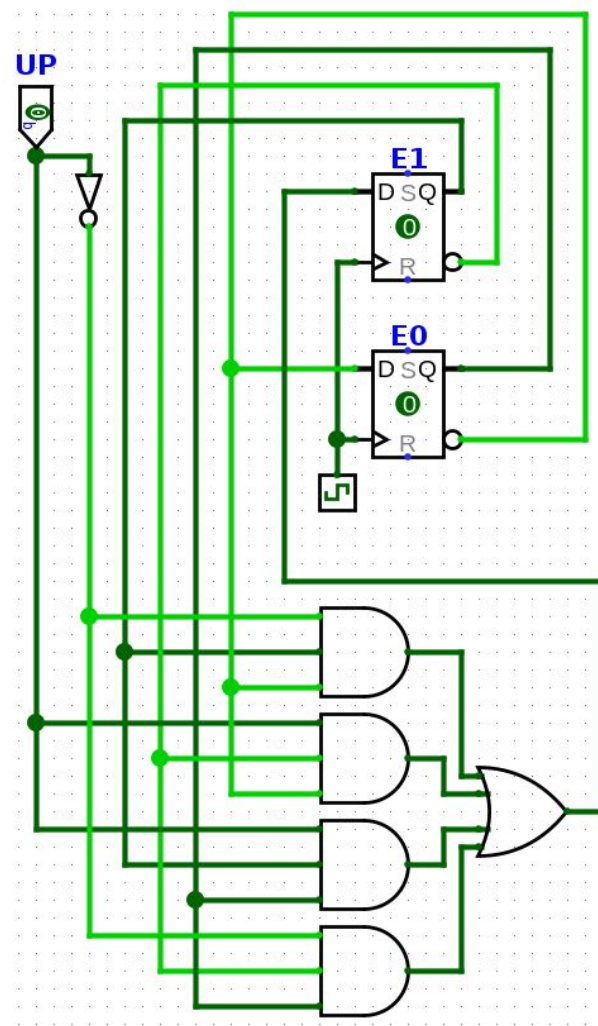
# Derivando a expressão - Flip-Flops tipo D

Estado Atual		Entrada	Próximo Estado		Saída
$E1_t$	$EO_t$		$E1_{t+1}$	$EO_{t+1}$	
0	0	0	0	1	Saída = Estado Atual
0	0	1	1	1	
0	1	0	1	0	
0	1	1	0	0	
1	0	0	1	1	
1	0	1	0	1	
1	1	0	0	0	
1	1	1	1	0	

$$EO_{t+1} = \overline{EO}_t$$

	$\overline{EO}_t \overline{U}$	$\overline{EO}_t U$	$EO_t U$	$EO_t \overline{U}$
$\overline{E1}_t$	1	1	0	0
$E1_t$	1	1	0	0

# Circuito



# Esteira

Um alarme é ativado quando são inseridos 3 ou mais itens consecutivamente em uma esteira.

Alarme: 0 desligado, 1 soando.

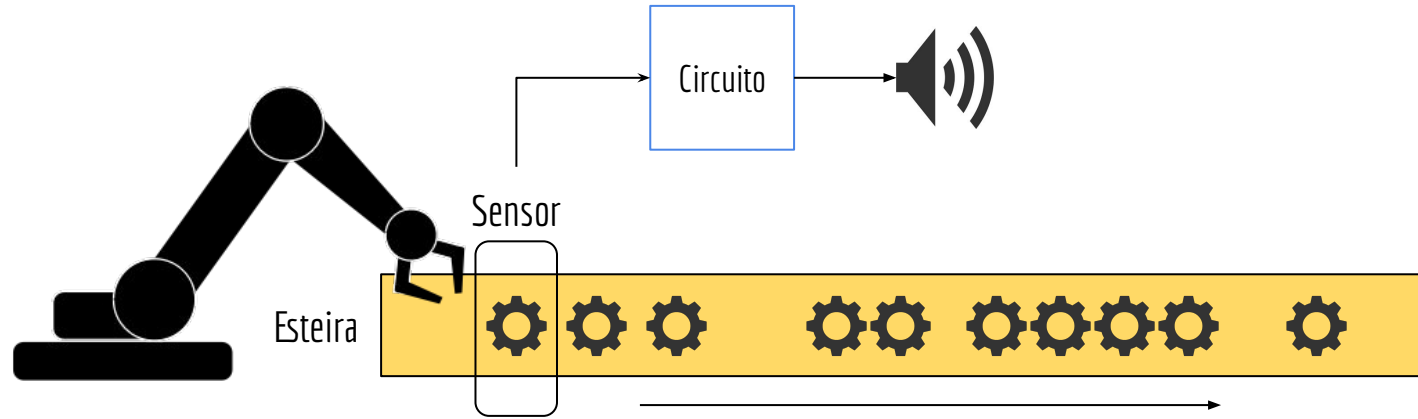
O alarme é desligado quando não houver um conjunto de 3 peças consecutivas.

Sensor

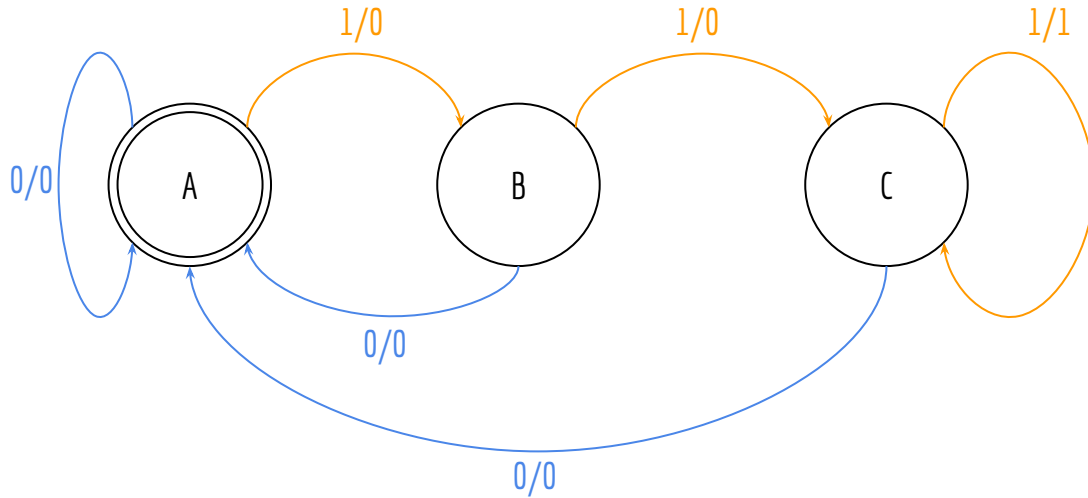
1 Foi inserida uma peça na esteira

0 Não foi inserida peça na esteira

# Esteira



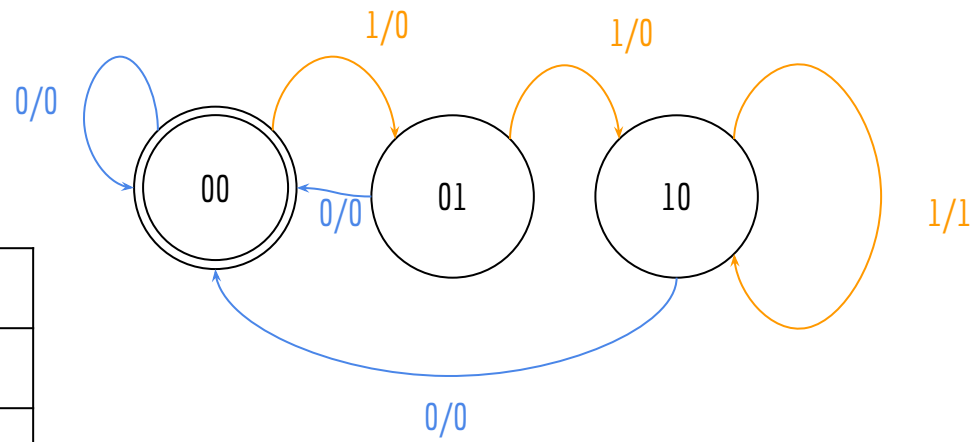
# Diagrama de Estados - Mealy





# Tabela Verdade

Estado Atual		Entrada	Próximo Estado		Saída
$E1_t$	$EO_t$	S	$E1_{t+1}$	$EO_{t+1}$	A
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0
1	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	1
1	1	0	X	X	X
1	1	1	X	X	X



# Expressão - Flip-Flop Tipo D

Estado Atual		Entrada S	Próximo Estado		Saída A
$E1_t$	$E0_t$		$E1_{t+1}$	$E0_{t+1}$	
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0
1	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	1
1	1	0	X	X	X
1	1	1	X	X	X

$$E1_{t+1} = E1_t S + E0_t S$$

	$\overline{E0}_t \overline{S}$	$\overline{E0}_t S$	$E0_t S$	$E0_t \overline{S}$
$\overline{E1}_t$	0	0	1	0
$E1_t$	0	1	X	X

# Expressão - Flip-Flop Tipo D

Estado Atual		Entrada	Próximo Estado		Saída
$E1_t$	$EO_t$	S	$E1_{t+1}$	$EO_{t+1}$	A
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0
1	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	1
1	1	0	X	X	X
1	1	1	X	X	X

$$EO_{t+1} = \overline{E1}_t \overline{EO}_t S$$

	$\overline{EO}_t \overline{S}$	$\overline{EO}_t S$	$EO_t S$	$EO_t \overline{S}$
$\overline{E1}_t$	0	1	0	0
$E1_t$	0	0	X	X

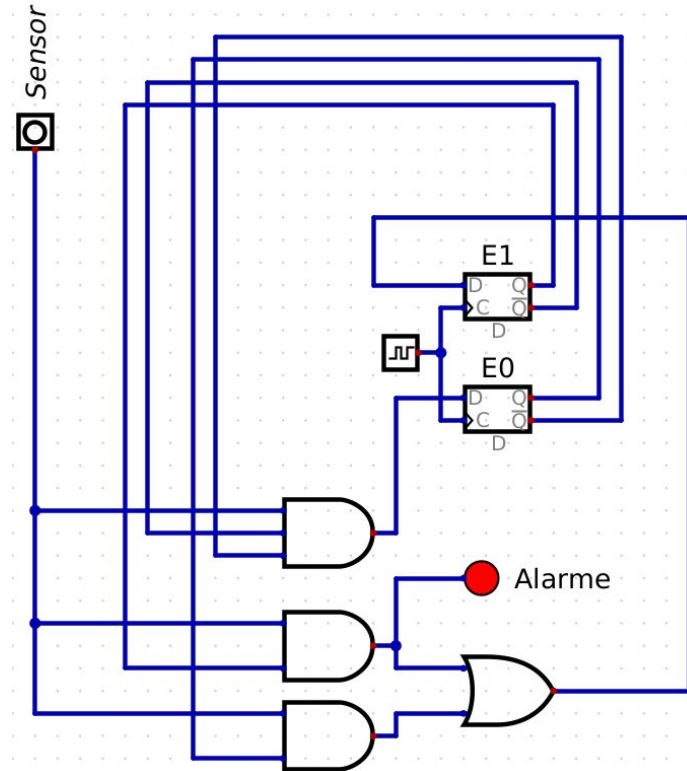
# Expressão - Flip-Flop Tipo D

Estado Atual		Entrada	Próximo Estado		Saída
$E1_t$	$EO_t$	S	$E1_{t+1}$	$EO_{t+1}$	A
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0
1	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	1
1	1	0	X	X	X
1	1	1	X	X	X

$$A = E1_t S$$

	$\overline{EO}_t \overline{S}$	$\overline{EO}_t S$	$EO_t S$	$EO_t \overline{S}$
$\overline{E1}_t$	0	0	0	0
$E1_t$	0	1	X	X

# Circuito



# Contador Simples/Duplo

Um contador módulo 3.

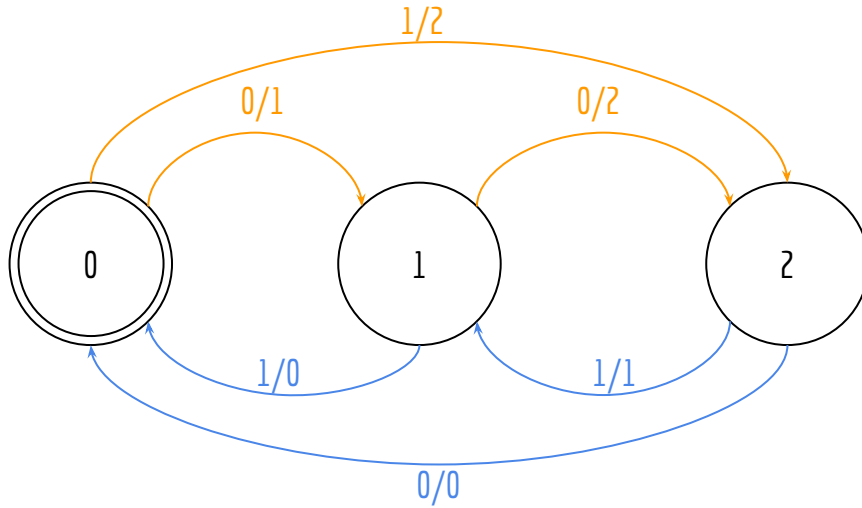
A cada ciclo

Soma um se  $V=0$

Soma dois se  $V=1$

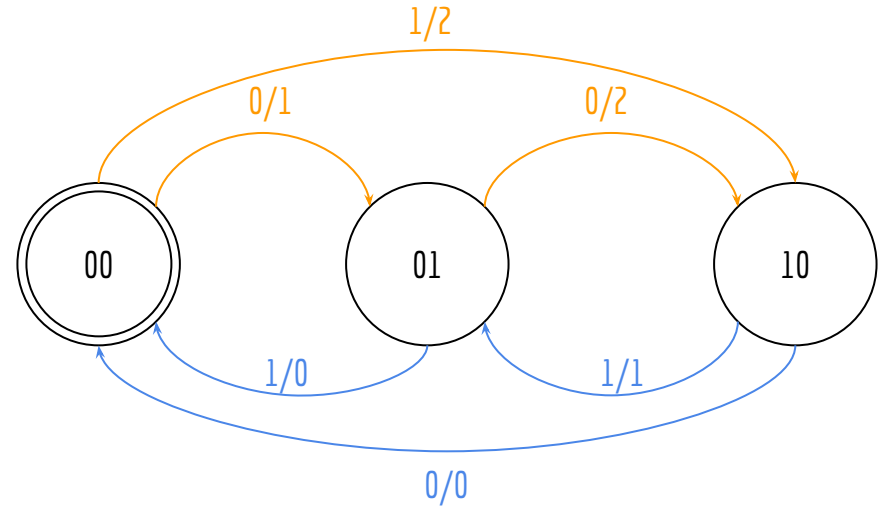
Utilizar Flip-Flops J-K

# Diagrama de Estados



# Tabela Verdade

Estado Atual		Entrada	Próximo Estado		Saída	
$E1_t$	$E0_t$	V	$E1_{t+1}$	$E0_{t+1}$	S1	S0
0	0	0	0	1	$S1 = E1_{t+1}$ $S0 = E0_{t+1}$	
0	0	1	1	0		
0	1	0	1	0		
0	1	1	0	0		
1	0	0	0	0		
1	0	1	0	1		
1	1	0	X	X		
1	1	1	X	X		





# Tabela Verdade - Ajuste para J-K

Estado Atual		Entrada	Próximo Estado						Saída	
$E1_t$	$E0_t$	V	$E1_{t+1}$	FF1		$E0_{t+1}$	FF0		S1	S0
				J1	K1		J0	K0		
0	0	0	0	0	0	1	1	0	$S1 = E1_{t+1}$ $S0 = E0_{t+1}$	
0	0	1	1	1	0	0	0	0		
0	1	0	1	1	0	0	0	1		
0	1	1	0	0	0	0	0	1		
1	0	0	0	0	1	0	0	0		
1	0	1	0	0	1	1	1	0		
1	1	0	X	X	X	X	X	X		
1	1	1	X	X	X	X	X	X		

# Expressão

Estado Atual		Entrada	Próximo Estado						Saída	
$E1_t$	$E0_t$	V	$E1_{t+1}$	FF1		$E0_{t+1}$	FF0		S1	S0
				J1	K1		J0	K0		
0	0	0	0	0	0	1	1	0	$S1 = E1_{t+1}$ $S0 = E0_{t+1}$	
0	0	1	1	1	0	0	0	0		
0	1	0	1	1	0	0	0	1		
0	1	1	0	0	0	0	0	1		
1	0	0	0	0	1	0	0	0		
1	0	1	0	0	1	1	1	0		
1	1	0	X	X	X	X	X	X		
1	1	1	X	X	X	X	X	X		

$$J1 = \overline{E1}_t \overline{E0}_t V + E0_t \overline{V}$$

	$\overline{E0}_t \overline{V}$	$\overline{E0}_t V$	$E0_t V$	$E0_t \overline{V}$
$\overline{E1}_t$	0	1	0	1
$E1_t$	0	0	X	X

# Expressão

Estado Atual		Entrada	Próximo Estado						Saída	
$E1_t$	$E0_t$	V	$E1_{t+1}$	FF1		$E0_{t+1}$	FF0		S1	S0
				J1	K1		J0	K0		
0	0	0	0	0	0	1	1	0	S1 = $E1_{t+1}$ S0 = $E0_{t+1}$	
0	0	1	1	1	0	0	0	0		
0	1	0	1	1	0	0	0	1		
0	1	1	0	0	0	0	0	1		
1	0	0	0	0	1	0	0	0		
1	0	1	0	0	1	1	1	0		
1	1	0	X	X	X	X	X	X		
1	1	1	X	X	X	X	X	X		

$$K1 = E1_t$$

	$\overline{E0}_t \overline{V}$	$\overline{E0}_t V$	$E0_t V$	$E0_t \overline{V}$
$\overline{E1}_t$	0	0	0	0
$E1_t$	1	1	X	X

# Expressão

Estado Atual		Entrada	Próximo Estado						Saída	
$E1_t$	$E0_t$	V	$E1_{t+1}$	FF1		$E0_{t+1}$	FF0		S1	S0
				J1	K1		J0	K0		
0	0	0	0	0	0	1	1	0	$S1 = E1_{t+1}$ $S0 = E0_{t+1}$	
0	0	1	1	1	0	0	0	0		
0	1	0	1	1	0	0	0	1		
0	1	1	0	0	0	0	0	1		
1	0	0	0	0	1	0	0	0		
1	0	1	0	0	1	1	1	0		
1	1	0	X	X	X	X	X	X		
1	1	1	X	X	X	X	X	X		

$$J0 = \bar{E1}_t \bar{E0}_t \bar{V} + E1_t V$$

	$\bar{E0}_t \bar{V}$	$\bar{E0}_t V$	$E0_t V$	$E0_t \bar{V}$
$\bar{E1}_t$	1	0	0	0
$E1_t$	0	1	X	X

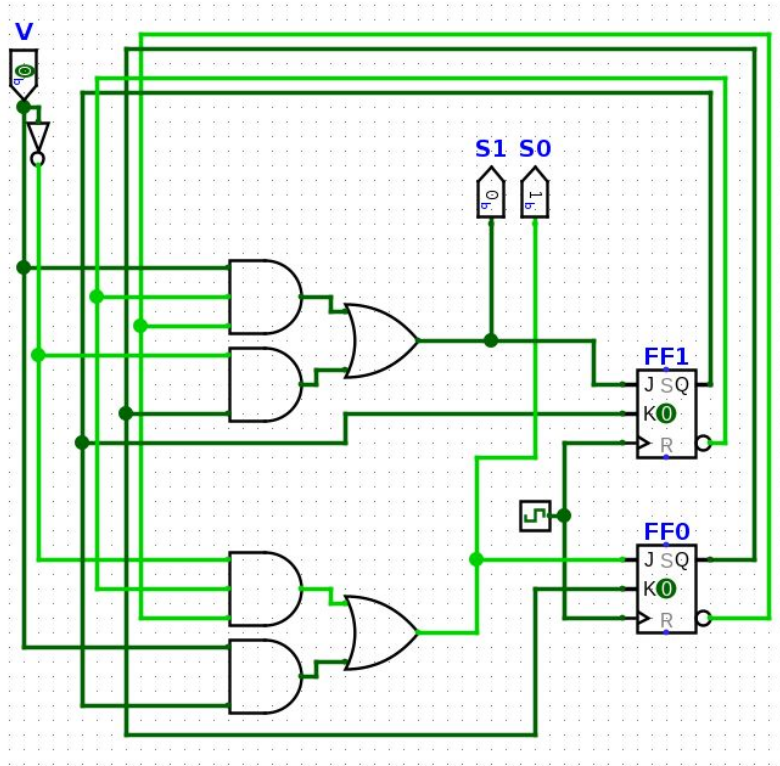
# Expressão

Estado Atual		Entrada	Próximo Estado						Saída	
$E1_t$	$E0_t$	V	$E1_{t+1}$	FF1		$E0_{t+1}$	FF0		S1	S0
				J1	K1		J0	K0		
0	0	0	0	0	0	1	1	0	$S1 = E1_{t+1}$ $S0 = E0_{t+1}$	
0	0	1	1	1	0	0	0	0		
0	1	0	1	1	0	0	0	1		
0	1	1	0	0	0	0	0	1		
1	0	0	0	0	1	0	0	0		
1	0	1	0	0	1	1	1	0		
1	1	0	X	X	X	X	X	X		
1	1	1	X	X	X	X	X	X		

$$K0 = E0_t$$

	$\overline{E0}_t \overline{V}$	$\overline{E0}_t V$	$E0_t V$	$E0_t \overline{V}$
$\overline{E1}_t$	0	0	1	1
$E1_t$	0	0	X	X

# Circuito

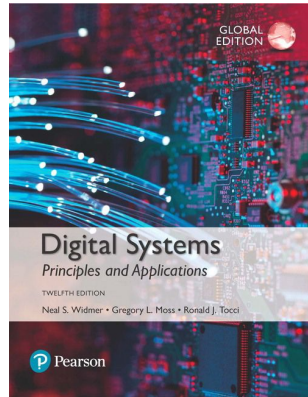


# Exercícios

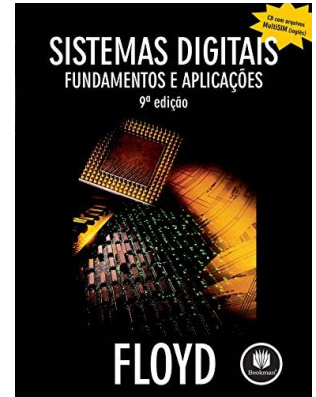
1. Modele o primeiro problema (contador up-down) como uma máquina de Mealy. Utilize Flip-Flops J-K.
2. Modele o segundo problema (esteira) como uma máquina de Moore. Utilize Flip-Flops S-R.
3. Modele o terceiro problema (contador mod3) utilizando Flip-Flops do tipo D.

# Referências

Ronald J. Tocci, Gregory L. Moss, Neal S. Widmer. Sistemas digitais. 10a ed. 2017.



Thomas Floyd. Sistemas Digitais: Fundamentos e Aplicações. 2009.





# Licença

Este obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

