

INF01 118



# Técnicas Digitais para Computação

## Contadores

Aula 22

# 1. Introdução

- **contador** = registrador que passa por seqüência de estados quando são aplicados pulsos de entrada

É uma FSM em que { as únicas saídas são os estados  
a única entrada é o pulso de contagem

- **seqüência de estados**

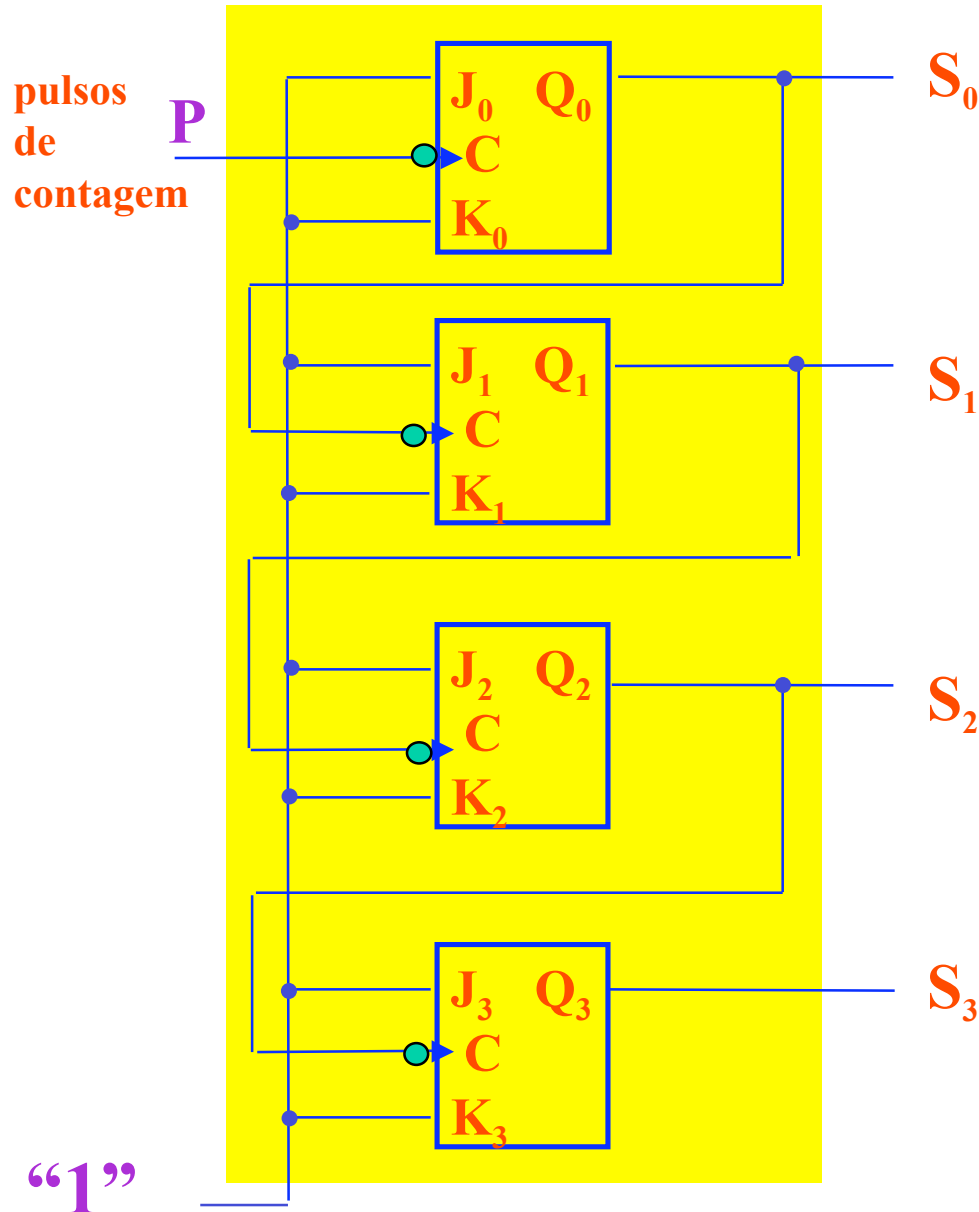
- Seqüência de números binários - **contador binário**
- Qualquer outra seqüência - **contador BCD**  
outros códigos  
seqüências arbitrárias (1,2,3,5,7...)

- **necessidade de lógica combinacional para controlar seqüência de contagem**

- **tipos de contadores**

- “**Ripple Counters**” - transição de um FF serve para disparar transição do próximo (assíncronos)
- “**Contadores Síncronos**” - todos os FF’s são carregados simultaneamente pelo clock

## 2. Contador ripple binário



Supondo FF's sensíveis à transição negativa do sinal do controle

Também possível com FF's tipo T

JK Mestre-escravo ou sensível à borda do relógio

J	K	Q <sub>n</sub>
0	0	Q <sub>n</sub>
0	1	1
1	0	0
1	1	$\overline{Q_n}$

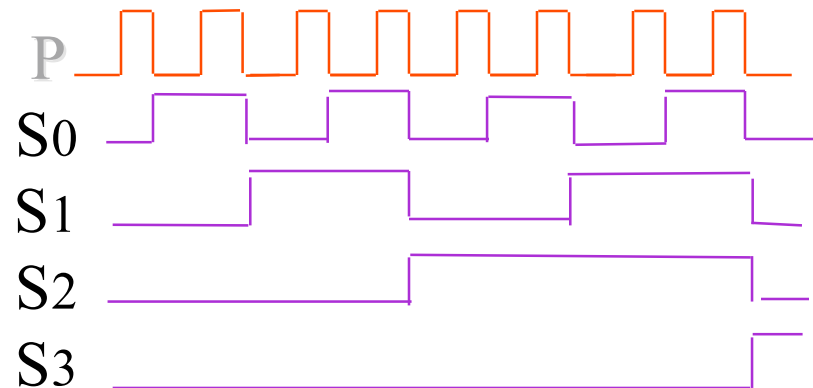
- como  $J = K = 1$  em todos os FF's

- cada transição negativa da entrada C causa complemento do FF
- portanto

cada transição negativa de P  $\Rightarrow$  S0 complementado  
 “ “ “ “ S0  $\Rightarrow$  S1 “  
 “ “ “ “ S1  $\Rightarrow$  S2 “  
 “ “ “ “ S2  $\Rightarrow$  S3 “

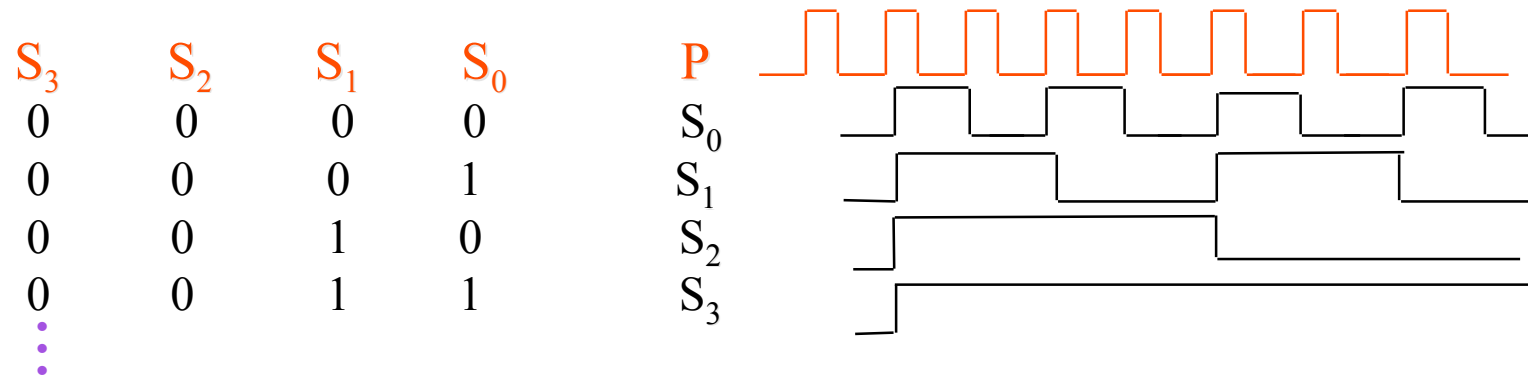
- sequência de estados

S3	S2	S1	S0
0	0	0	0
0	0	0	1
0	0	1	0
0	0	1	1
⋮			

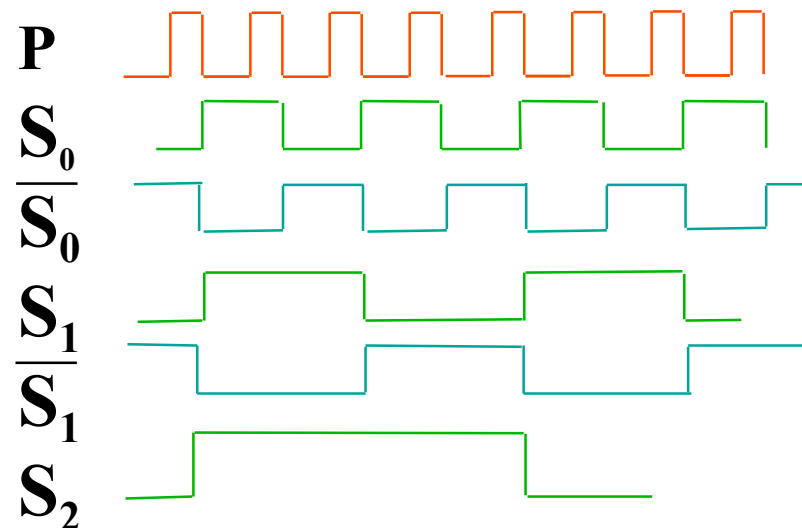


## • para contar para baixo

- **alternativa 1** - pegar saídas complementadas dos FF's como saídas do contador
- **alternativa 2** - usar FF's sensíveis à transição positiva do sinal de controle (C)

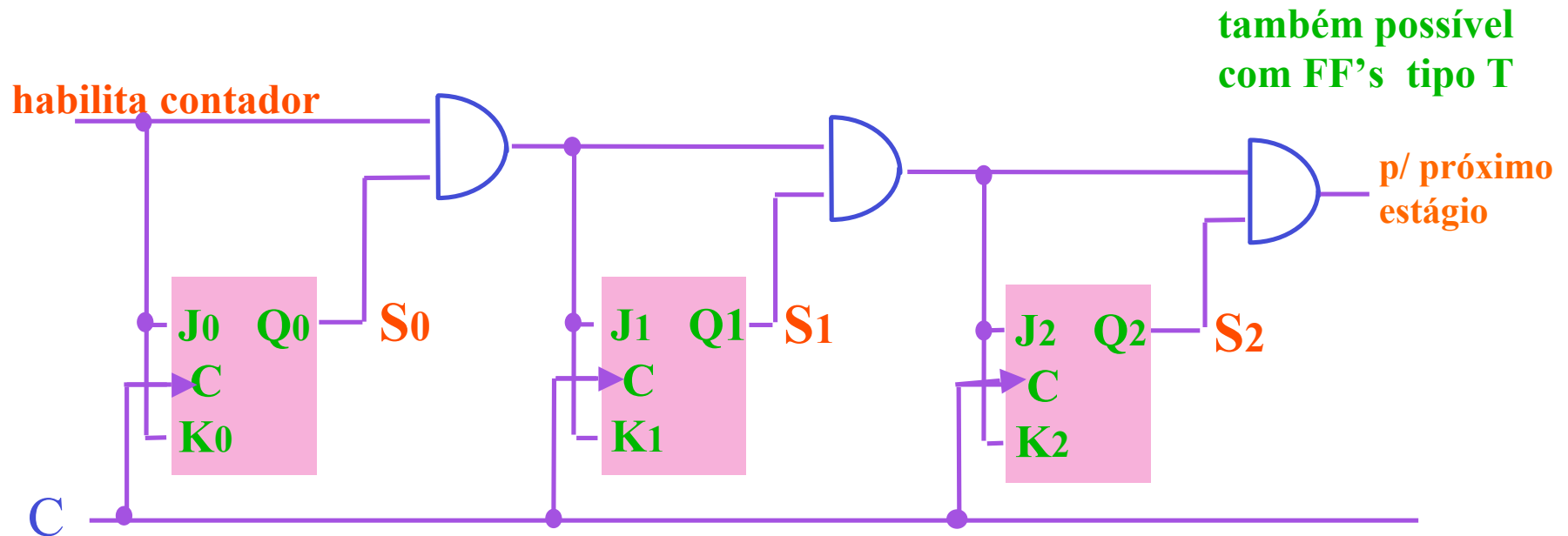


- **alternativa 3** - ligar saída  $\bar{Q}$  de cada FF à entrada C do FF seguinte  
transição negativa de P (ou  $\bar{Q}_i$ ) causa complemento de  $Q_{i+1}$



- [http://www.play-hookey.com/digital/ripple\\_counter.html](http://www.play-hookey.com/digital/ripple_counter.html)

### 3. Contador síncrono binário



- Como  $J_0 = K_0 = 1$  no primeiro FF, cada transição do clock (positiva ou negativa, à escolha) causa complemento de  $S_0$
- Quando  $S_0 = 1 \Rightarrow J_1 = K_1 = 1$ , próxima transição do clock causa complemento de  $S_1$
- Quando  $S_0 = 1$  e  $S_1 = 1 \Rightarrow J_2 = K_2 = 1$ , próxima transição do clock complementa  $S_2$

seqüência  
de valores

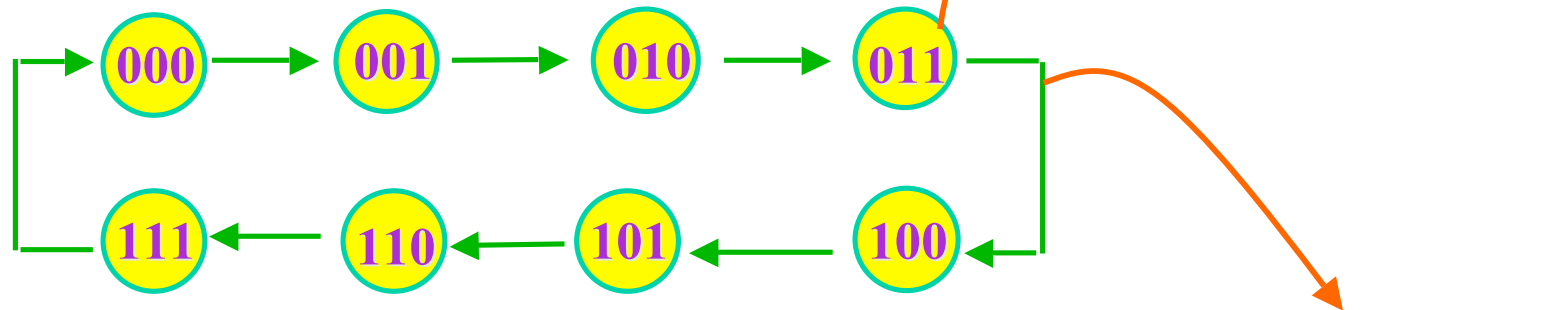
$S_2$	$S_1$	$S_0$
0	0	0
0	0	1
0	1	0
0	1	1
1	0	0
⋮		

- [http://www.play-hookey.com/digital/synchronous\\_counter.html](http://www.play-hookey.com/digital/synchronous_counter.html)



## Projeto de um contador síncrono binário

### A) Máquina de estados



### B) Tabela de Estados

Est. Atual    Próx. Est.    Eq. Entrada

S2	S1	S0	S2	S1	S0	T2	T1	T0
0	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	1	0	0	1	1
0	1	0	0	1	1	0	0	1
0	1	1	1	0	0	1	1	1
1	0	0	1	0	1	0	0	1
1	0	1	1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	1	1	0	0	1
1	1	1	0	0	0	1	1	1

Transição de um estado para outro (devido ao relógio) e a condição de entrada (se houver)

Depende da implementação, se for com ffp do tipo JK ou T, ou ffp do tipo D

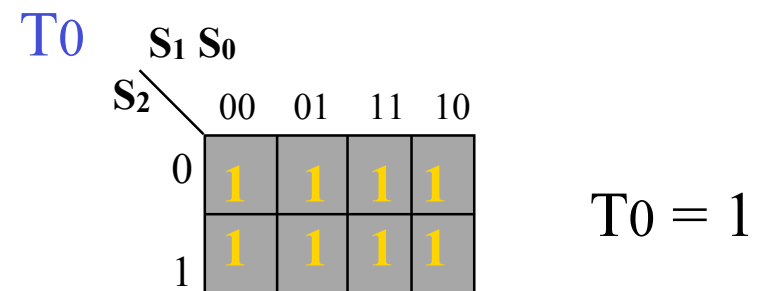
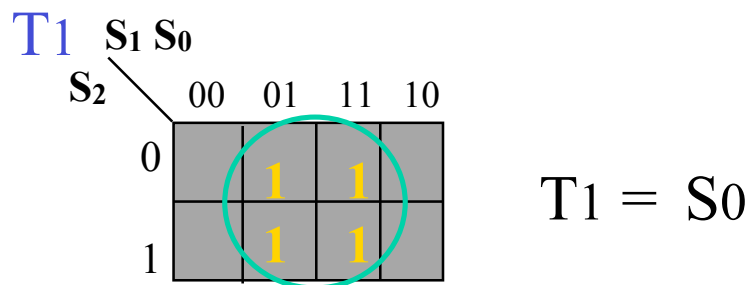
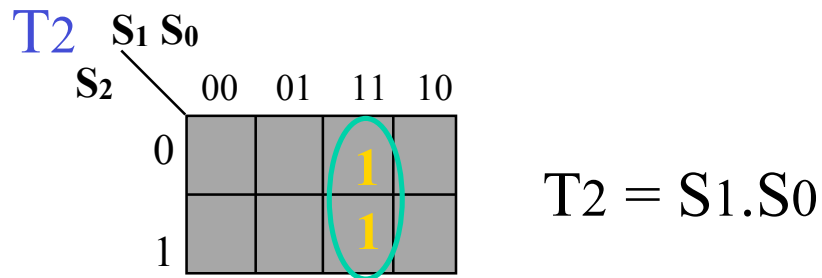
## C) Projeto com FF's tipo T

### C.1 Equações de entrada dos FF's

**1** indica “tem que complementar”

**0** indica “não precisa complementar”

### C.2 Mapas de Karnaugh



O resultado é o circuito já mostrado

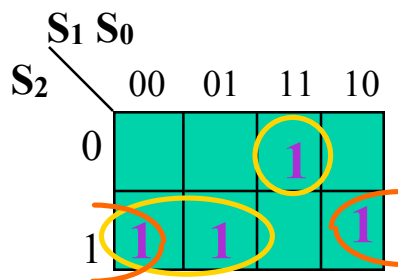
## D) Projeto com FF's tipo D

### D.1 Equação de entrada dos FF's

Iguais aos valores de próximo estado (  $Q = D$  no FF tipo D)

### D.2 Mapas de Karnaugh

**D2**

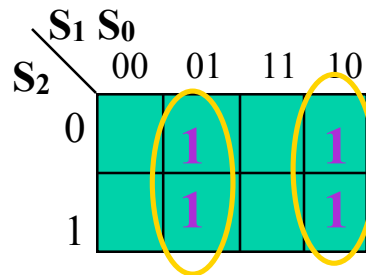


$$D2 = S_2 \bar{S}_1 + S_2 \bar{S}_0 + \bar{S}_2 S_1 S_0$$

S2	S1	S0
1	0	X
1	X	0
0	1	1

ou seja, D2 = 1 quando

**D1**

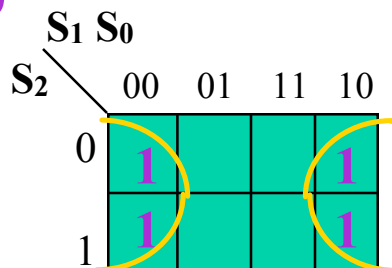


$$D1 = \bar{S}_1 S_0 + S_1 \bar{S}_0$$

S2	S1	S0
X	0	1
X	1	0

ou seja, D1 = 1 quando

**D0**



$$D0 = \bar{S}_0$$

S2	S1	S0
X	X	0

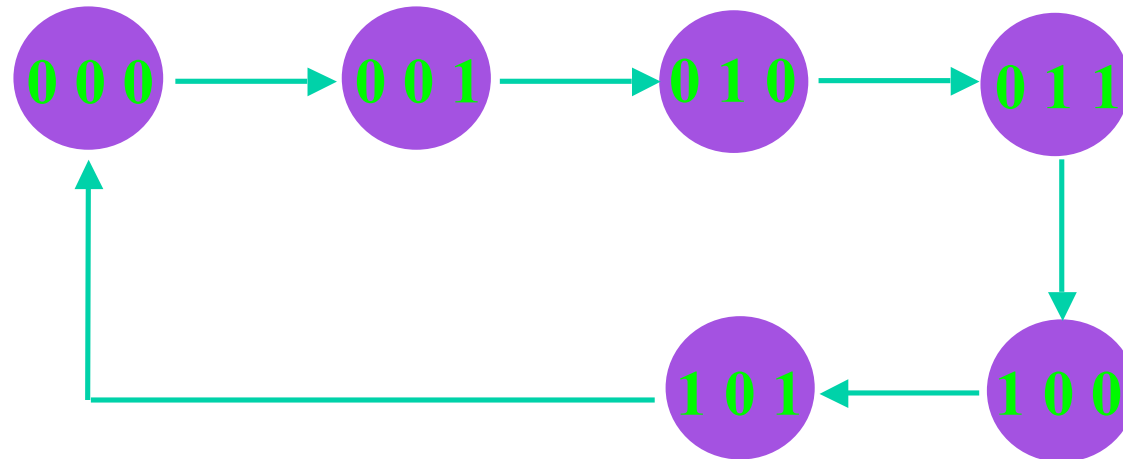
ou seja, D0 = 1 quando

equações mais complexas com o uso de FF's tipo D

## 4. Contadores módulo N

Para  $m$  flip-flops, supor um circuito que conte até  $N < 2^m - 1$ , ou seja, que não use todos os  $2^m$  estados possíveis

*exemplo:* contador até 5



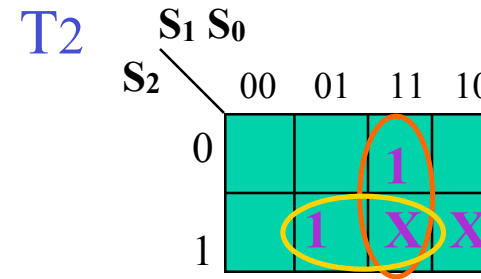
## Tabela de Estados e Equações de entrada para FF's tipo T

Estado Atual			Próximo Estado			Equação Entrada T		
S2	S1	S0	S2	S1	S0	T2	T1	T0
0	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	1	0	0	1	1
0	1	0	0	1	1	0	0	1
0	1	1	1	0	0	1	1	1
1	0	0	1	0	1	0	0	1
1	0	1	0	0	0	1	0	1
1	1	0	X	X	X	X	X	X
1	1	1	X	X	X	X	X	X

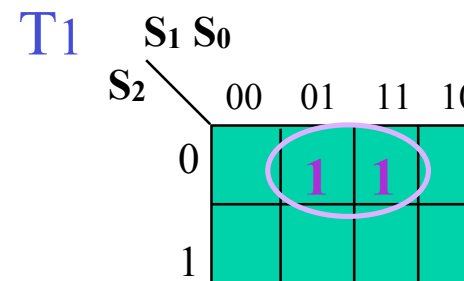


Devido aos estados não usados

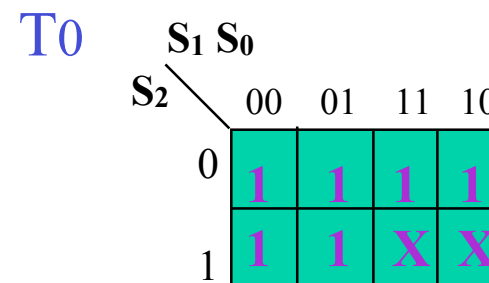
## Mapa de Karnaugh



$$T2 = S_1 S_0 + S_2 S_0 = S_0 (S_1 + S_2)$$

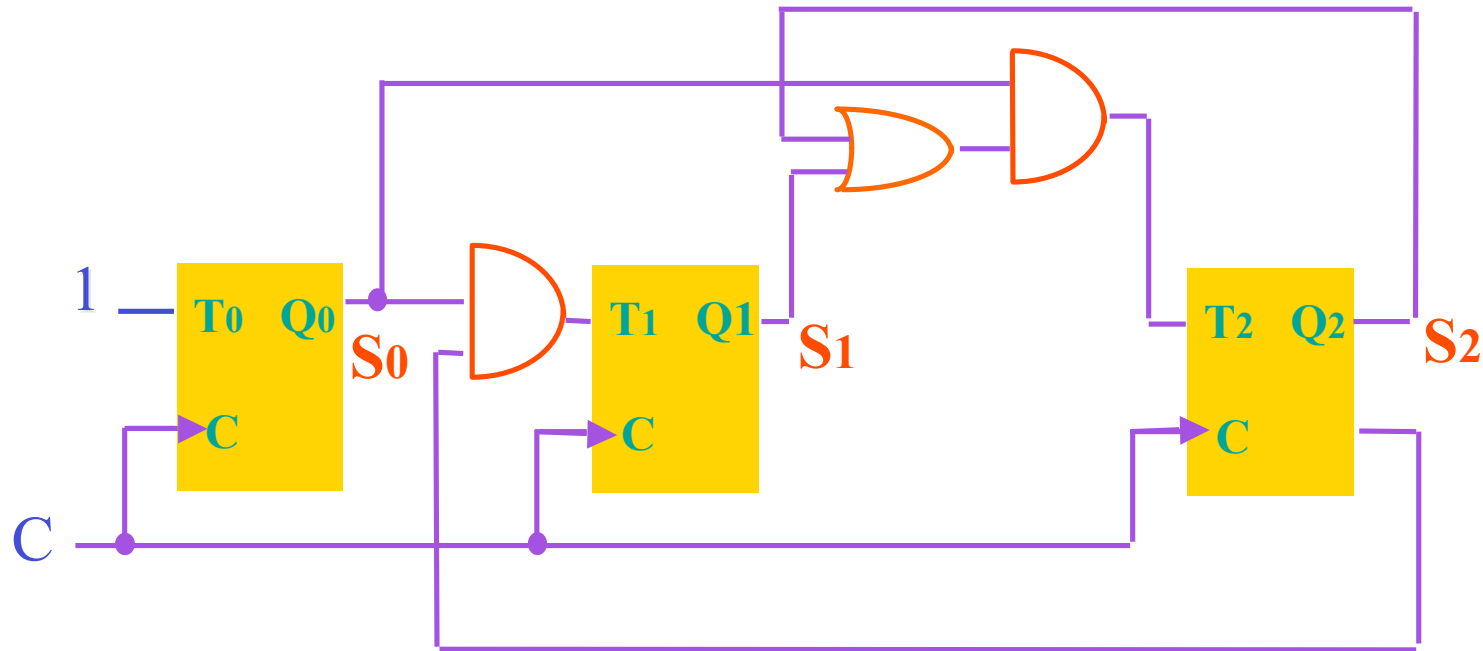


$$T1 = S_0 \bar{S}_2$$

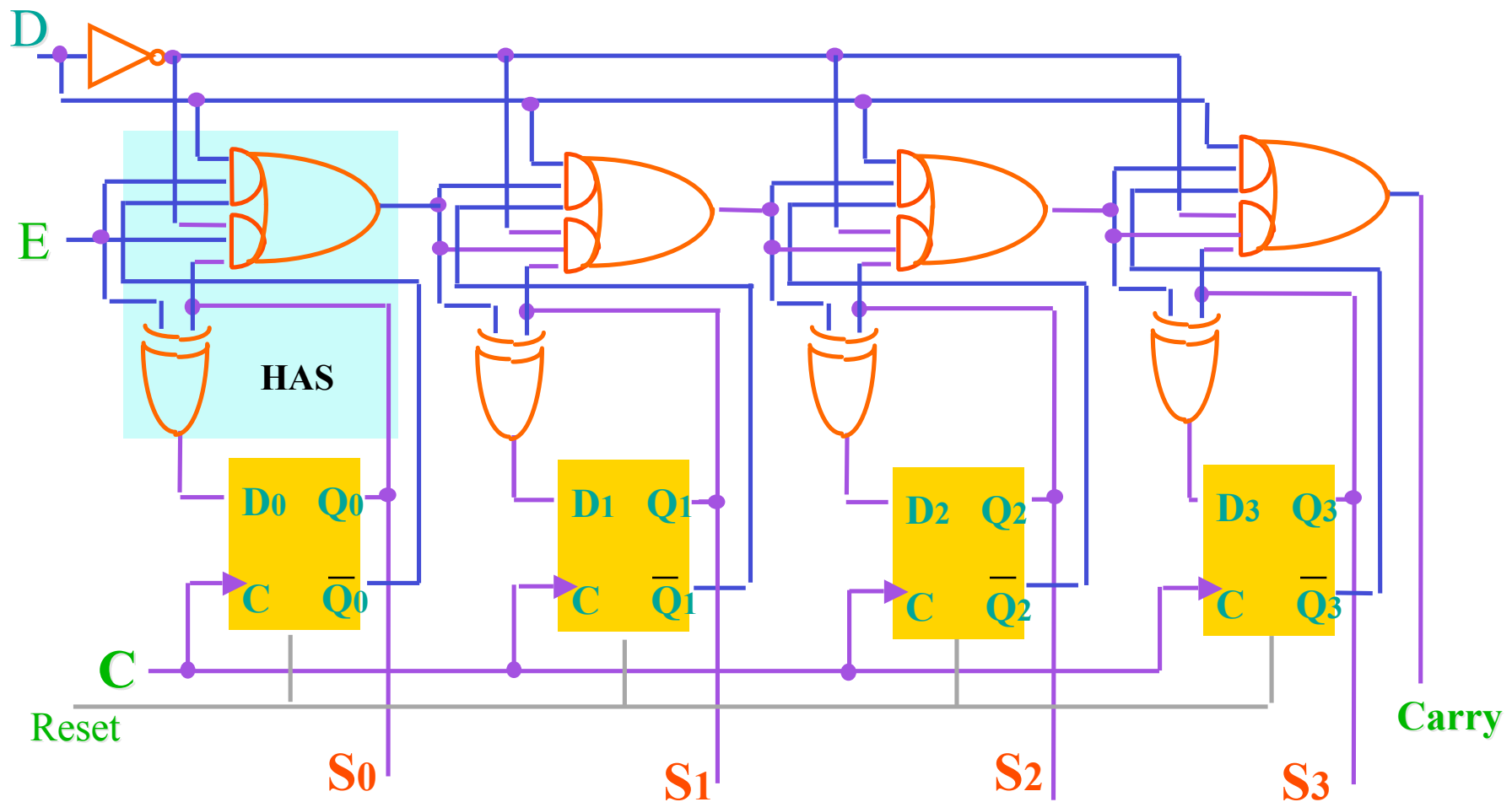
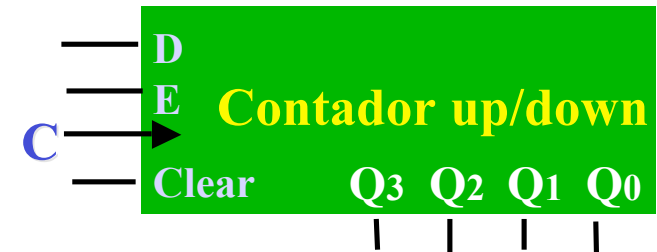


$$T0 = 1$$

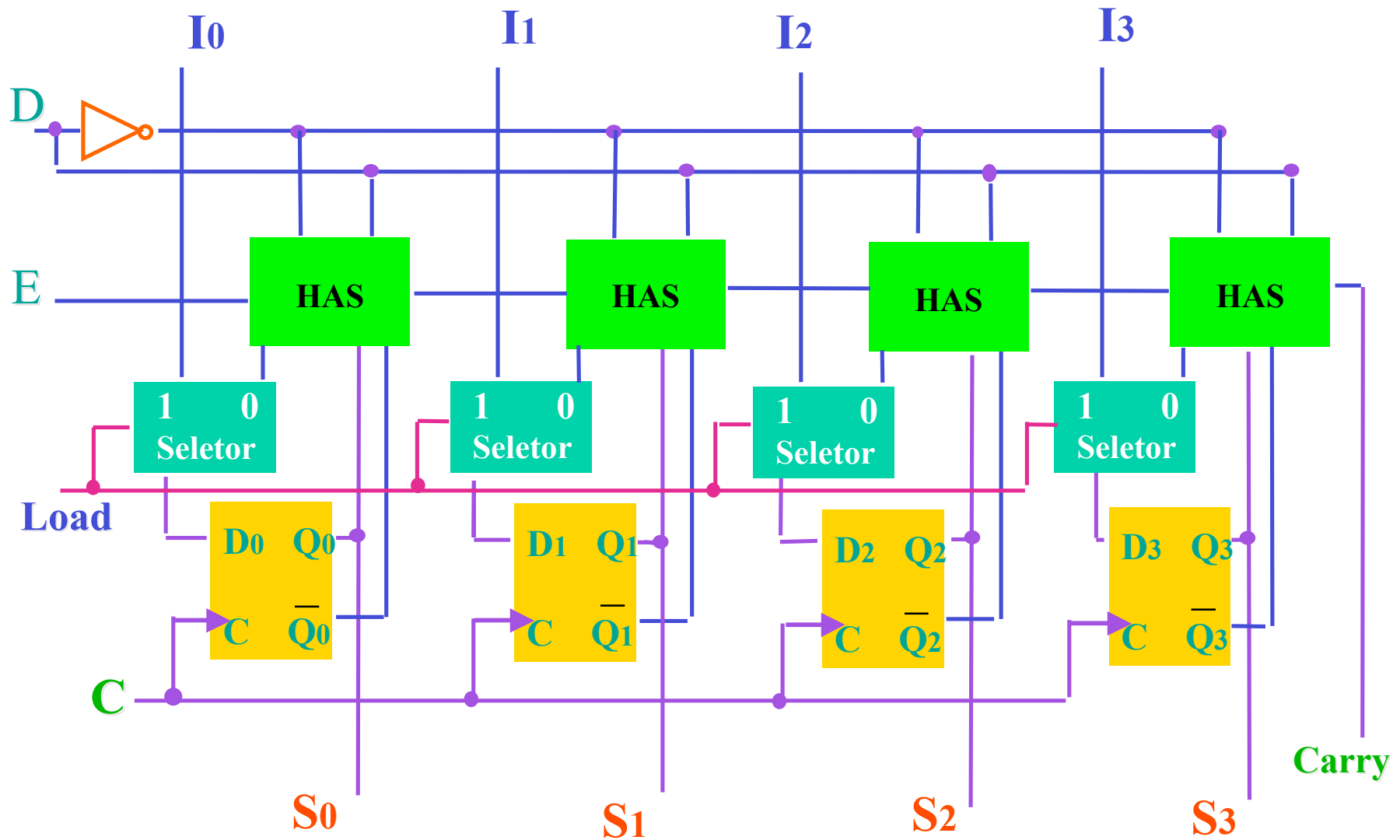
## Implementação do contador de módulo 5 (contador até 5)



## Contador binário up/down



## Contador up/down com carga paralela



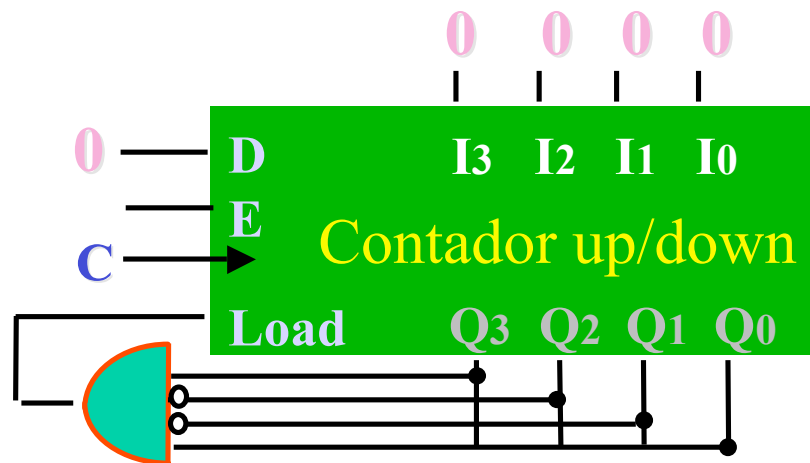


## 5. Contador BCD

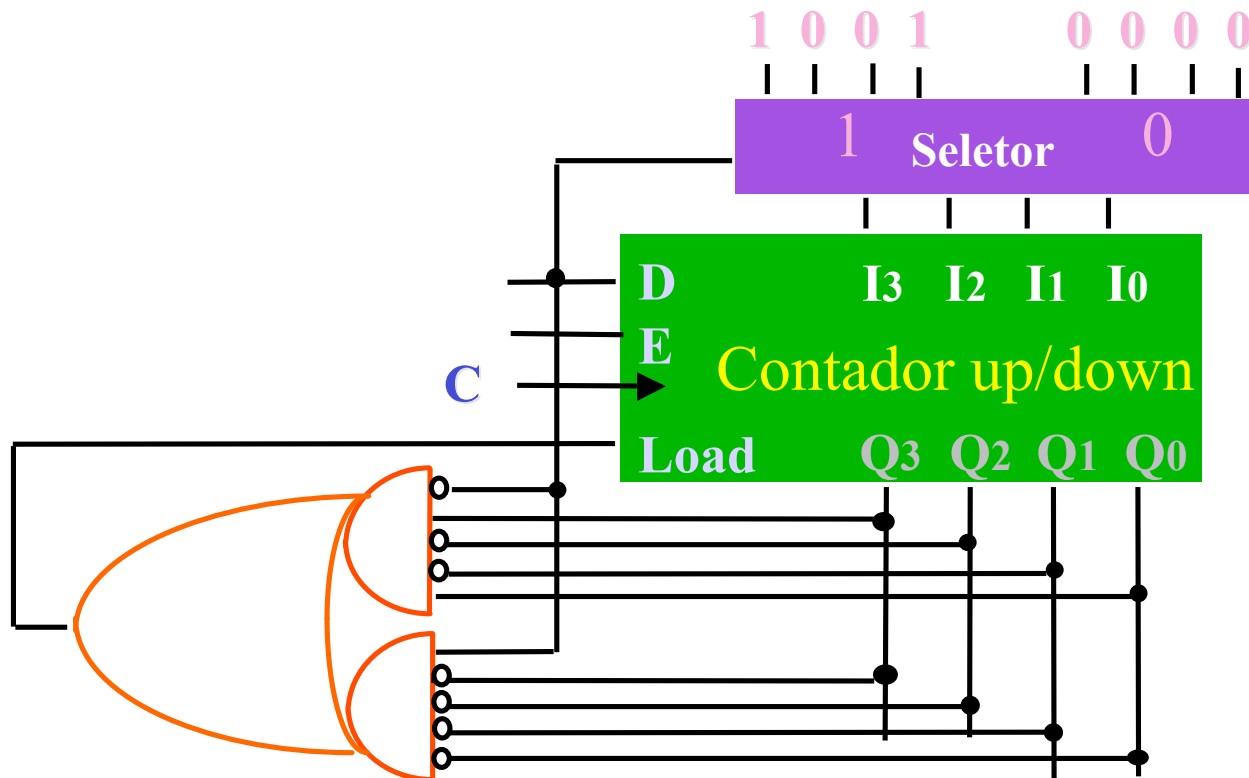
Conta de 0 a 9 e então reinicia contagem.

Lógica combinacional detecta quando a contagem chega a 9.

Contador BCD para cima



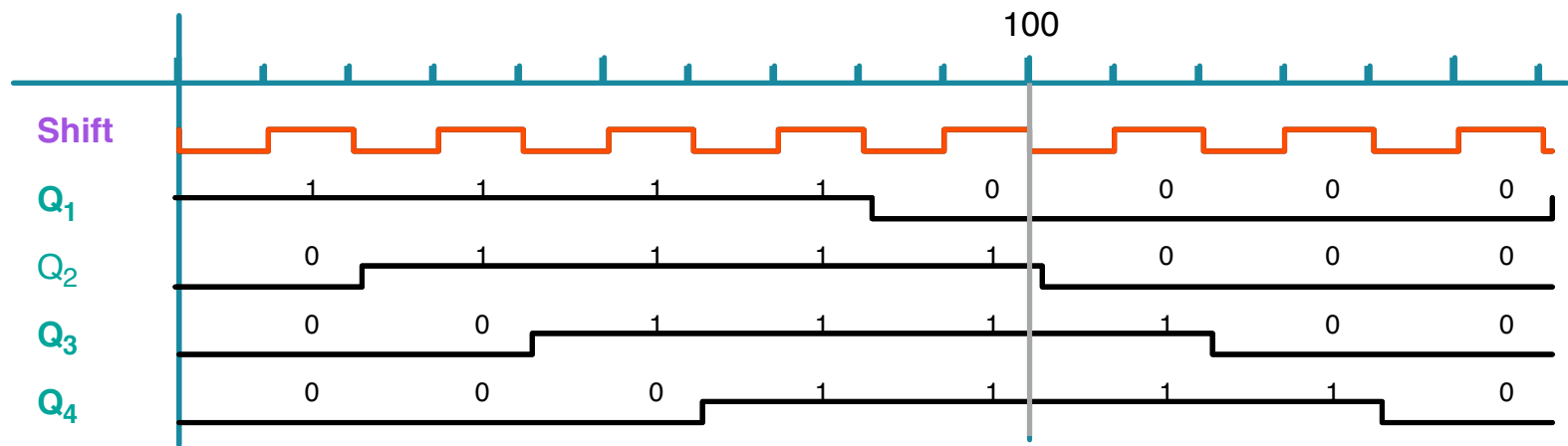
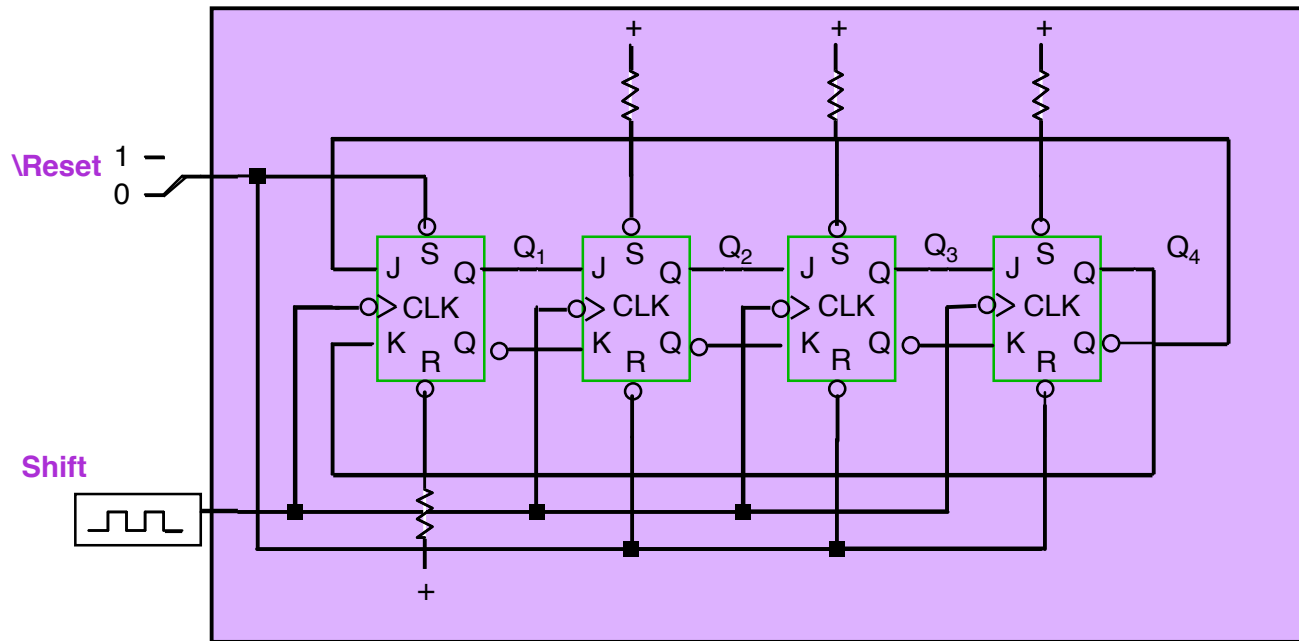
## Contador BCD up/down



$D = 0$  ➡ contagem para cima (UP)

$D = 1$  ➡ contagem para baixo (DOWN)

## 6. Contador Johnson (Mobius)



8 estados possíveis, muda só um bit em cada transição de estado, útil para evitar hazards

# Outros exemplos

- [http://www.play-hookey.com/digital/johnson\\_counter.html](http://www.play-hookey.com/digital/johnson_counter.html)
- [http://www.play-hookey.com/digital/frequency\\_dividers.html](http://www.play-hookey.com/digital/frequency_dividers.html)