

# PCS 3115 – Sistemas Digitais I

## Circuitos Sequenciais: Registradores e Contadores

### EAD – Ensino A Distância

#### Parte III:

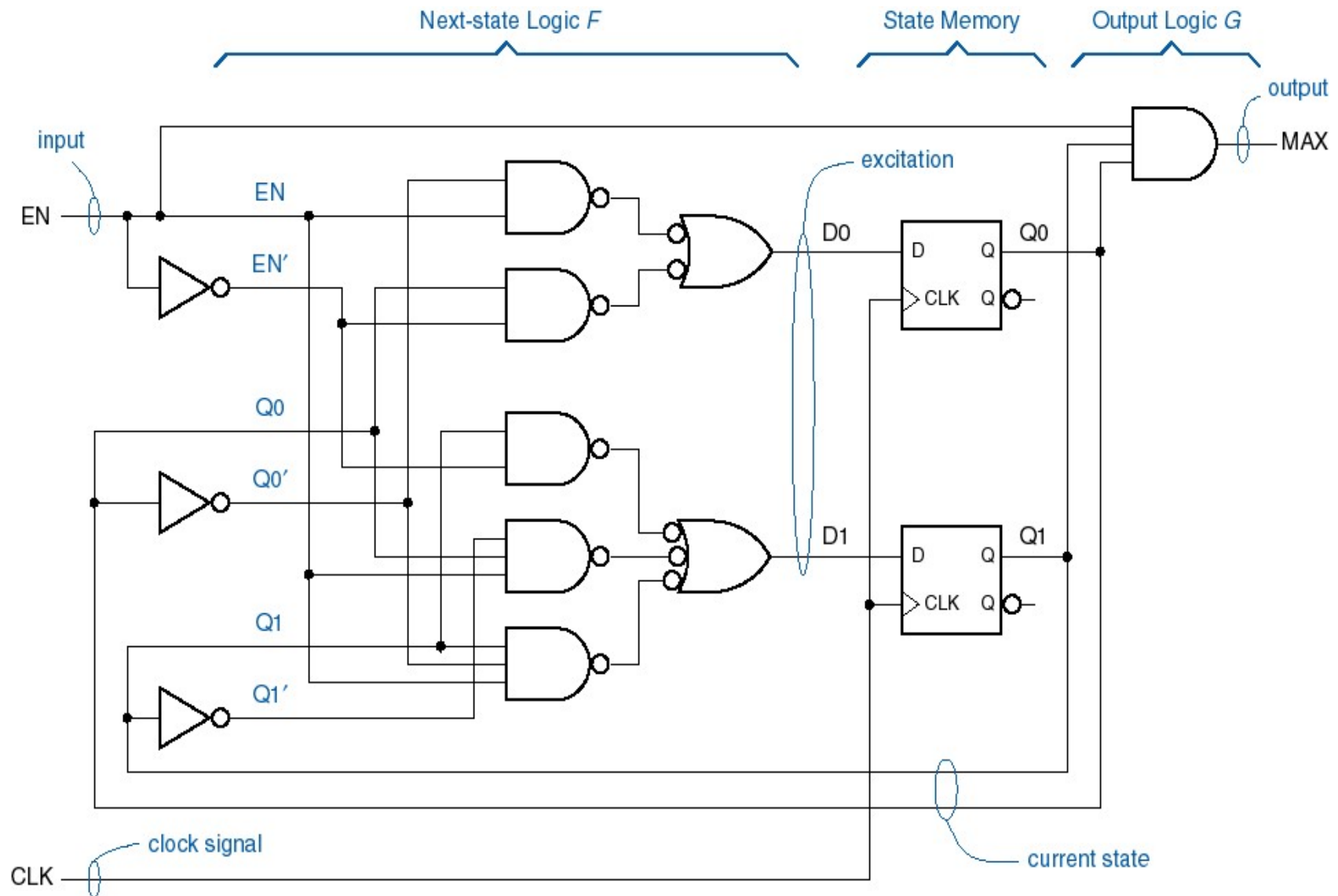
#### Contadores Síncronos.

Aula: 22 – Data: 25/05 (S)

*Prof. Dr. Marco Túlio Carvalho de Andrade*

*versão: 2.0 (Maio/2020)*

# 1. Circuitos Lógicos Seqüenciais



# Contadores

**Um contador não precisa de entradas,  
mas ...**

- Para imprimir **versatilidade** em seu uso alguns contadores utilizam-se de **entradas de controle:**

*Reset, Set, Load, Hold, Output Enable,  
Clock Enable, Up/Down.*

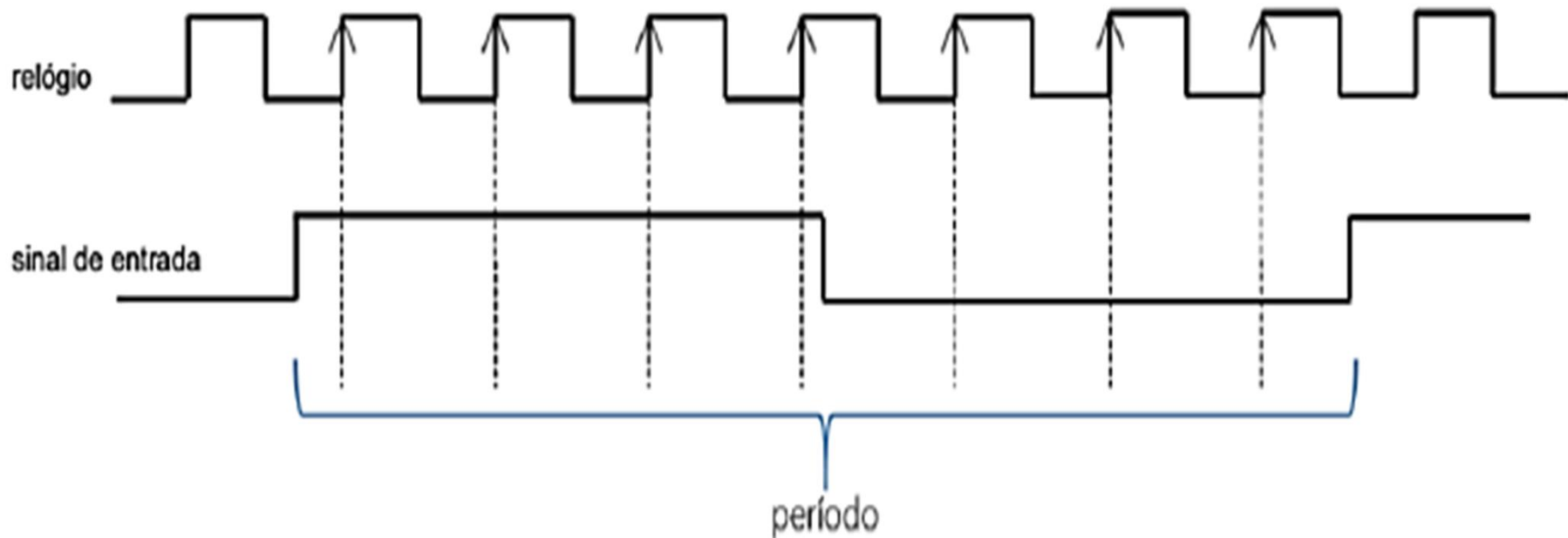
# Contadores

## Funções & Usos

- Contagens diversas;
- Geração de sequência de sinais de controle;
- Divisão de frequência;
- **Medição de frequência;**
- Geração de formas de onda específicas (quadrada, por exemplo);
- Conversão analógico-digital.

## Contadores Síncronos

- **Método da Contagem do Relógio** – A medida da frequência de um sinal digital periódico pode ser obtida pela contagem do número de ciclos de relógio do sistema para um período do sinal de entrada.



# Contadores

## Funções & Usos

- Contagens diversas;
- Geração de sequência de sinais de controle;
- **Divisão de frequência;**
- Medição de frequência;
- **Geração de formas de onda específicas (quadrada, por exemplo);**
- Conversão analógico-digital.

## Contadores – Geração de Onda Quadrada

- **Problema** – Gerar onda quadrada com frequência menor do que o *clock* original. Por que onda quadrada?
  - Reduz nível DC do sinal;
  - Transmissão de sinais – Diminui perdas;
  - Conversão digital-analógico – Previne saturação de capacitores;
  - Dividir por igual tempos de atraso na propagação para funções de excitação em FSMs;
  - Sinalização com Luz piscante – Tempo total da luz apagada é igual ao da luz acesa ...

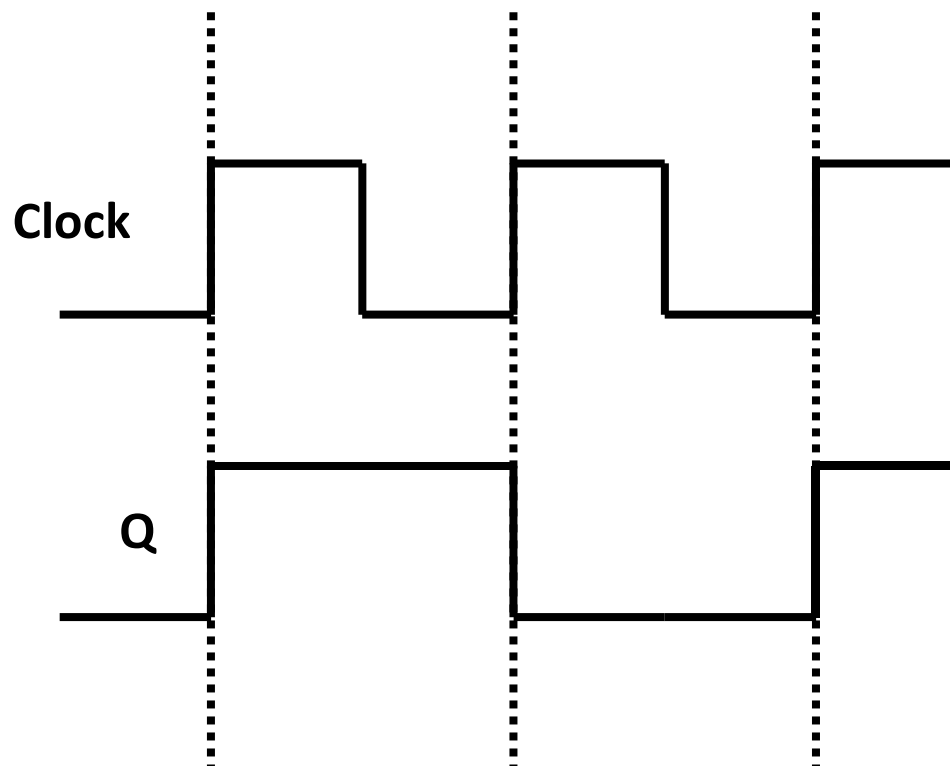
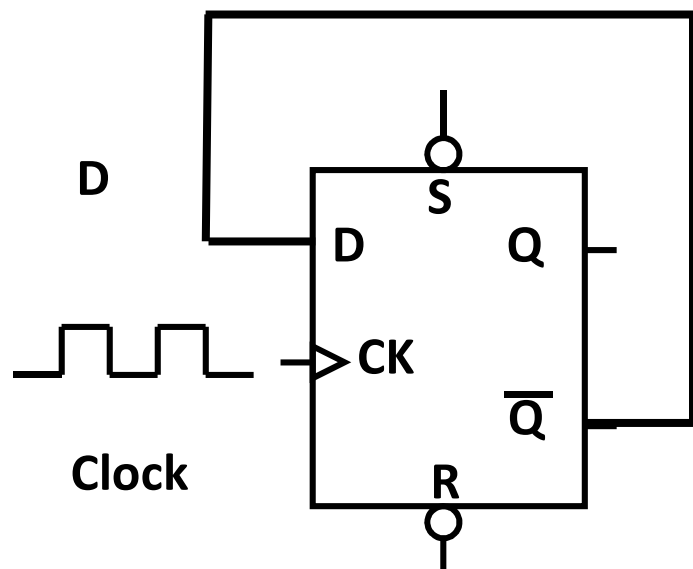
## Contadores – Geração de Onda Quadrada

- **Sub-problema 1** – Divisão por **número par**
- Solução possível – Associação já discutida em contadores assíncronos:
  - Usar contador módulo  $n/2$  – Este não precisa ser gerador de onda quadrada;
  - Saída mais significativa usada como *clock* para Flip-Flop em configuração divisor por 2:
    - Pode ser borda de subida ou descida

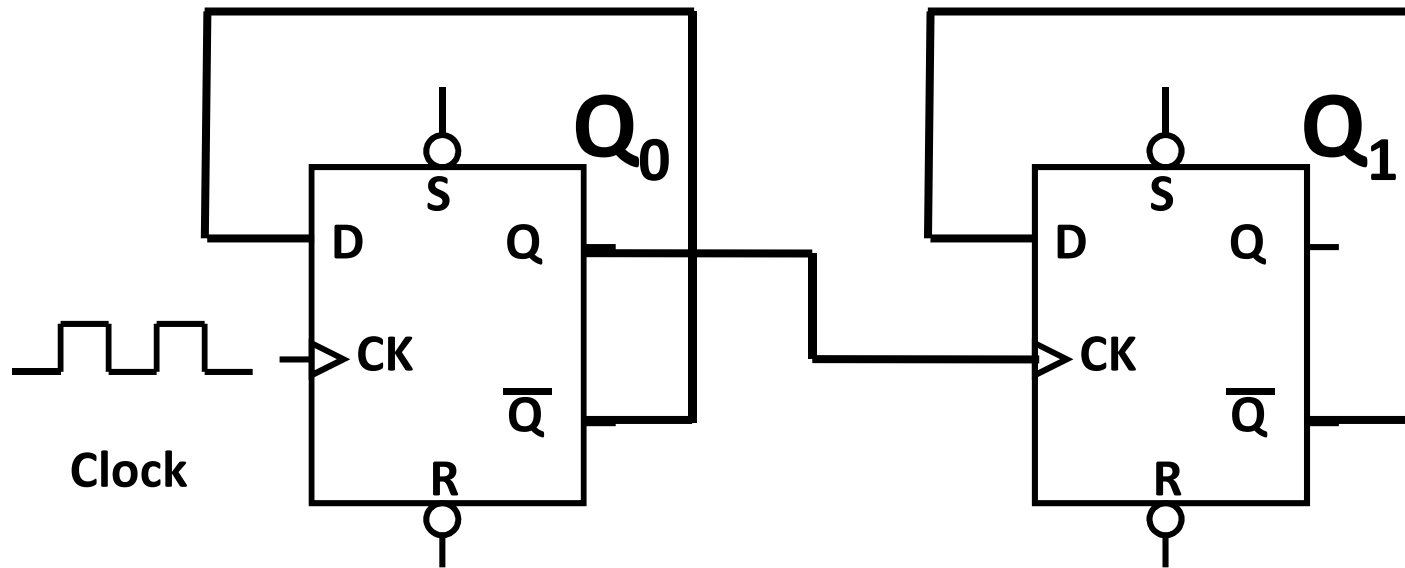
$$f_{\text{CK-SAÍDA}} = [f_{\text{CK-ENTRADA}} / (n/2)] \cdot 1/2$$



# FF tipo D – Configuração divisor por 2 – Onda quadrada

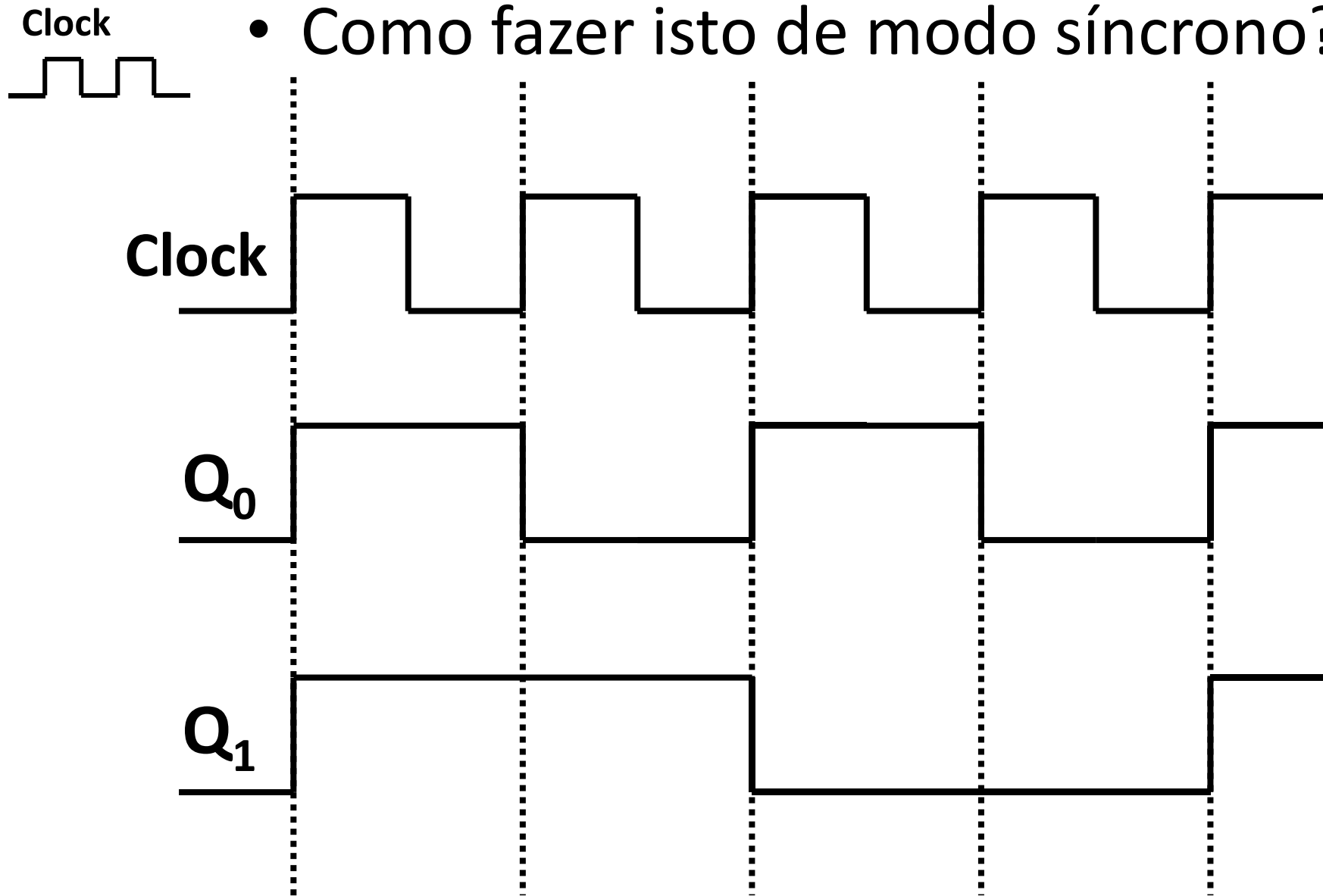


# FF tipo D – Divisor por 4 Assíncrono – Onda quadrada



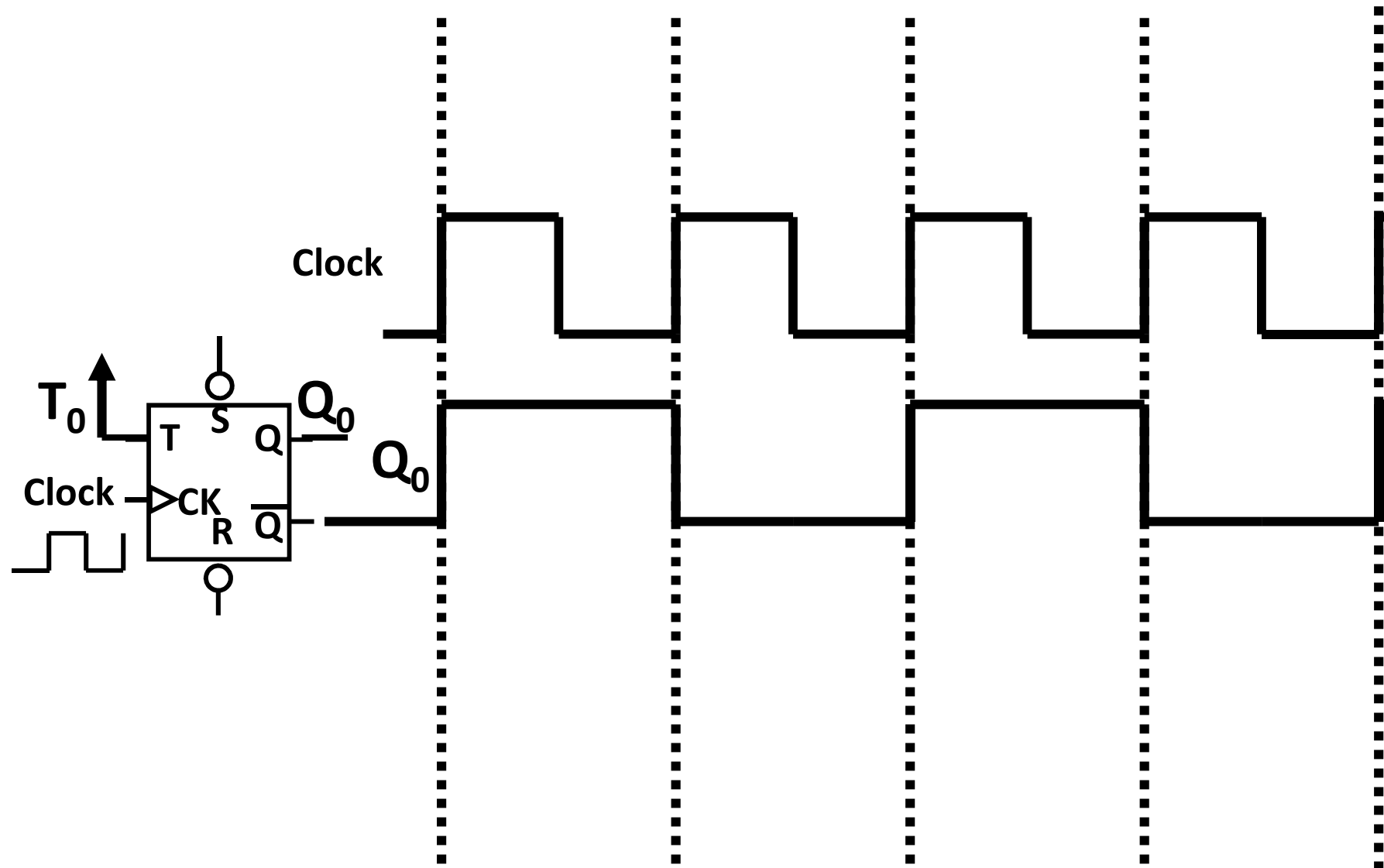
# FF tipo D – Divisor por 4 Assíncrono – Onda quadrada

- Como fazer isto de modo síncrono?



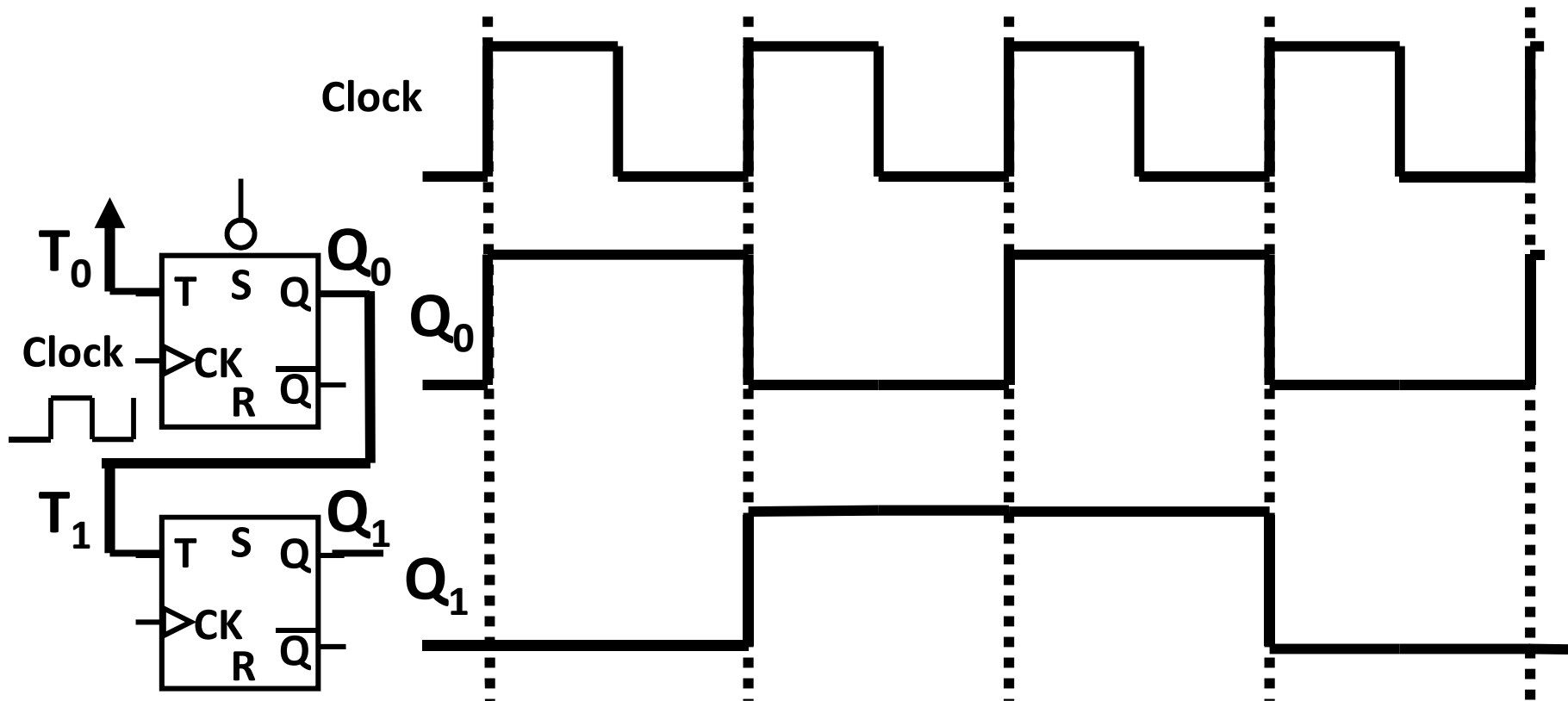
# Contadores Síncronos

## FF tipo T – Configuração divisor por 2 – Onda quadrada



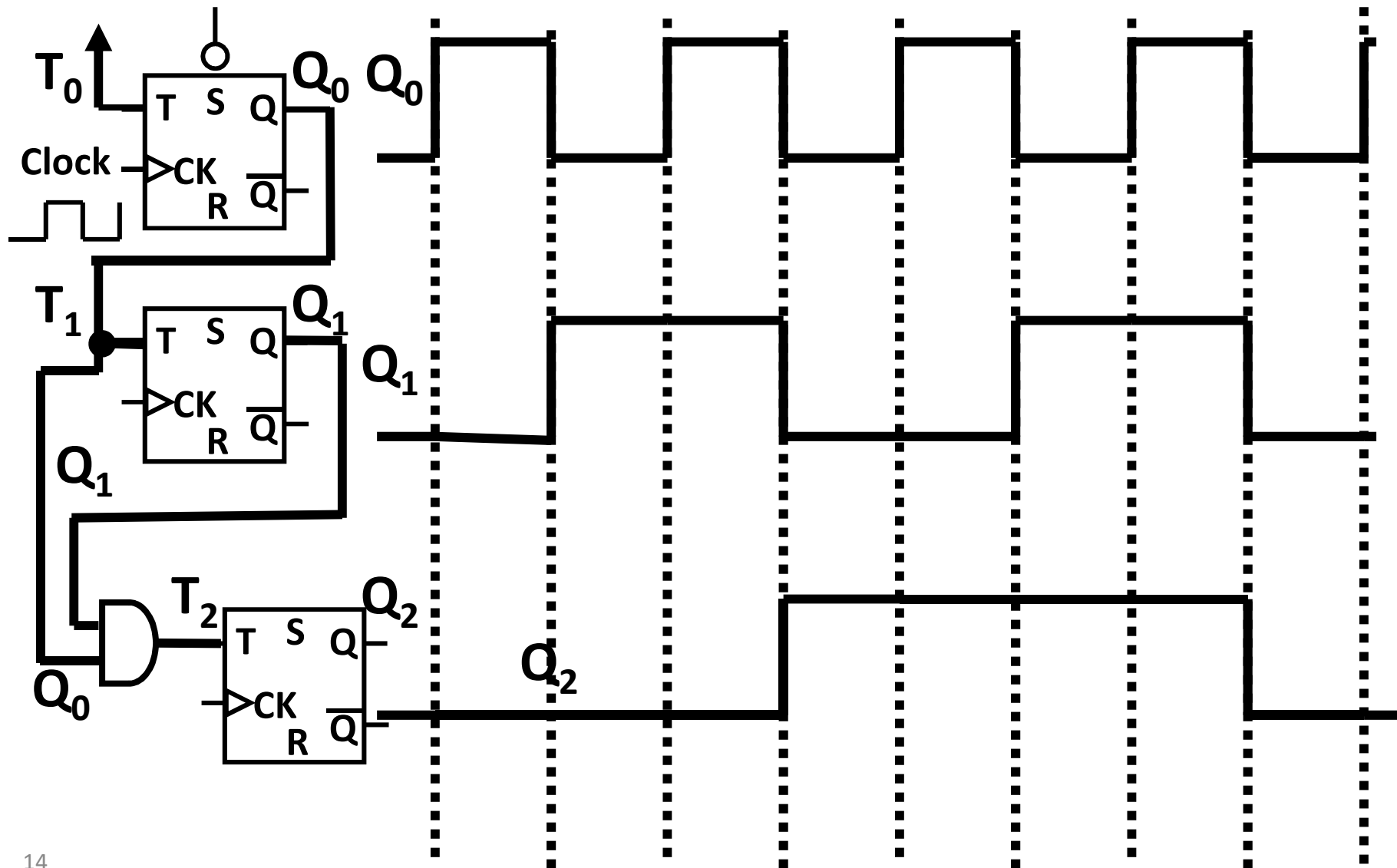
# Contadores Síncronos

## FF tipo T – Divisor por 4 (Saída em $Q_1$ ) – Onda quadrada



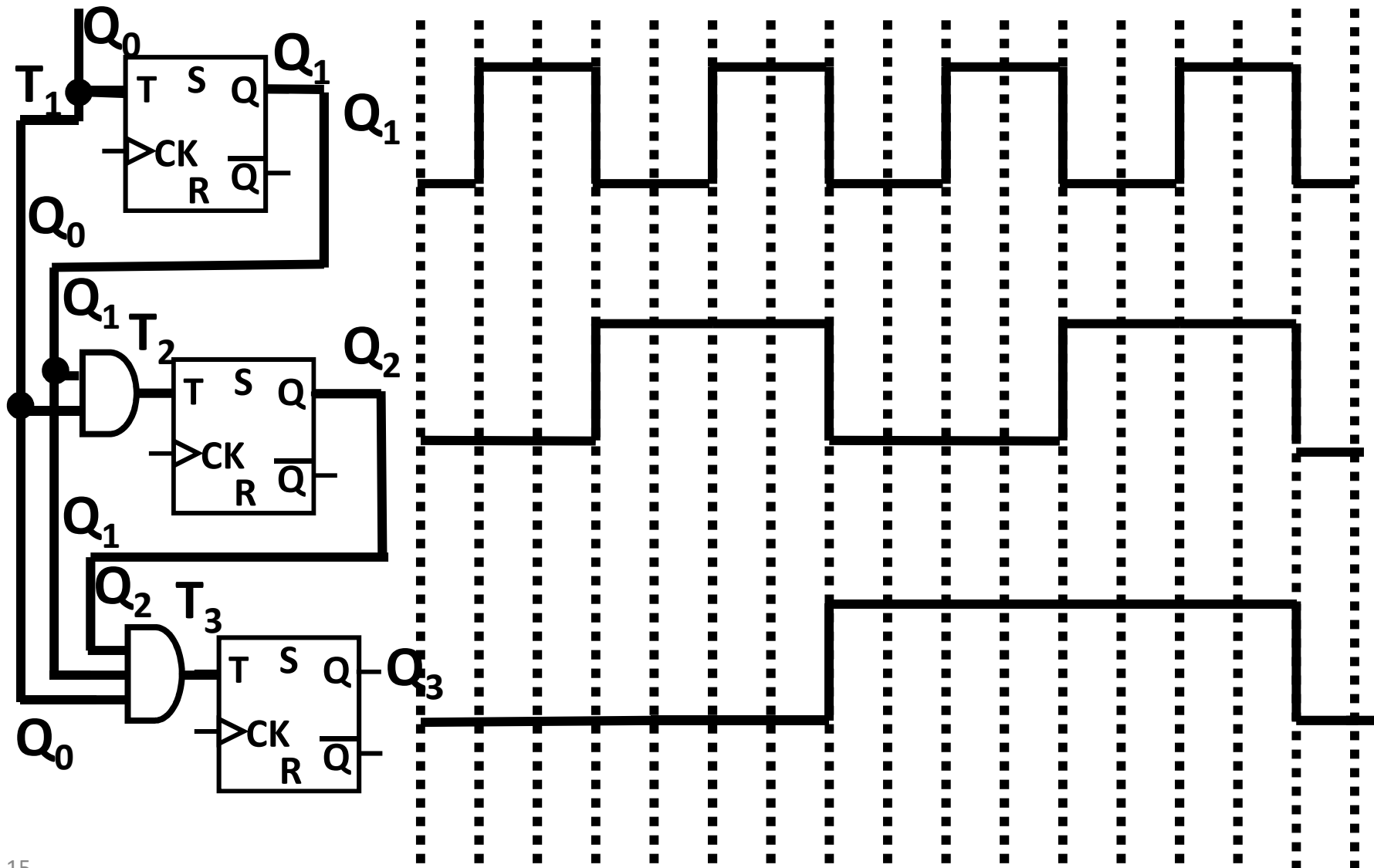
# Contadores Síncronos

## FF tipo T – Divisor por 8 (Saída em $Q_2$ ) – Onda quadrada



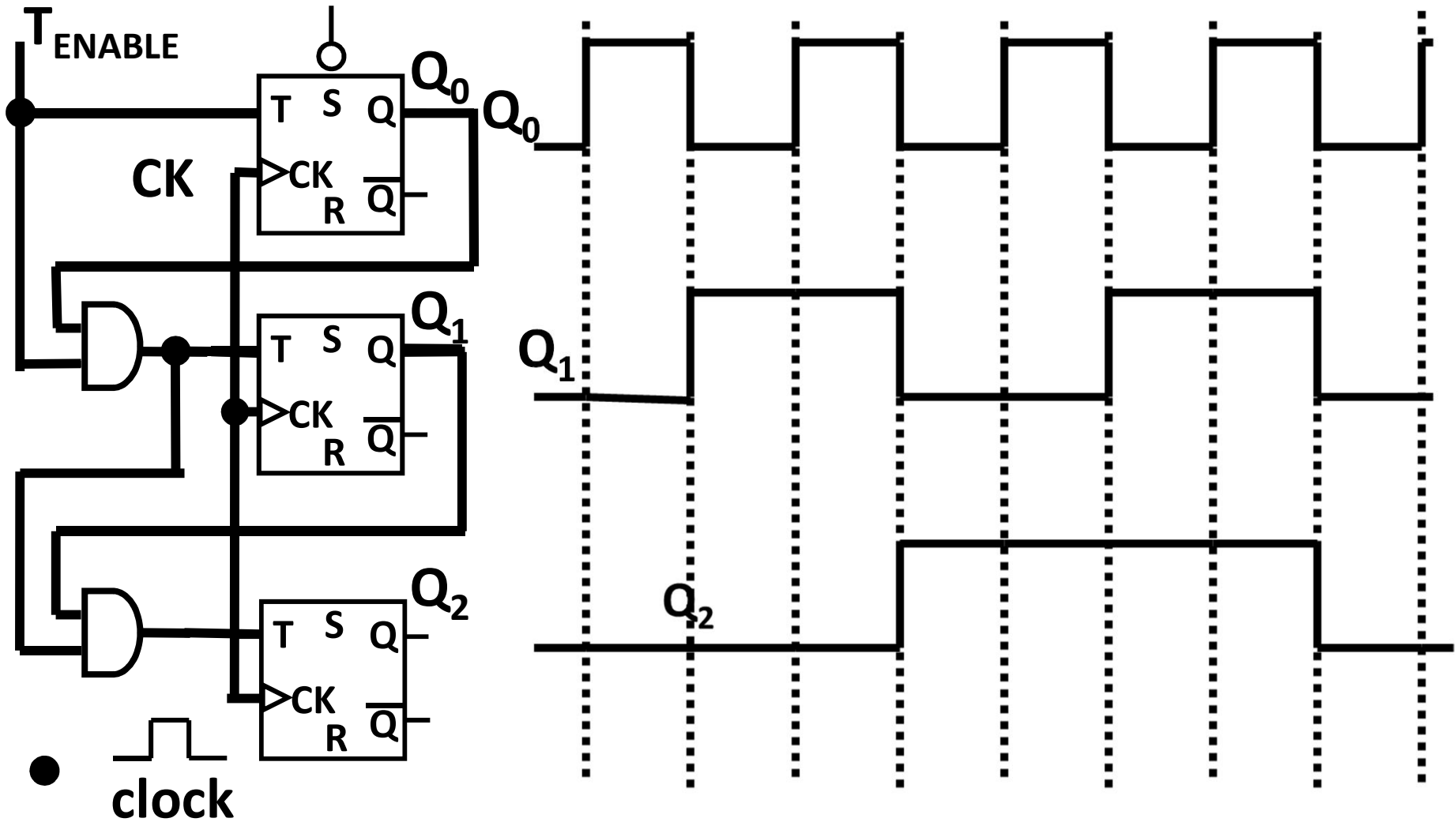
# Contadores Síncronos

## FF tipo T – Divisor por 16 (Saída em $Q_3$ ) – Onda quadrada



# Contador Síncrono – Divisor por 8 (Saída em $Q_2$ , onda quadrada)

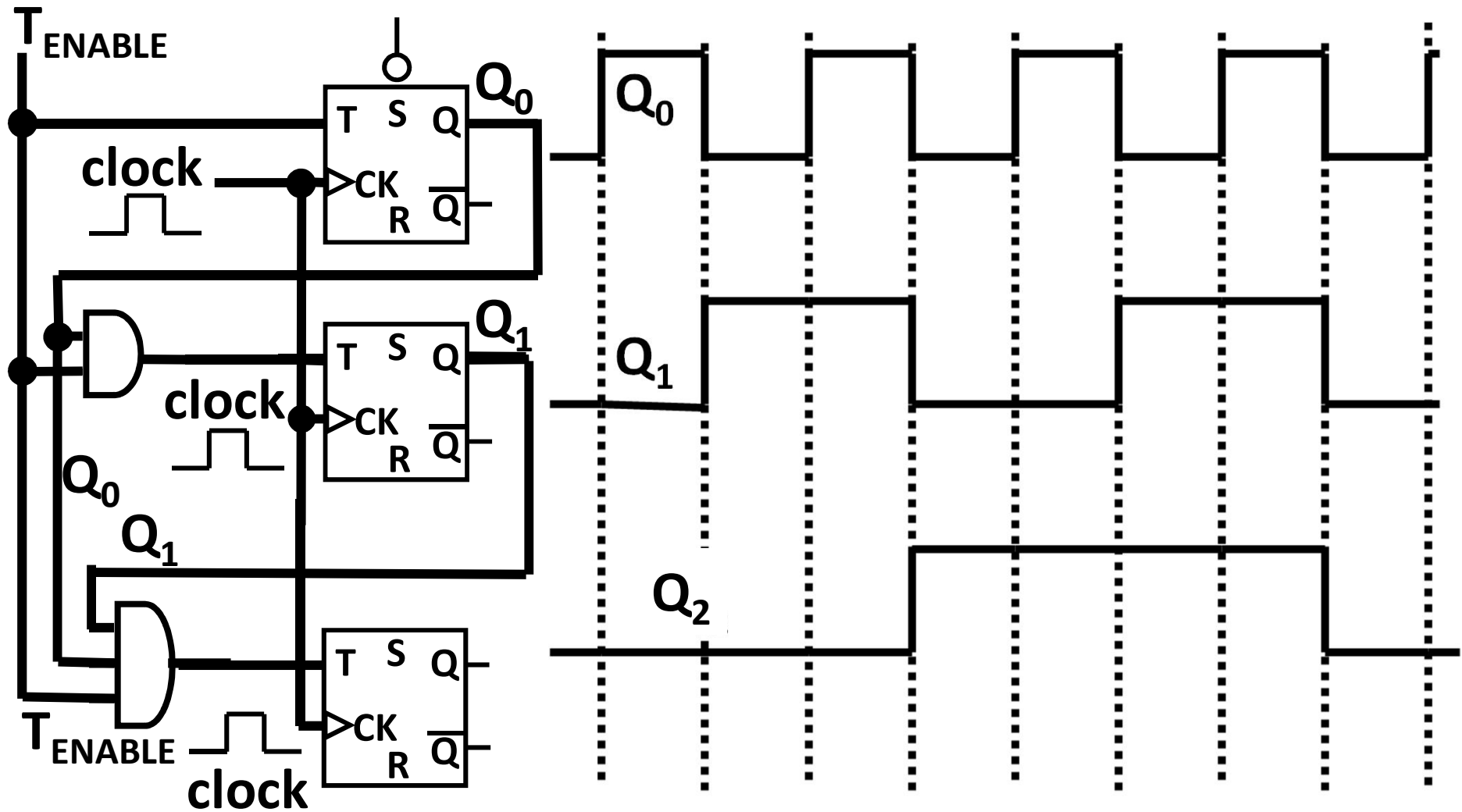
## Lógica de *ENABLE* serial – Mais lento





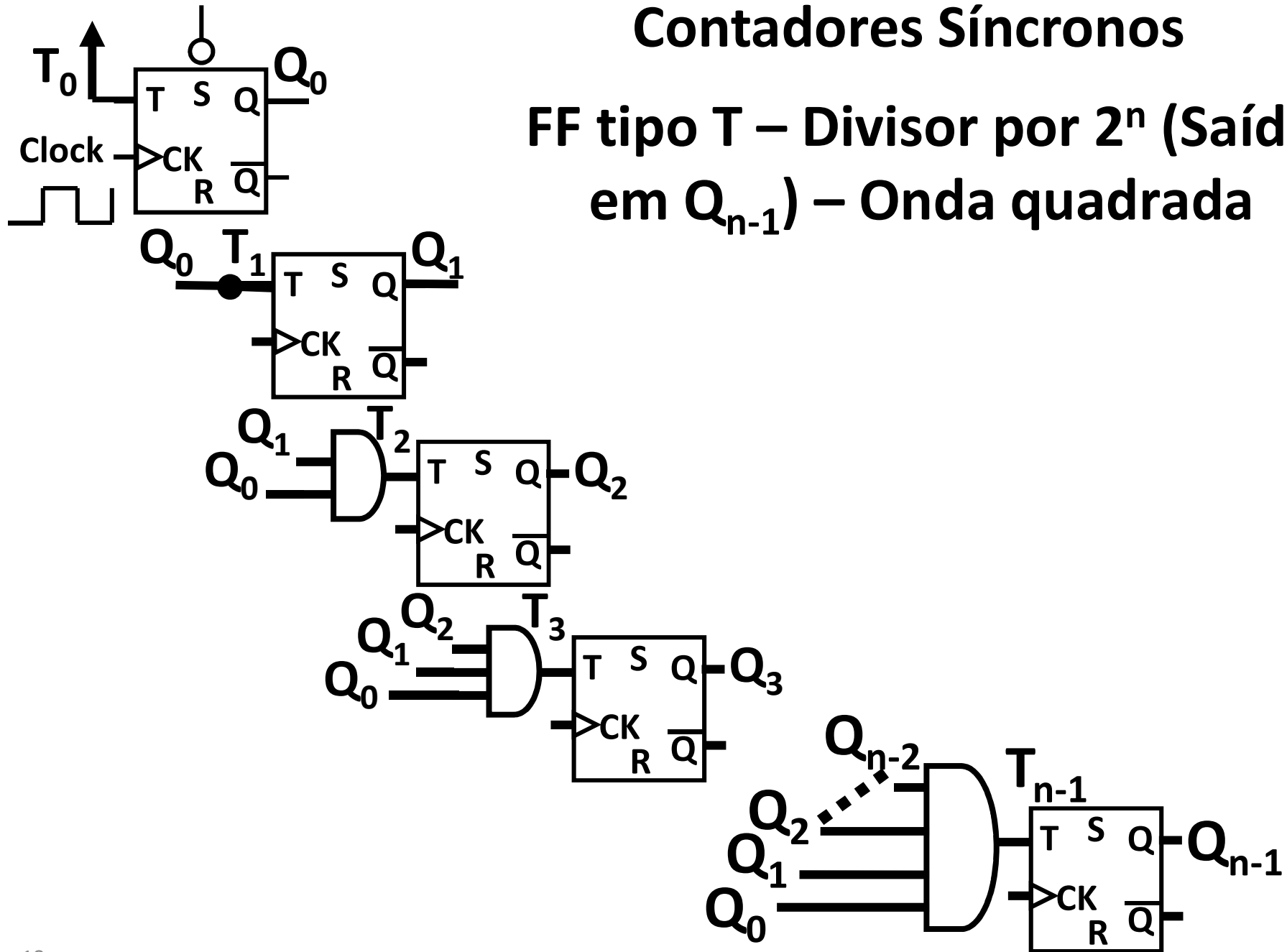
# Contador Síncrono – Divisor por 8 (Saída em $Q_2$ , onda quadrada)

## Lógica de *ENABLE* paralela – Mais rápido



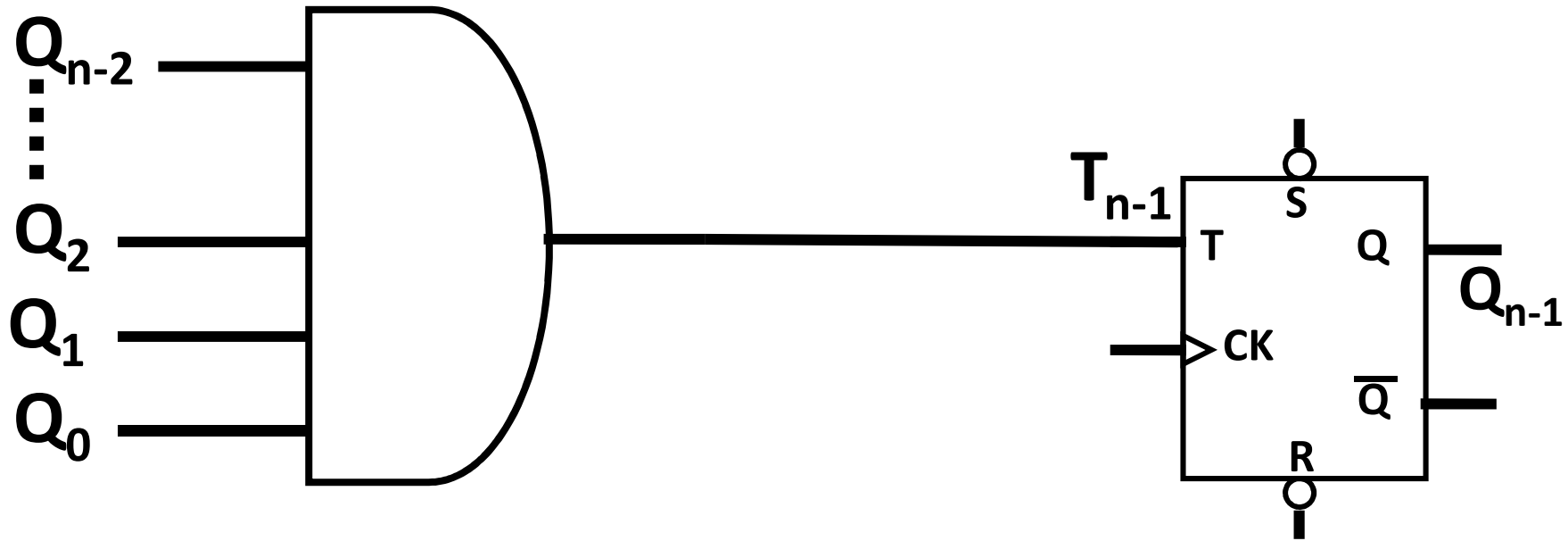
# Contadores Síncronos

FF tipo T – Divisor por  $2^n$  (Saída em  $Q_{n-1}$ ) – Onda quadrada



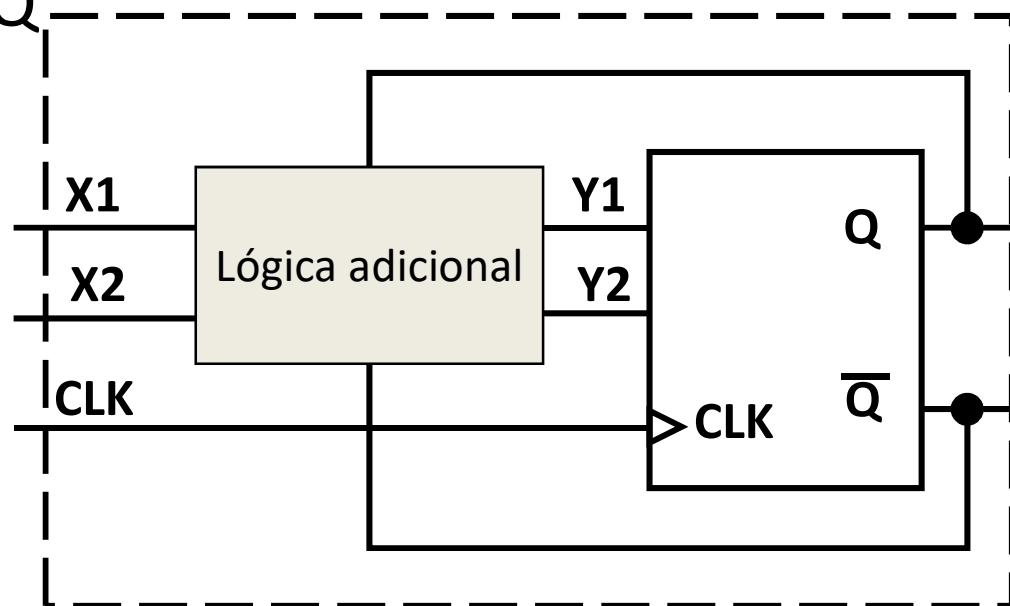
# Contadores Síncronos

FF tipo T – Divisor por  $2^n$  (Saída em  $Q_{n-1}$ ) –  
Onda quadrada – Módulo Genérico



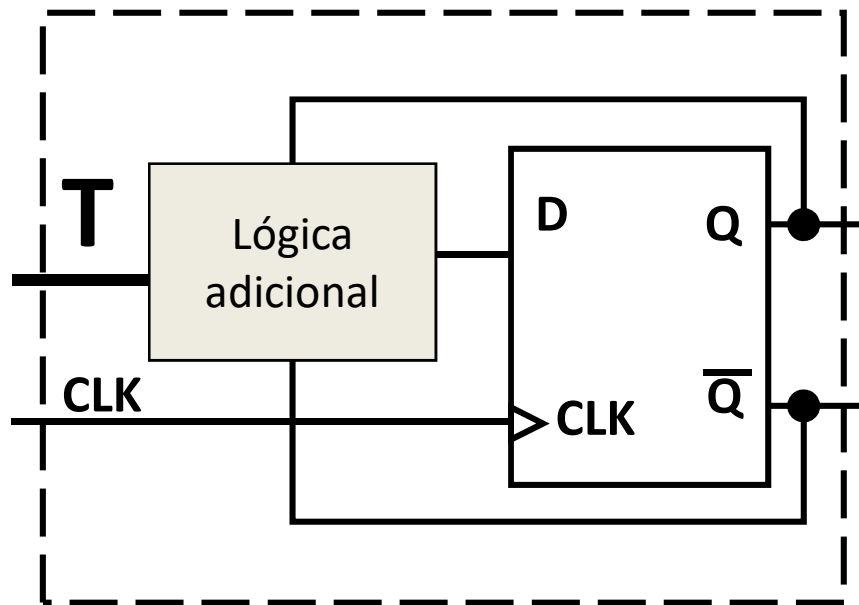
# Conversão de Flip-Flops

- Método sistemático: mapa de Karnaugh
  - Determinar lógica adicional em função do valor a ser alimentado em Y1, Y2 dados os valores de X1, X2 e Q



## Conversão de Flip-Flops

- Mapa de *Karnaugh* para definir lógica adicional.
- Flip-Flop tipo D  $\rightarrow$  Flip-Flop tipo T.
- Entradas: T, Q; Saída: D

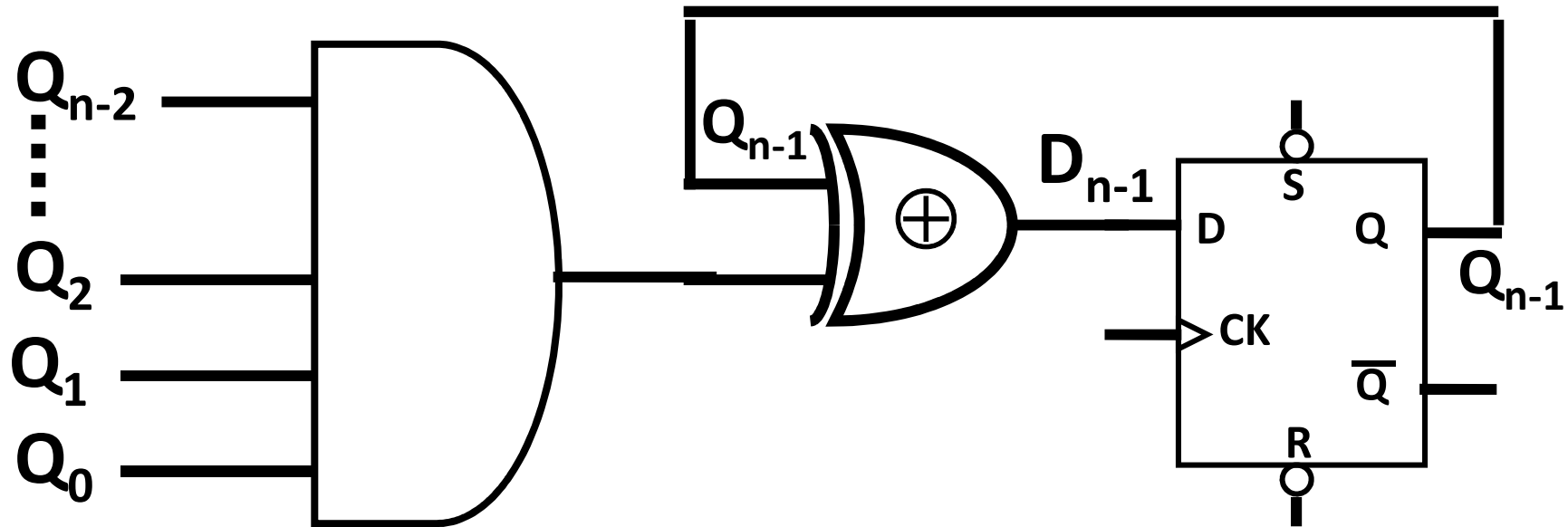


Q \ T	0	1
0	0	1
1	1	0

Lógica adicional  
em D:  $T \text{ XOR } Q$

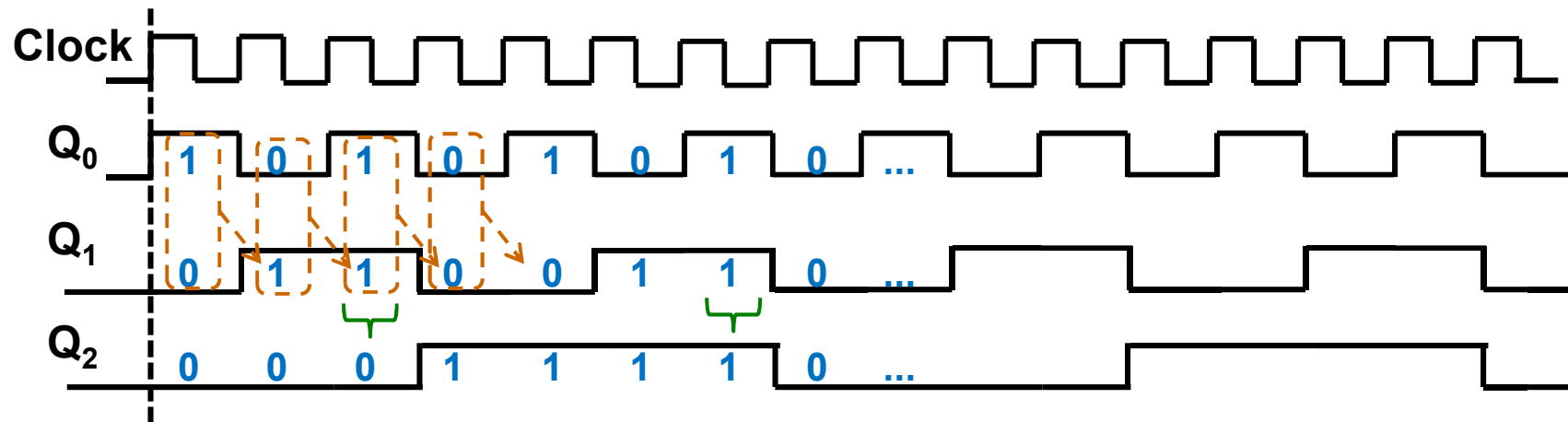
# Contadores Síncronos

FF tipo D – Divisor por  $2^n$  (Saída em  $Q_{n-1}$ ) –  
Onda quadrada – Módulo Genérico



## SLIDE43: Contadores Síncronos – Projeto

- Flip-Flops tipo D – Como seria a alimentação em cada  $D_i$  para obter comportamento síncrono ...?



$D0 \leq Q0'$

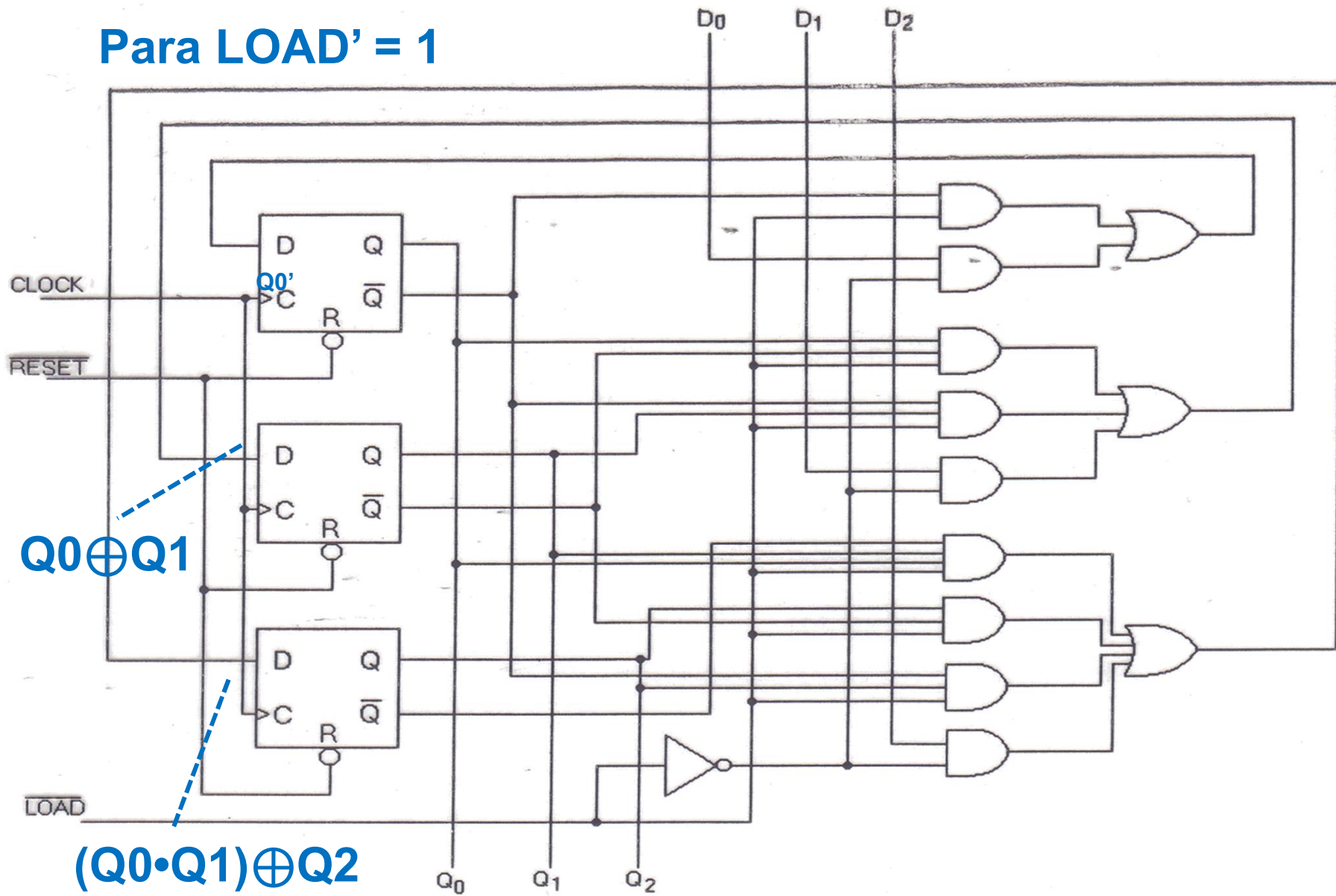
$D1 \leq Q0 \text{ xor } Q1$  -- se  $Q0$  é 1, inverte  $Q1$

$D2 \leq (Q0 \text{ and } Q1) \text{ xor } Q2$  -- se  $Q0$  e  $Q1$  são 1,  
inverte  $Q2$  ...

-- se anteriores forem 1,  
inverte  $Qn$

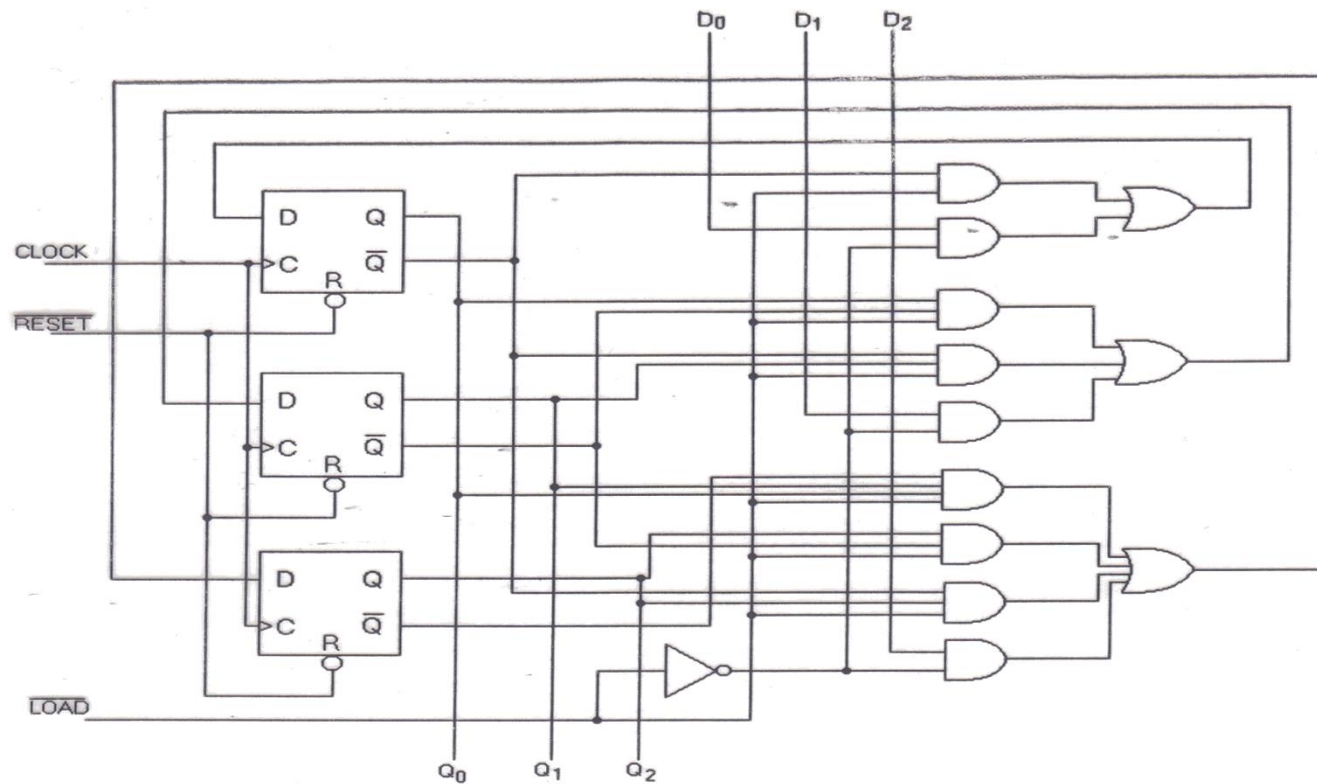
# SLIDE44: Contadores Síncronos – Projeto

Para  $LOAD' = 1$





# SLIDE45: Contadores Síncronos – Projeto



**Load' = 0  $\rightarrow$   $IN_0 = D_0$  ;  $IN_1 = D_1$  ;  $IN_2 = D_2$**

**Load' = 1  $\rightarrow$**

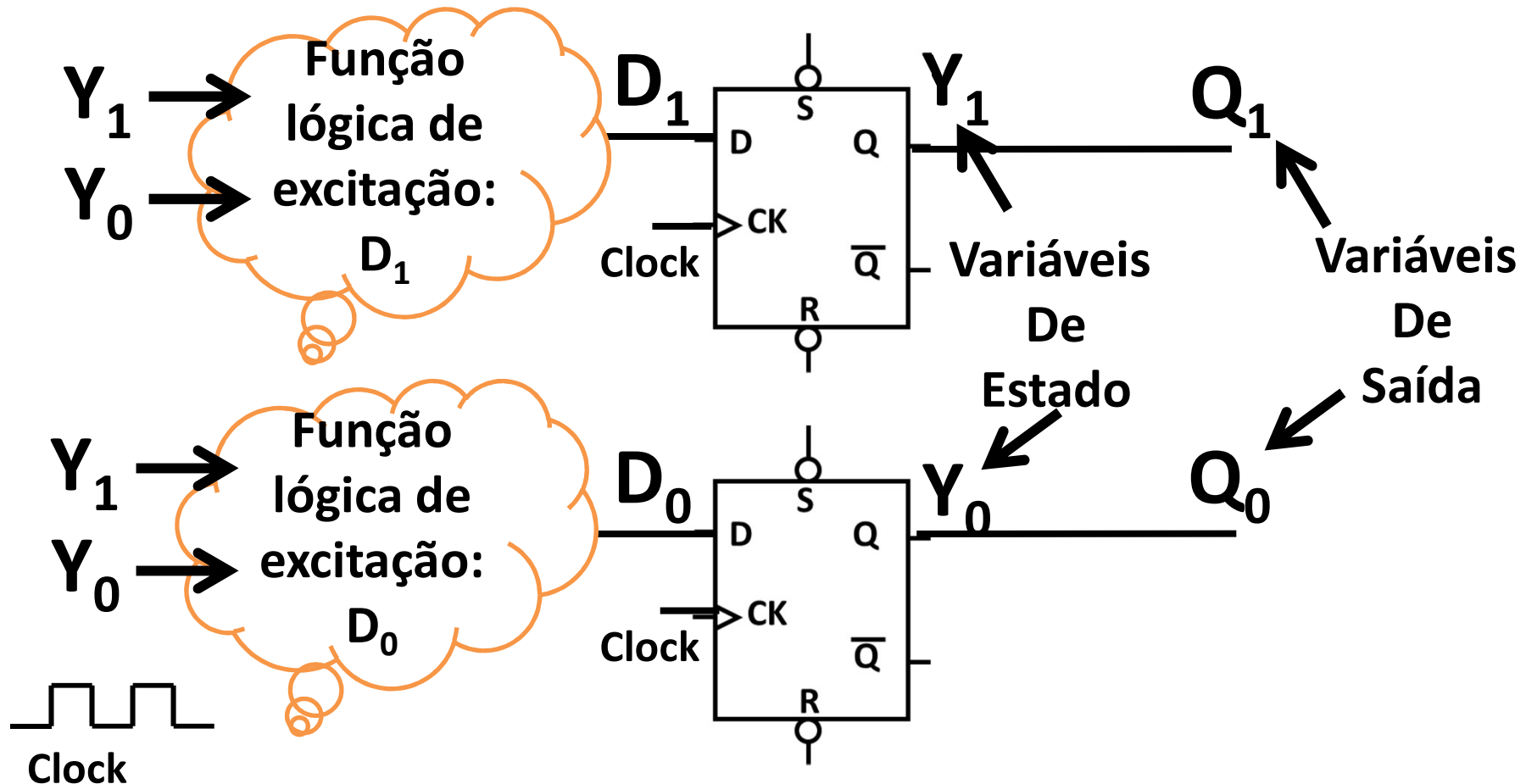
$$IN_0 = Q_0'$$

$$IN_1 = Q_0 \cdot Q_1' + Q_0' \cdot Q_1; = Q_0 \oplus Q_1$$

$$IN_2 = Q_0 \cdot Q_1 \cdot Q_2' + Q_1' \cdot Q_2 + Q_0' \cdot Q_2 = (Q_0 \cdot Q_1) \oplus Q_2$$

# Contadores Síncronos

- **Divisor por 4, gerador de onda quadrada, Síncrono** – Alternativas de implementação?
- Alternativa – Como se fosse uma FSM!

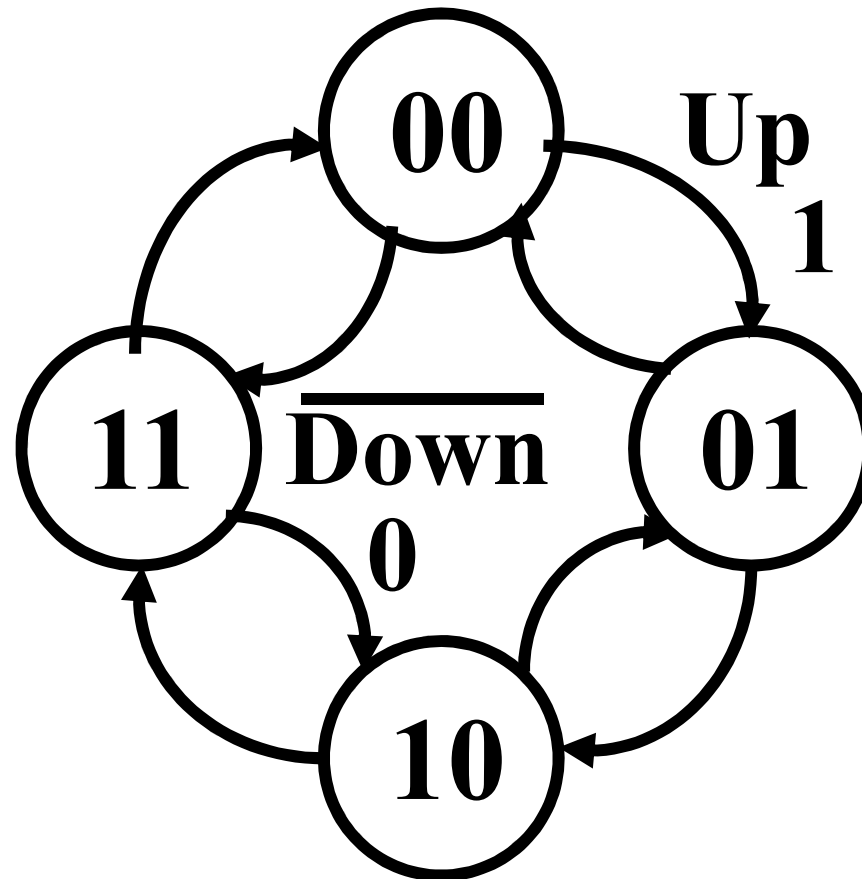


# Contadores Síncronos

- **Divisor por 4, gerador de onda quadrada, mas Síncrono** – Implementar uma FSM!
- Definição do módulo (quantidade de estados), sequência de estados e sinais de controle:
  - Módulo – Igual a 4, estados de  $S_0$  a  $S_3$ ;
  - Sequência binária – 00, 01, 10, e 11;
  - **Arrebentando a boca do balão** – Vamos dispor de controle ***Up/Down*** (contar para cima ou para baixo);
  - Desenhar o diagrama de transição de estados.

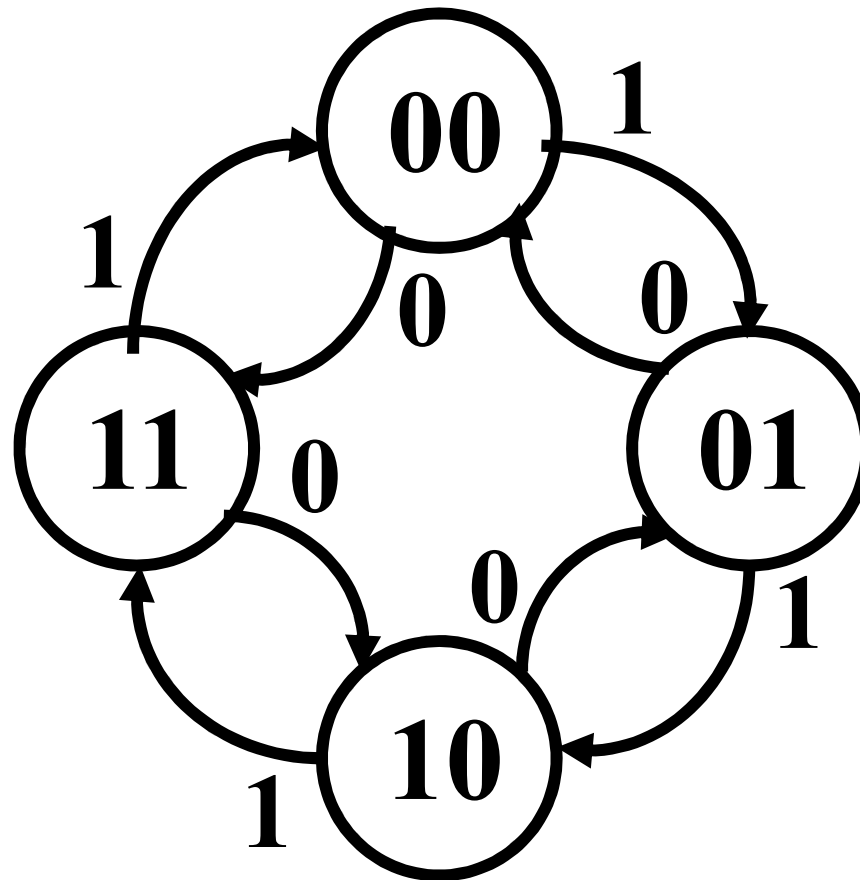
# Contadores Síncronos

- **Onda quadrada Síncrono ( $\div 4$ )** – Desenhar o diagrama de transição de estados.



# Contadores Síncronos

- **Onda quadrada Síncrono ( $\div 4$ )** – A partir do DTE derivar a Tabela de Transição de Estados.



## Contadores Síncronos

- Tabela de Transição de Estados.

		<b>(Down)' / Up</b>	
	<b><math>Y_1 Y_0</math></b>	<b>0</b>	<b>1</b>
<b>A</b>	00	11	01
<b>B</b>	01	00	10
<b>D</b>	11	10	00
<b>C</b>	10	01	11

**$D_1 D_0$        $D_1 D_0$**

# Contadores Síncronos

✓ Mapas de *karnaugh*.

$D_1$

		Up	
		0	1
$Y_1$	$Y_0$	0	1
	00	1	
	01		1
	11	1	
10		1	

$\leftarrow (Up)' \cdot (Y_1)' \cdot (Y_0)'$   
 $\leftarrow (Up) \cdot (Y_1)' \cdot (Y_0)$   
 $+$   
 $\leftarrow (Up) \cdot (Y_1) \cdot (Y_0)'$   
 $(Up)' \cdot (Y_1) \cdot (Y_0)$

+

# Contadores Síncronos

✓ Mapas de *karnaugh*.

$D_1$

		$U_p$	
		0	1
$Y_1 \backslash Y_0$	00	1	
	01		1
	11	1	
	10		1

Rearranjando as expressões

$$(U_p)' \cdot (Y_1)' \cdot (Y_0)' + (U_p)' \cdot (Y_1) \cdot (Y_0)$$

$$(U_p)' \cdot ((Y_1)' \cdot (Y_0)' + (Y_1) \cdot (Y_0))$$

$$(U_p)' \cdot ((Y_1) \oplus (Y_0))' +$$

$$(U_p) \cdot ((Y_1) \oplus (Y_0))$$

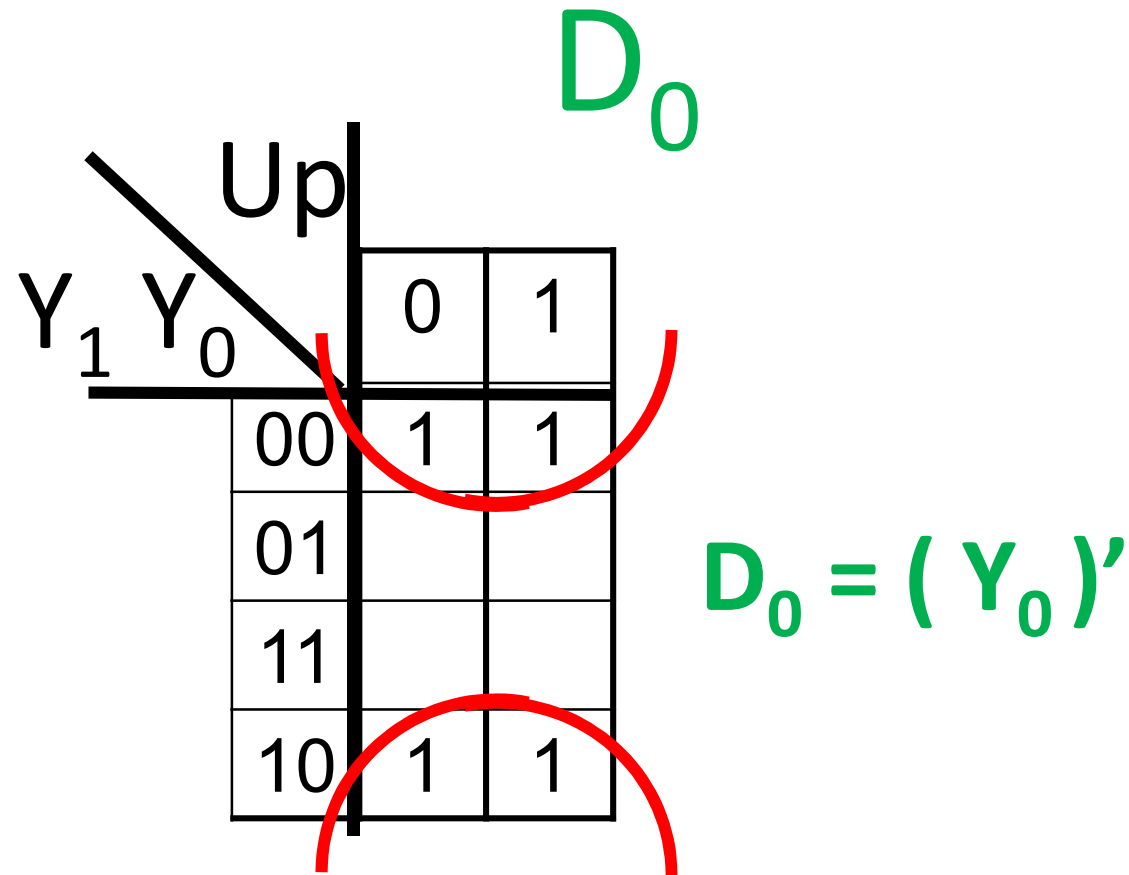
$$(U_p) \cdot (Y_1)' \cdot (Y_0) +$$

$$(U_p) \cdot (Y_1) \cdot (Y_0)'$$

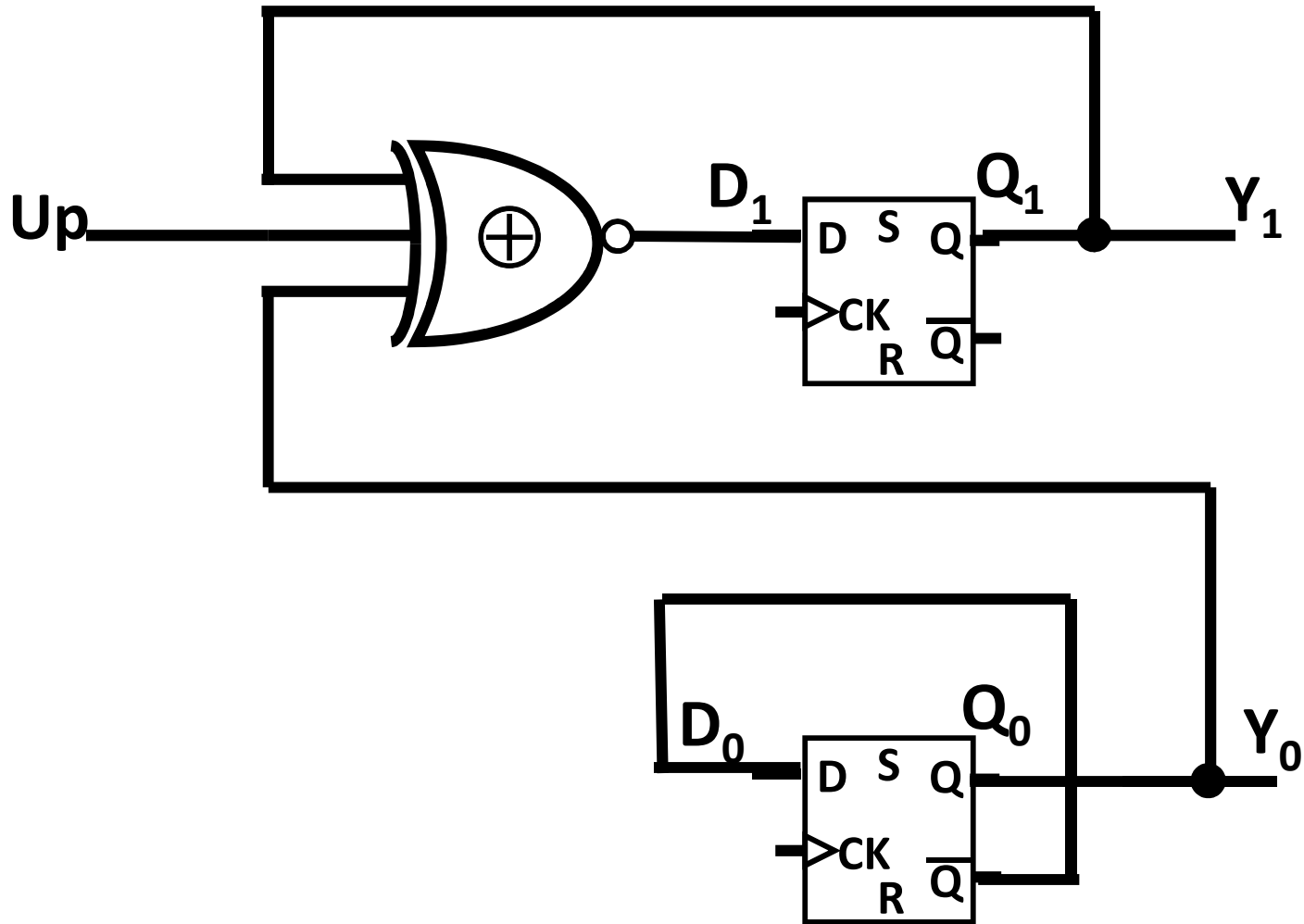
$$D_1 = ((U_p) \oplus (Y_1) \oplus (Y_0))'$$



Contadores Síncronos ✓ Mapas de *karnaugh*.

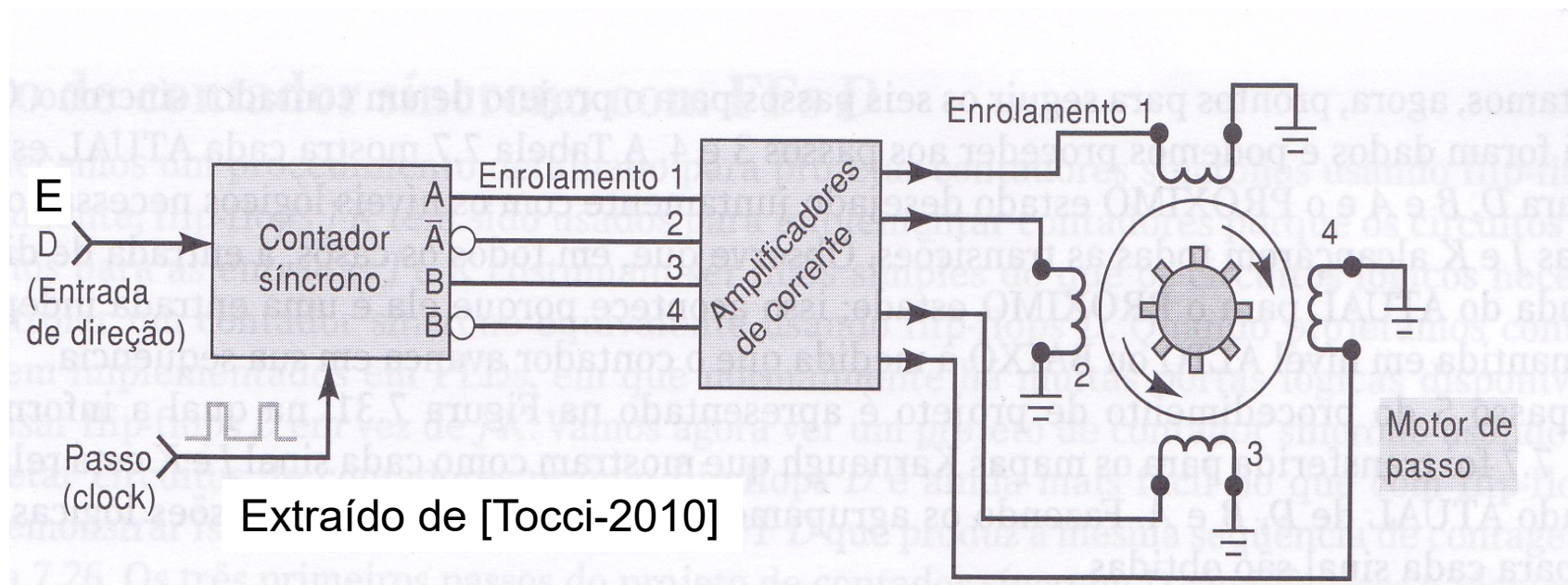


# Contadores Síncronos ✓ Diagrama Lógico.



## SLIDE143 – Contadores Síncronos – Aplicações

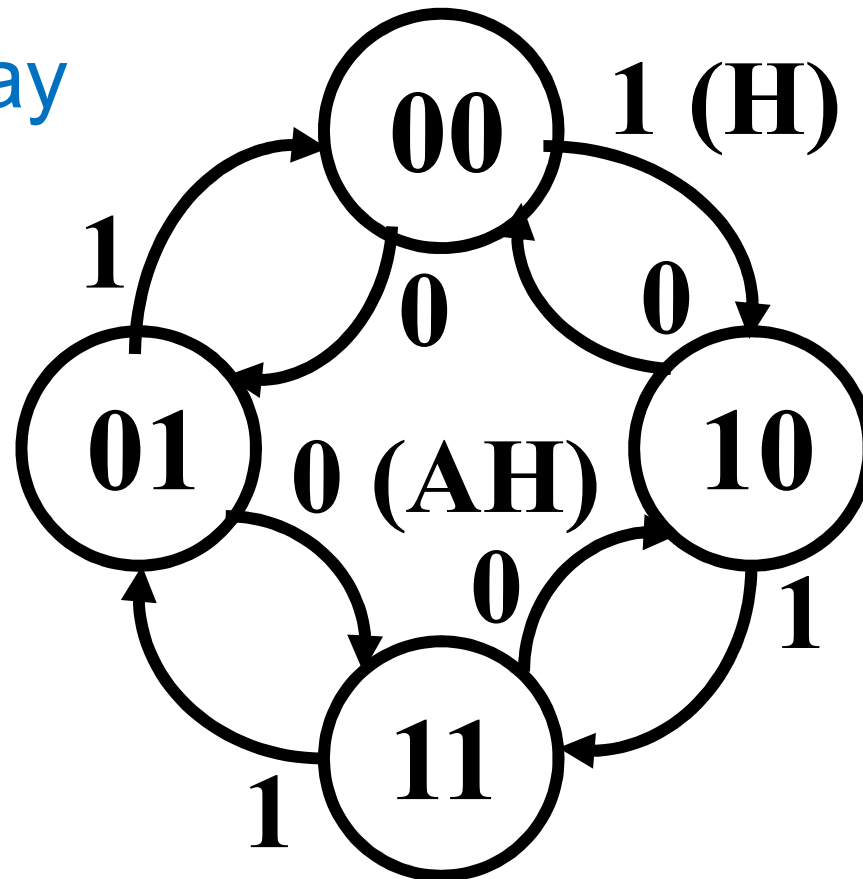
- Aplicaremos esta técnica de projeto em uma situação prática:
  - Controle de um motor de passo que gira em passos discretos de 15° por passo.
  - Os enrolamentos do motor devem ser energizados numa sequência específica.



## SLIDE144 – Contadores Síncronos – Aplicações

- O Diagrama de Transição de Estados que fornece a sequência apropriada de energização e desenergização para os sentidos Horário (H) e anti-horário (AH) é:

### Contadores Gray



## Contadores Síncronos – Motor de Passo

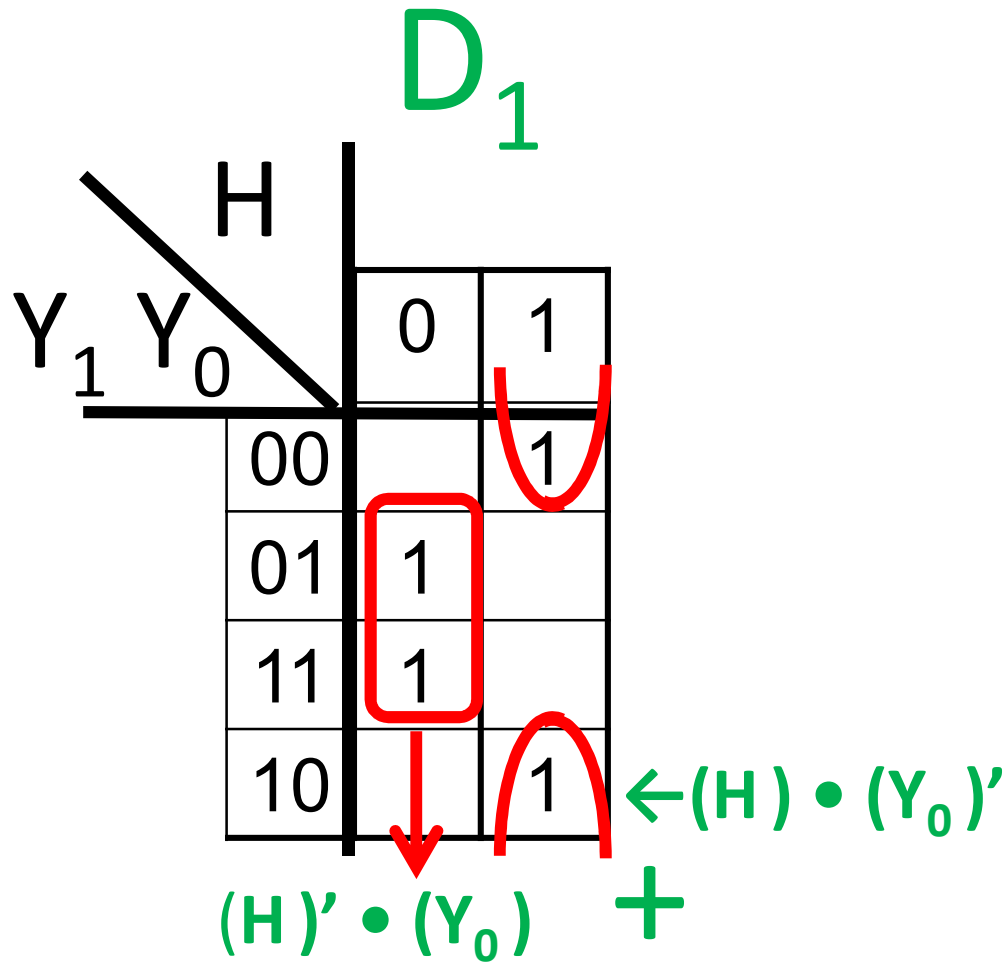
- Tabela de Transição de Estados.

		$(AH)' / H$	
	$Y_1 Y_0$	$H = 0$	$H = 1$
<b>A</b>	00	01	10
<b>B</b>	01	11	00
<b>D</b>	11	10	01
<b>C</b>	10	00	11

$D_1 D_0 \quad D_1 D_0$

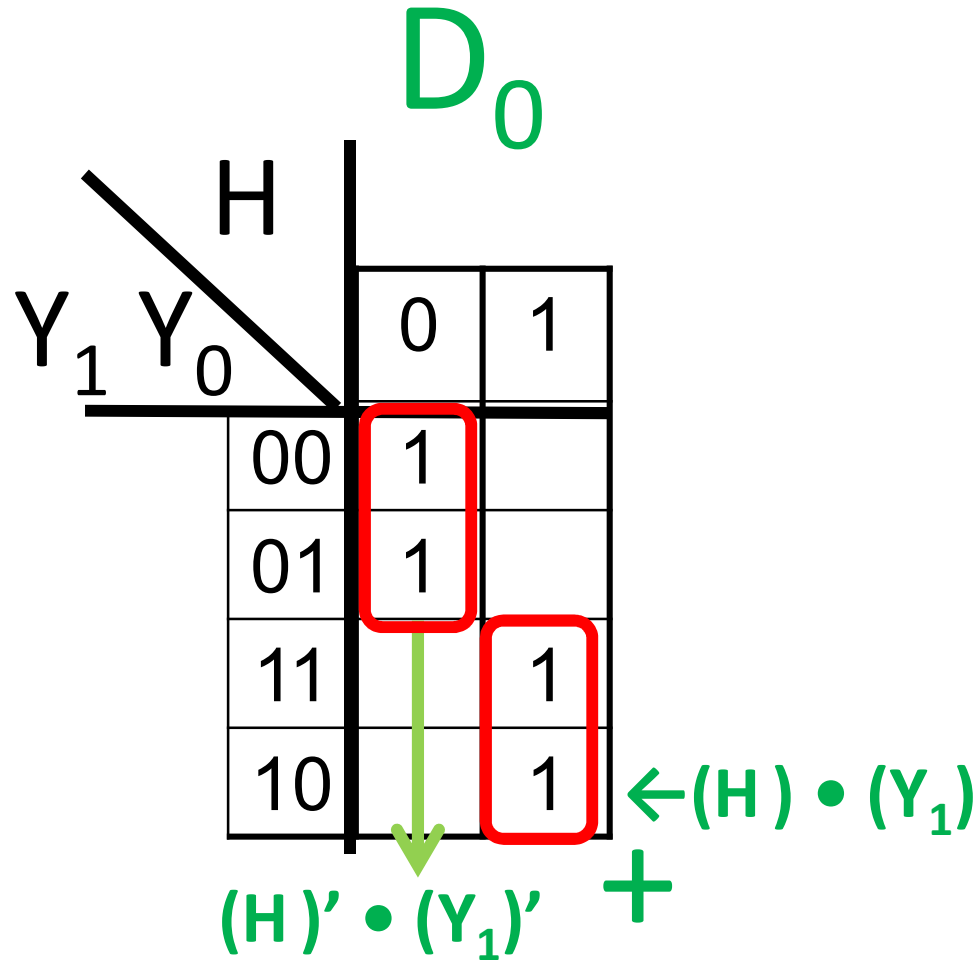
# Contadores Síncronos

✓ Mapas de *karnaugh*.



$$D_1 = (H \oplus Y_0)$$

Contadores Síncronos ✓ Mapas de *karnaugh*.



$$D_0 = (H \oplus Y_1)'$$

# Contadores Síncronos ✓ Diagrama Lógico.

