

Aula 15

Contadores Síncronos

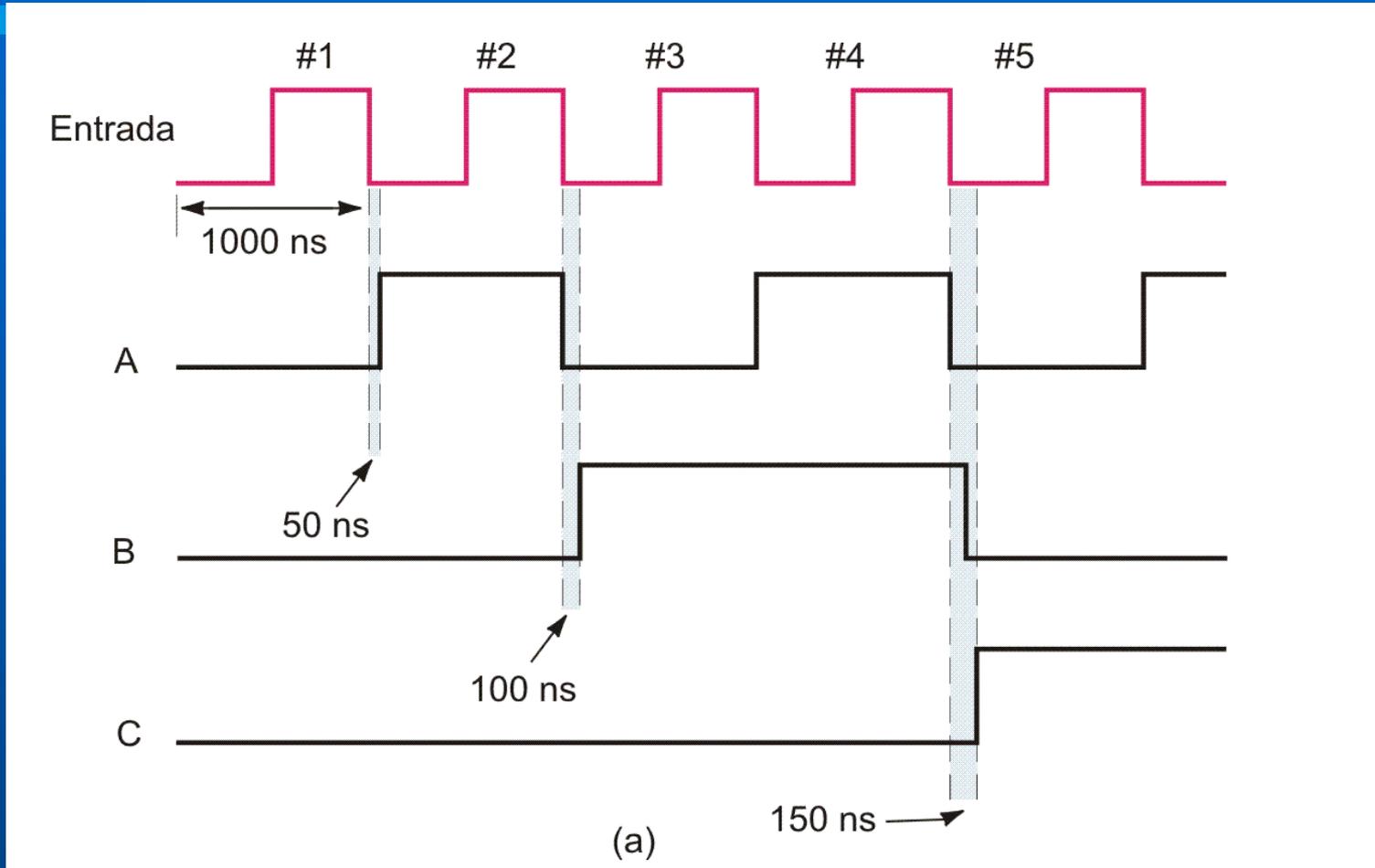
SEL 0414 - Sistemas Digitais

Prof. Dr. Marcelo Andrade da Costa Vieira

Atraso de propagação dos Contadores Assíncronos

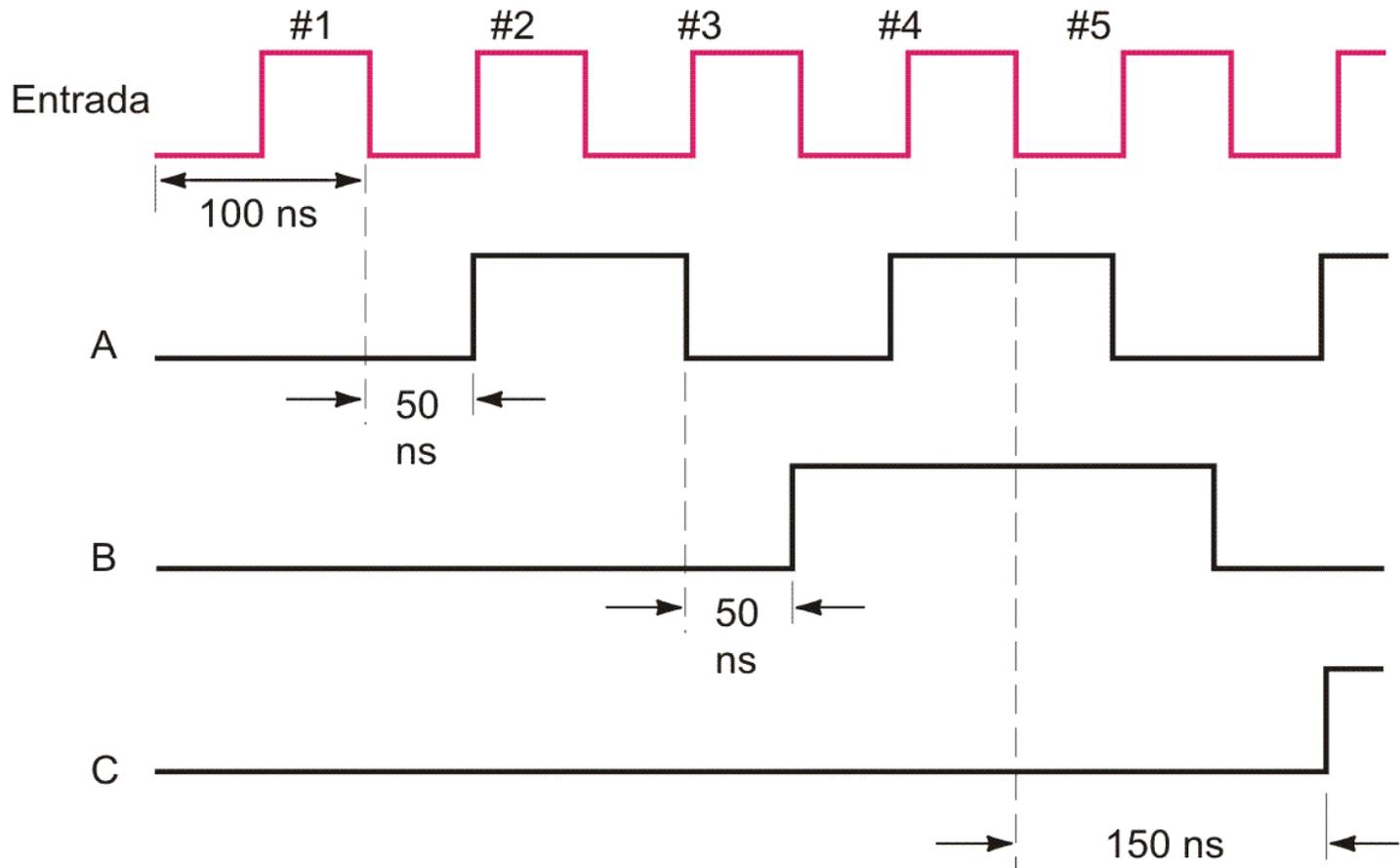
Atraso de Propagação:

Contadores Assíncronos



Atraso de Propagação:

Contadores Assíncronos



(b)

A condição 100 *n* não ocorre.

Atraso de Propagação:

Contadores Assíncronos

- Condição para o funcionamento correto do contador assíncrono:

$$f_{m\acute{a}x} < \frac{1}{n \times t_a}$$

- f = frequência máxima do sinal de CLK;
- t_a = tempo de atraso dos FFs JK
- n = número de FF JK utilizados no contador

Assíncronos X Síncronos

- **Contadores Assíncronos:**

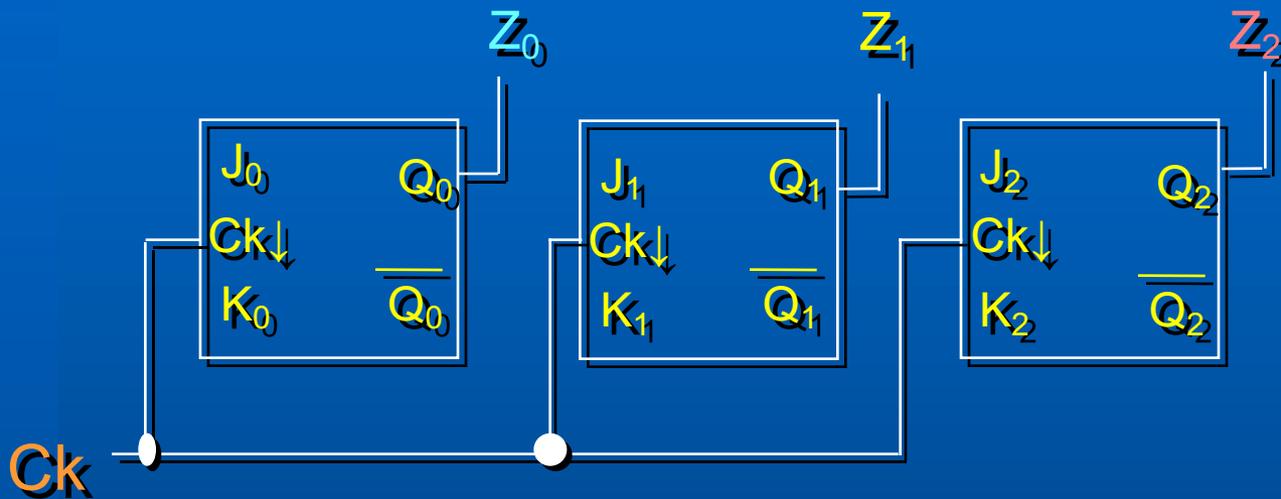
- Os Flip-Flops não mudam de estado com o mesmo sincronismo;
- O CLK é colocado apenas no primeiro FF (LSB);
- Há um pequeno atraso entre as mudanças de estado de cada FF;
- O atraso é propagado de acordo com o número de FFs conectados em cascata.

- **Contadores Síncronos:**

- Os Flip-Flops mudam de estado com o mesmo sincronismo;
- O mesmo CLK é ligado em todos os FFs;
- Há um atraso entre as mudanças de estado de cada FF;
- O atraso não é propagado de acordo com o número de FFs.

Contador Sincrono Crescente

Contador Crescente Síncrono de 3 bits

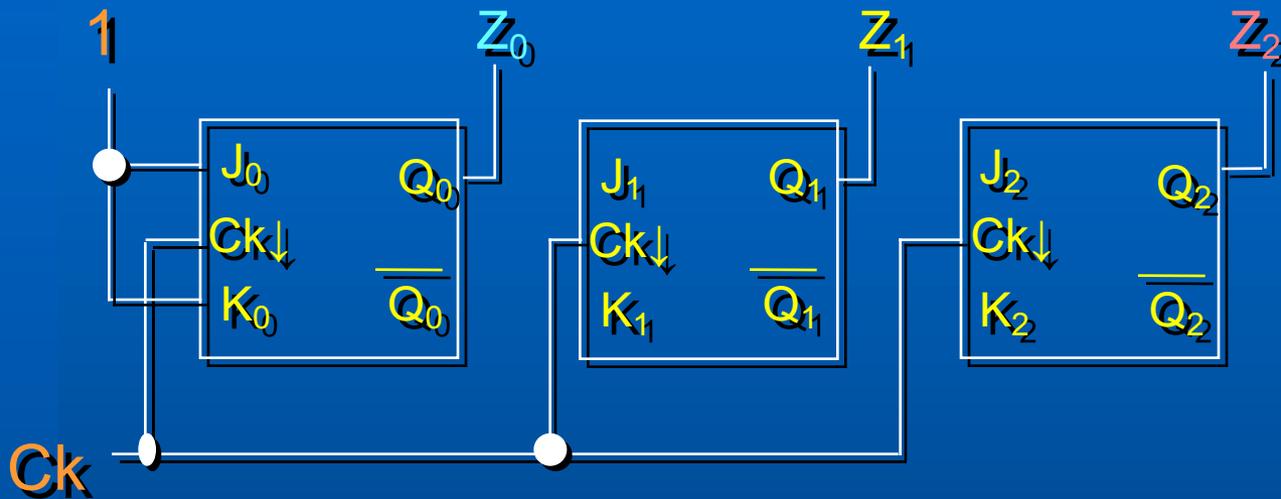


Como conectar os FF?

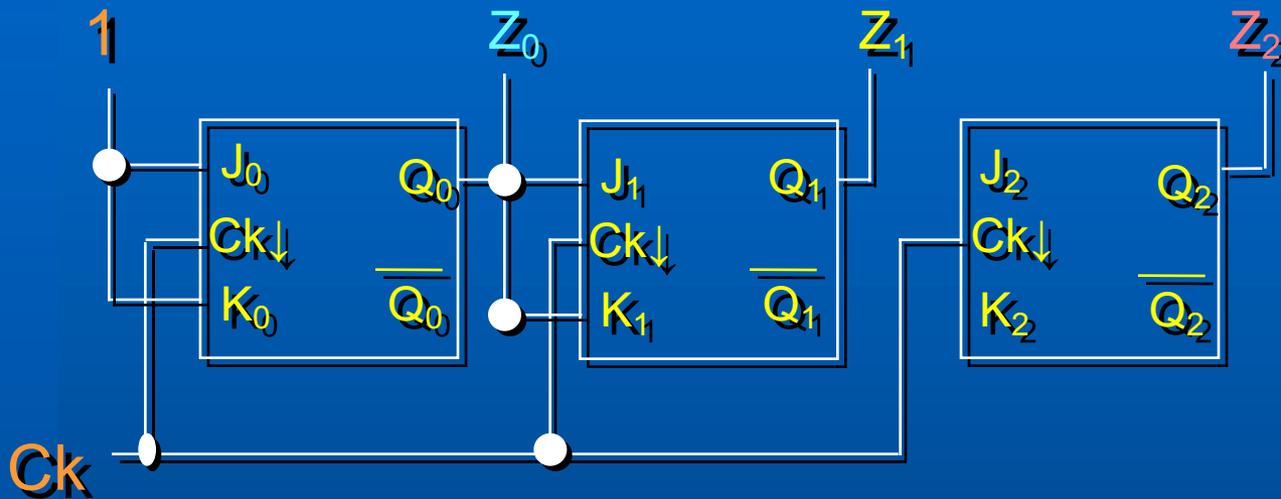
Contador Crescente Síncrono de 3 bits

Pulsos Ck	Q ₂	Q ₁	Q ₀
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	1	1	0
7	1	1	1

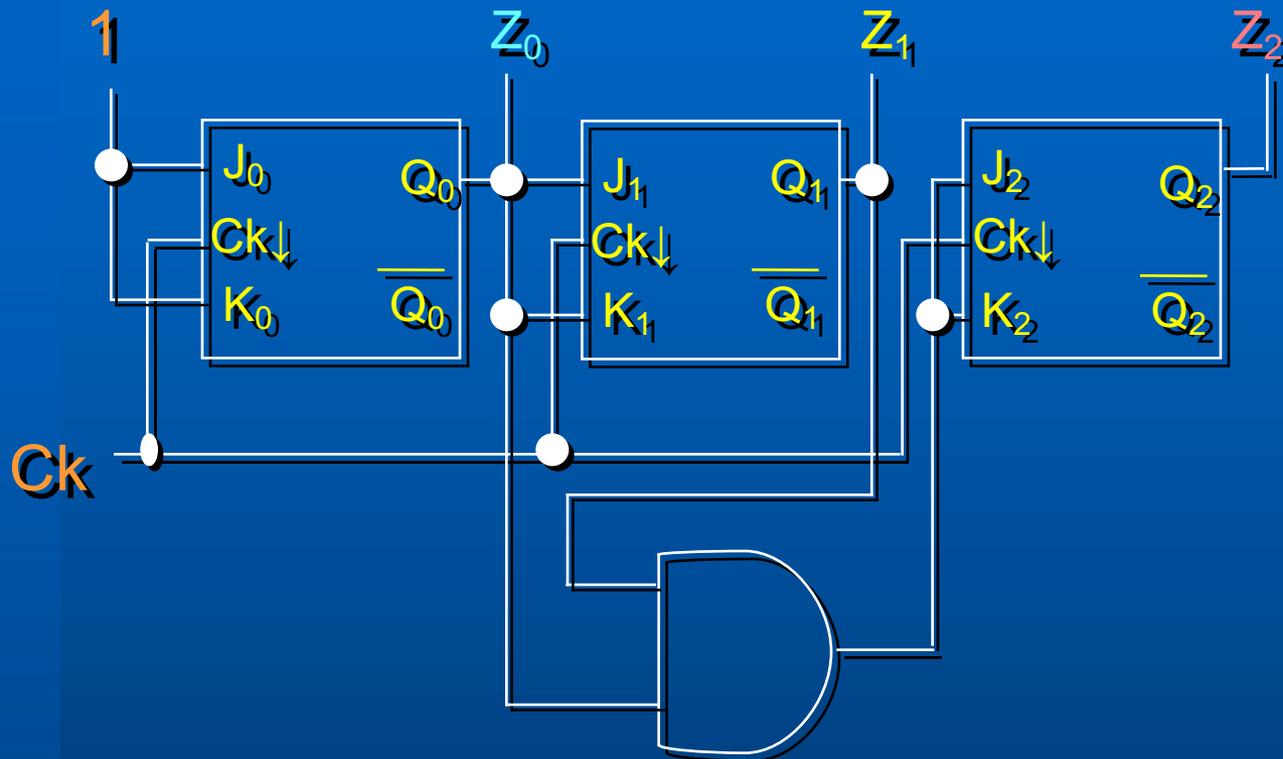
Contador Crescente Síncrono de 3 bits



Contador Crescente Síncrono de 3 bits



Contador Crescente Síncrono de 3 bits



Não importa se o Ck é sensível à borda de subida ou descida.

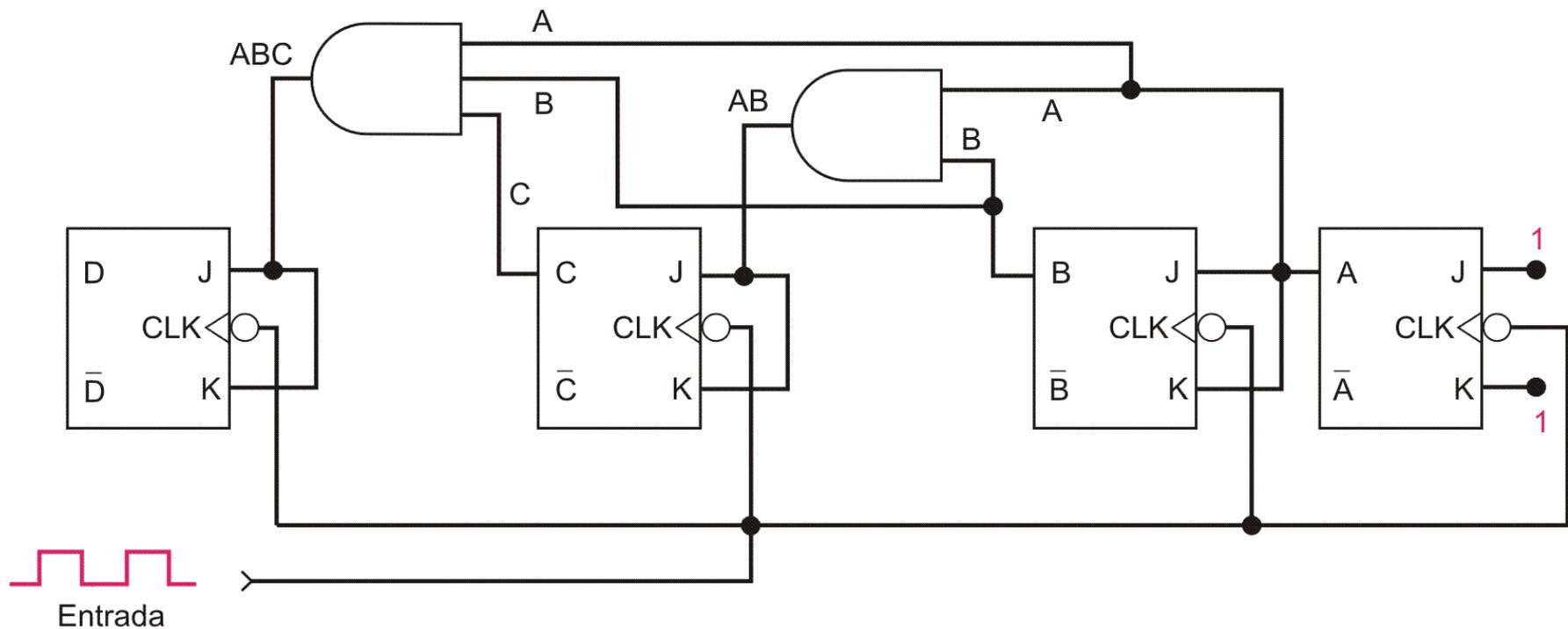
Contador Crescente Síncrono de 4 bits

(a)

Contagem	D	C	B	A
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1
0	0	0	0	0
.
.
.	.	etc.	.	.

(b)

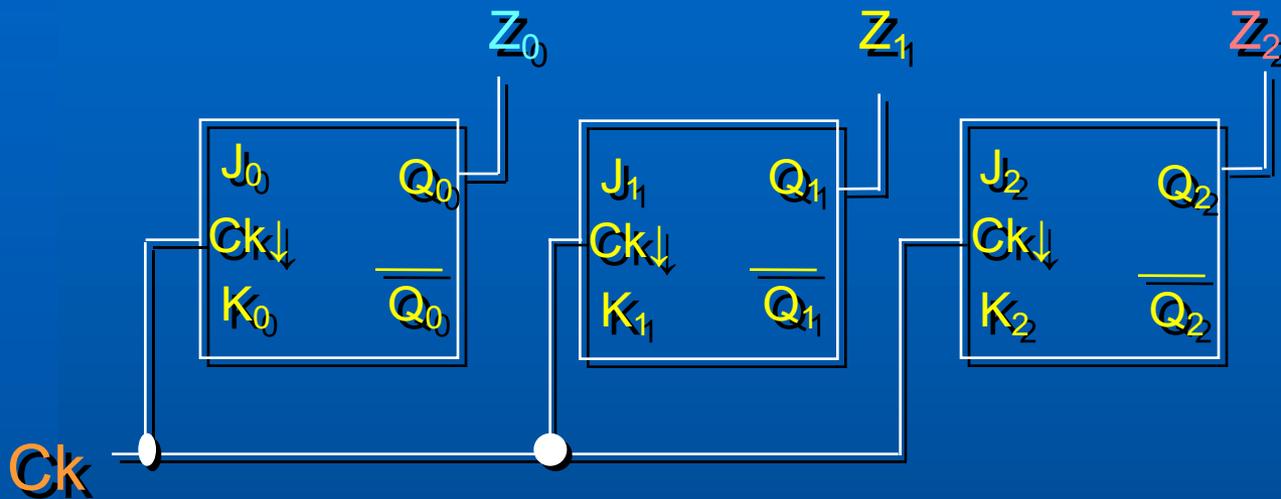
Contador Crescente Síncrono módulo 16



(a)

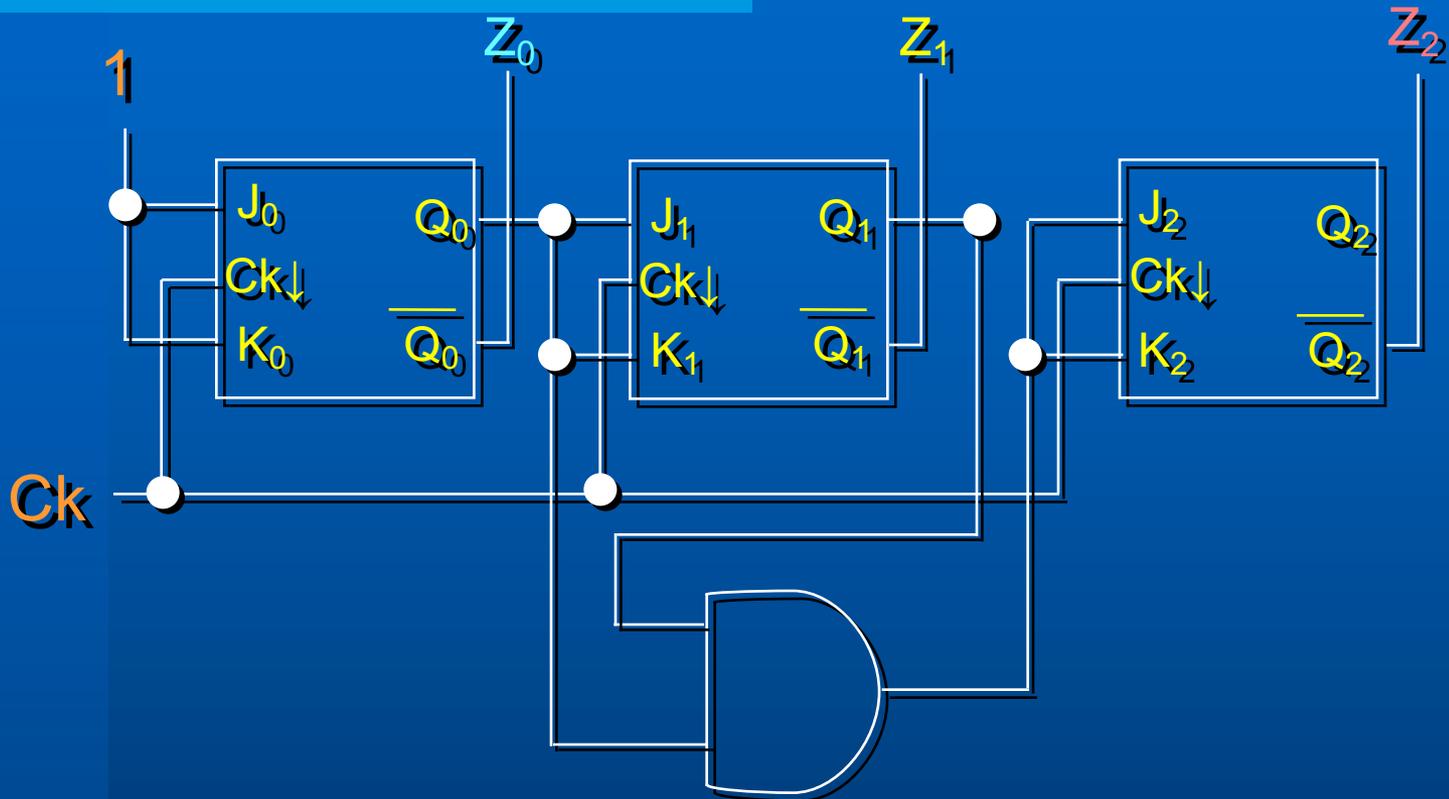
Contador Sincrono Decrescente

Contador Decrescente Síncrono de 3 bits



Como conectar os FF?

Contador Decrescente Síncrono de 3 bits

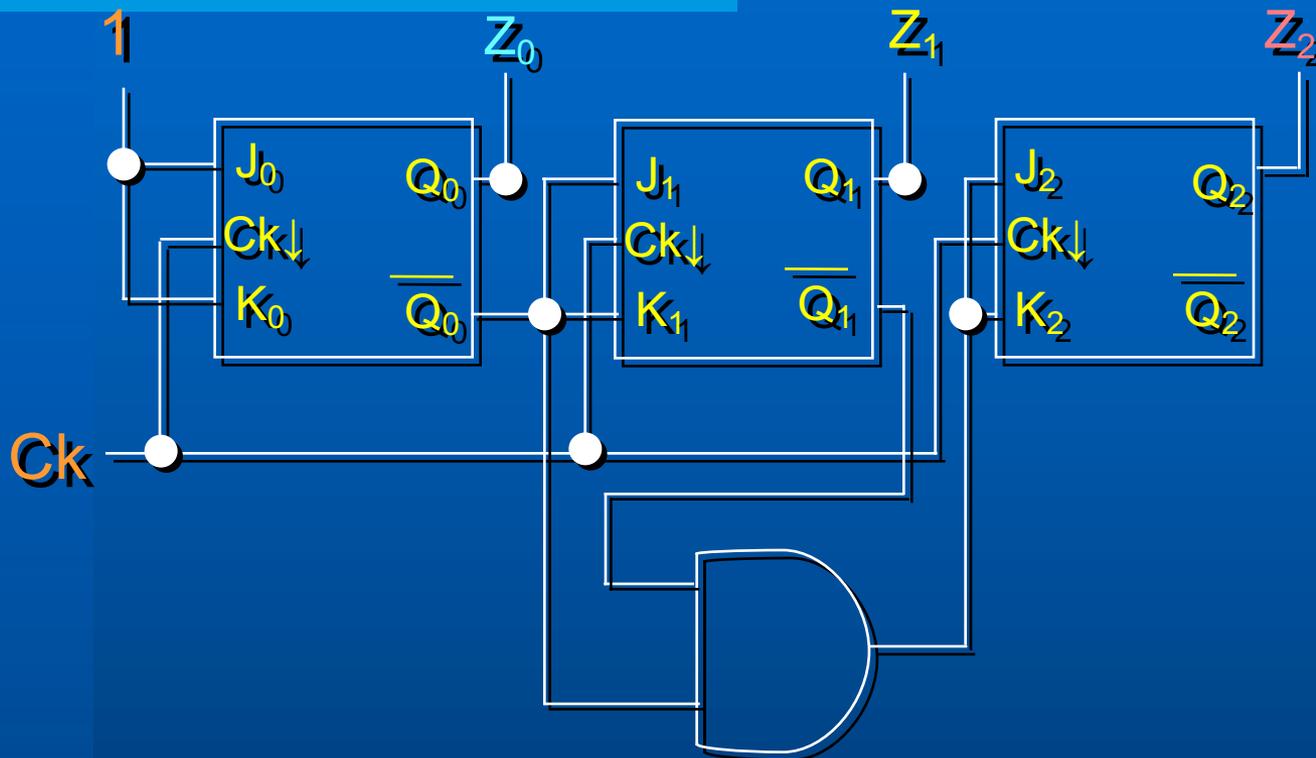


Uma solução (*para módulo* = 2^n) é montar um contador síncrono crescente e utilizar as saídas invertidas dos FFs

Contador Decrescente Síncrono de 3 bits

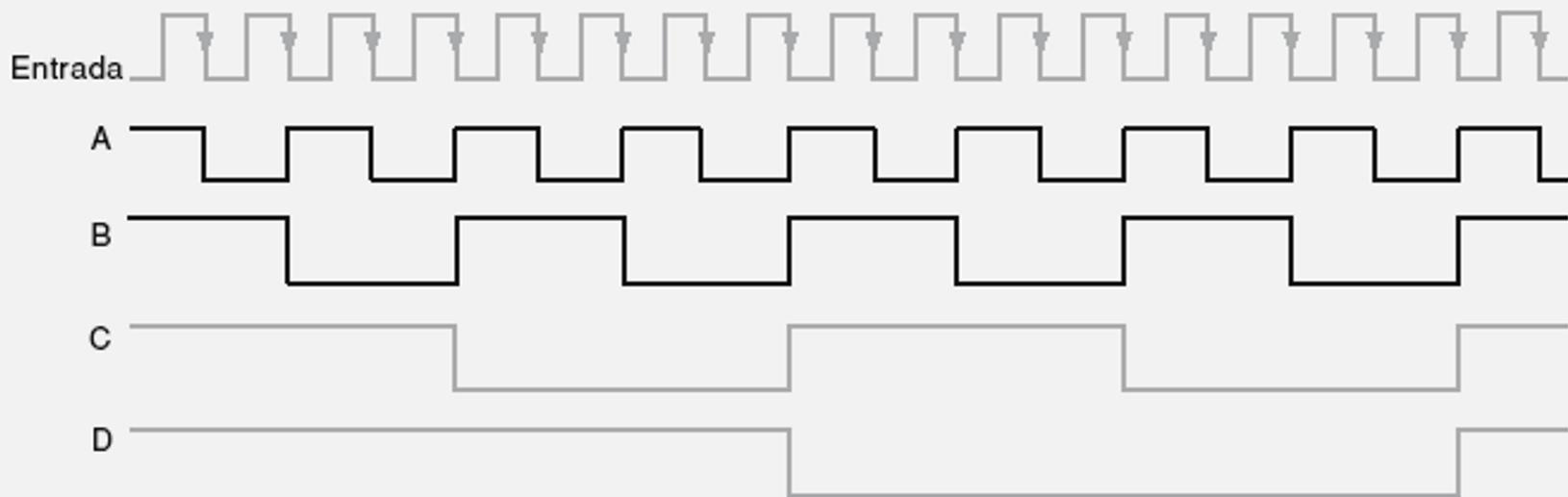
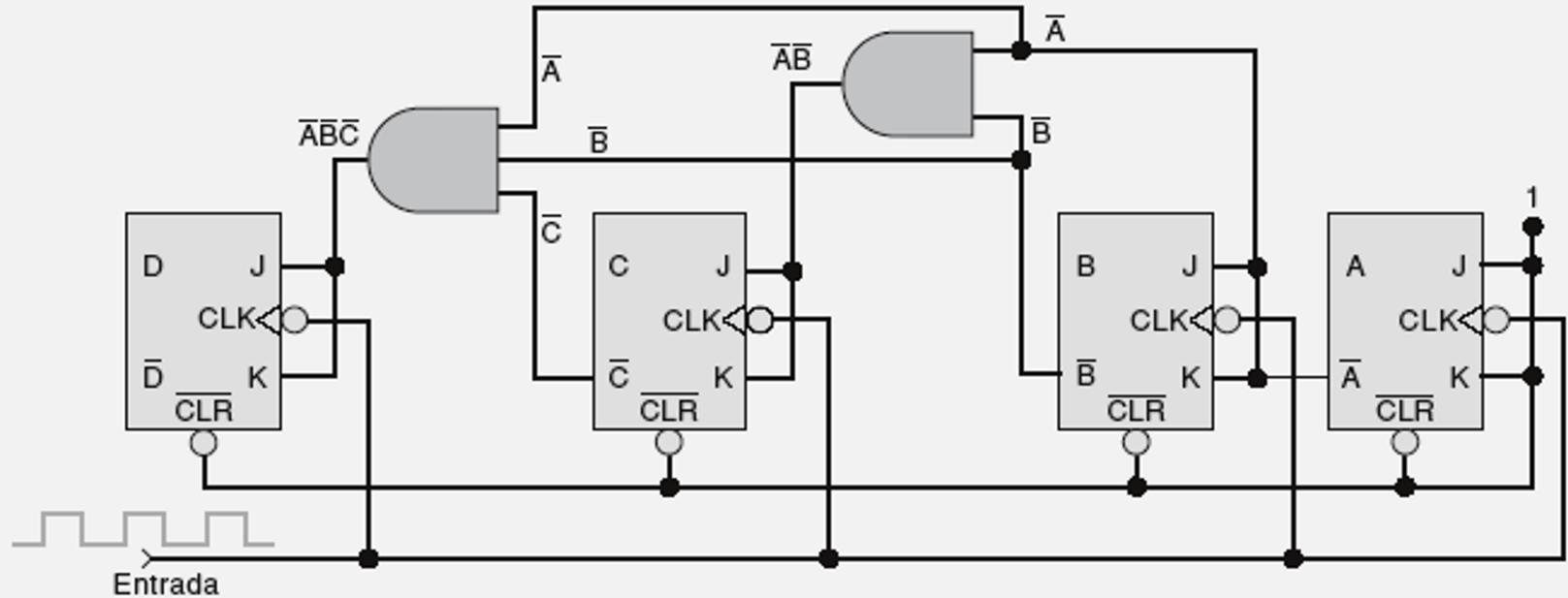
Pulsos Ck	Q ₂	Q ₁	Q ₀
0	1	1	1
1	1	1	0
2	1	0	1
3	1	0	0
4	0	1	1
5	0	1	0
6	0	0	1
7	0	0	0

Contador Decrescente Síncrono de 3 bits



Outra solução é utilizar as saídas invertidas para conectar os FFs (para módulo = 2^n)

Contador Síncrono Decrescente Módulo 16



*Contadores Síncronos de
Módulo $< 2^n$*

Crescente ou Decrescente

Contador Síncrono Crescente ou Decrescente de Módulo $< 2^n$

- Uso o \overline{Clear} do FF para reiniciar a contagem;
- Projeto: igual ao do contador Assíncrono

Contador Síncrono Crescente Módulo 6

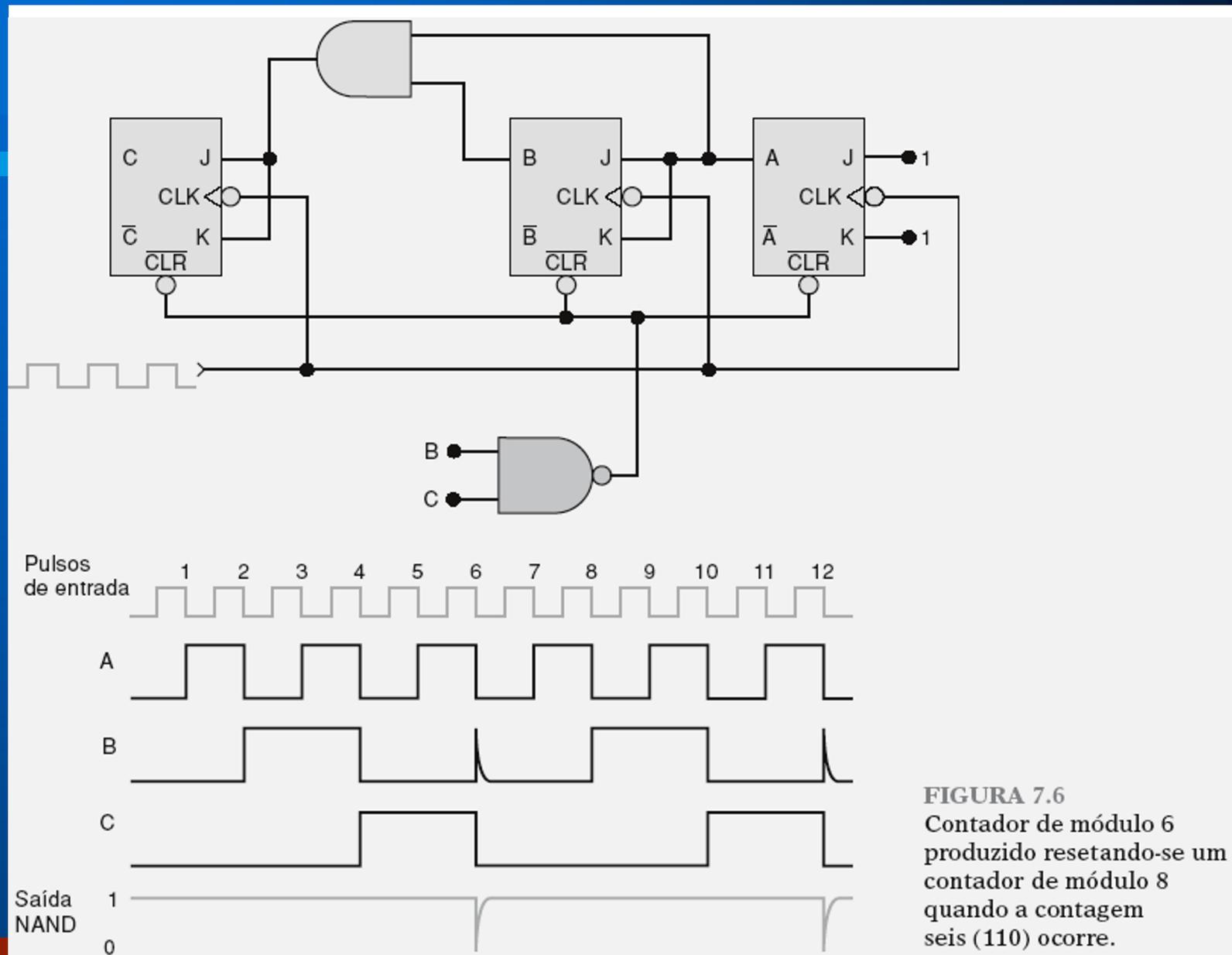
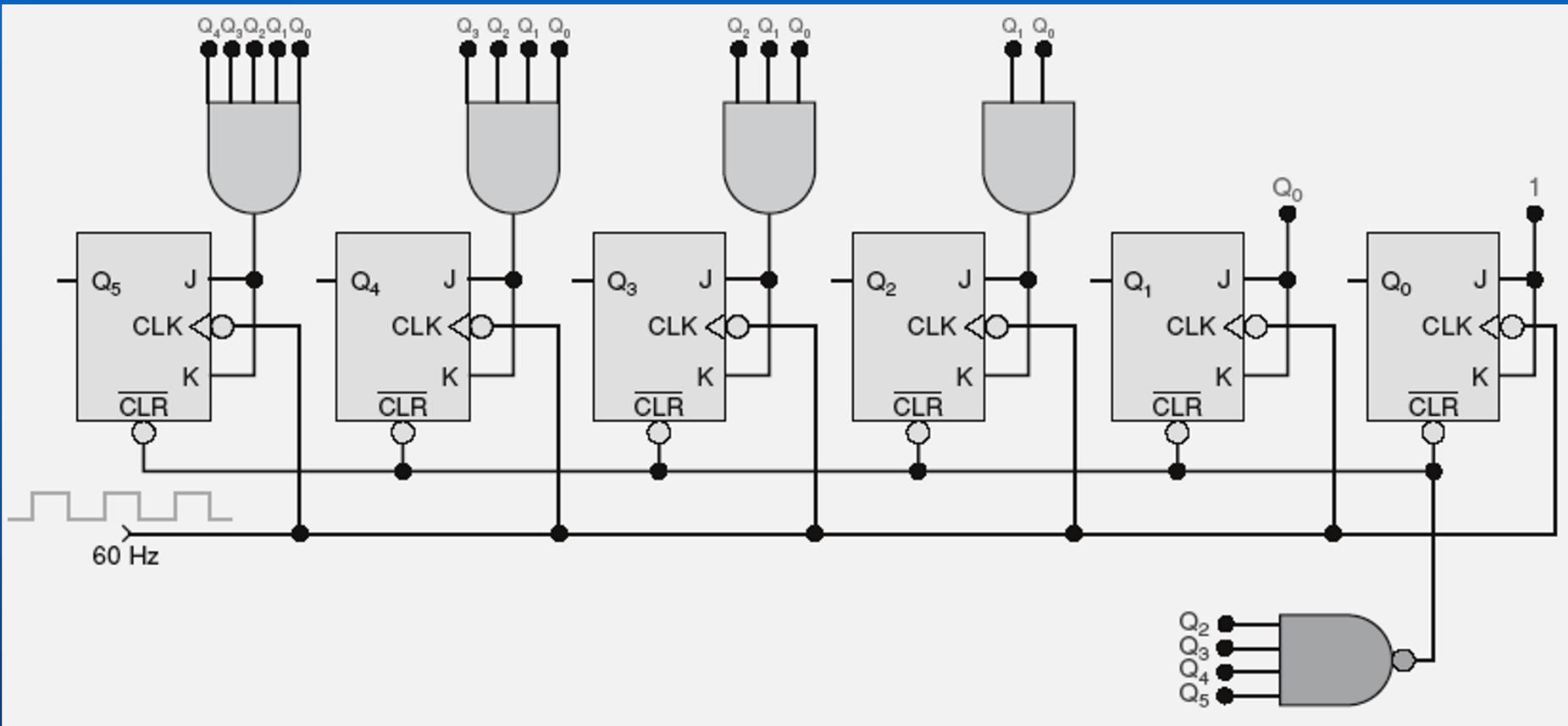


FIGURA 7.6
Contador de módulo 6 produzido resetando-se um contador de módulo 8 quando a contagem seis (110) ocorre.

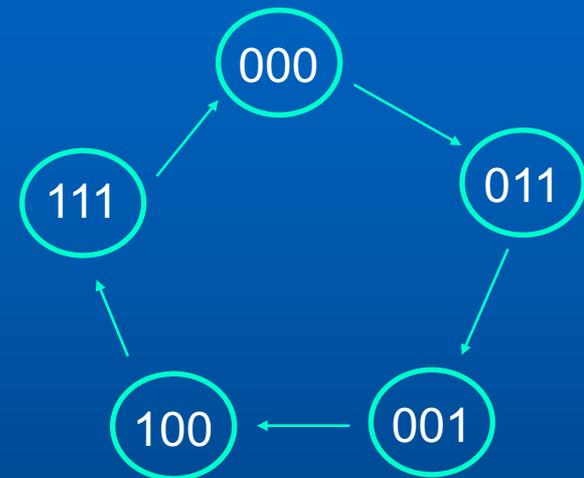
Contador Síncrono Crescente Módulo 60



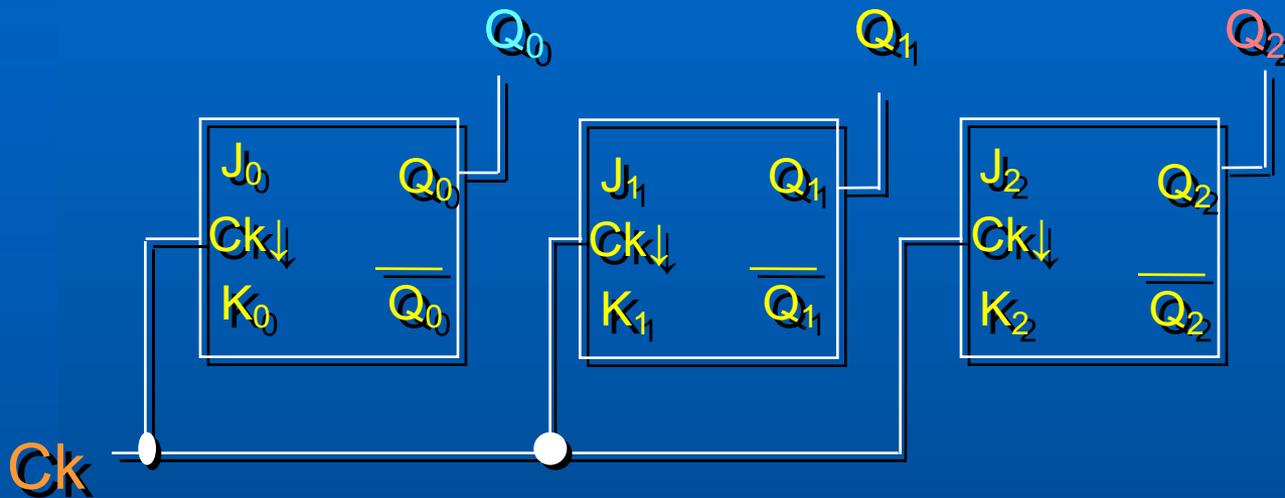
*Contadores Síncronos de
qualquer sequência*

Contador síncrono de qualquer sequência

Número	Q_2	Q_1	Q_0
0	0	0	0
3	0	1	1
1	0	0	1
4	1	0	0
7	1	1	1



Contador síncrono de qualquer sequência



Como conectar os FF?

Transição de estados para FF JK

J	K	Q
0	0	Q_0
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q_0}$

Transição $Q_n \Rightarrow Q_{n+1}$	J	K
0 \Rightarrow 0	0	X
0 \Rightarrow 1	1	X
1 \Rightarrow 0	X	1
1 \Rightarrow 1	X	0

Contador síncrono de qualquer sequência

Transição	J	K
0 → 0	0	X
0 → 1	1	X
1 → 0	X	1
1 → 1	X	0

Número	Q ₂	Q ₁	Q ₀	J ₂ K ₂	J ₁ K ₁	J ₀ K ₀
0	0	0	0	0 X	1 X	1 X
3	0	1	1	0 X	X 1	X 0
1	0	0	1	1 X	0 X	X 1
4	1	0	0	X 0	1 X	1 X
7	1	1	1	X 1	X 1	X 1

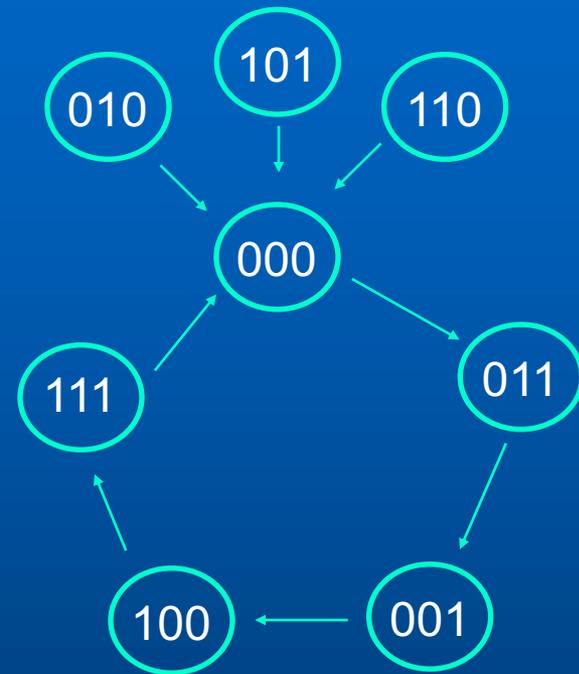
E os demais estados?

- 1. Pode-se considerar como irrelevantes;**
- 2. Pode-se “forçar” a ida para um estado pré-definido ou o reinício da contagem.**

Ex.: forçando o reinício da contagem (Estado seguinte = 0000)

Contador síncrono de qualquer sequência

Número	Q ₂	Q ₁	Q ₀
0	0	0	0
3	0	1	1
1	0	0	1
4	1	0	0
7	1	1	1
2	0	1	0
5	1	0	1
6	1	1	0



Contador síncrono de qualquer sequência

Número	Q ₂	Q ₁	Q ₀	J ₂	K ₂	J ₁	K ₁	J ₀	K ₀
0	0	0	0	0	X	1	X	1	X
3	0	1	1	0	X	X	1	X	0
1	0	0	1	1	X	0	X	X	1
4	1	0	0	X	0	1	X	1	X
7	1	1	1	X	1	X	1	X	1
2	0	1	0	0	X	X	1	0	X
5	1	0	1	X	1	0	X	X	1
6	1	1	0	X	1	X	1	0	X

Flip-Flop 2

J_2

$Q_2Q_1 \backslash Q_0$	0	1
00	0	1
01	0	0
11	x	x
10	x	x

$$J_2 = Q_0 \bar{Q}_1$$

K_2

$Q_2Q_1 \backslash Q_0$	0	1
00	x	x
01	x	x
11	1	1
10	0	1

$$K_2 = Q_0 + Q_1$$

Flip-Flop 1

Q_2Q_1		J_1	
		Q_0 0	1
00	1	0	
01	x	x	
11	x	x	
10	1	0	

$$J_1 = \overline{Q_0}$$

Q_2Q_1		K_1	
		Q_0 0	1
00	x	x	
01	1	1	
11	1	1	
10	1	x	

$$K_1 = 1$$

Flip-Flop 0

J_0

Q_2Q_1 \ Q_0	0	1
00	1	x
01	0	x
11	0	x
10	1	x

$$J_0 = \overline{Q_1}$$

K_0

Q_2Q_1 \ Q_0	0	1
00	x	1
01	x	0
11	x	1
10	x	1

$$K_0 = Q_2 + \overline{Q_1}$$

Contador Síncrono

Ligações dos Flip-Flops JK:

$$J_2 = Q_0 \overline{Q_1}$$

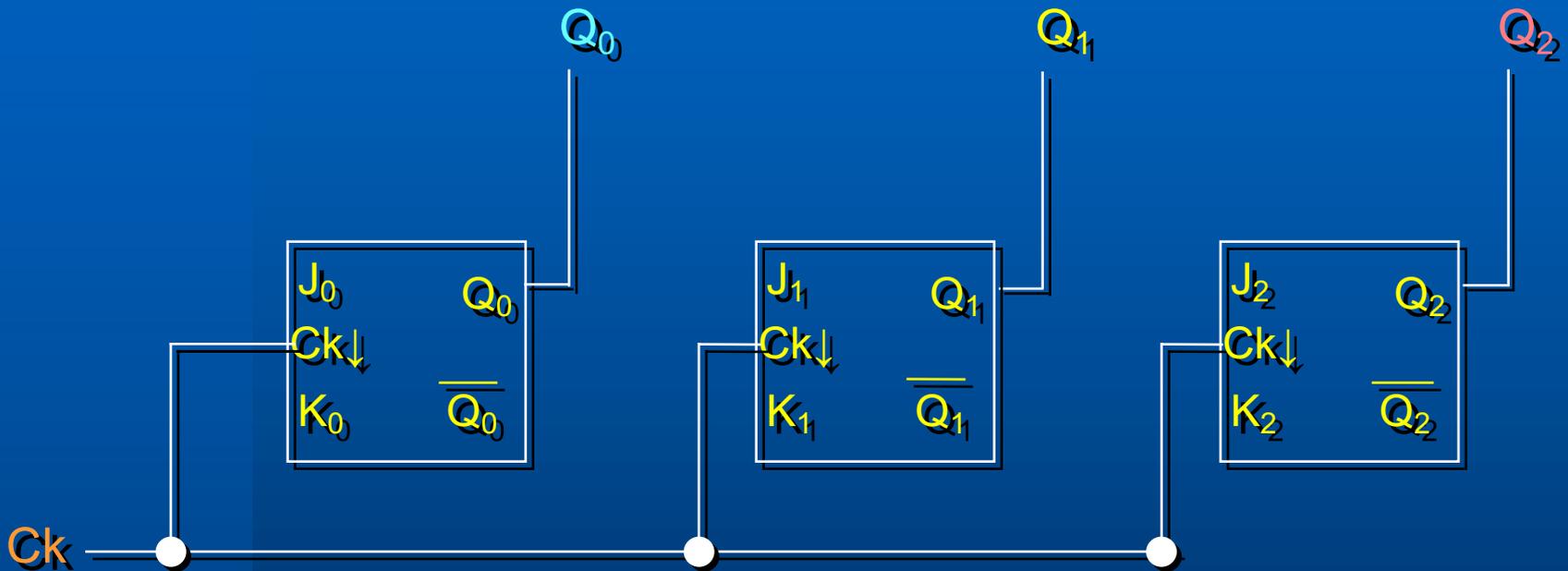
$$J_1 = \overline{Q_0}$$

$$J_0 = \overline{Q_1}$$

$$K_2 = Q_0 + Q_1$$

$$K_1 = 1$$

$$K_0 = Q_2 + \overline{Q_1}$$



Contador Síncrono

Ligações dos Flip-Flops JK:

$$J_2 = Q_0 \overline{Q_1}$$

$$J_1 = \overline{Q_0}$$

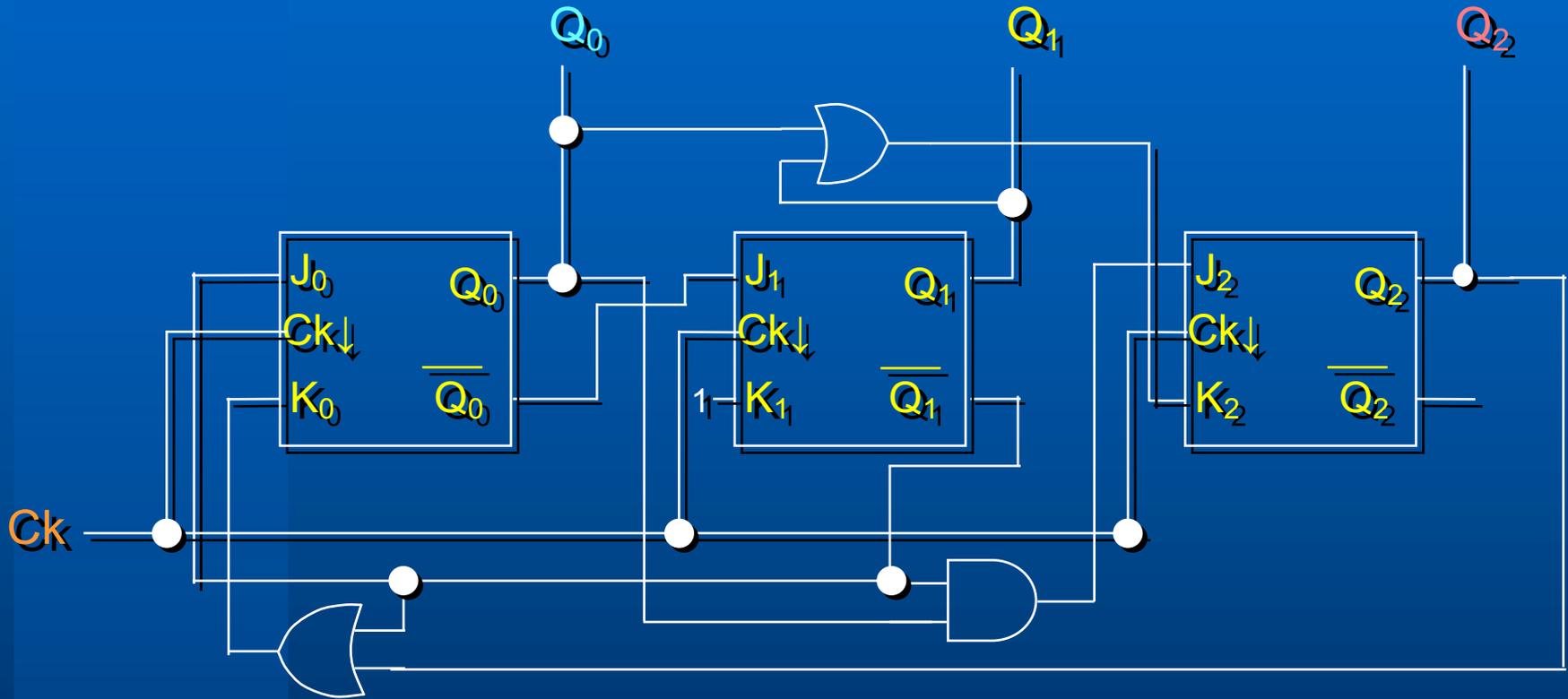
$$J_0 = \overline{Q_1}$$

$$K_2 = Q_0 + Q_1$$

$$K_1 = 1$$

$$K_0 = Q_2 + \overline{Q_1}$$

Circuito Final:



FIM