

# Aula 15

## Contadores Síncronos

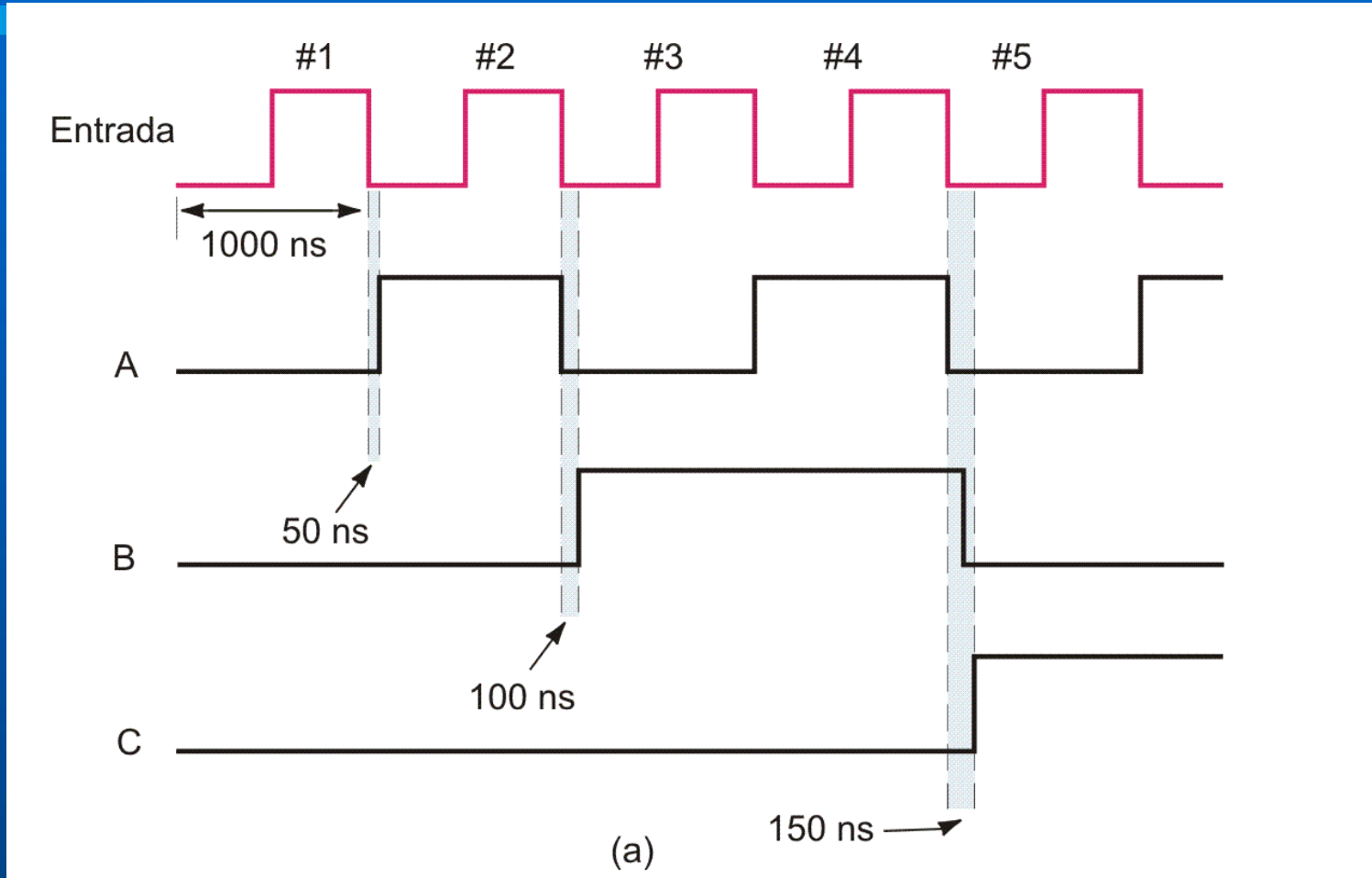
**SEL 0414 - Sistemas Digitais**

**Prof. Dr. Marcelo Andrade da Costa Vieira**

# *Atraso de propagação dos Contadores Assíncronos*

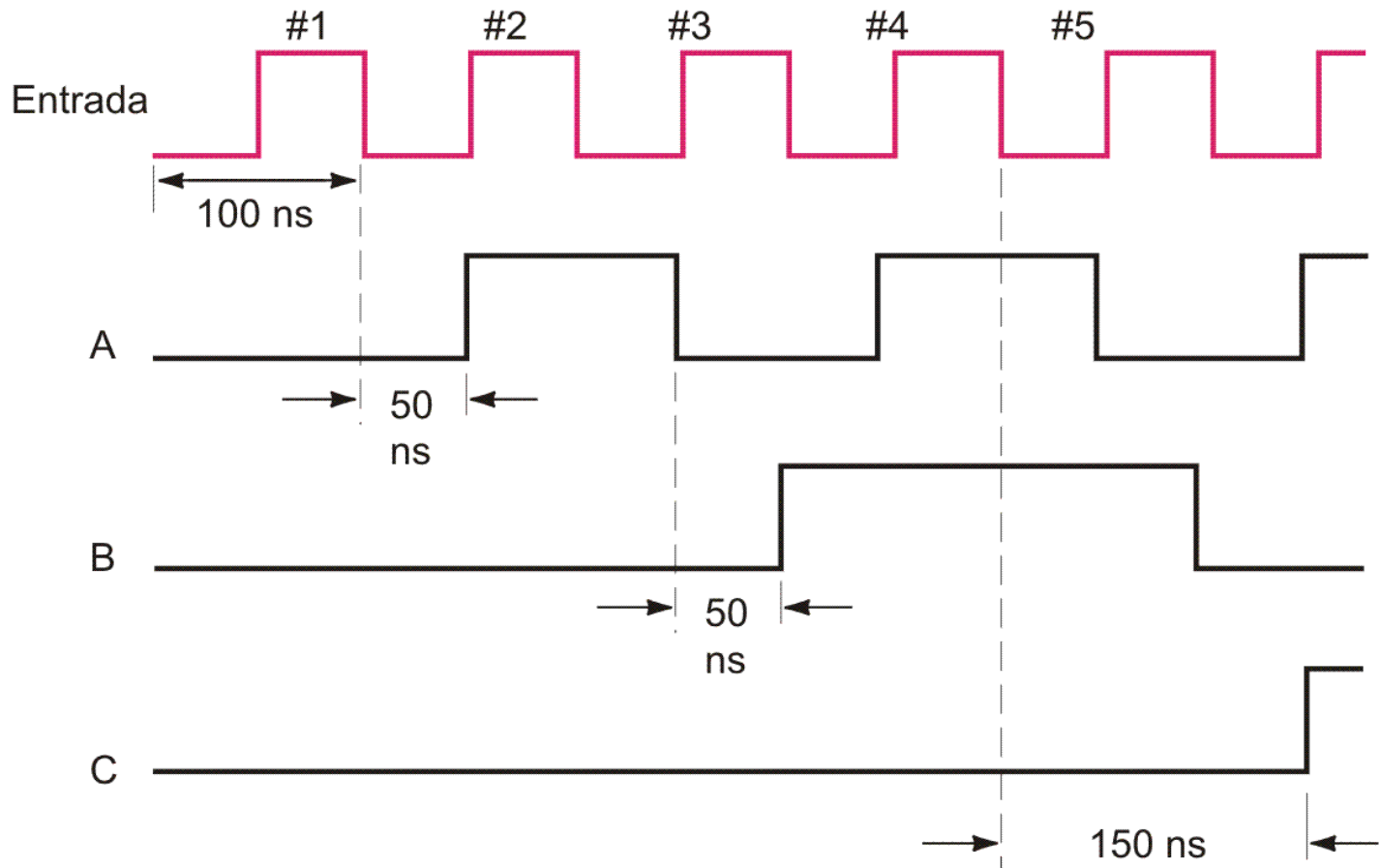
# Atraso de Propagação:

## 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<sub>a</sub>** = tempo de atraso dos FFs JK
- **n** = número de FF JK utilizados no contador

# Assíncronos X Síncronos

- **Contadores Assíncronos:**

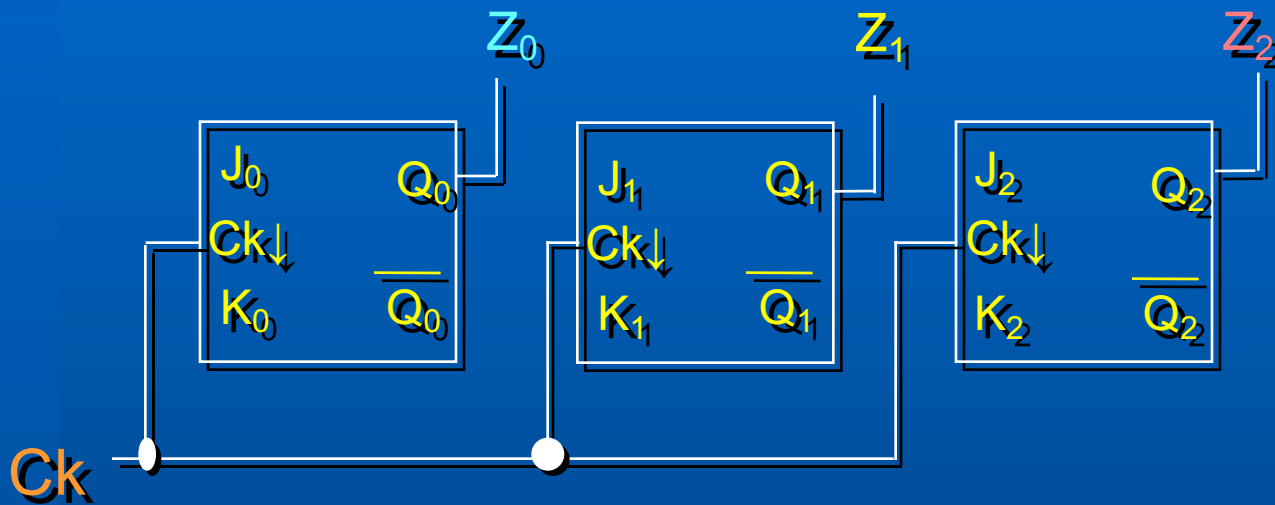
- Os Flip-Flops não mudam de estado com o mesmo sincronismo;
- O CLK é colocado apenas no primeiro FF (LSB);
- Há um pequeno atraso entre as mudanças de estado de cada FF;
- O atraso é propagado de acordo com o número de FFs conectados em cascata.

- **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



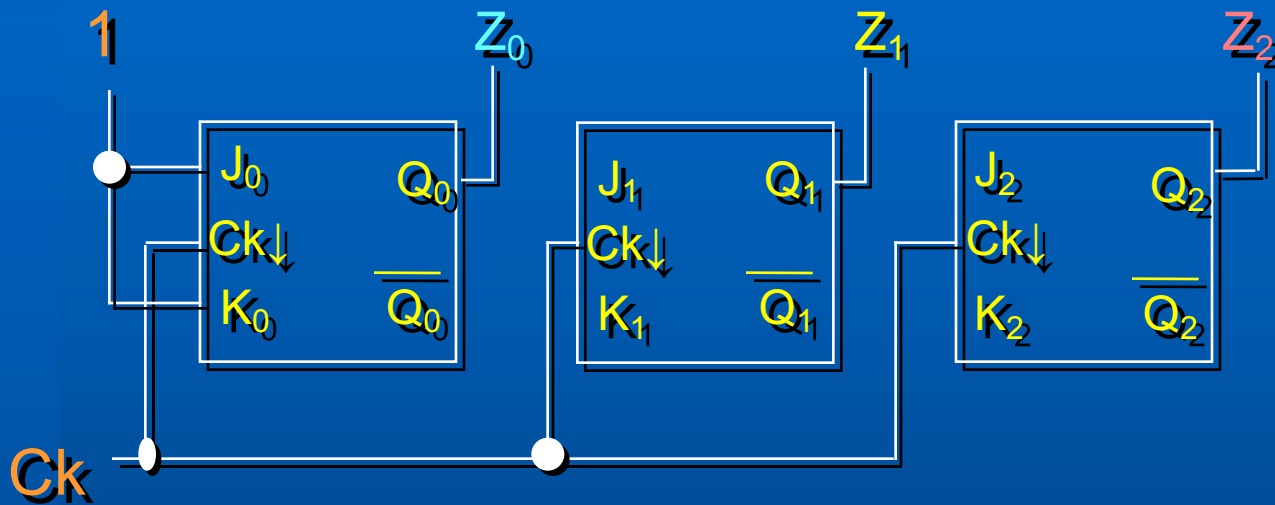
Como conectar os FF?



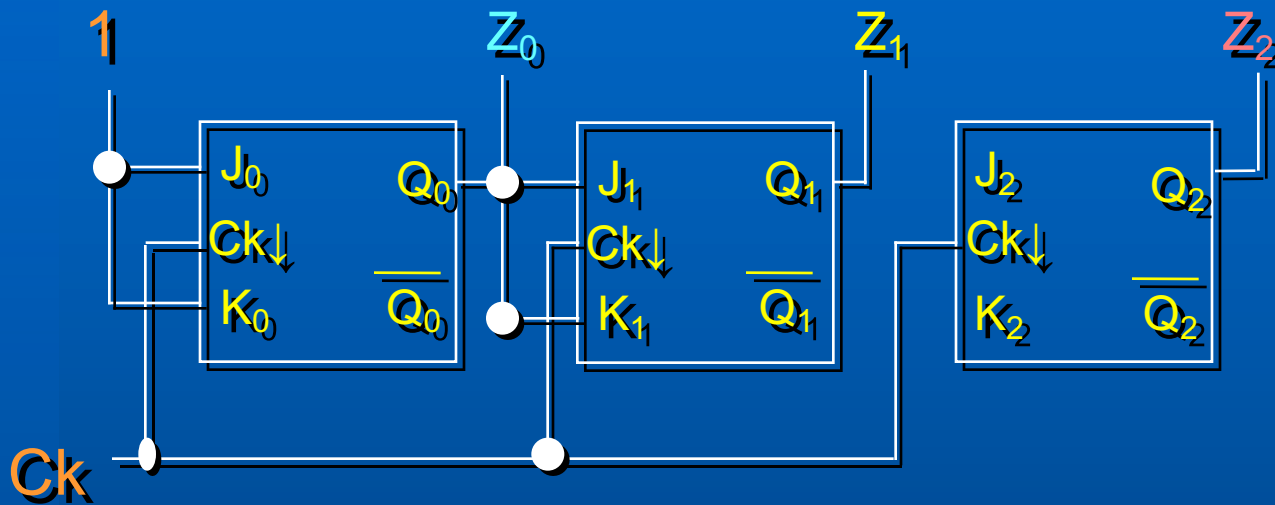
# Contador Crescente Síncrono de 3 bits

Pulsos Ck	Q <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>0</sub>
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

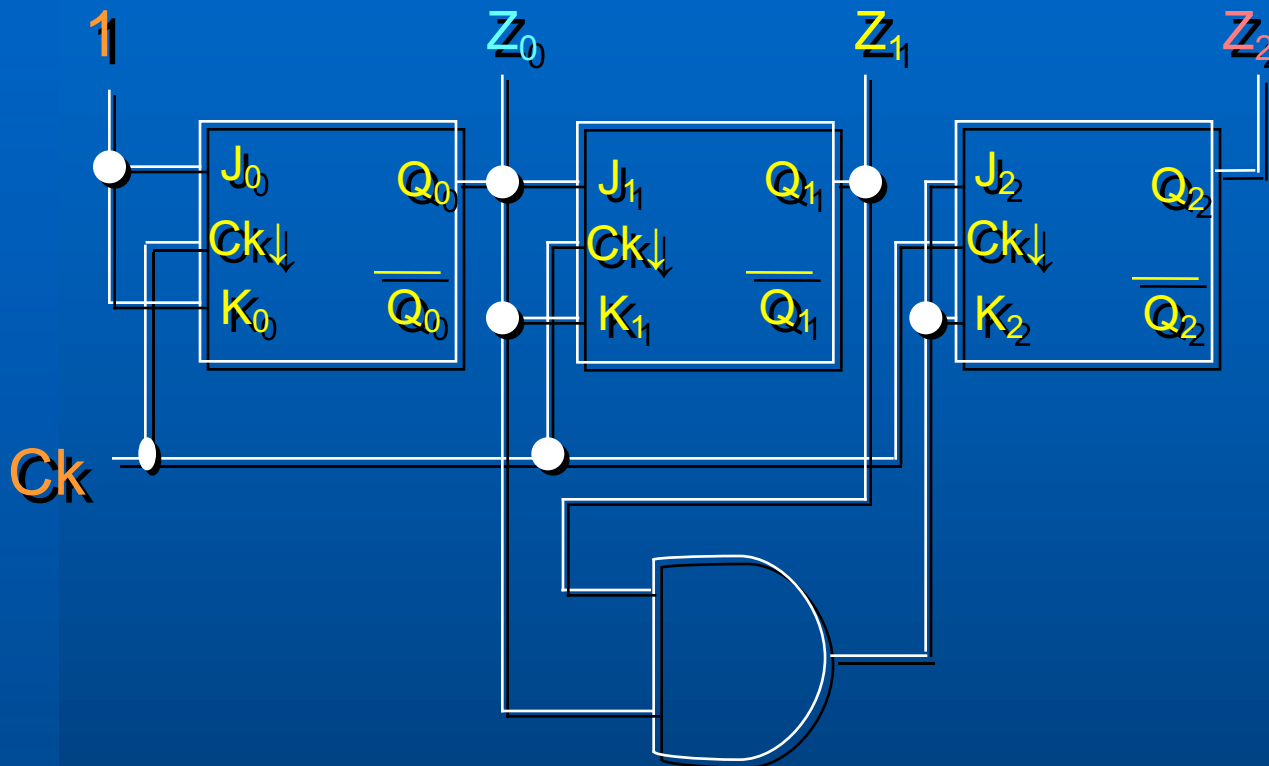
# Contador Crescente Síncrono de 3 bits



# 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.

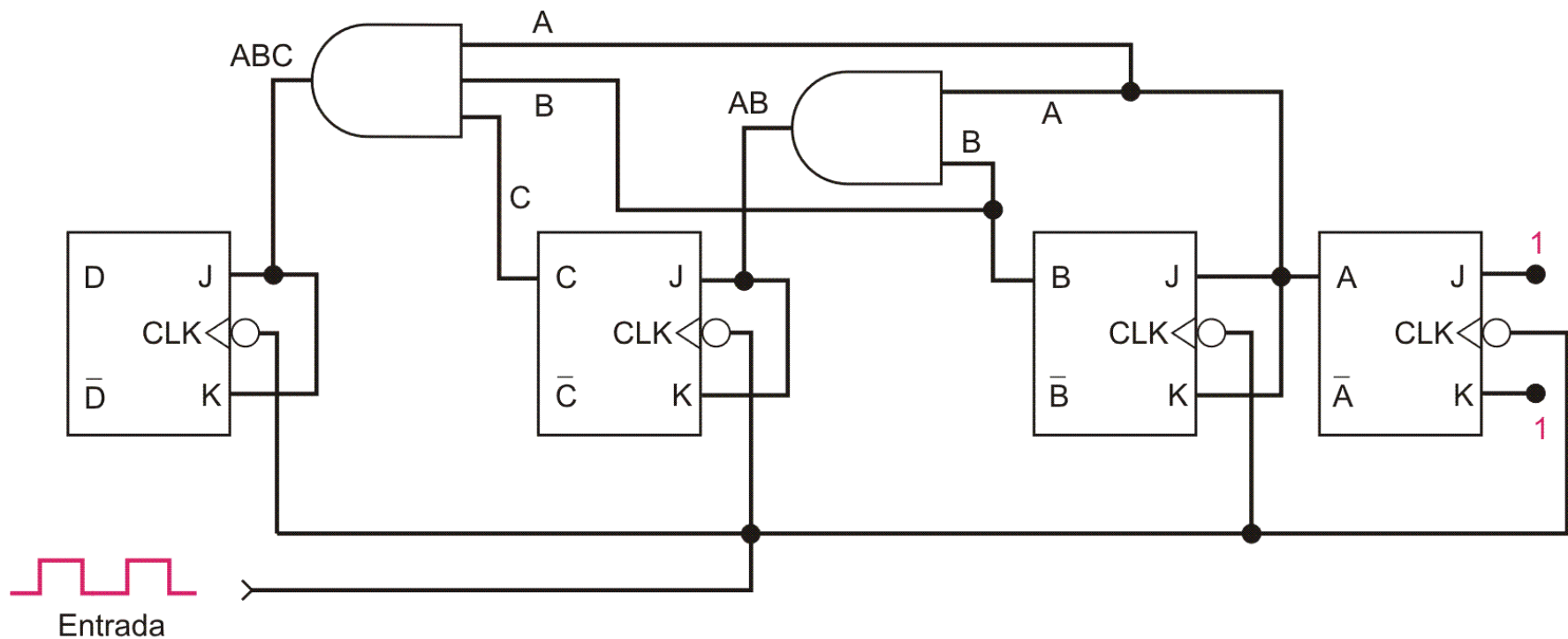
# Contador Crescente Síncrono de 4 bits

(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)

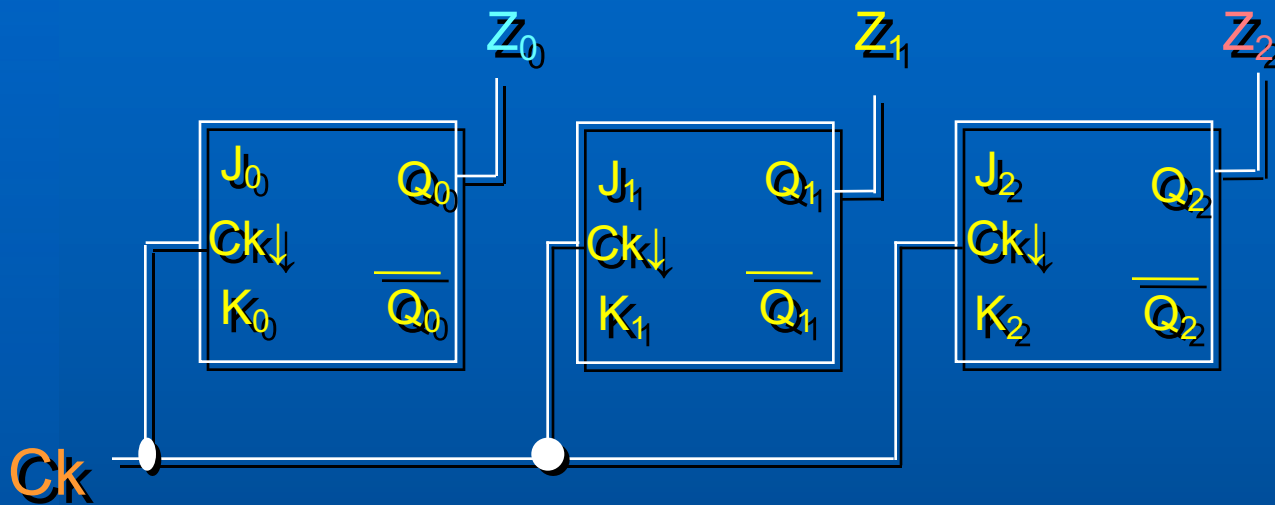
# Contador Crescente Síncrono módulo 16



(a)

# *Contador Síncrono Decrescente*

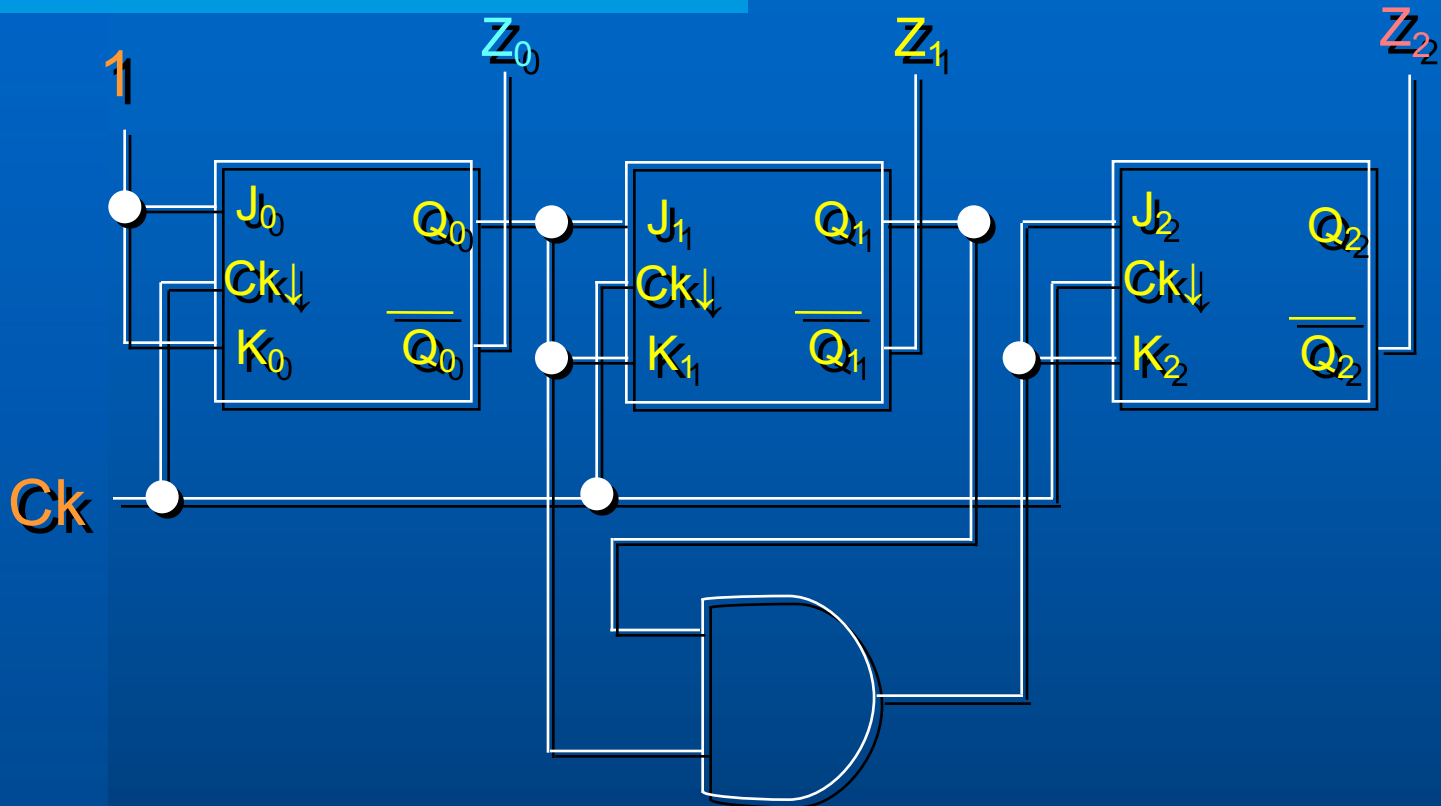
# Contador Decrescente Síncrono de 3 bits



Como conectar os FF?



# Contador Decrescente Síncrono de 3 bits

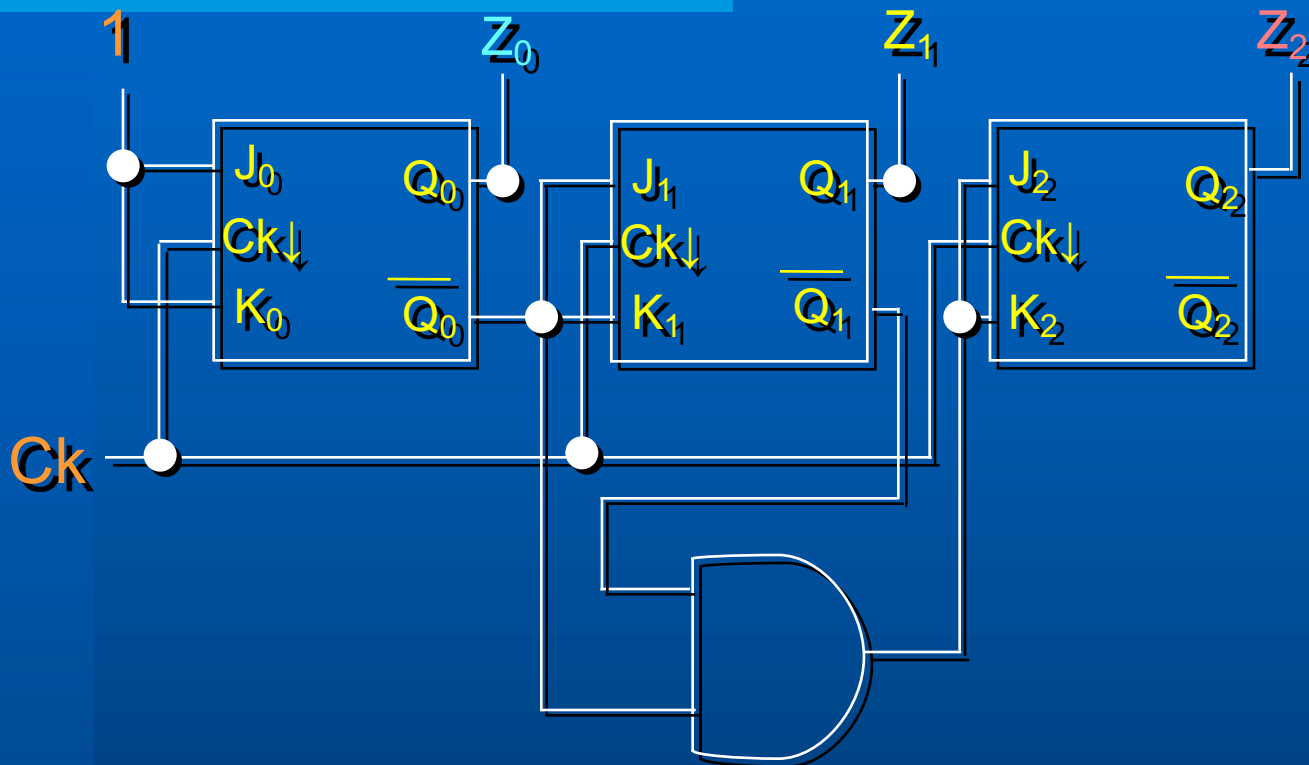


Uma solução (*para módulo =  $2^n$* ) é montar um contador síncrono crescente e utilizar as saídas invertidas dos FFs

# Contador Decrescente Síncrono de 3 bits

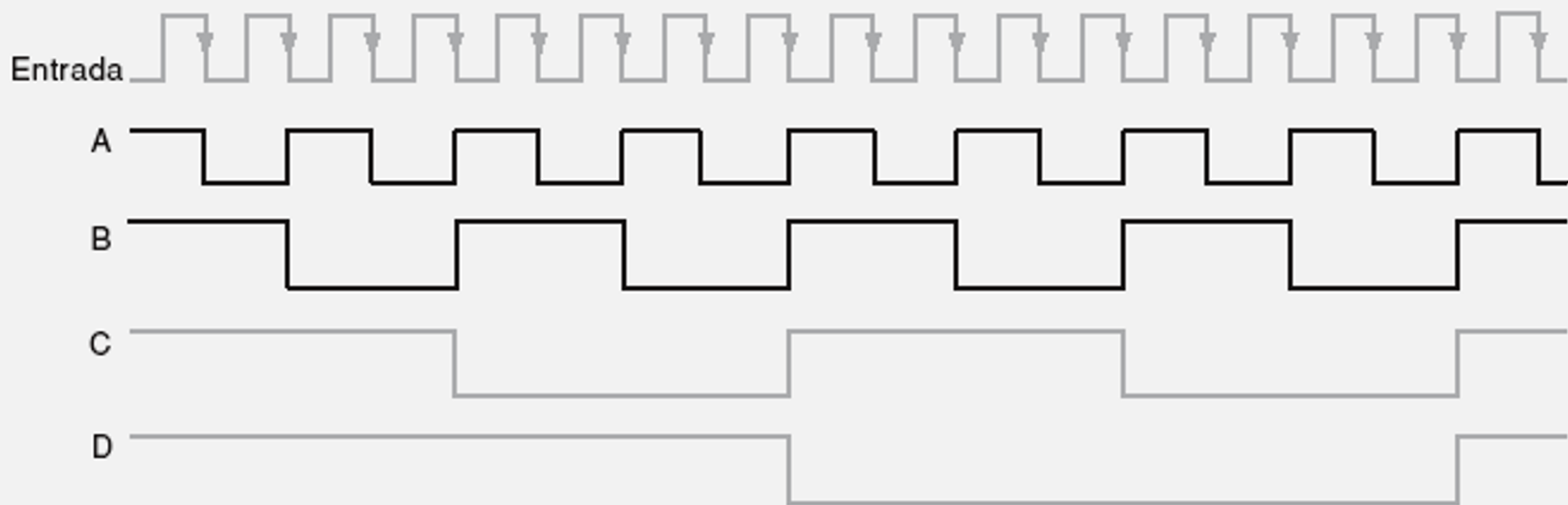
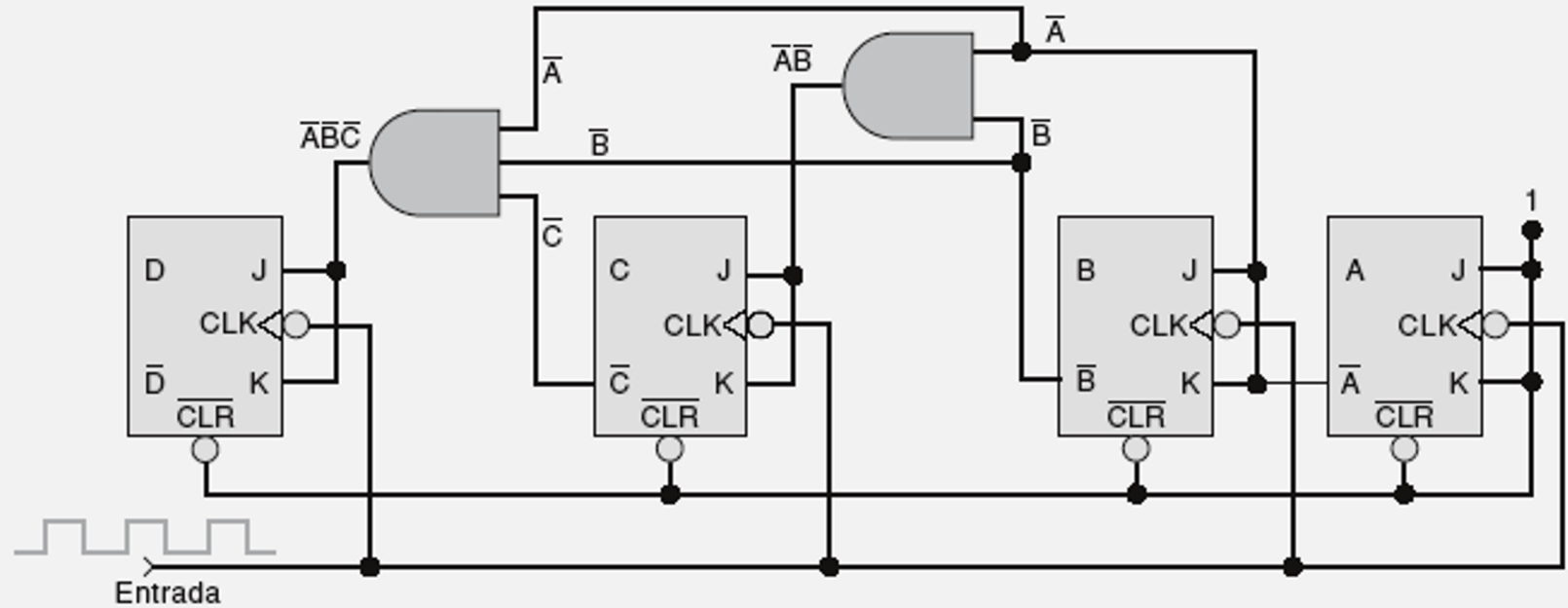
Pulsos Ck	Q <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>0</sub>
0	1	1	1
1	1	1	0
2	1	0	1
3	1	0	0
4	0	1	1
5	0	1	0
6	0	0	1
7	0	0	0

# 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



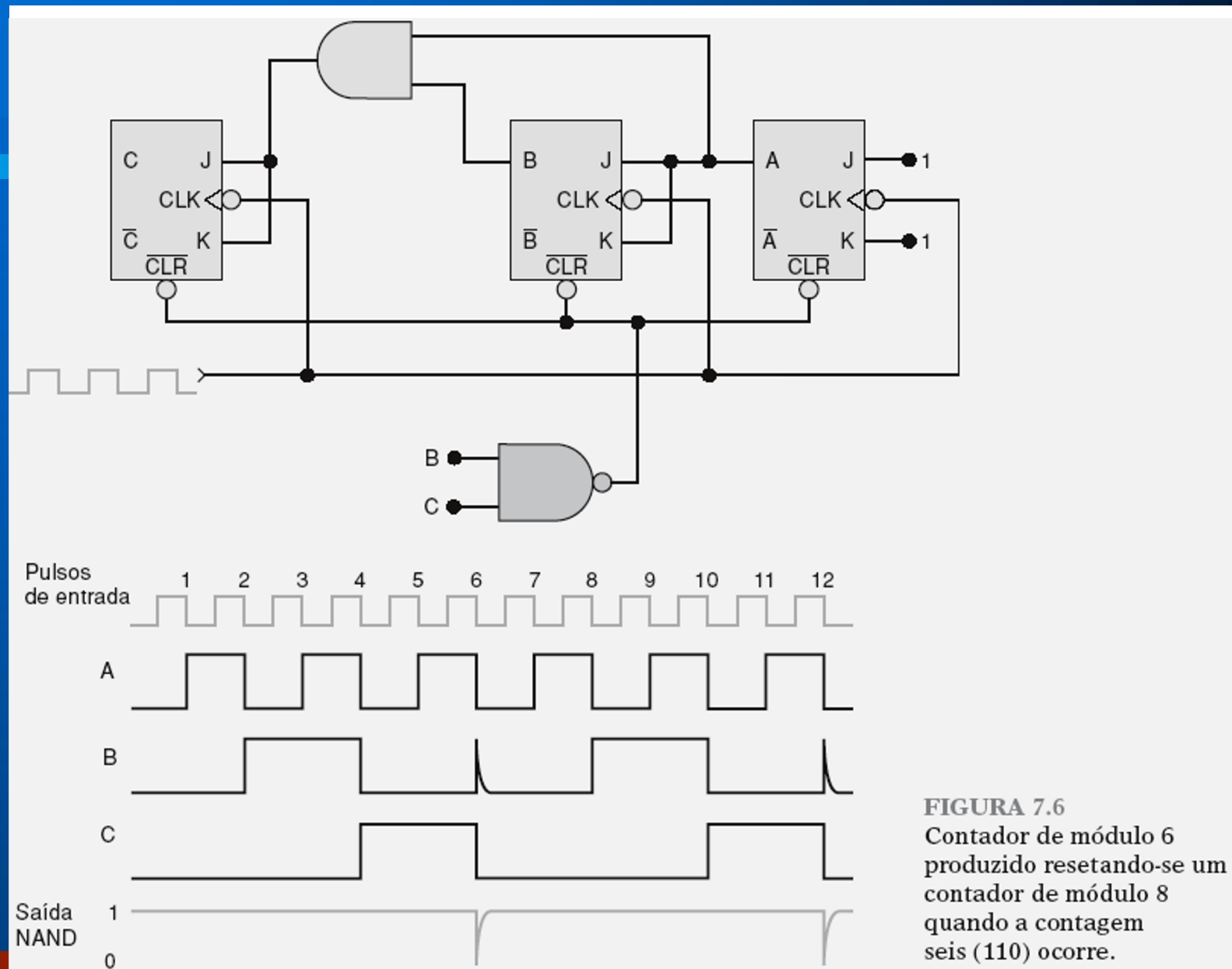
*Contadores Síncronos de  
Módulo  $< 2^n$*

*Crescente ou Decrescente*

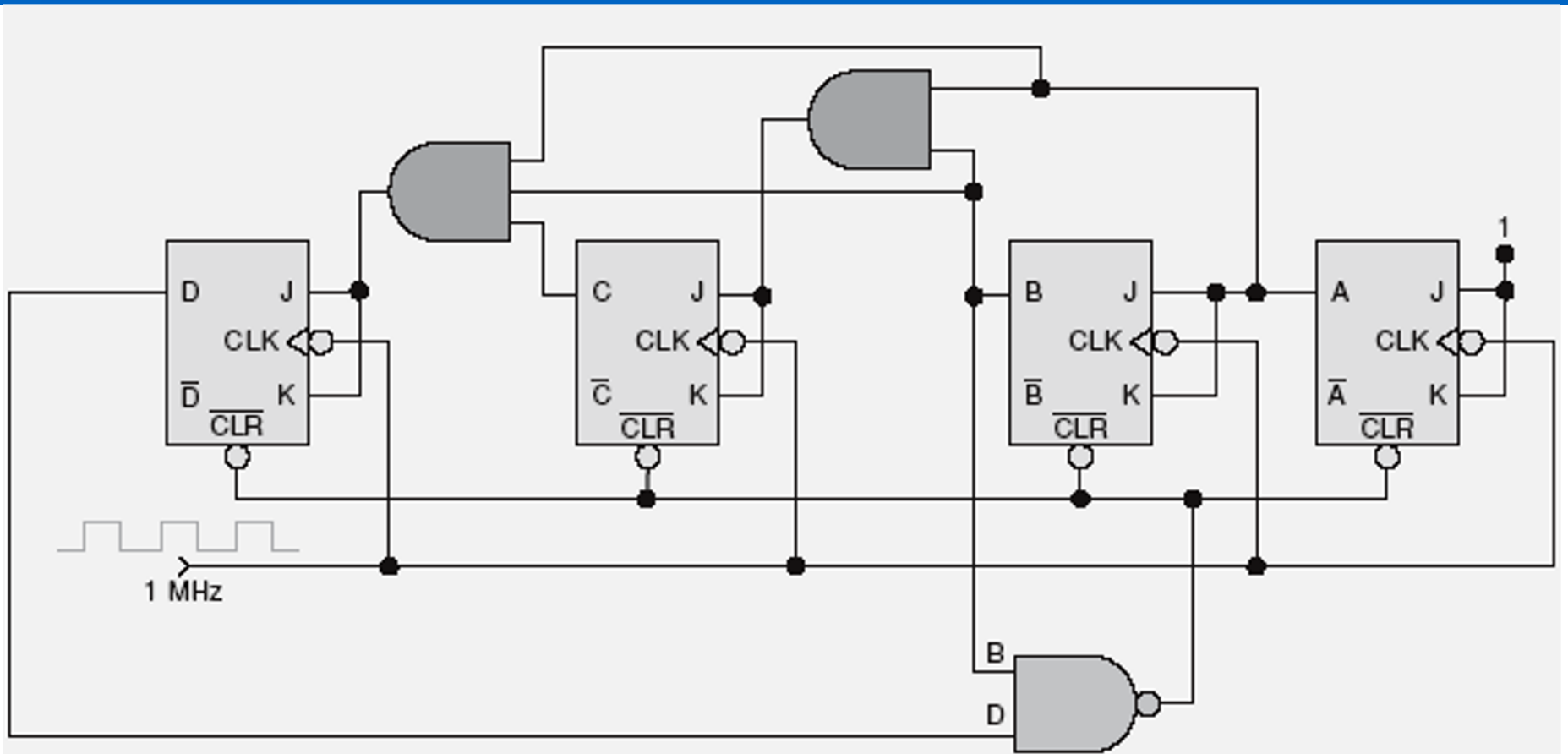
# Contador Síncrono Crescente ou Decrescente de Módulo $< 2^n$

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

# Contador Síncrono Crescente Módulo 6



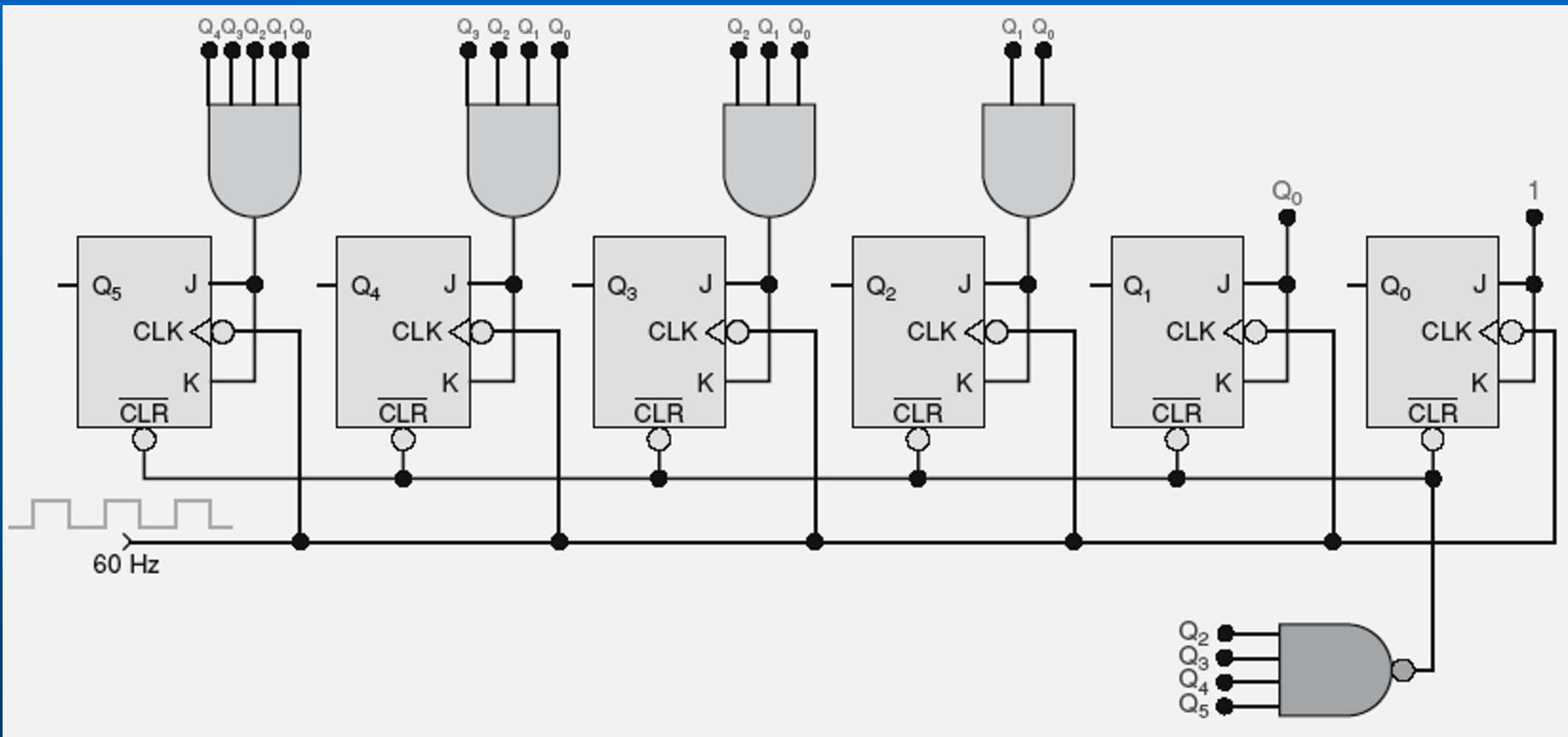
# Contador Síncrono Crescente Módulo 10



(b)



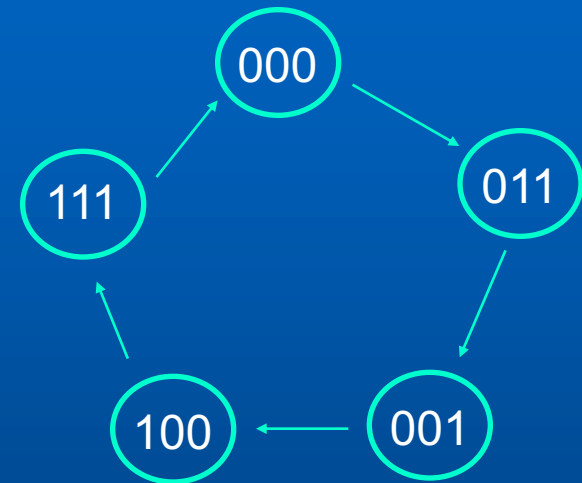
# Contador Síncrono Crescente Módulo 60



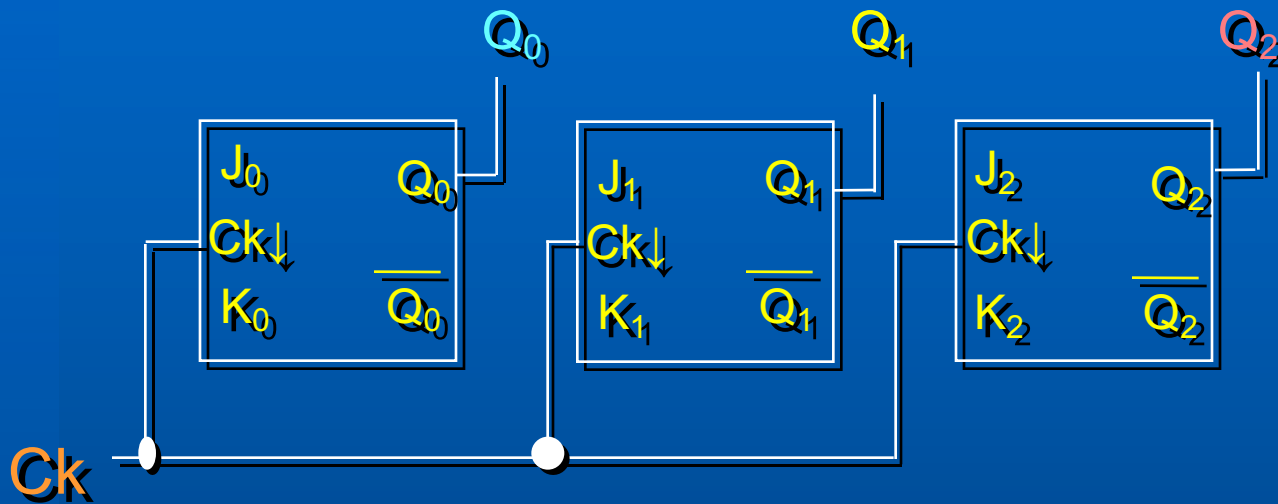
*Contadores Síncronos de  
qualquer sequência*

# Contador síncrono de qualquer sequência

Número	Q <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>0</sub>
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

<b>J</b>	<b>K</b>	<b>Q</b>
0	0	$Q_0$
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q_0}$

<b>Transição</b> $Q_n \Rightarrow Q_{n+1}$	<b>J</b>	<b>K</b>
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 <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>0</sub>	J <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	J <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	J <sub>0</sub> K <sub>0</sub>
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

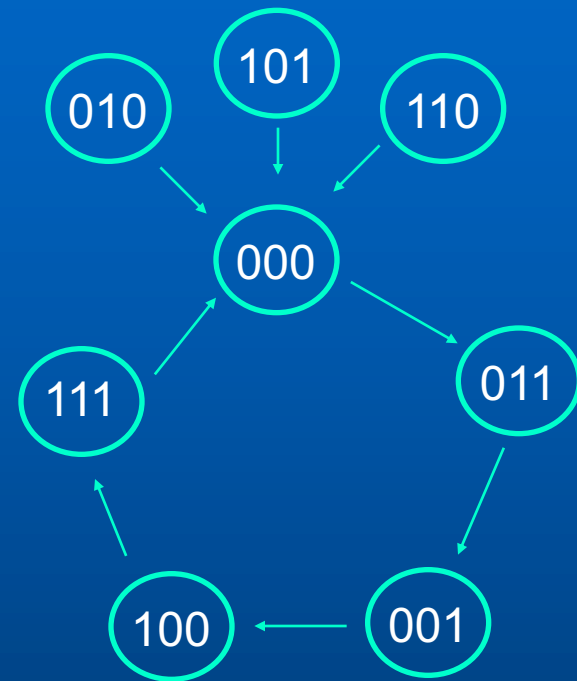
## E os demais estados?

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 <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>0</sub>
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 <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>0</sub>	J <sub>2</sub>	K <sub>2</sub>	J <sub>1</sub>	K <sub>1</sub>	J <sub>0</sub>	K <sub>0</sub>
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

$J_1$

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

$$J_1 = \overline{Q_0}$$

$K_1$

$Q_2Q_1 \backslash Q_0$	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:

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

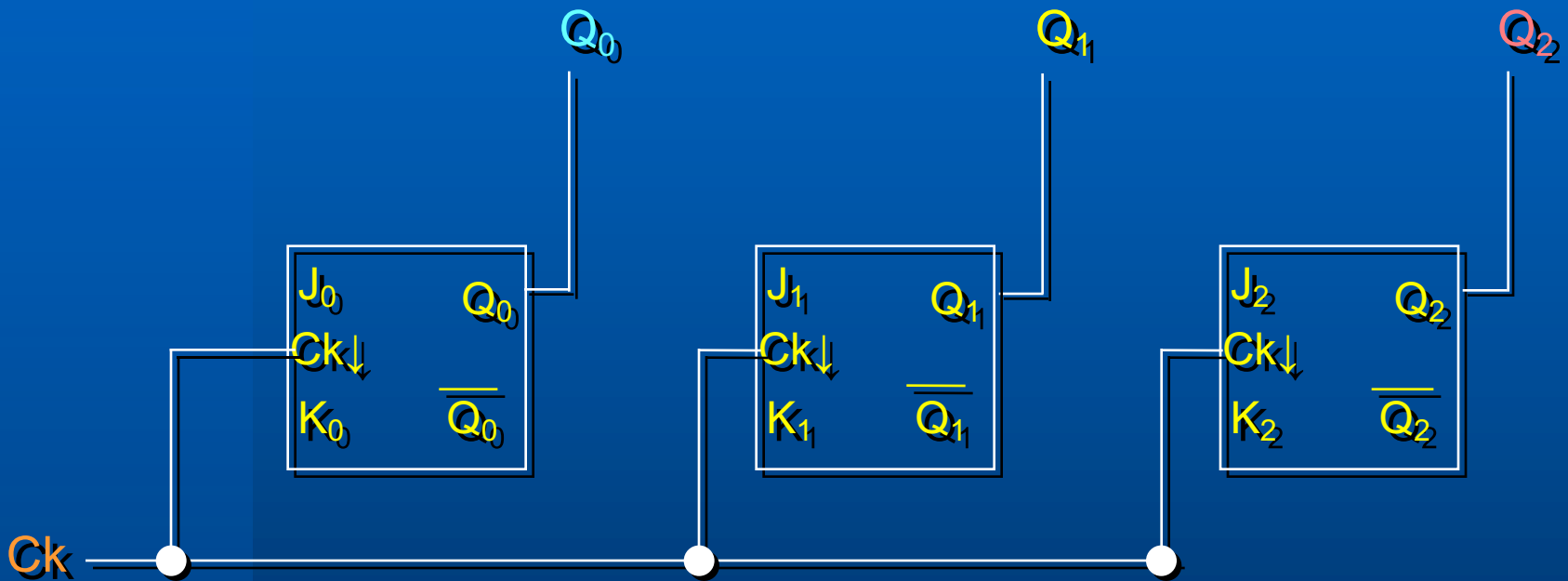
$$J_1 = \overline{Q_0}$$

$$J_0 = \overline{Q_1}$$

$$K_2 = Q_0 + Q_1$$

$$K_1 = 1$$

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



## Contador Síncrono

Ligações dos Flip-Flops JK:

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

$$J_1 = \overline{Q_0}$$

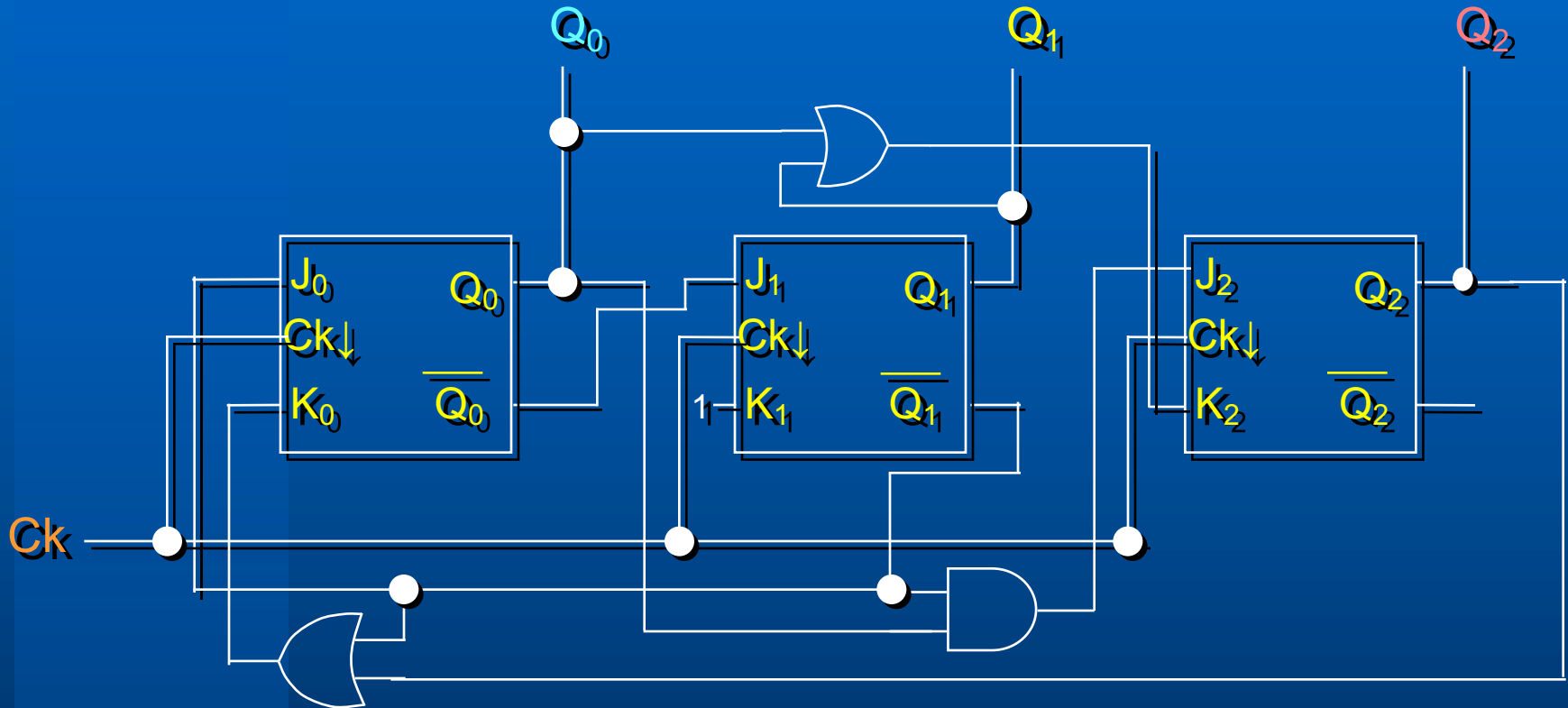
$$J_0 = \overline{Q_1}$$

$$K_2 = Q_0 + Q_1$$

$$K_1 = 1$$

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

Circuito Final:



FIM