

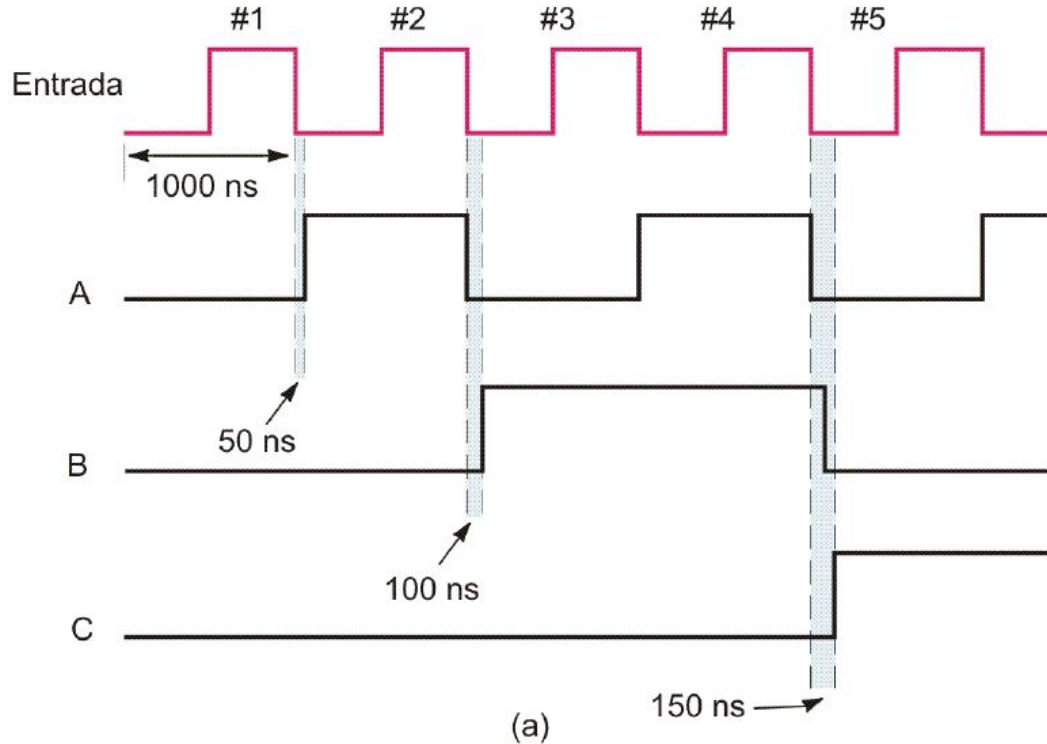
Aula 15 - Contadores Síncronos

Prof. Dr. Emerson Carlos Pedrino

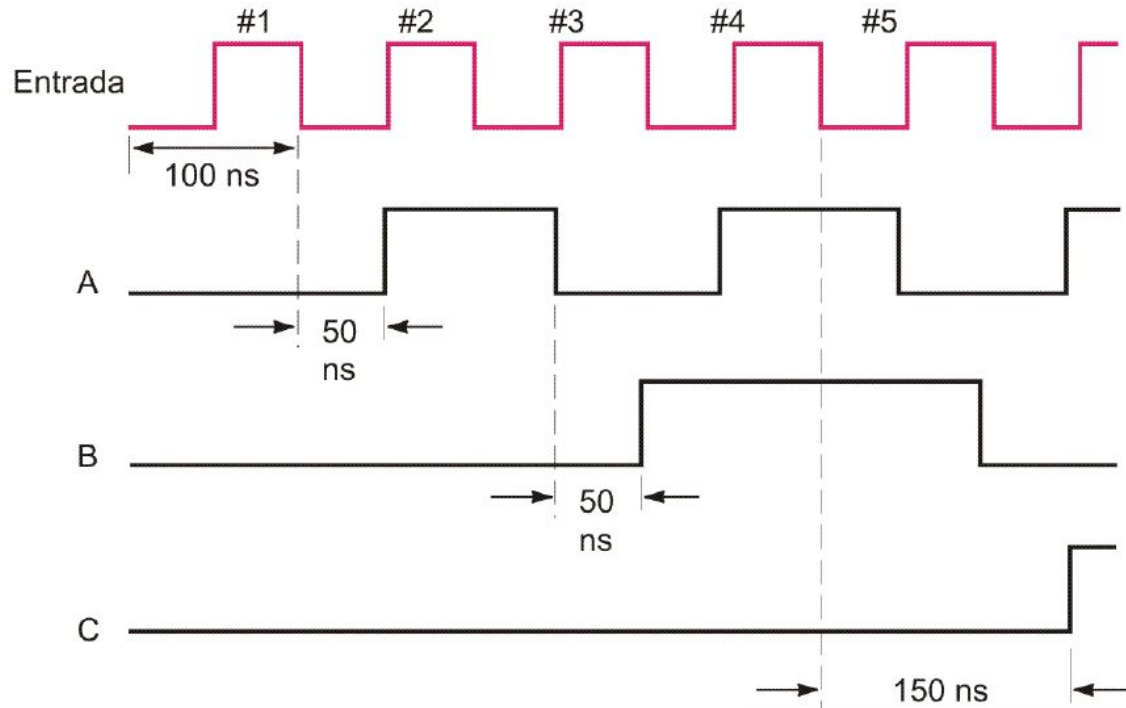
emerson@dc.ufscar.br

DC/UFSCar

Atraso de Propagação - Contadores Assíncronos



Atraso de Propagação - Contadores Assíncronos



(b)

A condição 100 não ocorre.

Atraso de Propagação - Contadores Assíncronos

- **Condição para o funcionamento correto do contador assíncrono:**

$$f_{máx} < \frac{1}{n \times t_a}$$

- **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

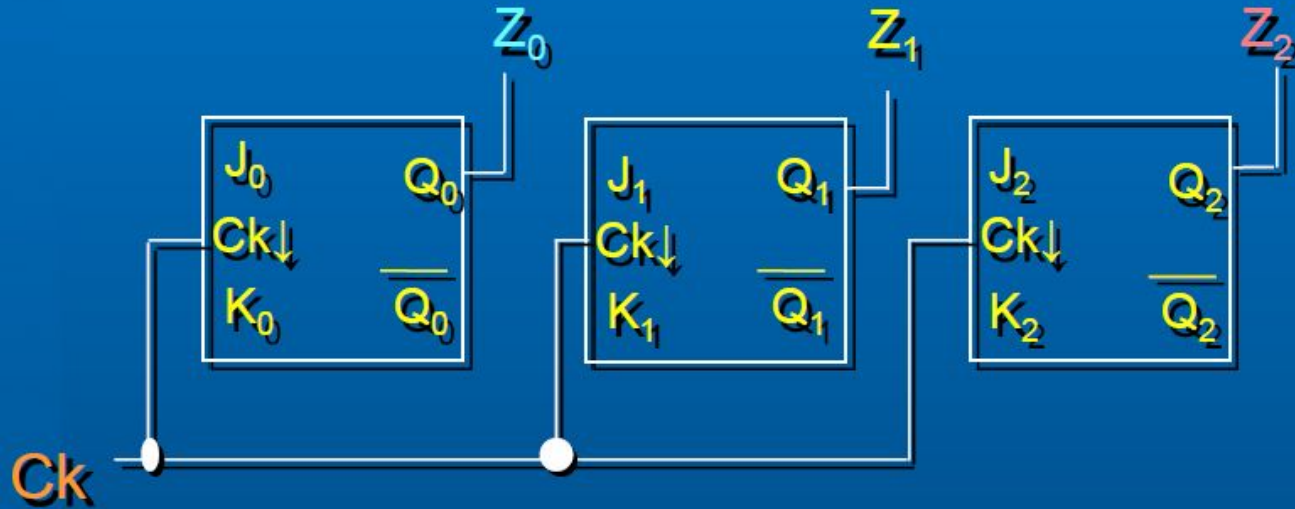
- **Contadores Assíncronos:**

- 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 Síncrono Crescente de 3 Bits

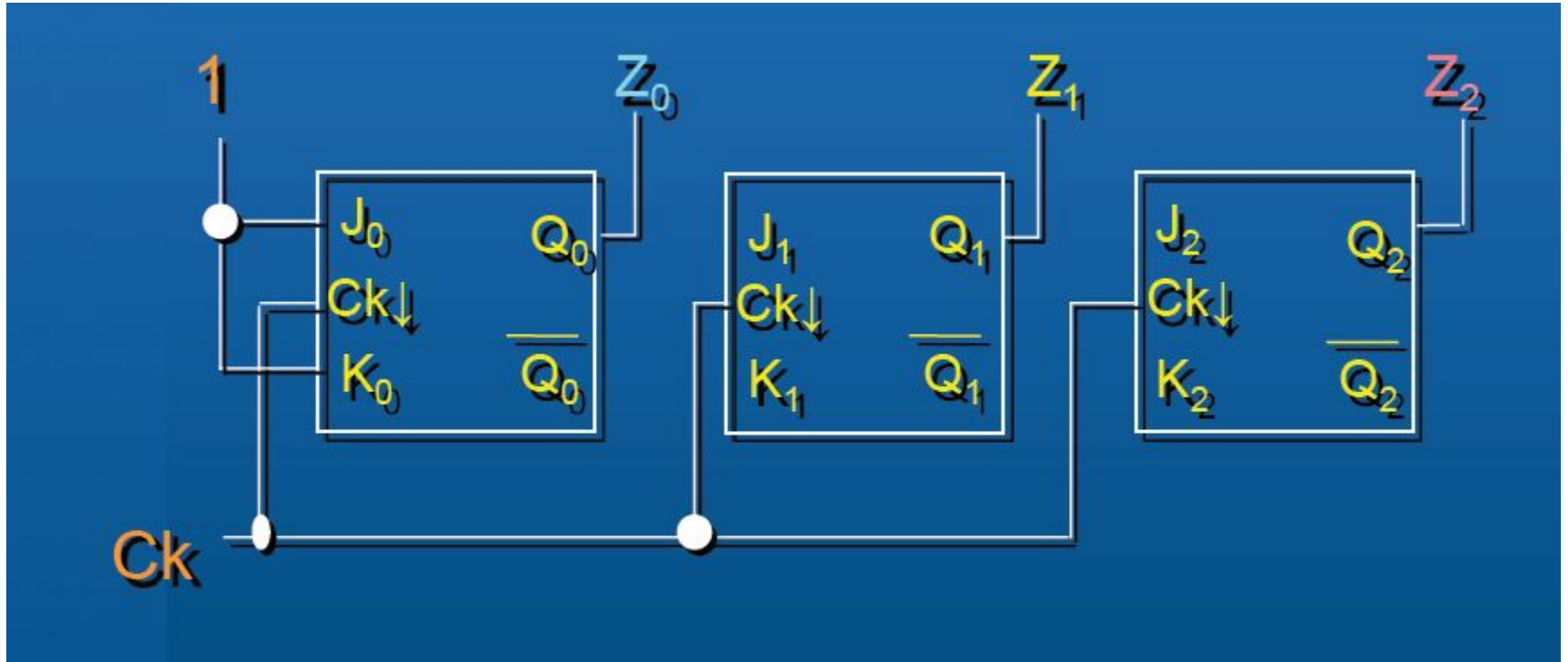


Como conectar os FF?

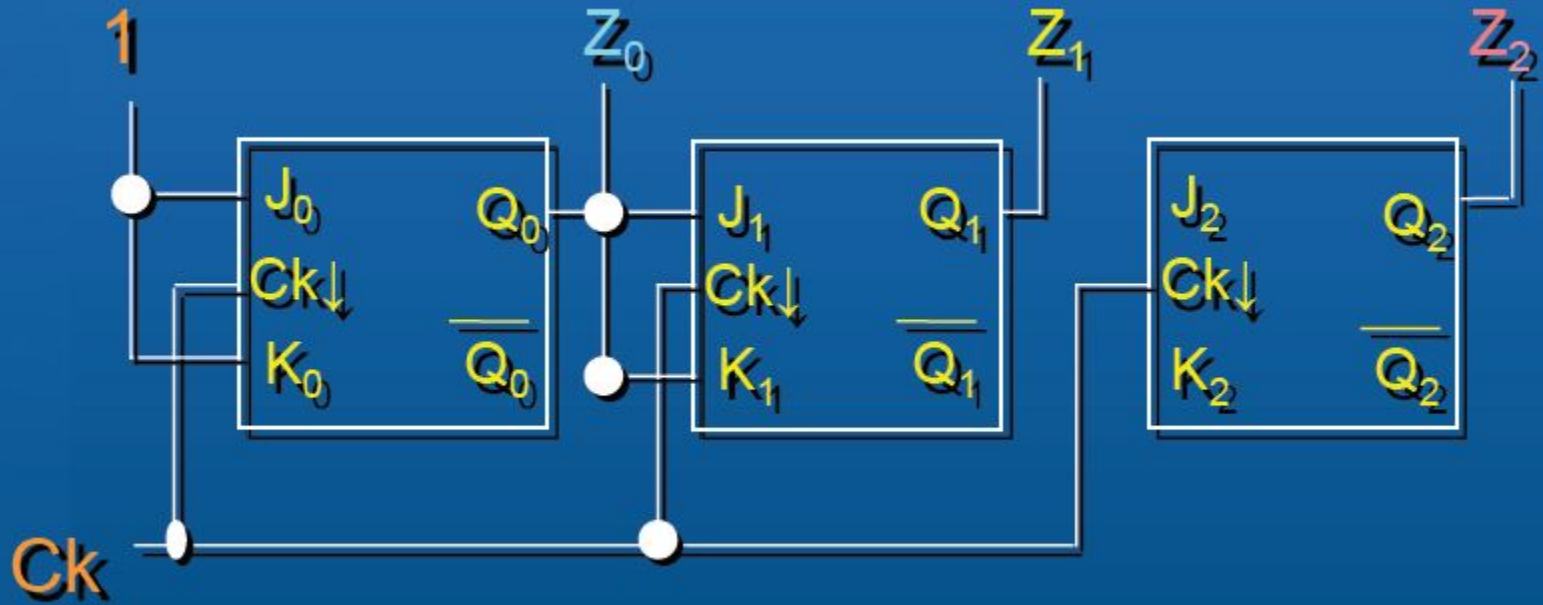
Contador Síncrono Crescente de 3 *Bits*

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

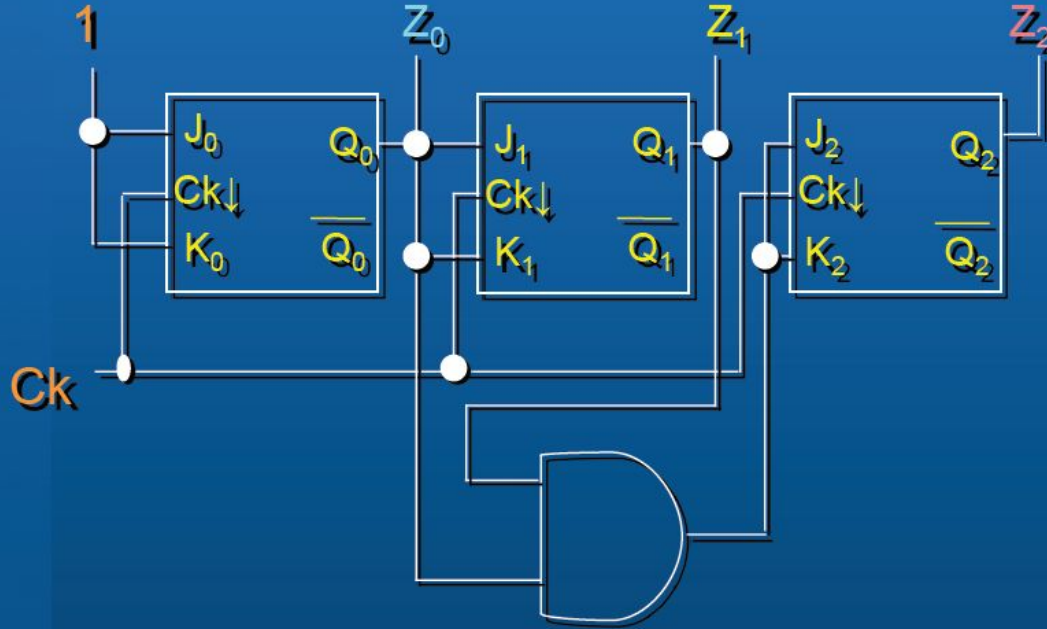
Contador Síncrono Crescente de 3 Bits



Contador Síncrono Crescente de 3 Bits



Contador Síncrono Crescente de 3 *Bits*



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

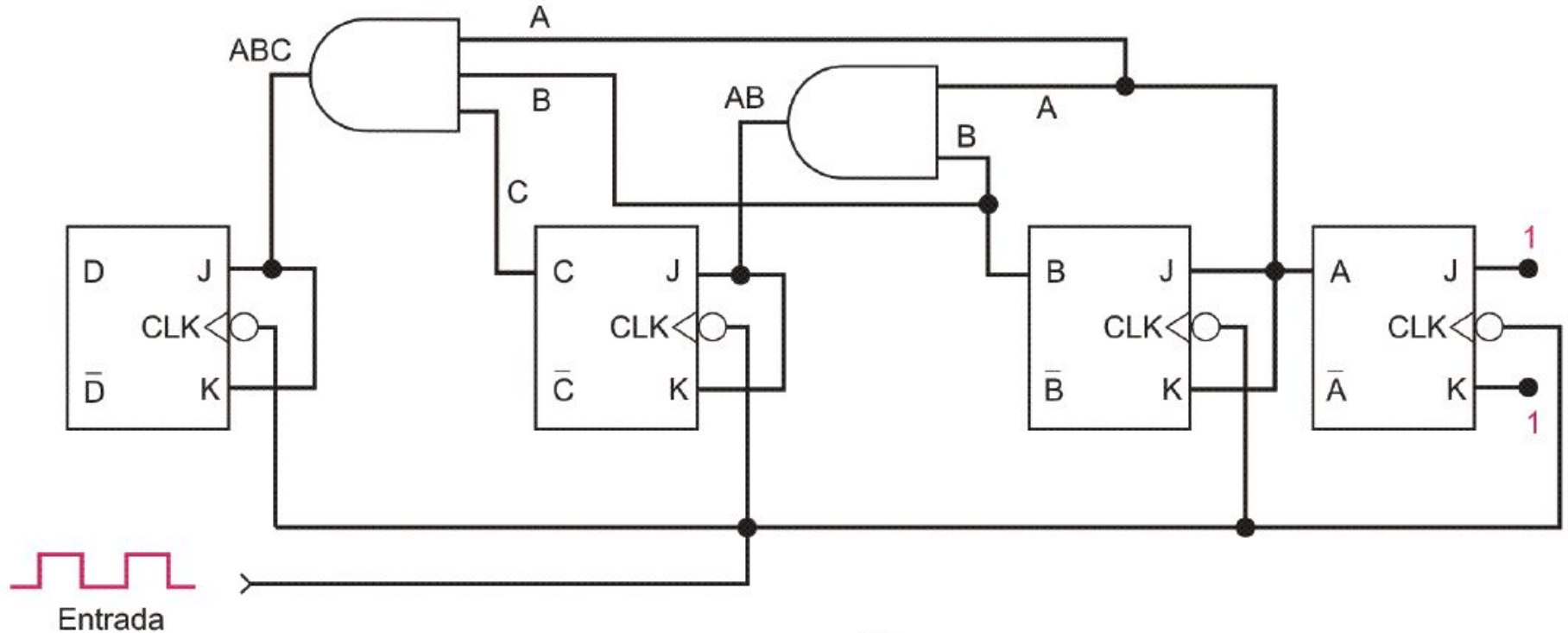
Contador Síncrono Crescente de 4 *Bits*

(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.	.	.

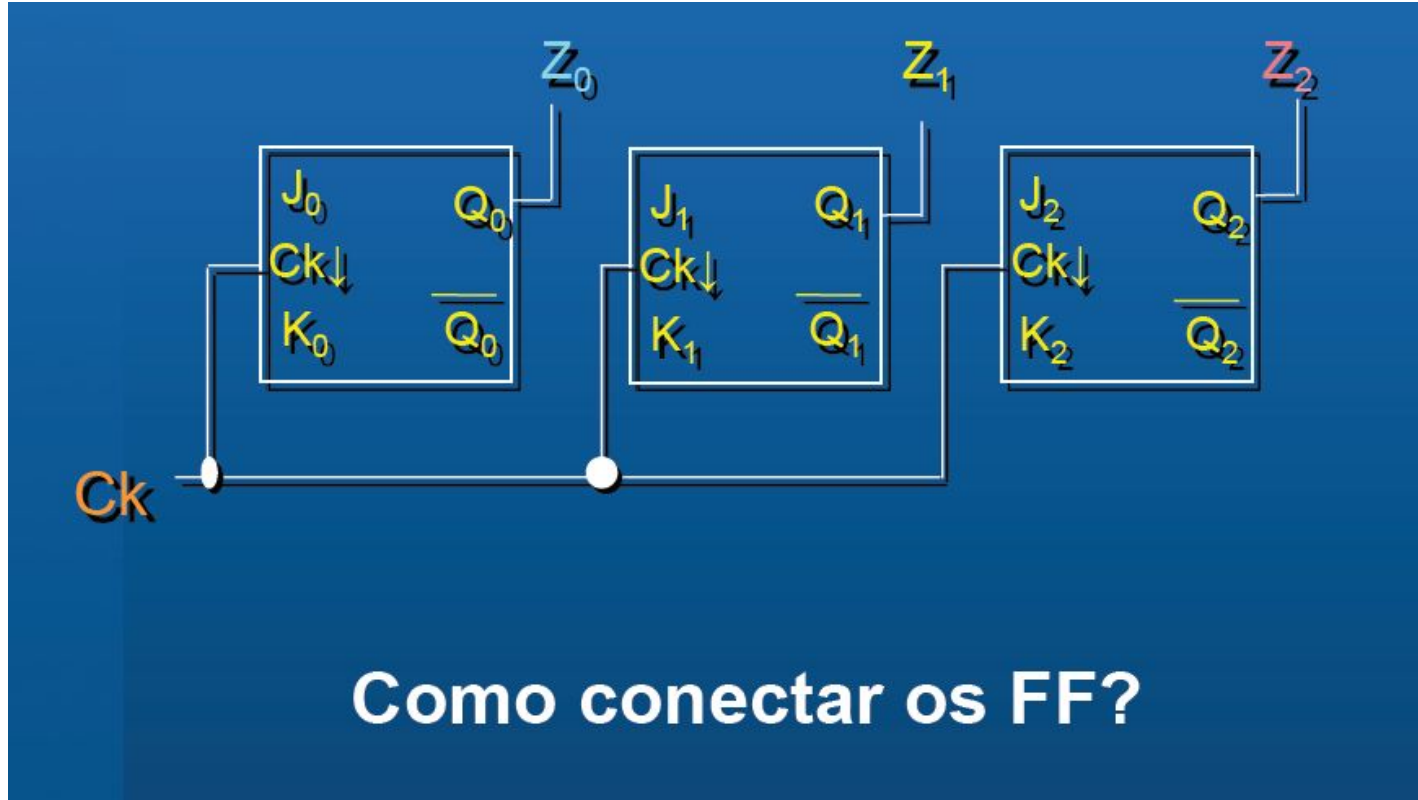
(b)

Contador Síncrono Crescente de Módulo 16

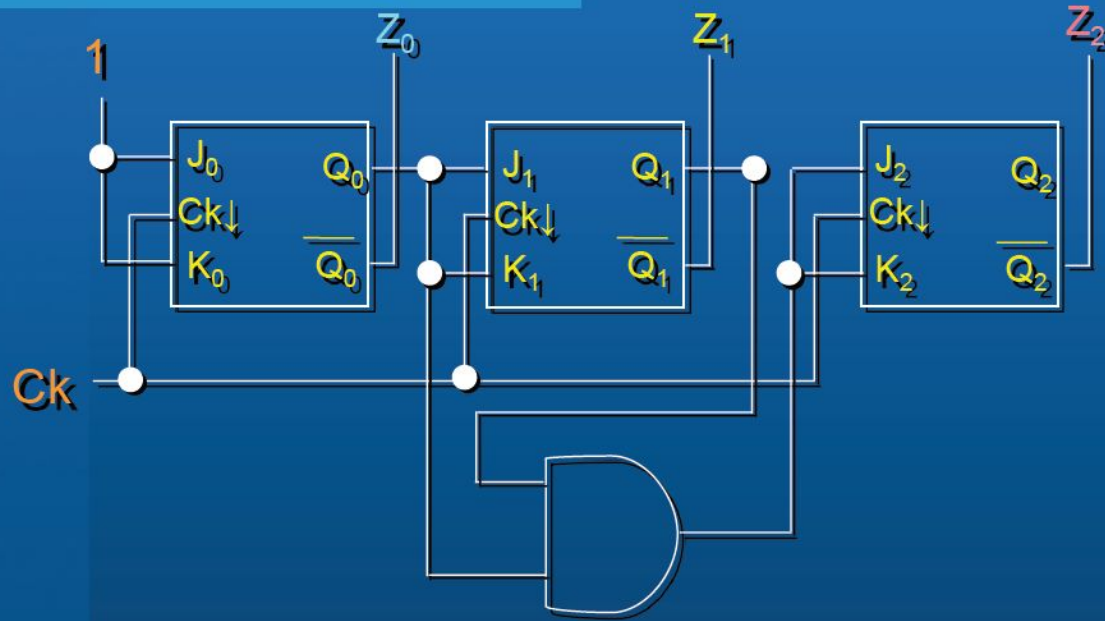


(a)

Contador Síncrono Decrescente de 3 *Bits*



Contador Síncrono Decrescente de 3 Bits

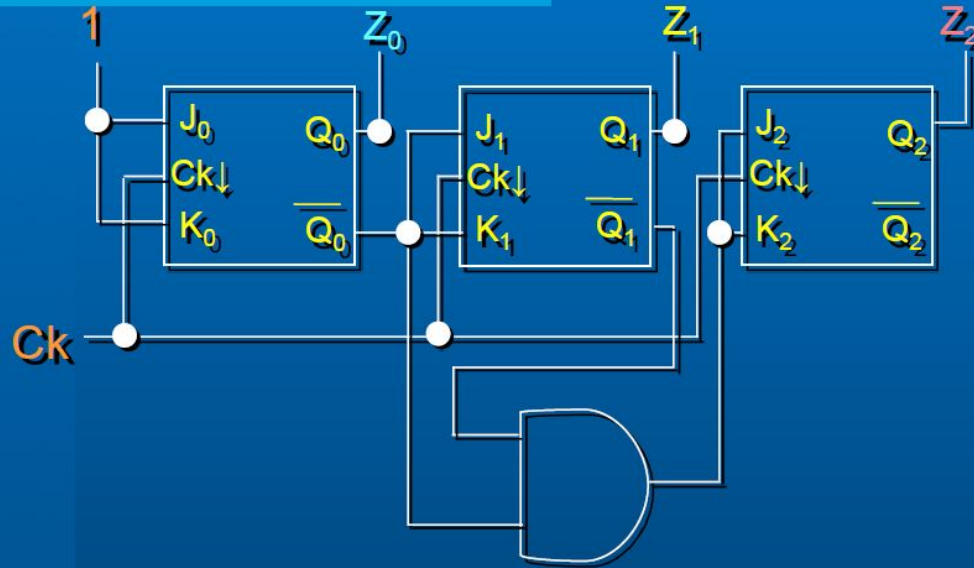


Uma solução (para módulo = 2^n) é montar um contador síncrono crescente e utilizar as saídas invertidas dos FFs

Contador Síncrono Decrescente de 3 *Bits*

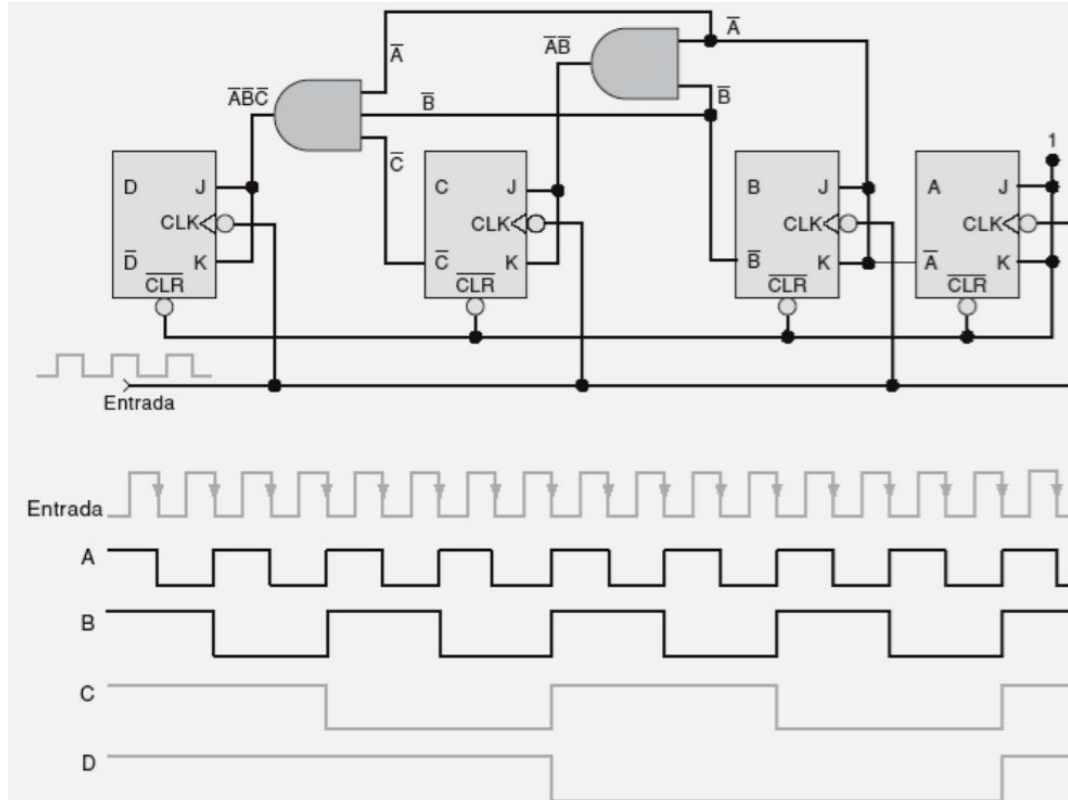
Pulsos Ck	Q_2	Q_1	Q_0
0	1	1	1
1	1	1	0
2	1	0	1
3	1	0	0
4	0	1	1
5	0	1	0
6	0	0	1
7	0	0	0

Contador Síncrono Decrescente de 3 *Bits*



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

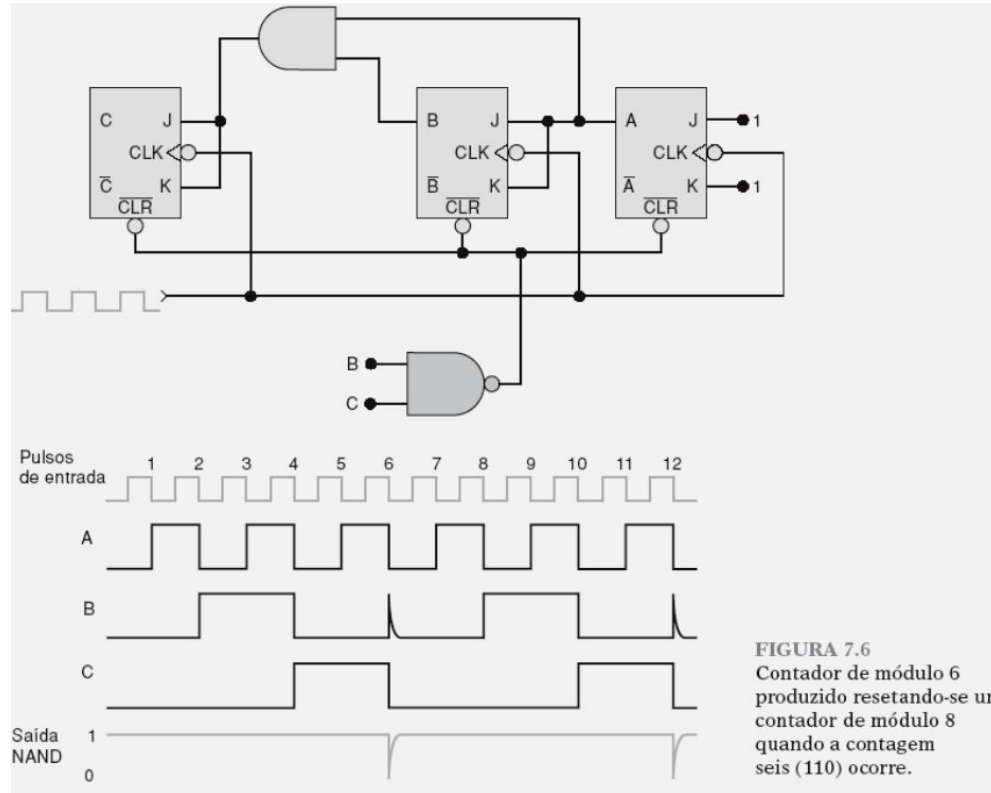
Contador Síncrono Decrescente de Módulo 16



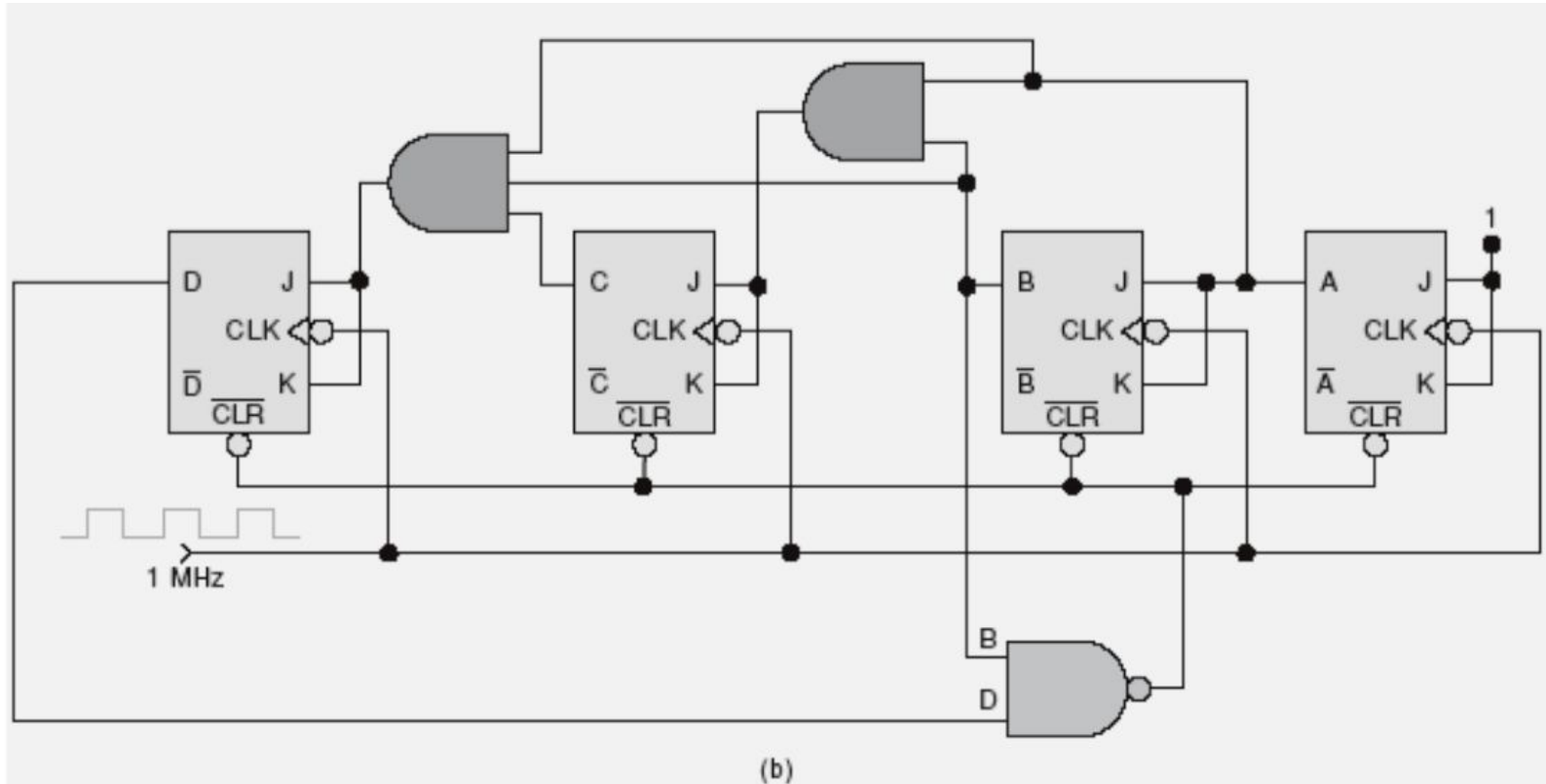
Contador Síncrono Crescente ou Decrescente de Módulo $< 2^n$

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

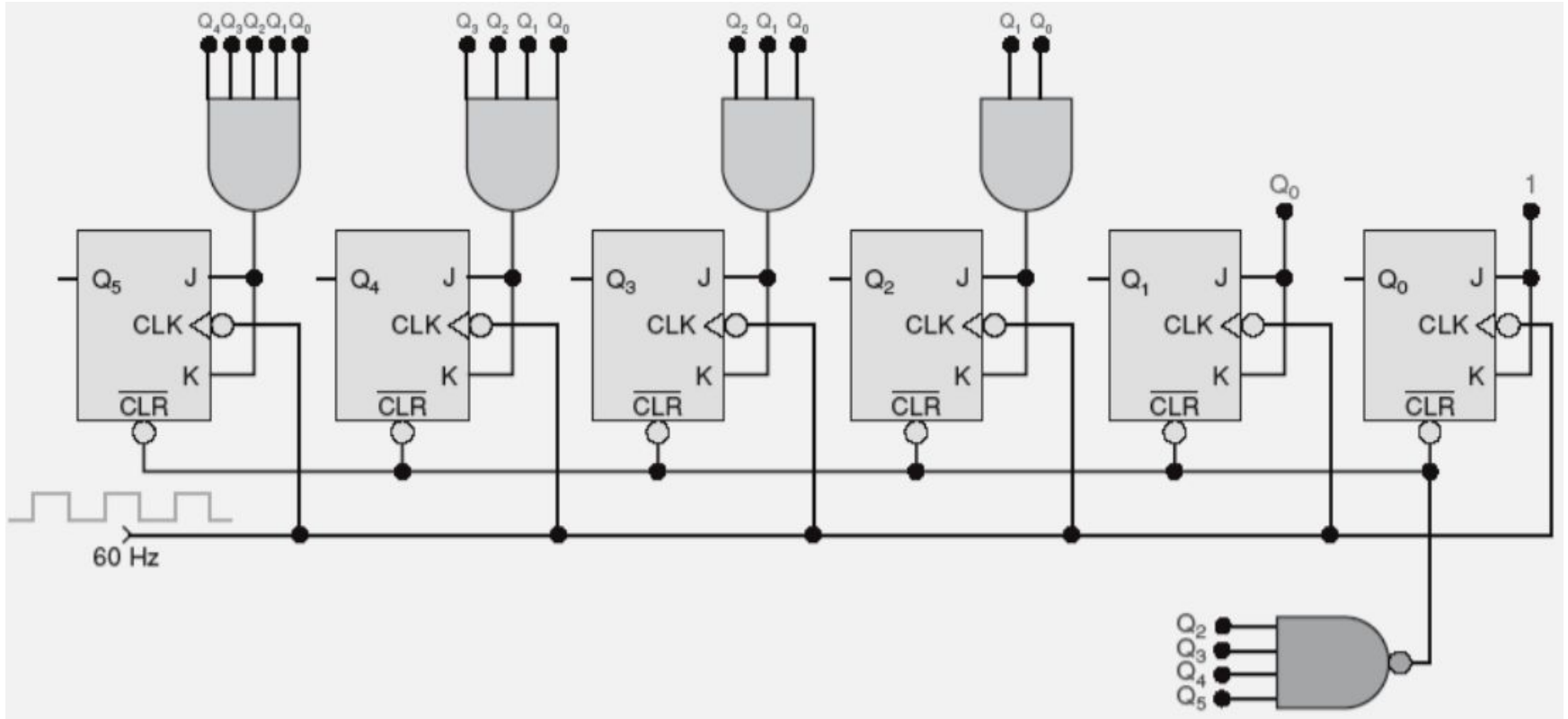
Contador Síncrono Crescente de Módulo 6



Contador Síncrono Crescente de Módulo 10



Contador Síncrono Crescente de Módulo 60

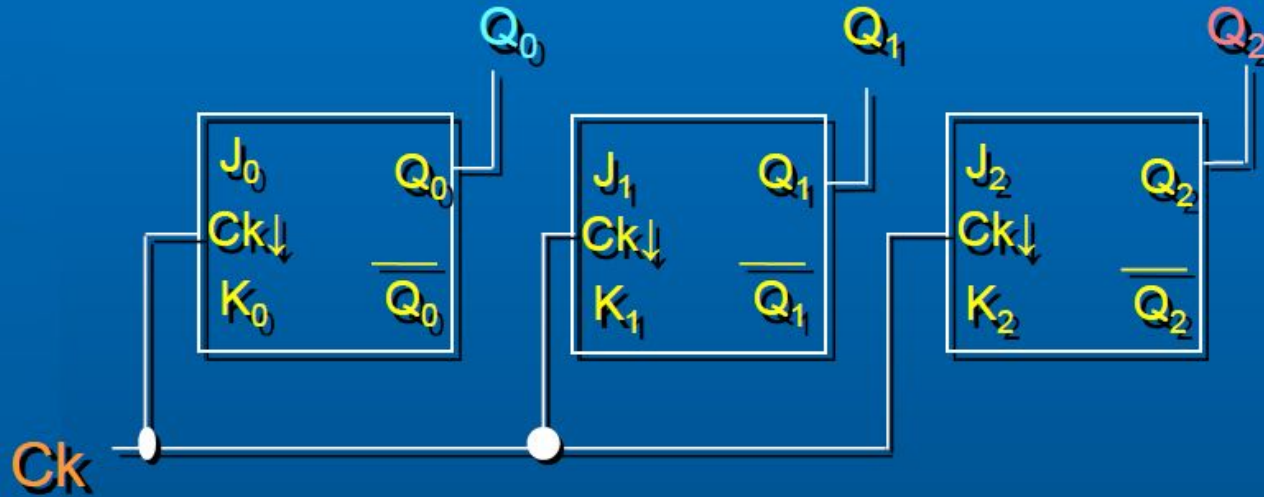


Contador Síncrono de Qualquer Sequência

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 o 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

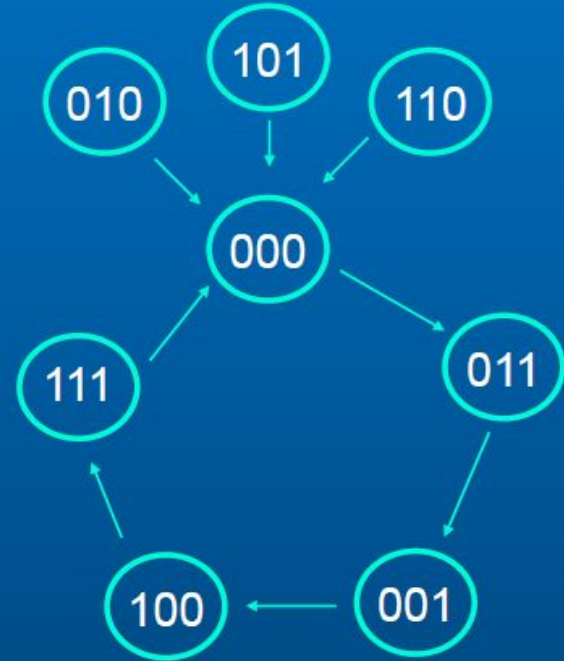
Demais Estados

- 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

Contador Síncrono de Qualquer Sequência - FF JK 2

		J_2	
		Q_0	
Q_2Q_1		0	1
00		0	1
01		0	0
11		x	x
10		x	x

$J_2 = Q_0 \bar{Q}_1$

		K_2	
		Q_0	
Q_2Q_1		0	1
00		x	x
01		x	x
11		1	1
10		0	1

$K_2 = Q_0 + Q_1$

Contador Síncrono de Qualquer Sequência - FF JK 1

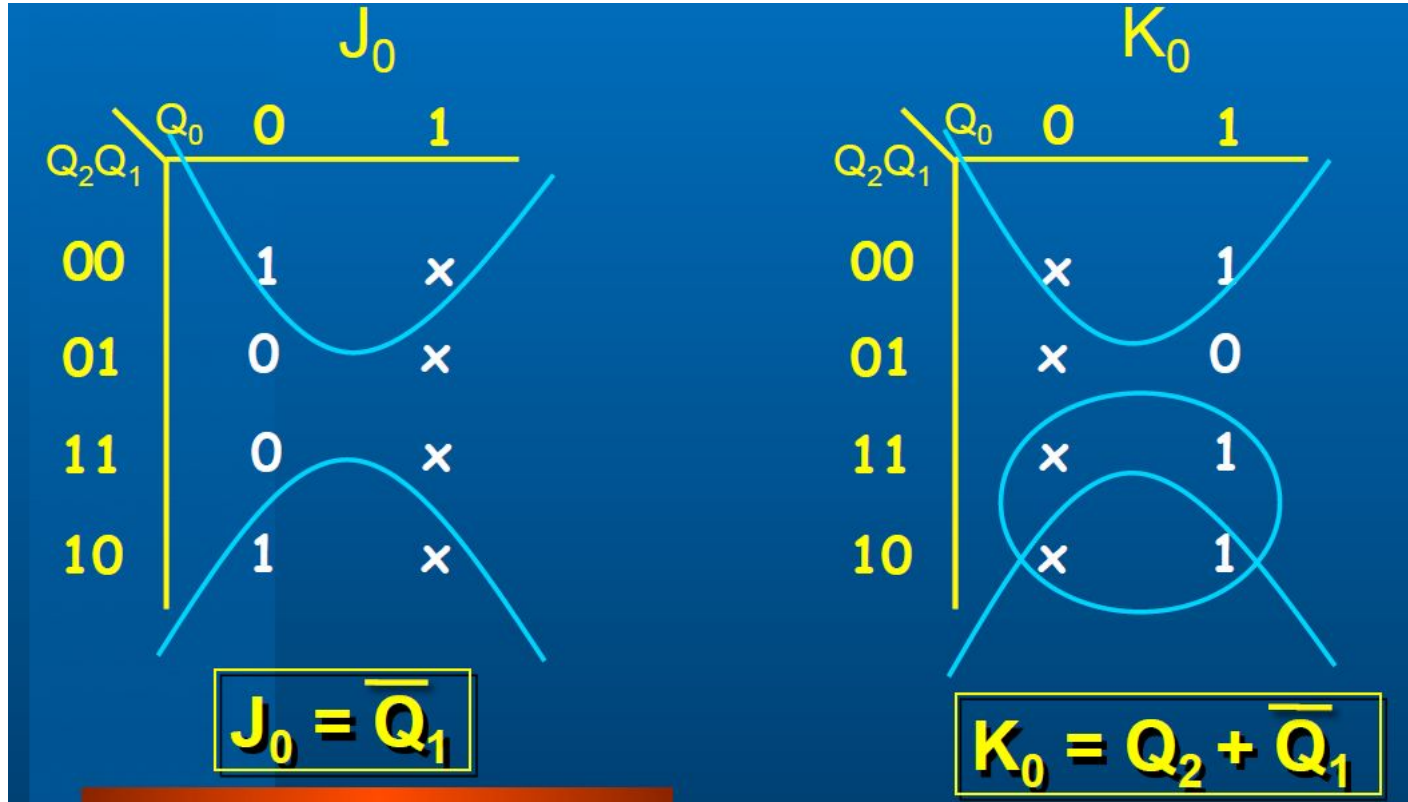
J_1		
$Q_2Q_1 \backslash Q_0$	0	1
00	1	0
01	x	x
11	x	x
10	1	0

$J_1 = \overline{Q_0}$

K_1		
$Q_2Q_1 \backslash Q_0$	0	1
00	x	x
01	1	1
11	1	1
10	1	x

$K_1 = 1$

Contador Síncrono de Qualquer Sequência - FF JK 0



Ligações dos FFs JK

Ligações dos Flip-Flops JK:

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

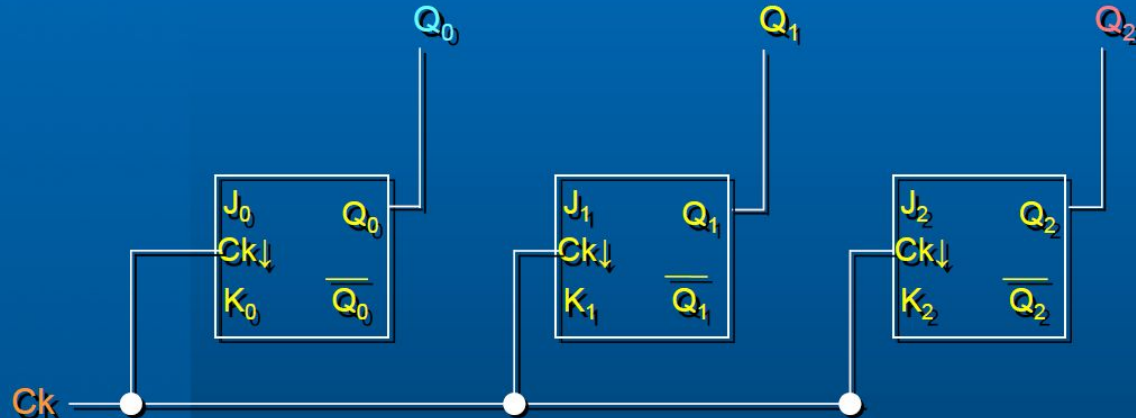
$$J_1 = \overline{Q_0}$$

$$J_0 = \overline{Q_1}$$

$$K_2 = Q_0 + Q_1$$

$$K_1 = 1$$

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



Ligações dos FFs JK - Circuito Final

Ligações dos Flip-Flops JK:

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

$$J_1 = \overline{Q_0}$$

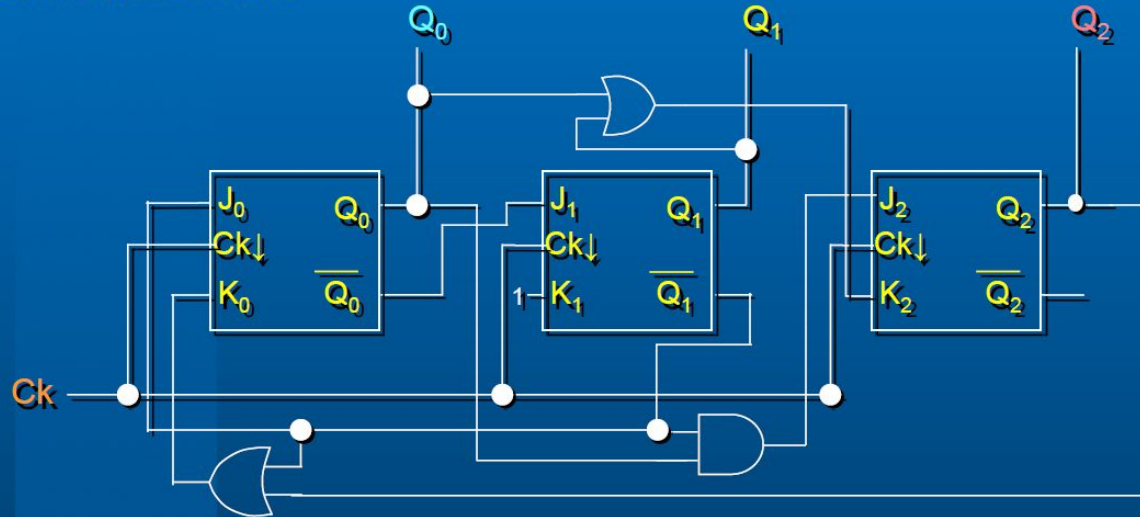
$$J_0 = \overline{Q_1}$$

$$K_2 = Q_0 + Q_1$$

$$K_1 = 1$$

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

Circuito Final:



Referências

- Tocci, R. J. Sistemas Digitais - Princípios e Aplicações. Pearson, Prentice Hall, 2011.
- SEL 0414 - Sistemas Digitais. Prof. Dr. Marcelo A. C. Vieira.