

**SEL 405**

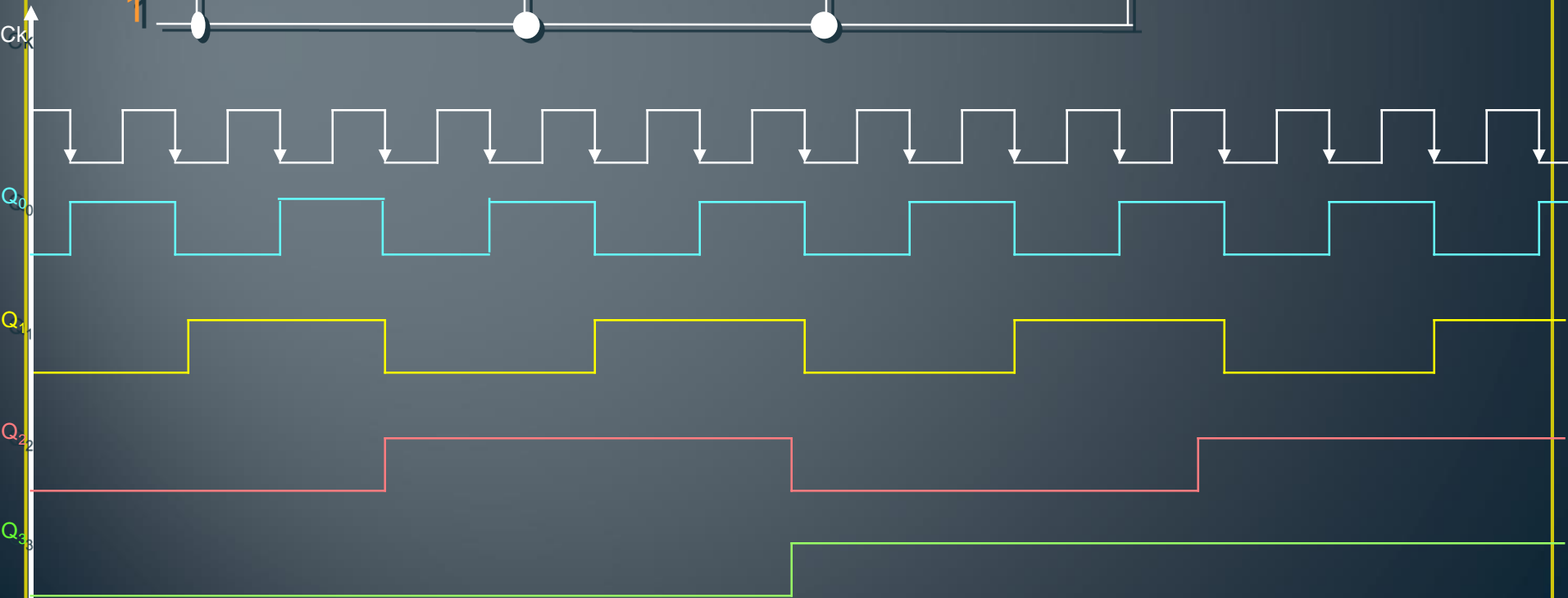
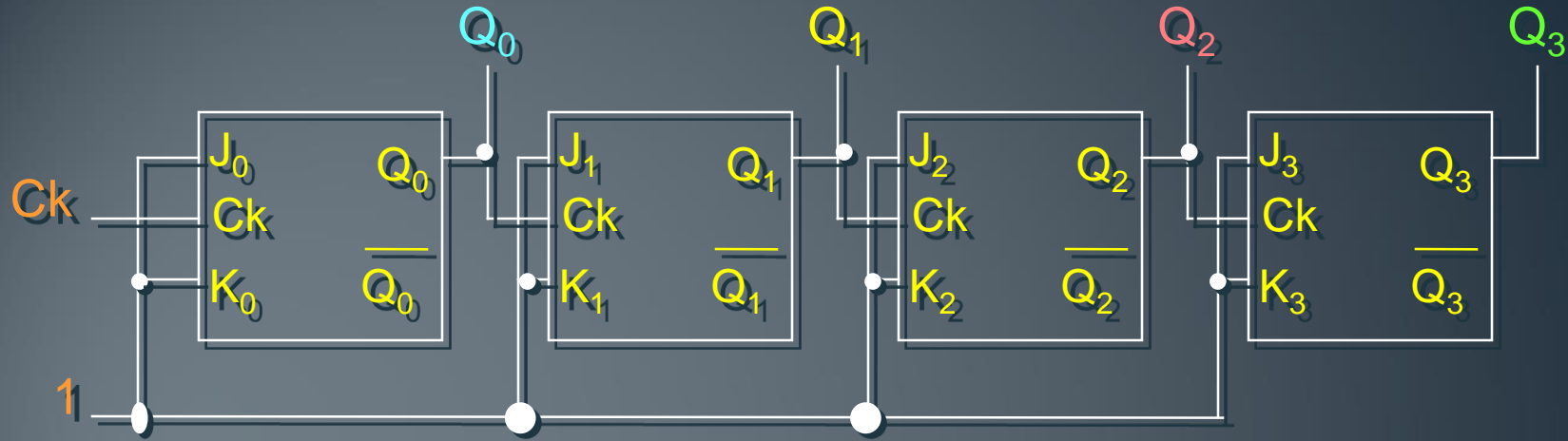
# **Introdução aos Sistemas Digitais**

## **CONTADORES BINÁRIOS**

**Prof. Homero Schiabel**

# CONTADOR ASSÍNCRONO

# Contador Assíncrono de Pulsos



## Contador Assíncrono

| Pulsos Ck | Q <sub>3</sub> | Q <sub>2</sub> | Q <sub>1</sub> | Q <sub>0</sub> |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 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              |
| 16...     | 0              | 0              | 0              | 0              |

• O circuito corresponde a um contador binário de 4 bits (com Q<sub>3</sub> = MSB e Q<sub>0</sub> = LSB)

• Também corresponde a um divisor de frequências:

- f de Q<sub>0</sub> =  $f_{CK} / 2$
- f de Q<sub>1</sub> =  $f_{Q_0} / 2 = f_{CK} / 4$
- f de Q<sub>2</sub> =  $f_{Q_1} / 2 = f_{CK} / 8$
- f de Q<sub>3</sub> =  $f_{Q_2} / 2 = f_{CK} / 16$

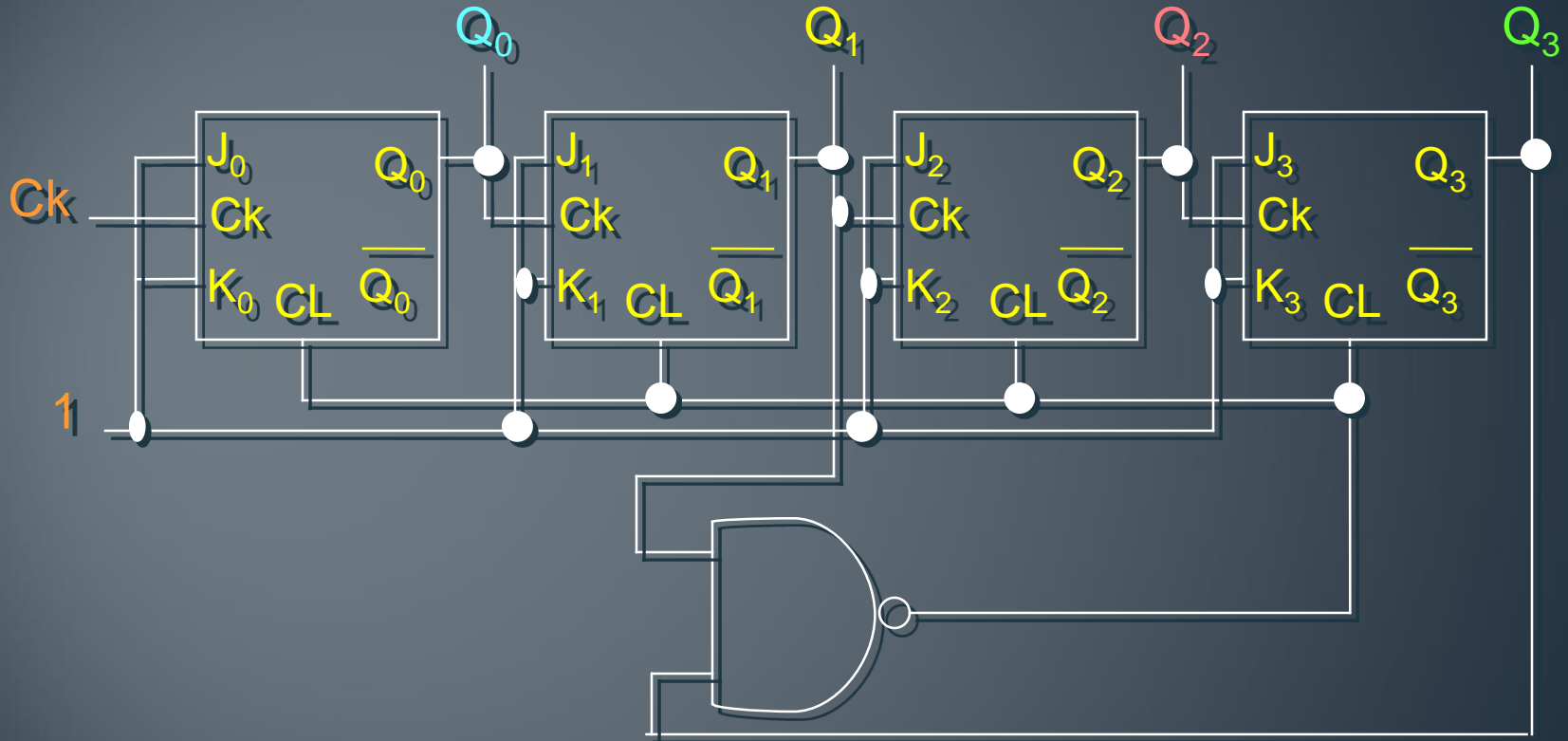
Portanto, para N FF, pode-se dividir a  $f_{CK}$  por até  $2^N$

# Contador Assíncrono de Década

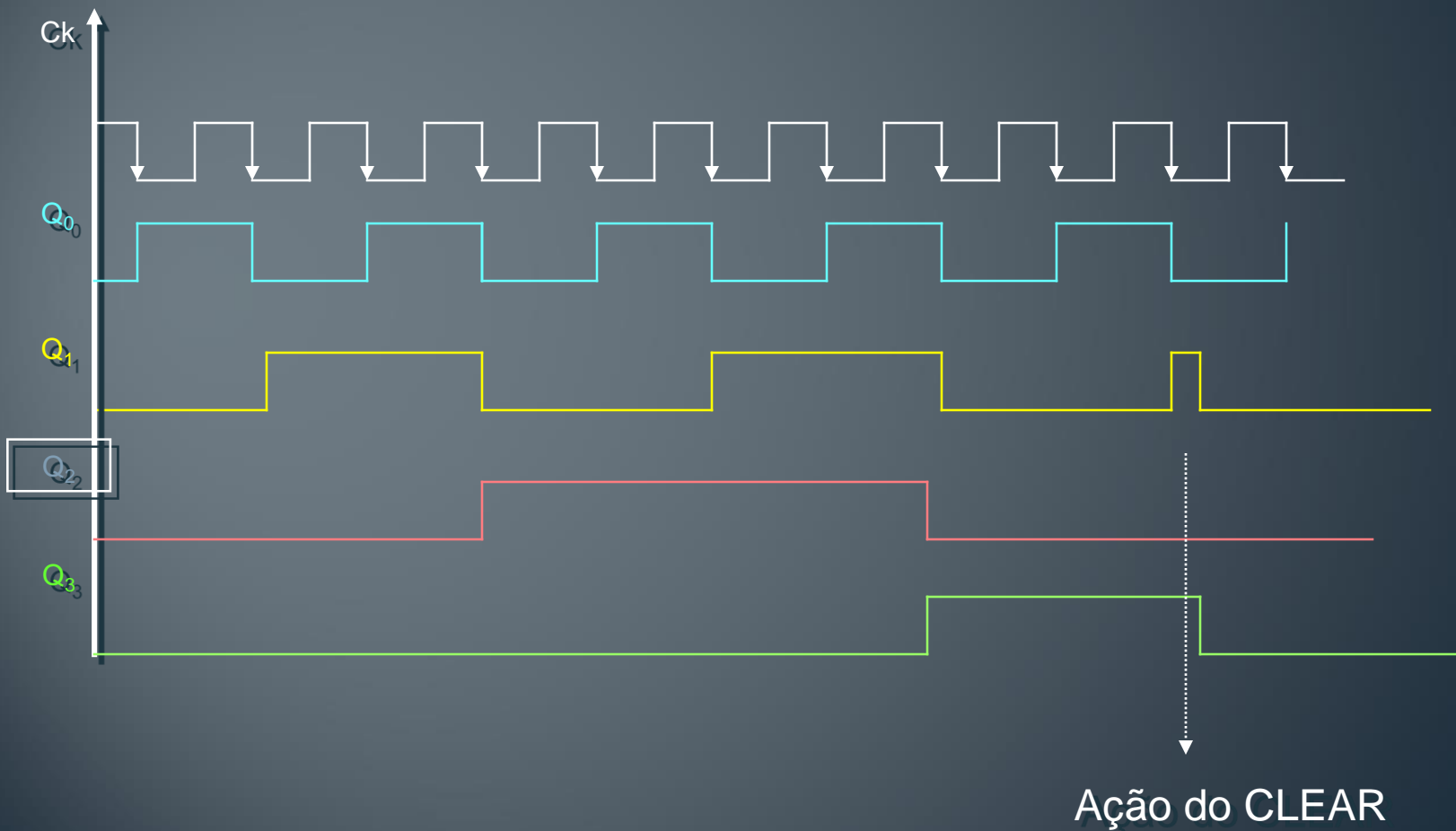
| Pulsos Ck | Q <sub>3</sub> | Q <sub>2</sub> | Q <sub>1</sub> | Q <sub>0</sub> | CL |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----|
| 0         | 0              | 0              | 0              | 0              | 1  |
| 1         | 0              | 0              | 0              | 1              | 1  |
| 2         | 0              | 0              | 1              | 0              | 1  |
| 3         | 0              | 0              | 1              | 1              | 1  |
| 4         | 0              | 1              | 0              | 0              | 1  |
| 5         | 0              | 1              | 0              | 1              | 1  |
| 6         | 0              | 1              | 1              | 0              | 1  |
| 7         | 0              | 1              | 1              | 1              | 1  |
| 8         | 1              | 0              | 0              | 0              | 1  |
| 9         | 1              | 0              | 0              | 1              | 1  |
| 10        | 1              | 0              | 1              | 0              | 0* |

\* Para CL = 0 → Estado 1010 =  $Q_3 \overline{Q_2} Q_1 \overline{Q_0}$  →  $CL = \overline{Q_3 Q_1}$

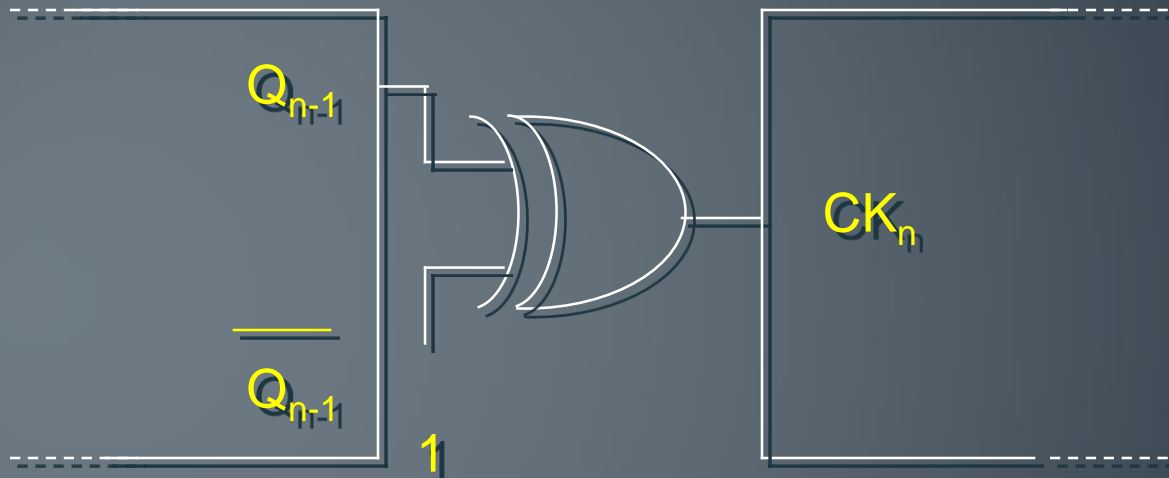
# Circuito



# Contador Assíncrono



## Contagem crescente/decrescente



Porta Ou-Exclusivo = *inversor controlado*:

$$A + 0 = A$$

$$A + 1 = \overline{A}$$



# CONTADOR SÍNCRONO

# Contador Síncrono de Pulsos

| Pulsos Ck | 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              | 0              | X              | 1              | X              |
| 1         | 0              | 0              | 1              | 0              | X              | 1              | X              | X              | 1              |
| 2         | 0              | 1              | 0              | 0              | X              | X              | 0              | 1              | X              |
| 3         | 0              | 1              | 1              | 1              | X              | X              | 1              | X              | 1              |
| 4         | 1              | 0              | 0              | X              | 0              | 0              | X              | 1              | X              |
| 5         | 1              | 0              | 1              | X              | 0              | 1              | X              | X              | 1              |
| 6         | 1              | 1              | 0              | X              | 0              | X              | 0              | 1              | X              |
| 7         | 1              | 1              | 1              | X              | 1              | X              | 1              | X              | 1              |



# Contador Síncrono de Qualquer Sequência

| Número | Q <sub>3</sub> | Q <sub>2</sub> | Q <sub>1</sub> | Q <sub>0</sub> |
|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 0      | 0              | 0              | 0              | 0              |
| 1      | 0              | 0              | 0              | 1              |
| 3      | 0              | 0              | 1              | 1              |
| 7      | 0              | 1              | 1              | 1              |
| 15     | 1              | 1              | 1              | 1              |
| 14     | 1              | 1              | 1              | 0              |
| 12     | 1              | 1              | 0              | 0              |
| 8      | 1              | 0              | 0              | 0              |

| J <sub>3</sub> | K <sub>3</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              | X              | 0              | X              | 0              | X              | 1              | X              |
| 0              | X              | 0              | X              | 1              | X              | X              | 0              |
| 0              | X              | 1              | X              | X              | 0              | X              | 0              |
| 1              | X              | X              | 0              | X              | 0              | X              | 0              |
| X              | 0              | X              | 0              | X              | 0              | X              | 1              |
| X              | 0              | X              | 0              | X              | 1              | 0              | X              |
| X              | 0              | X              | 1              | 0              | X              | 0              | X              |
| X              | 1              | 0              | X              | 0              | X              | 0              | X              |

## 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)*

| Estado | Q <sub>3</sub> | Q <sub>2</sub> | Q <sub>1</sub> | Q <sub>0</sub> |
|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 2      | 0              | 0              | 1              | 0              |
| 4      | 0              | 1              | 0              | 0              |
| 5      | 0              | 1              | 0              | 1              |
| 6      | 0              | 1              | 1              | 0              |
| 9      | 1              | 0              | 0              | 1              |
| 10     | 1              | 0              | 1              | 0              |
| 11     | 1              | 0              | 1              | 1              |
| 13     | 1              | 1              | 0              | 1              |

| J <sub>3</sub> | K <sub>3</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              | X              | 0              | X              | X              | 1              | 0              | X              |
| 0              | X              | X              | 1              | 0              | X              | 0              | X              |
| 0              | X              | X              | 1              | 0              | X              | X              | 1              |
| 0              | X              | X              | 1              | X              | 1              | 0              | X              |
| X              | 1              | 0              | X              | 0              | X              | X              | 1              |
| X              | 1              | 0              | X              | X              | 1              | 0              | X              |
| X              | 1              | 0              | X              | X              | 1              | X              | 1              |
| X              | 1              | X              | 1              | 0              | X              | X              | 1              |

# Contador Síncrono

$$J_3 = \overline{Q_0} \overline{Q_1} \overline{Q_2}$$

$$J_2 = \overline{Q_0} \overline{Q_1} \overline{Q_3}$$

$$J_1 = \overline{Q_0} \overline{Q_2} \overline{Q_3}$$

$$J_0 = \overline{Q_1} \overline{Q_2} \overline{Q_3}$$

$$K_3 = \overline{Q_2} + \overline{Q_0} \overline{Q_1}$$

$$K_2 = \overline{Q_1} + \overline{Q_0} \overline{Q_3}$$

$$K_1 = \overline{Q_0} + \overline{Q_2} \overline{Q_3}$$

$$K_0 = \overline{Q_3} + \overline{Q_1} \overline{Q_2}$$

Considerando os estados faltantes como irrelevantes:

$$J_3 = Q_2$$

$$J_2 = Q_1$$

$$J_1 = Q_0$$

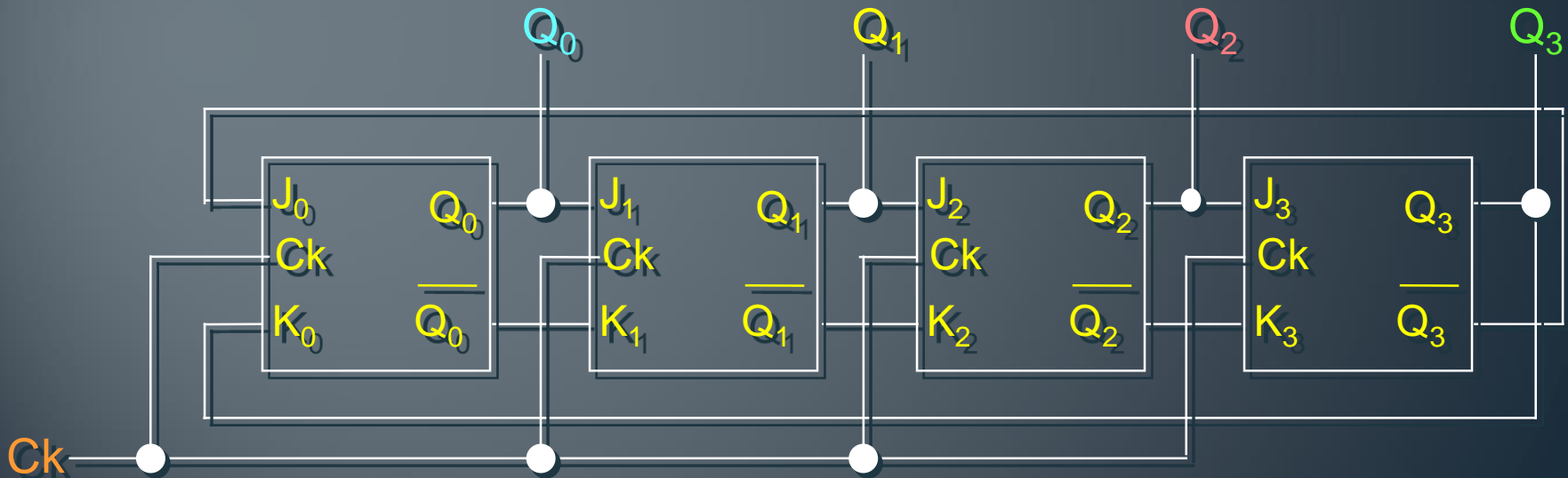
$$J_0 = \overline{Q_3}$$

$$K_3 = \overline{Q_2}$$

$$K_2 = \overline{Q_1}$$

$$K_1 = \overline{Q_0}$$

$$K_0 = Q_3$$



Contador JOHNSON ("Anel Torcido")