



Circuitos Digitais I - 6878

Nardênio Almeida Martins

Universidade Estadual de Maringá
Departamento de Informática

Bacharelado em Ciência da Computação

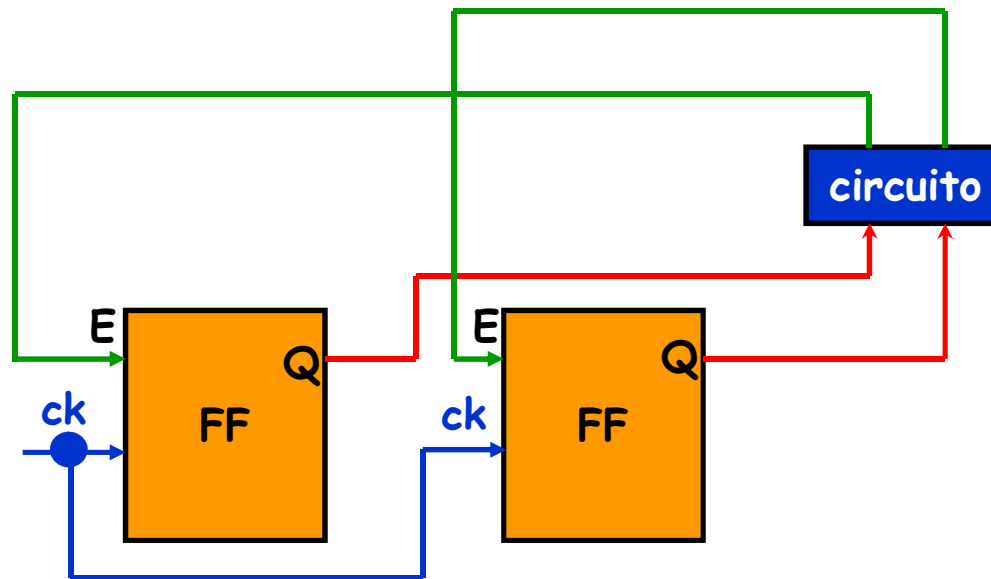
Aula de Hoje

- **Circuitos sequenciais**
 - **Contadores Síncronos**

Contadores Síncronos

Contadores Síncronos: Todos os FFs são disparados simultaneamente (com sincronismo) pelo mesmo clock.

Obs.: Precisa de um circuito para controlar as entradas.



Contadores Síncronos

- A partir da TV devemos estudar quais devem ser as entradas J e K dos vários FFs para que eles gerem as saídas corretas do contador.

Relacionar os "estados" da saída em função das entradas:

| J | K | Qf |
|---|---|-----------------|
| 0 | 0 | Qa |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | \overline{Qa} |

a) Qa=0 queremos obter Qf=0
J=0 e K=1 ou J=0 e K=0
então J=0 e K=X

b) Qa=0 queremos obter Qf=1
J=1 e K=0 ou J=1 e K=1
então J=1 e K=X

c) Qa=1 queremos obter Qf=0
J=0 e K=1 ou J=1 e K=1
então J=X e K=1

d) Qa=1 queremos obter Qf=1
J=0 e K=0 ou J=1 e K=0
então J=X e K=0

| Qa | Qf | J | K |
|-------|----|---|---|
| 0 → 0 | 0 | 0 | X |
| 0 → 1 | 1 | 1 | X |
| 1 → 0 | 0 | X | 1 |
| 1 → 1 | 1 | X | 0 |

Contador Síncrono

Exemplo: Projetar um contador síncrono de módulo 5 (contador de 0 a 4). Para 5 estados são necessários 3 FFs.

| Qa | Qf | J | K |
|-------|----|---|---|
| 0 → 0 | 0 | 0 | X |
| 0 → 1 | 1 | 1 | X |
| 1 → 0 | 0 | X | 1 |
| 1 → 1 | 1 | X | 0 |

Contador Síncrono

Exemplo: Projetar um contador síncrono de módulo 5 (contador de 0 a 4). Para 5 estados são necessários 3 FFs.

| Estado Atual | | | Próximo Estado | | | Entradas para Q_2 | | Entradas para Q_1 | | Entradas para Q_0 | |
|--------------|-------|-------|----------------|---------|---------|---------------------|-------|---------------------|-------|---------------------|-------|
| Q_2 | Q_1 | Q_0 | Q_2^+ | Q_1^+ | Q_0^+ | J_2 | K_2 | J_1 | K_1 | J_0 | K_0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | X | 0 | X | 1 | X |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | X | 1 | X | X | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | X | X | 0 | 1 | X |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | X | X | 1 | X | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 1 | 0 | X | 0 | X |
| . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |

Contador Síncrono

Exemplo: Projetar um contador síncrono de módulo 5 (contador de 0 a 4). Para 5 estados são necessários 3 FFs.

| | | | | |
|------------------|------------------|-------|------------------|---|
| | $\overline{Q_1}$ | | Q_1 | |
| $\overline{Q_2}$ | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Q_2 | X | X | X | X |
| | $\overline{Q_0}$ | Q_0 | $\overline{Q_0}$ | |

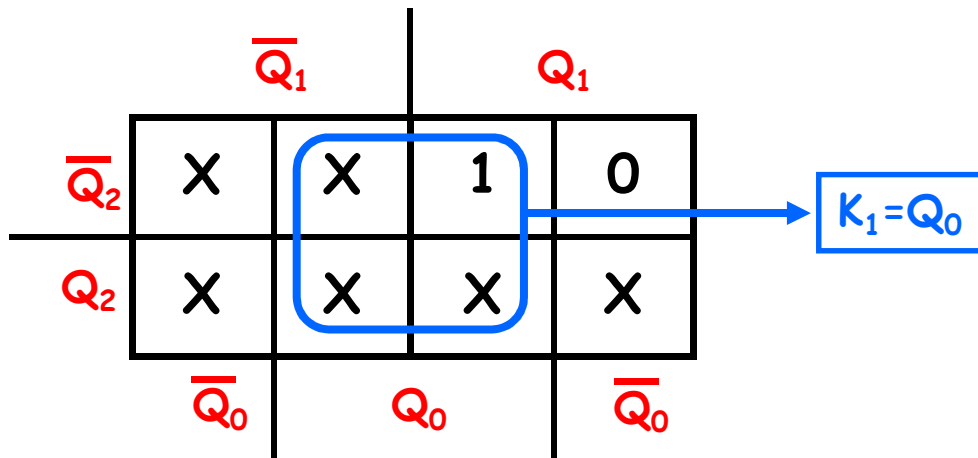
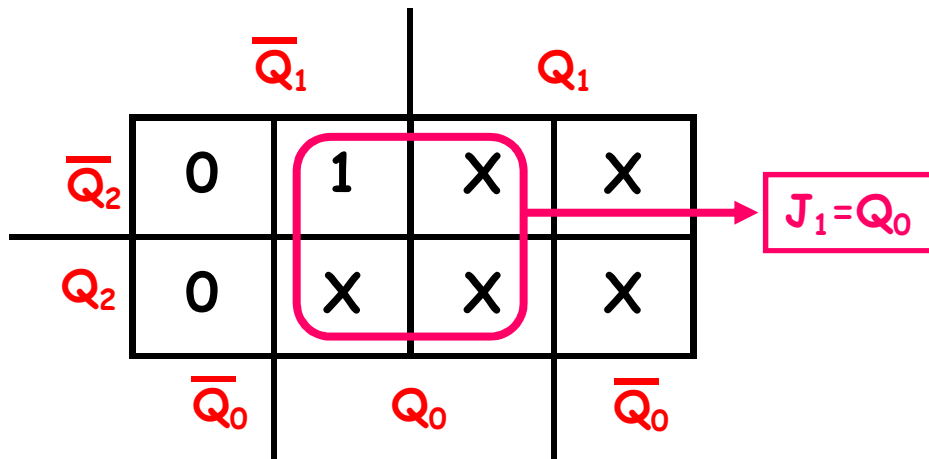
$J_2 = Q_0 Q_1$

| | | | | |
|------------------|------------------|-------|------------------|---|
| | $\overline{Q_1}$ | | Q_1 | |
| $\overline{Q_2}$ | X | X | X | X |
| Q_2 | 1 | X | X | X |
| | $\overline{Q_0}$ | Q_0 | $\overline{Q_0}$ | |

$K_2 = 1$

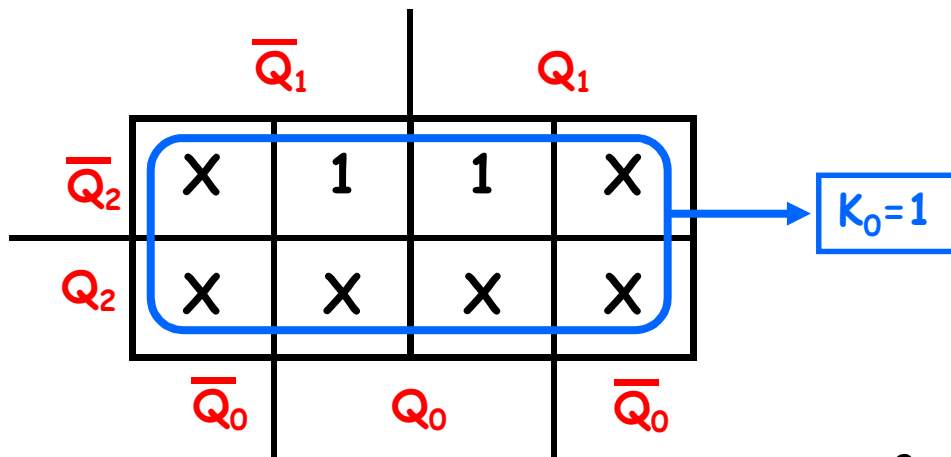
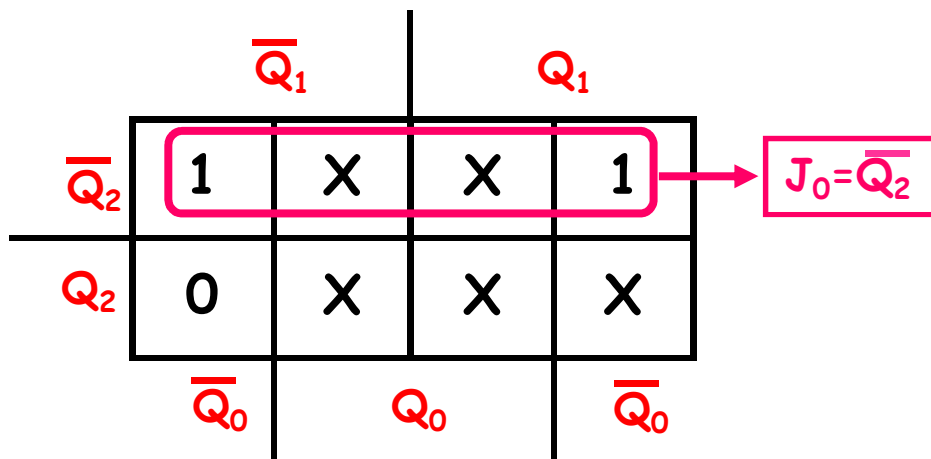
Contador Síncrono

Exemplo: Projetar um contador síncrono de módulo 5 (contador de 0 a 4). Para 5 estados são necessários 3 FFs.



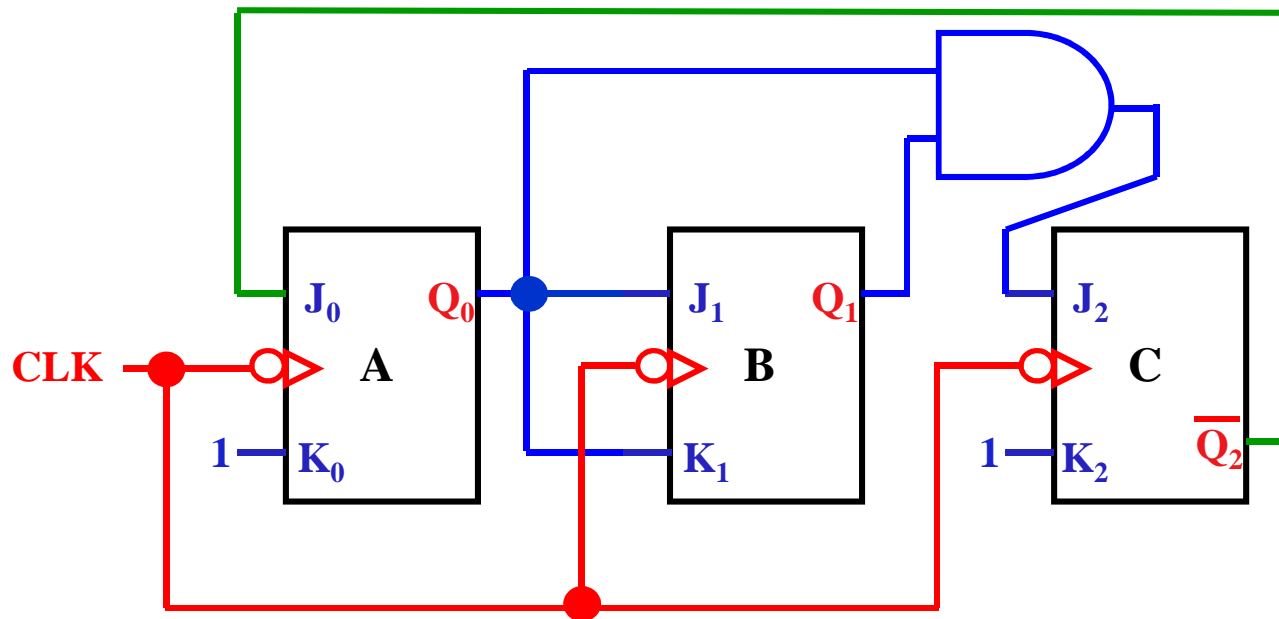
Contador Síncrono

Exemplo: Projetar um contador síncrono de módulo 5 (contador de 0 a 4). Para 5 estados são necessários 3 FFs.



Contador Síncrono

Exemplo: Projetar um contador síncrono de módulo 5 (contador de 0 a 4). Para 5 estados são necessários 3 FFs.



Exercício

1. Projete um contador síncrono de módulo 10 (contador de década 0 a 9)

| Qa | Qf | J | K |
|-------|----|---|---|
| 0 → 0 | 0 | 0 | X |
| 0 → 1 | 1 | 1 | X |
| 1 → 0 | 0 | X | 1 |
| 1 → 1 | 1 | X | 0 |

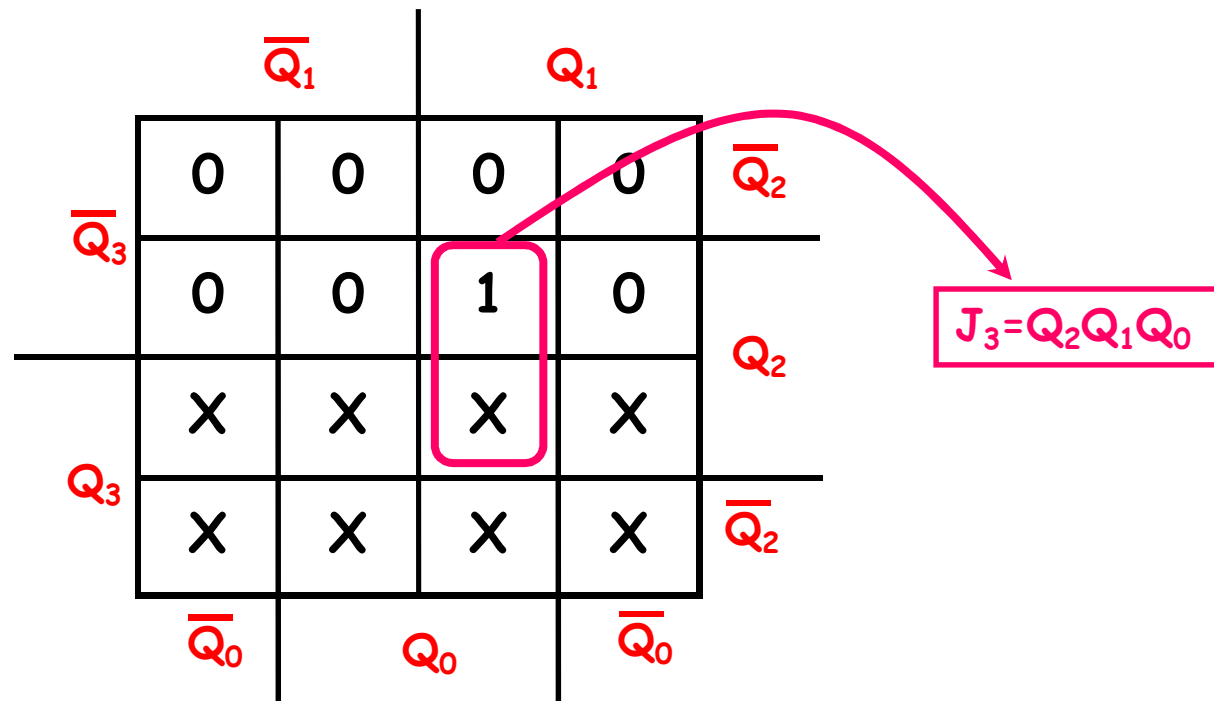
Solução

1. Projete um contador síncrono de módulo 10 (contador de década 0-9)

| Estado Atual | | | | Próximo Estado | | | | Entradas para Q ₃ | | Entradas para Q ₂ | | Entradas para Q ₁ | | Entradas para Q ₀ | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------|------------------------------|----------------|------------------------------|----------------|------------------------------|----------------|
| Q ₃ | Q ₂ | Q ₁ | Q ₀ | Q ₃ ⁺ | Q ₂ ⁺ | Q ₁ ⁺ | Q ₀ ⁺ | J ₃ | K ₃ | J ₂ | K ₂ | J ₁ | K ₁ | J ₀ | K ₀ |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | X | 0 | X | 0 | X | 1 | X |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | X | 0 | X | 1 | X | X | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | X | 0 | X | X | 0 | 1 | X |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | X | 1 | X | X | 1 | X | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | X | X | 0 | 0 | X | 1 | X |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | X | X | 0 | 1 | X | X | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | X | X | 0 | X | 0 | 1 | X |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | X | X | 1 | X | 1 | X | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | X | 0 | 0 | X | 0 | X | 1 | X |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 1 | 0 | X | 0 | X | X | 1 |

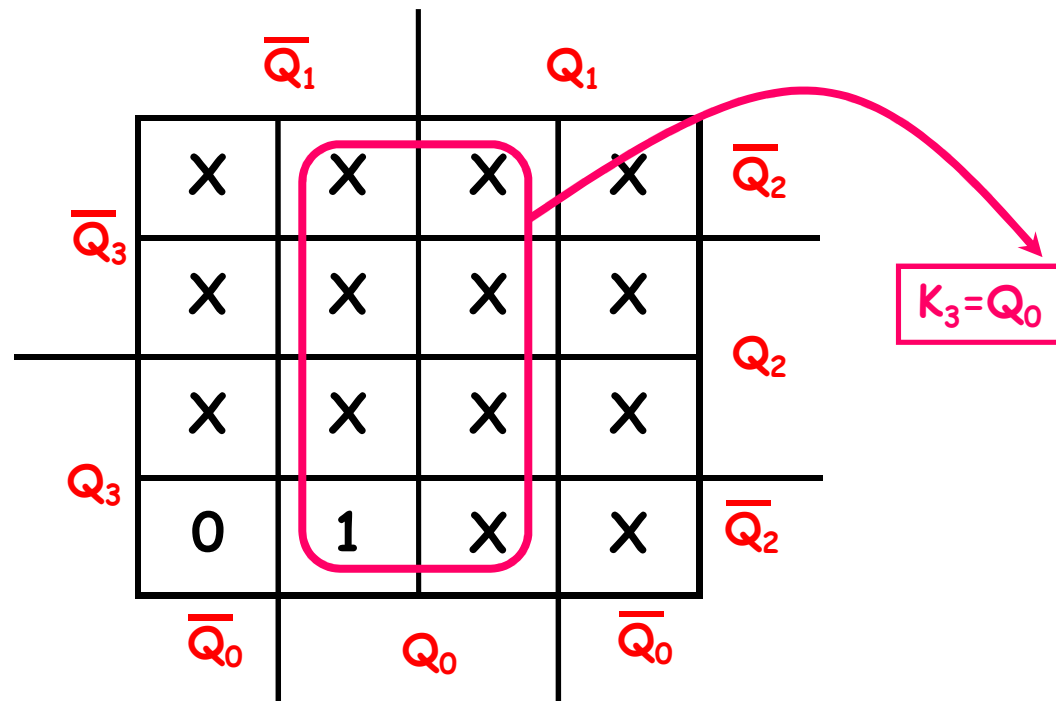
Solução

1. Projete um contador síncrono de módulo 10 (contador de década 0-9)



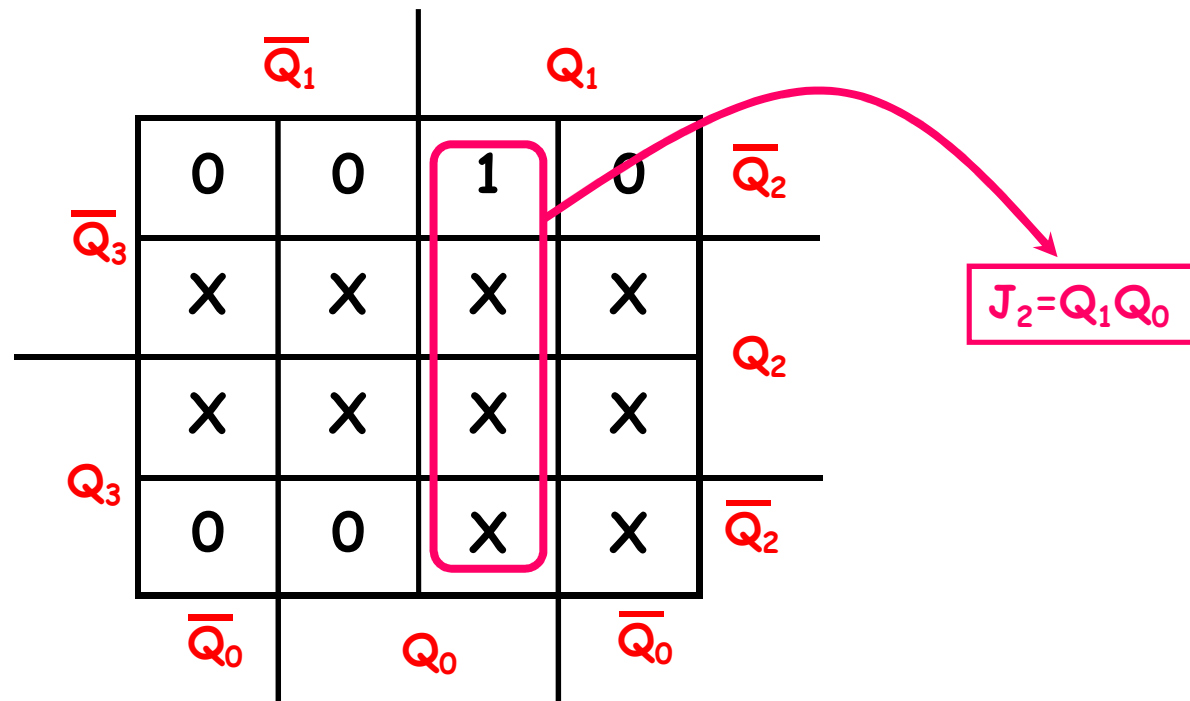
Solução

1. Projete um contador síncrono de módulo 10 (contador de década 0-9)



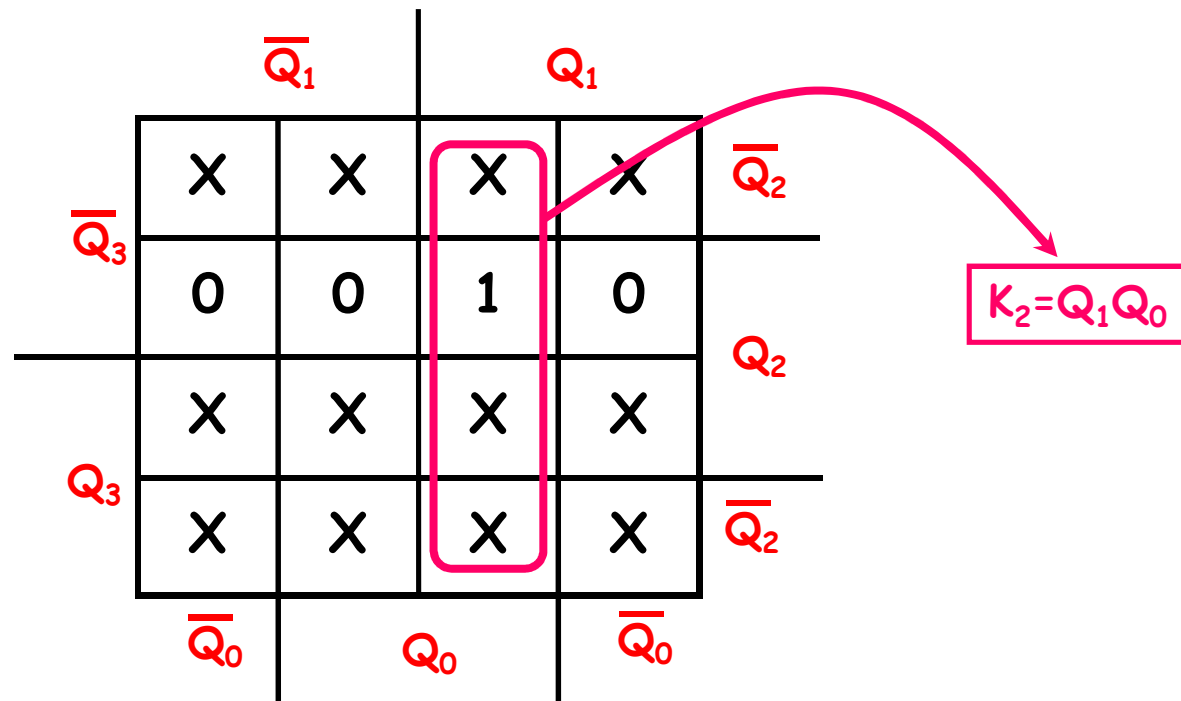
Solução

1. Projete um contador síncrono de módulo 10 (contador de década 0-9)



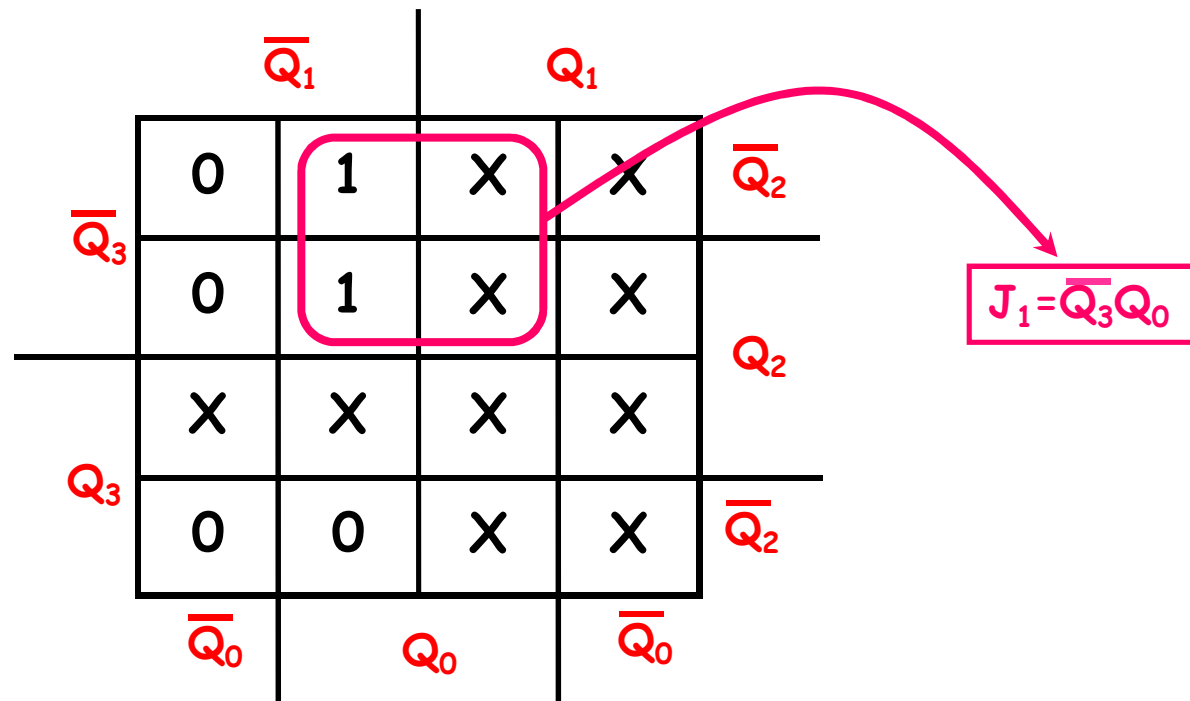
Solução

1. Projete um contador síncrono de módulo 10 (contador de década 0-9)



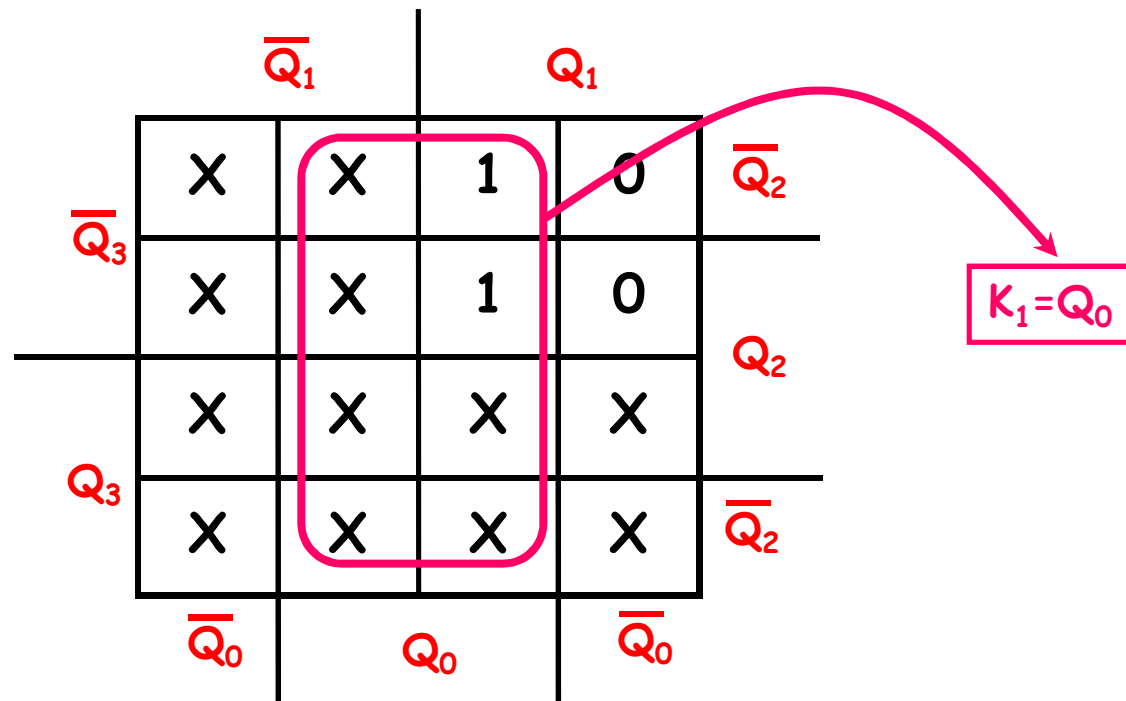
Solução

1. Projete um contador síncrono de módulo 10 (contador de década 0-9)



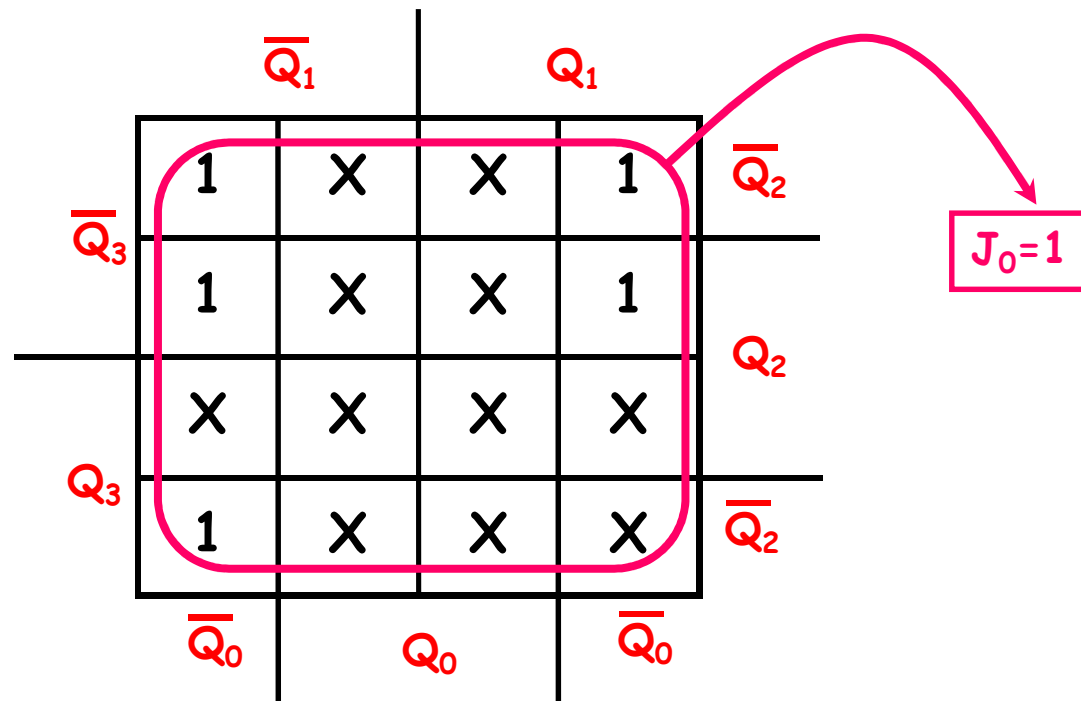
Solução

1. Projete um contador síncrono de módulo 10 (contador de década 0-9)



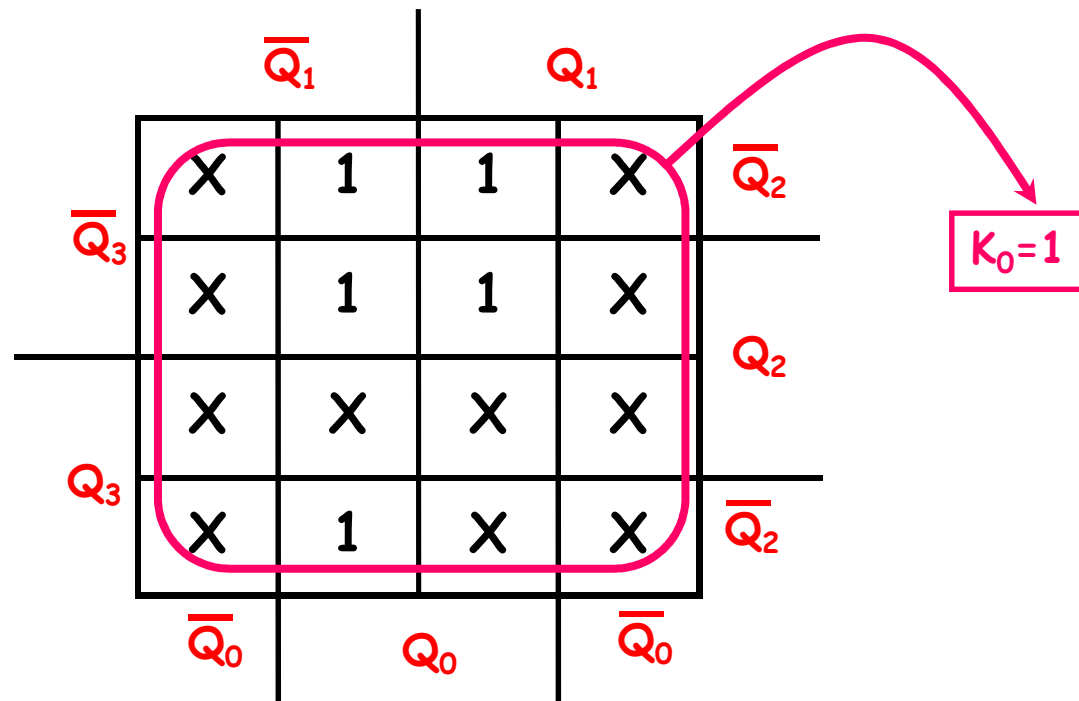
Solução

1. Projete um contador síncrono de módulo 10 (contador de década 0-9)



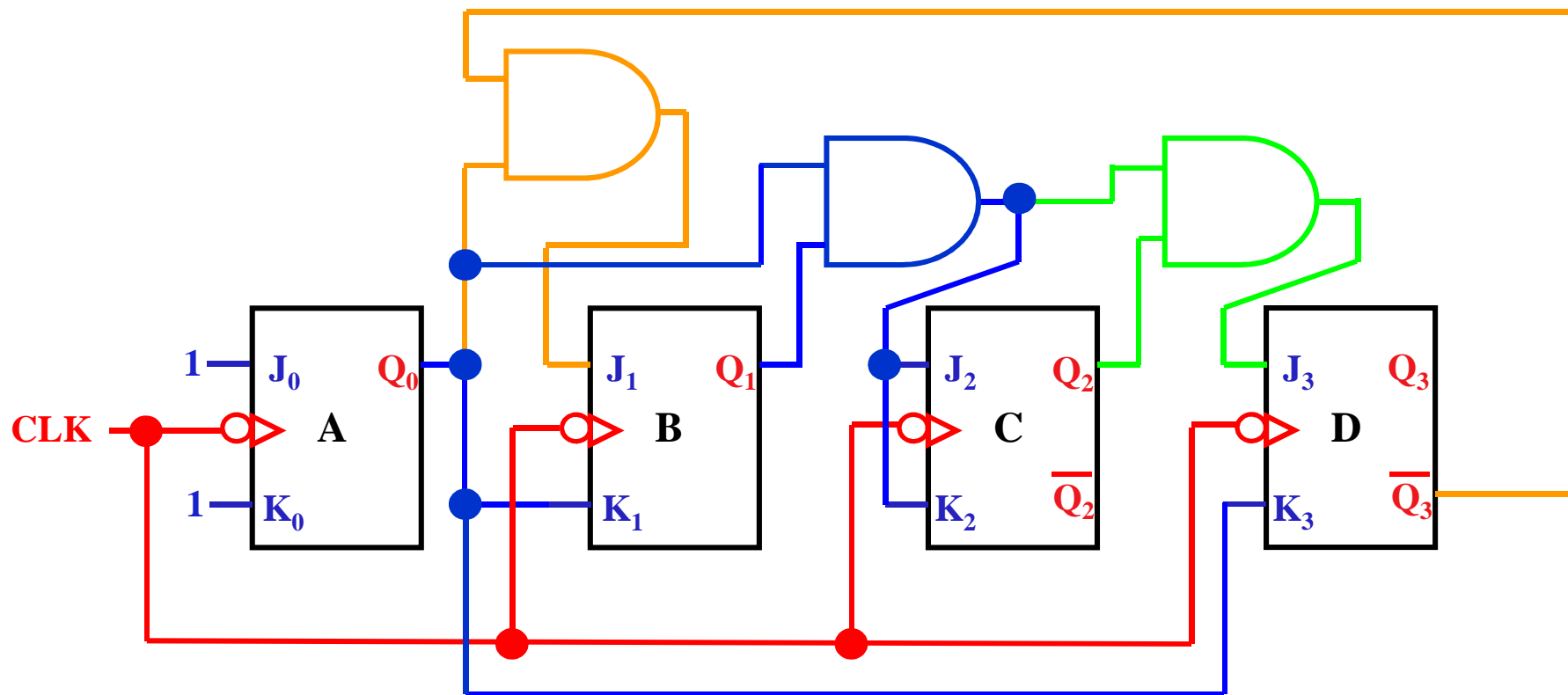
Solução

1. Projete um contador síncrono de módulo 10 (contador de década 0-9)



Solução

1. Projete um contador síncrono de módulo 10 (contador de década 0-9)



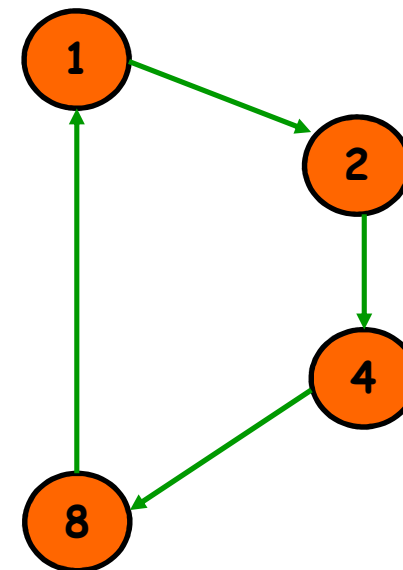
Exercício

2. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência (contador em Anel).

Wx

| Q_3 | Q_2 | Q_1 | Q_0 |
|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 |

| Q_a | Q_f | J | K |
|-------|-------|---|---|
| 0 → 0 | 0 | 0 | X |
| 0 → 1 | 1 | 1 | X |
| 1 → 0 | 0 | X | 1 |
| 1 → 1 | 1 | X | 0 |



Slide 22

Wx1

Livro Ideota Teoria pág. 285
Windows xp; 14/10/2004

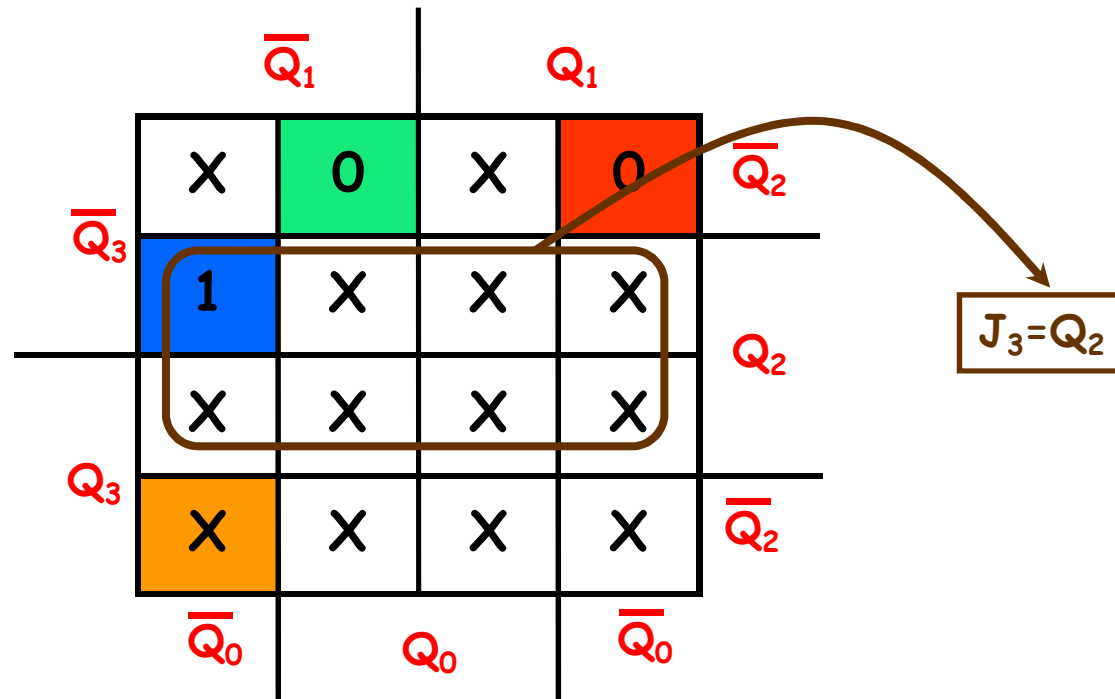
Solução

2. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência (contador em Anel).

| Estado Atual | | | | Próximo Estado | | | | Entradas para Q_3 | | Entradas para Q_2 | | Entradas para Q_1 | | Entradas para Q_0 | |
|--------------|-------|-------|-------|----------------|---------|---------|---------|---------------------|-------|---------------------|-------|---------------------|-------|---------------------|-------|
| Q_3 | Q_2 | Q_1 | Q_0 | Q_3^+ | Q_2^+ | Q_1^+ | Q_0^+ | J_3 | K_3 | J_2 | K_2 | J_1 | K_1 | J_0 | K_0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | X | 0 | X | 1 | X | X | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | X | 1 | X | X | 1 | 0 | X |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | X | X | 1 | 0 | X | 0 | X |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | X | 1 | 0 | X | 0 | X | 1 | X |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

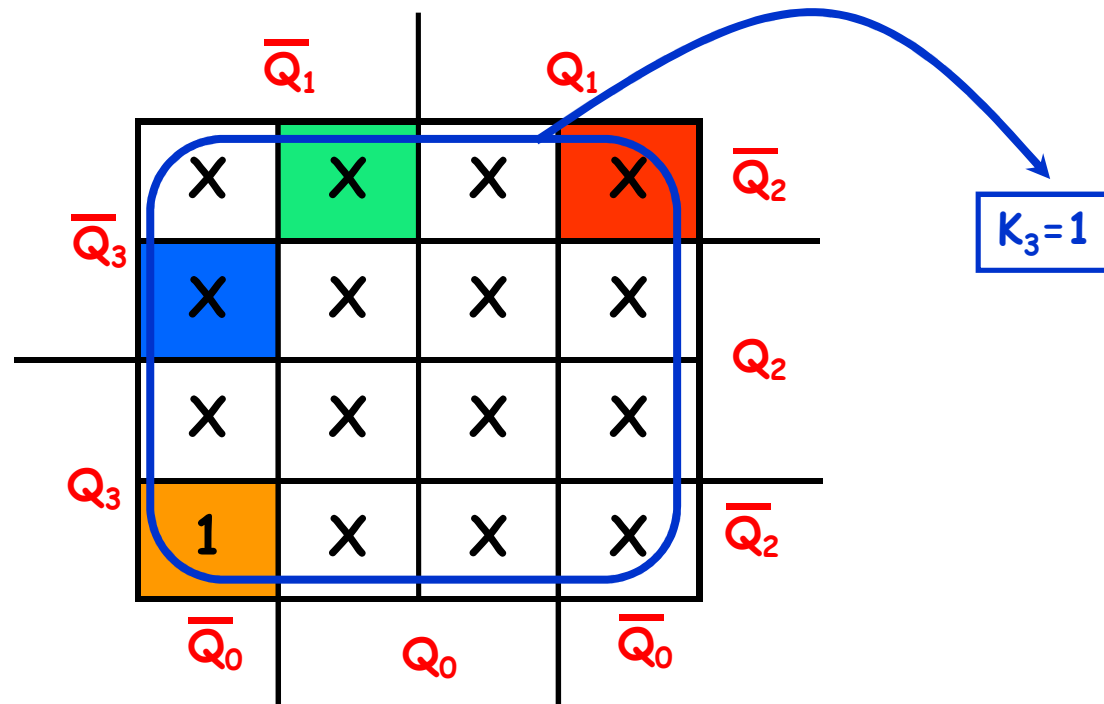
Solução

2. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência (contador em Anel).



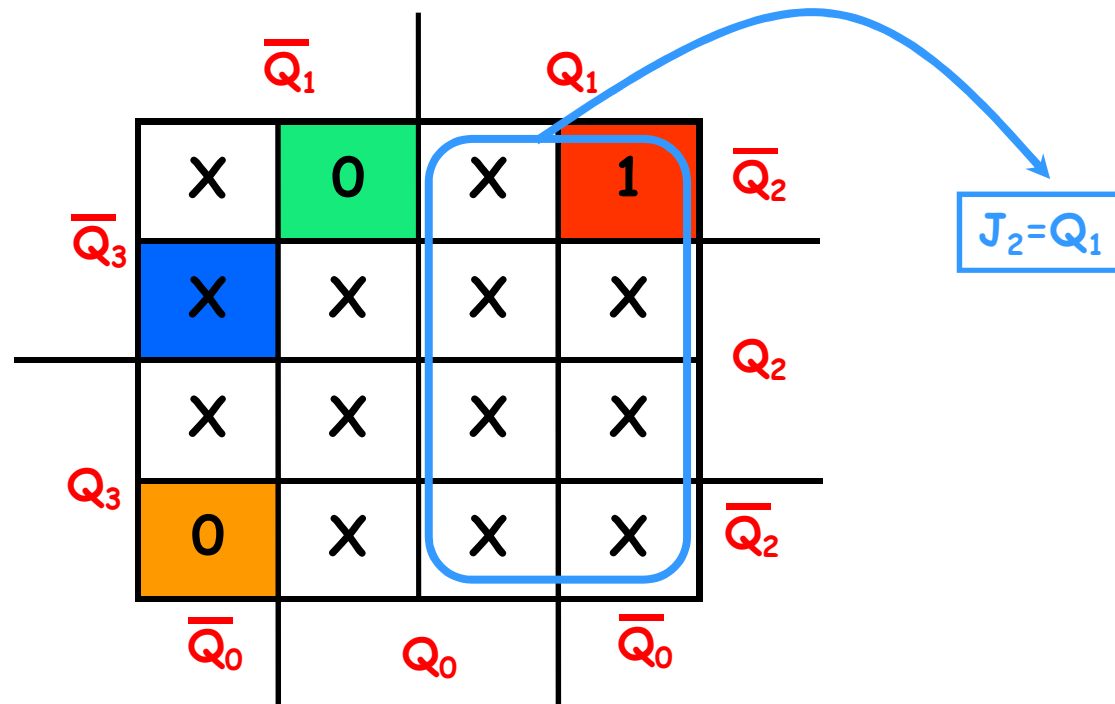
Solução

2. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência (contador em Anel).



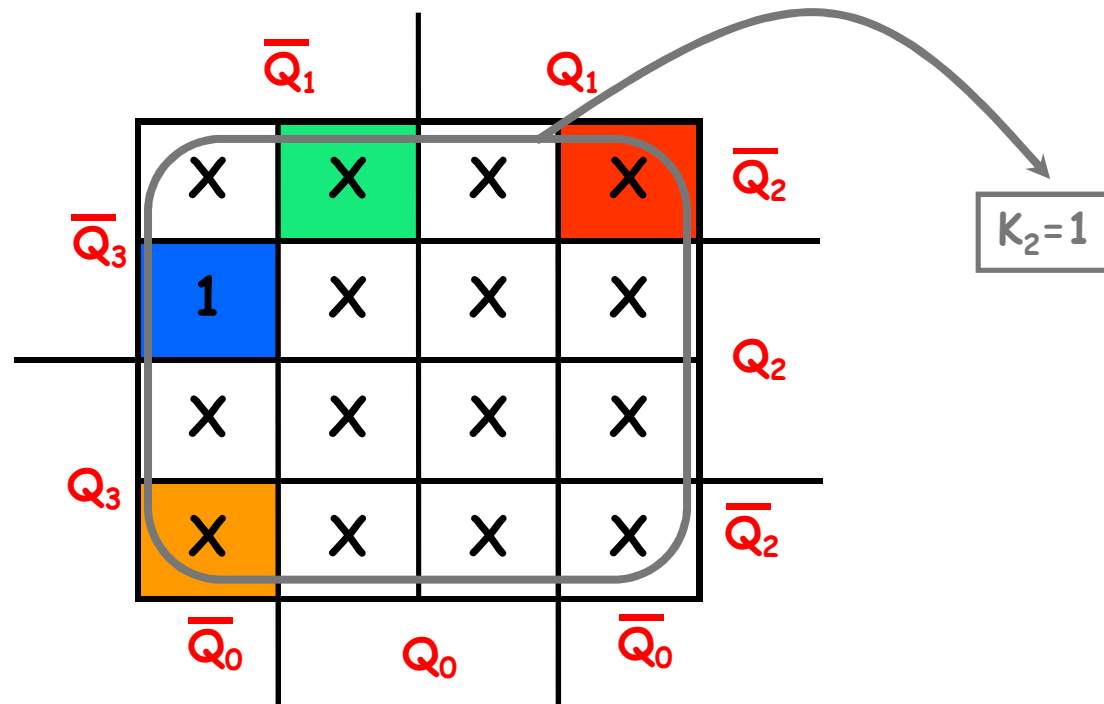
Solução

2. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência (contador em Anel).



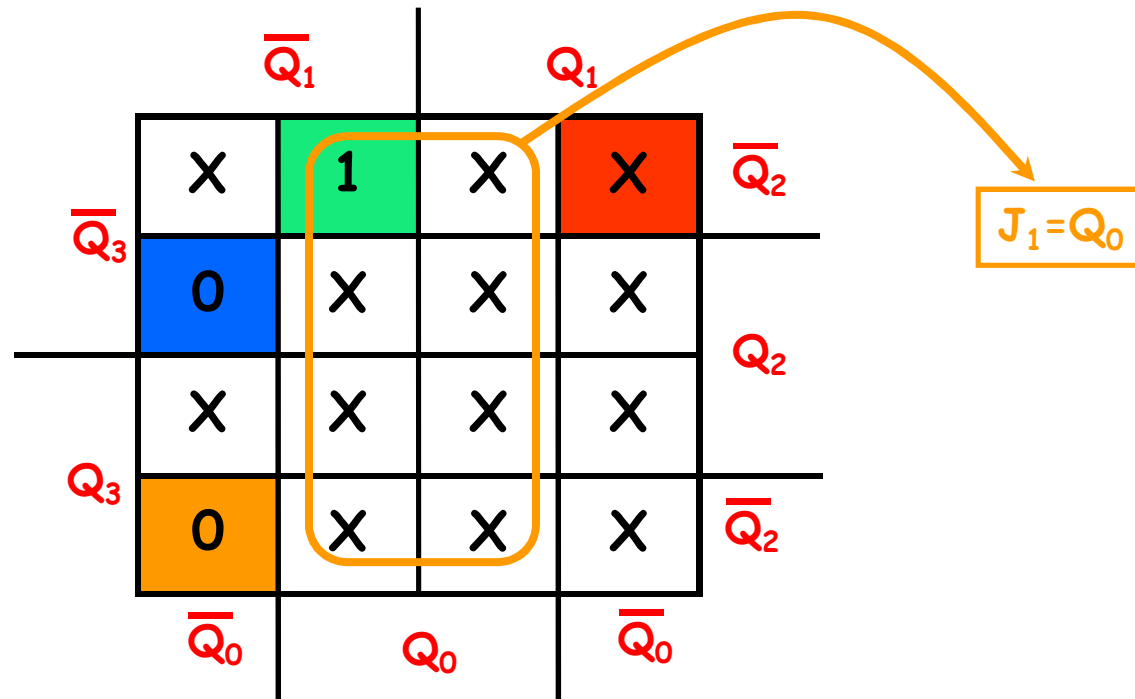
Solução

2. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência (contador em Anel).



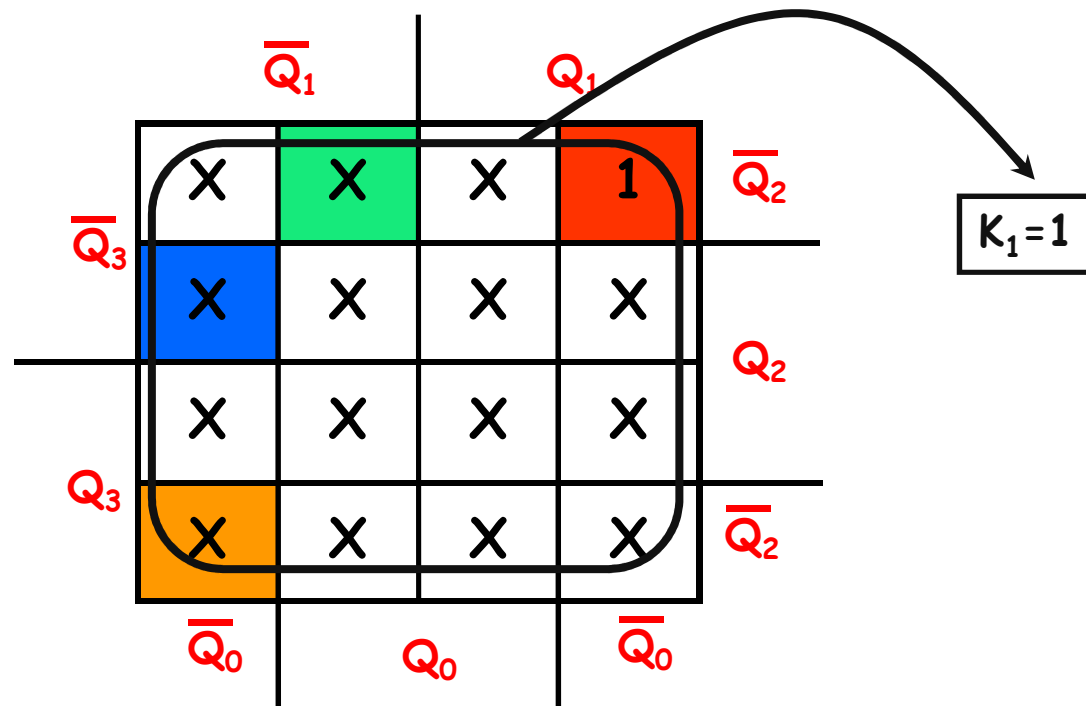
Solução

2. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência (contador em Anel).



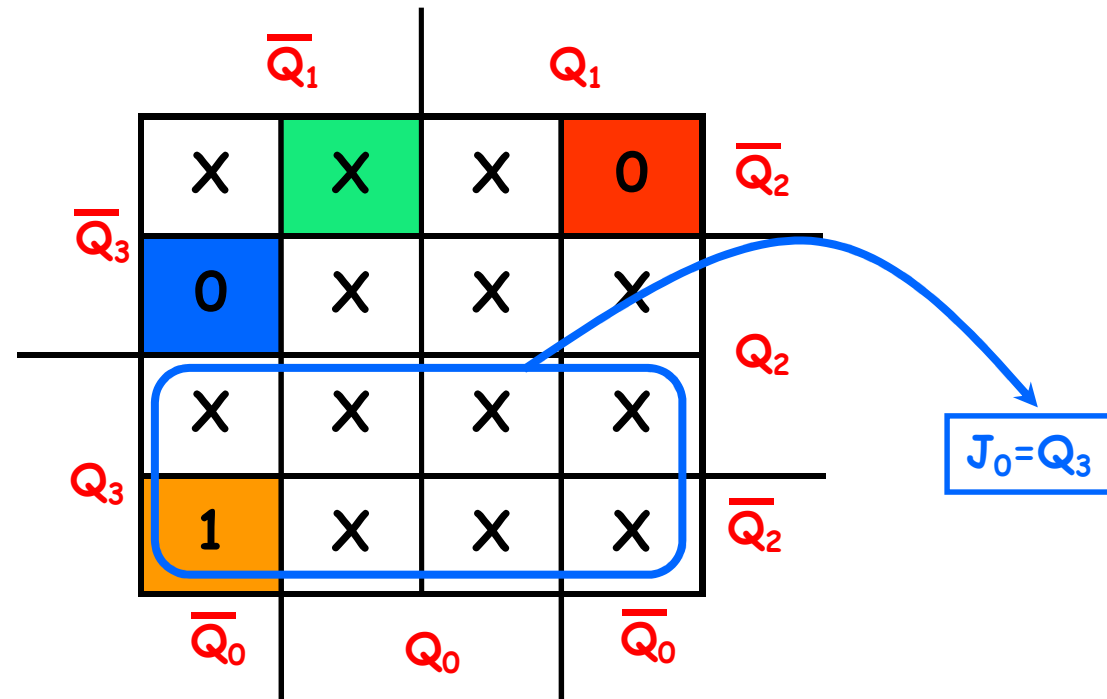
Solução

2. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência (contador em Anel).



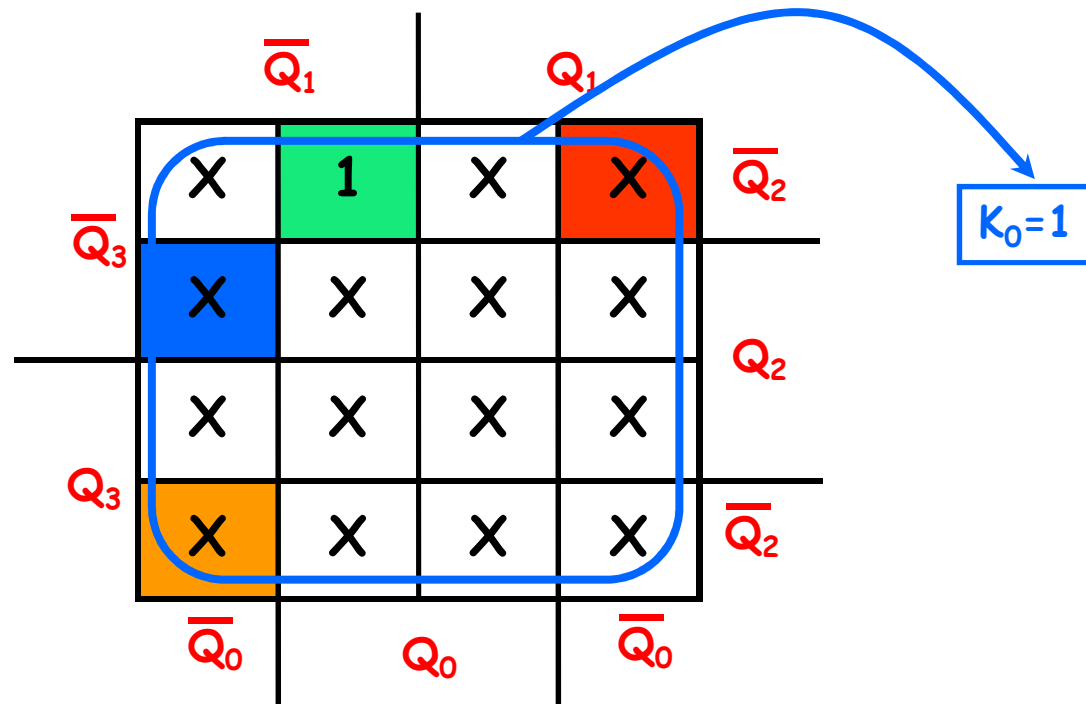
Solução

2. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência (contador em Anel).



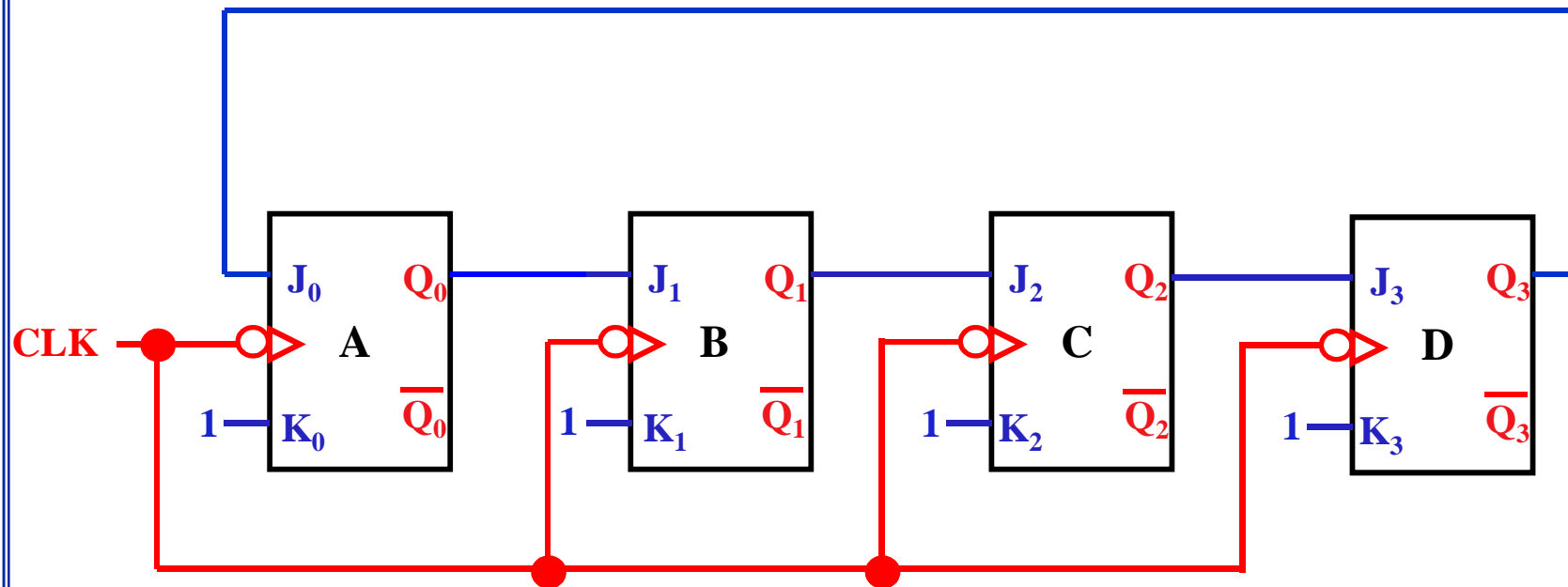
Solução

2. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência (contador em Anel).



Solução

2. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência (contador em Anel).



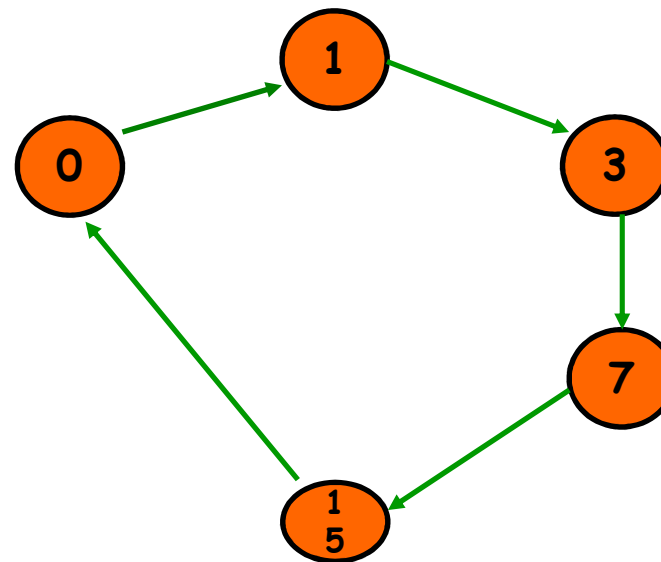
Exercício

3. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência.

Wx

| Q_3 | Q_2 | Q_1 | Q_0 |
|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |

| Q_a | Q_f | J | K |
|-------|-------|---|---|
| 0 → 0 | 0 | 0 | X |
| 0 → 1 | 1 | 1 | X |
| 1 → 0 | 0 | X | 1 |
| 1 → 1 | 1 | X | 0 |



Slide 33

Wx3

Livro Ideota Exercícios pág. 92

Windows xp; 14/10/2004

Solução

3. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência.

Wx

| Estado Atual | | | | Próximo Estado | | | | Entradas para Q ₃ | | Entradas para Q ₂ | | Entradas para Q ₁ | | Entradas para Q ₀ | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------|------------------------------|----------------|------------------------------|----------------|------------------------------|----------------|
| Q ₃ | Q ₂ | Q ₁ | Q ₀ | Q ₃ ⁺ | Q ₂ ⁺ | Q ₁ ⁺ | Q ₀ ⁺ | J ₃ | K ₃ | J ₂ | K ₂ | J ₁ | K ₁ | J ₀ | K ₀ |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | X | 0 | X | 0 | X | 1 | X |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | X | 0 | X | 1 | X | X | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | X | 1 | X | X | 0 | X | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | X | X | 0 | X | 0 | X | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 1 | X | 1 | X | 1 | X | 1 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

Slide 34

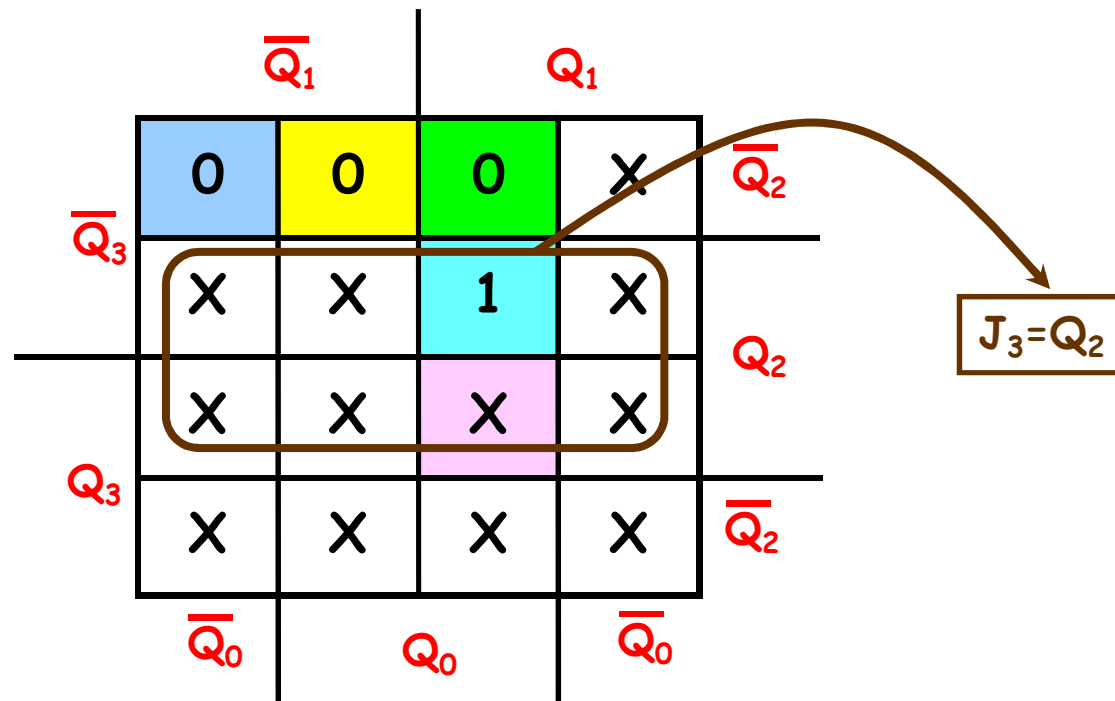
Wx4

Livro Ideota Exercícios pág. 92
Windows xp; 14/10/2004

Solução

3. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência.

Wx



Slide 35

Wx5

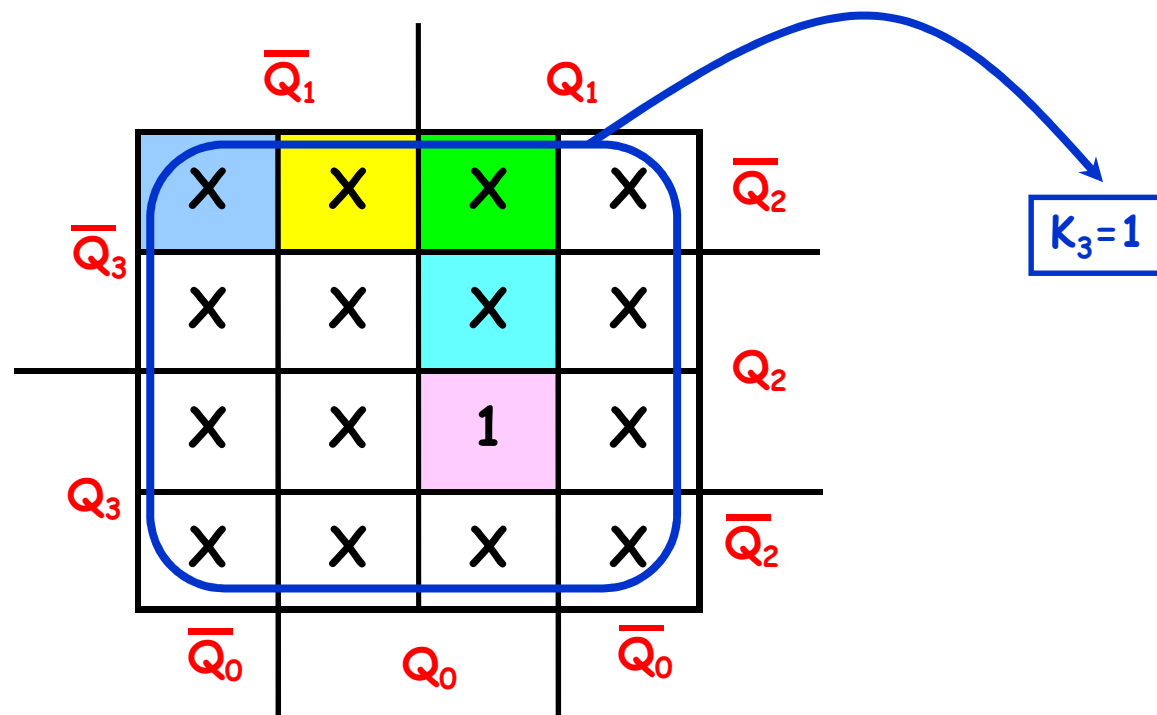
Livro Ideota Exercícios pág. 92

Windows xp; 14/10/2004

Solução

3. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência.

Wx



Slide 36

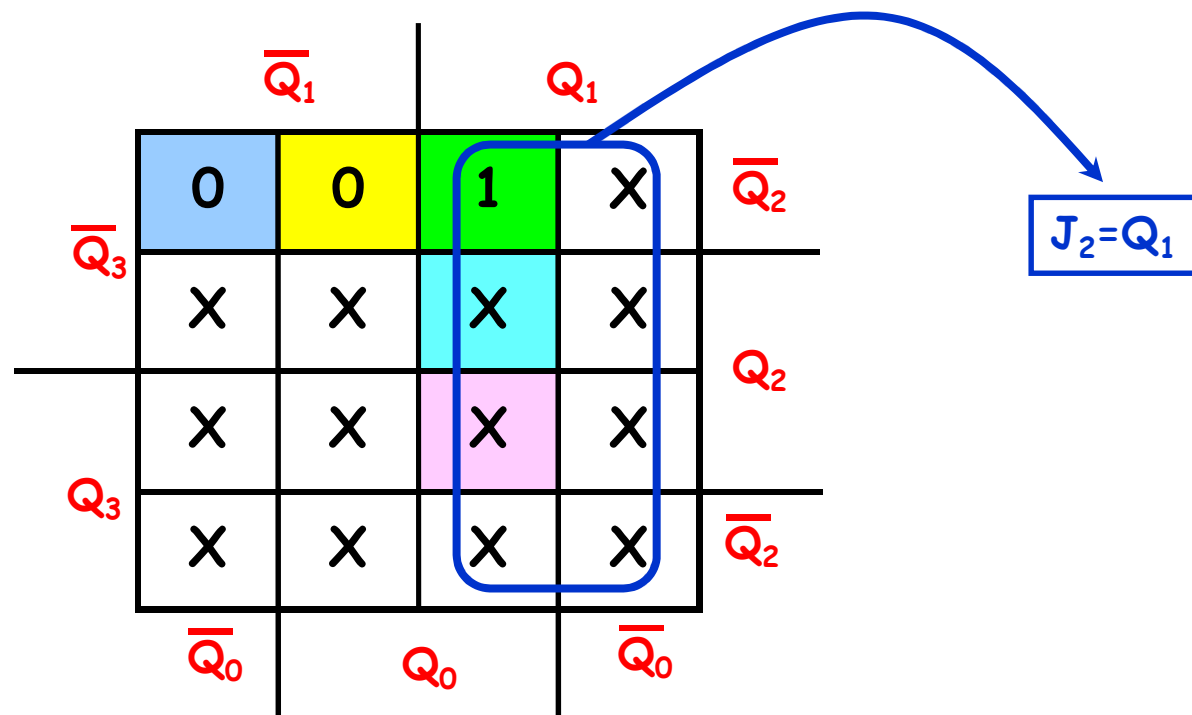
Wx6

Livro Ideota Exercícios pág. 92
Windows xp; 14/10/2004

Solução

3. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência.

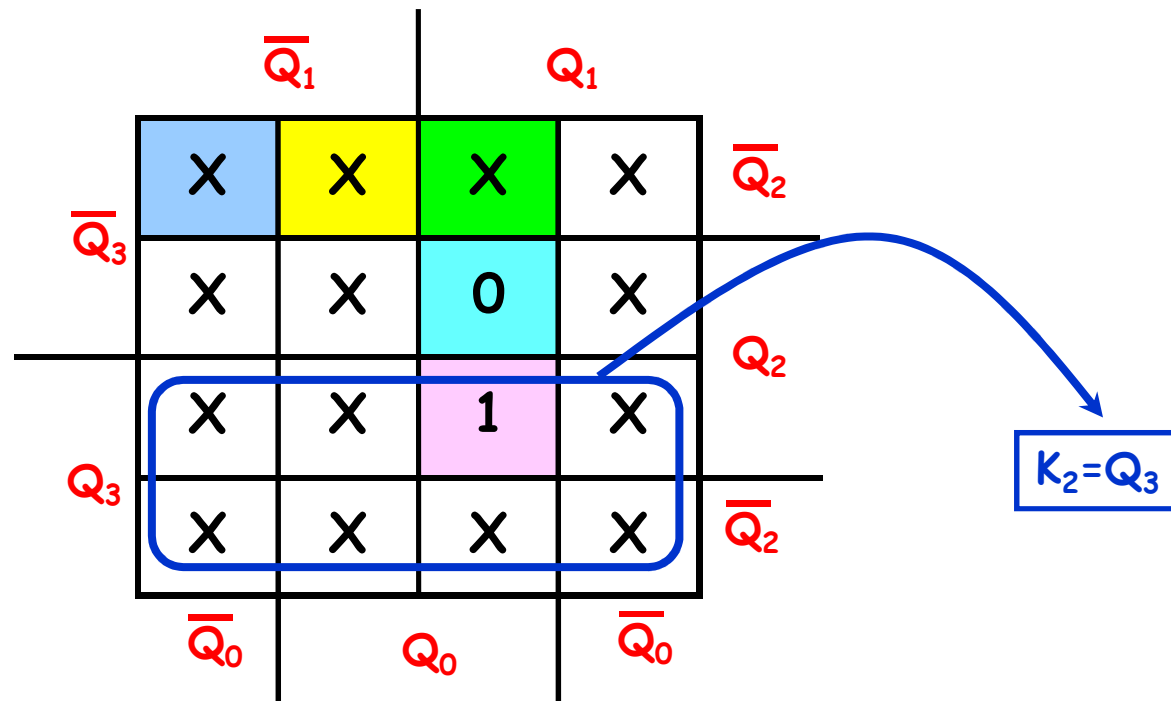
Wx



Solução

3. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência.

Wx



Slide 38

Wx8

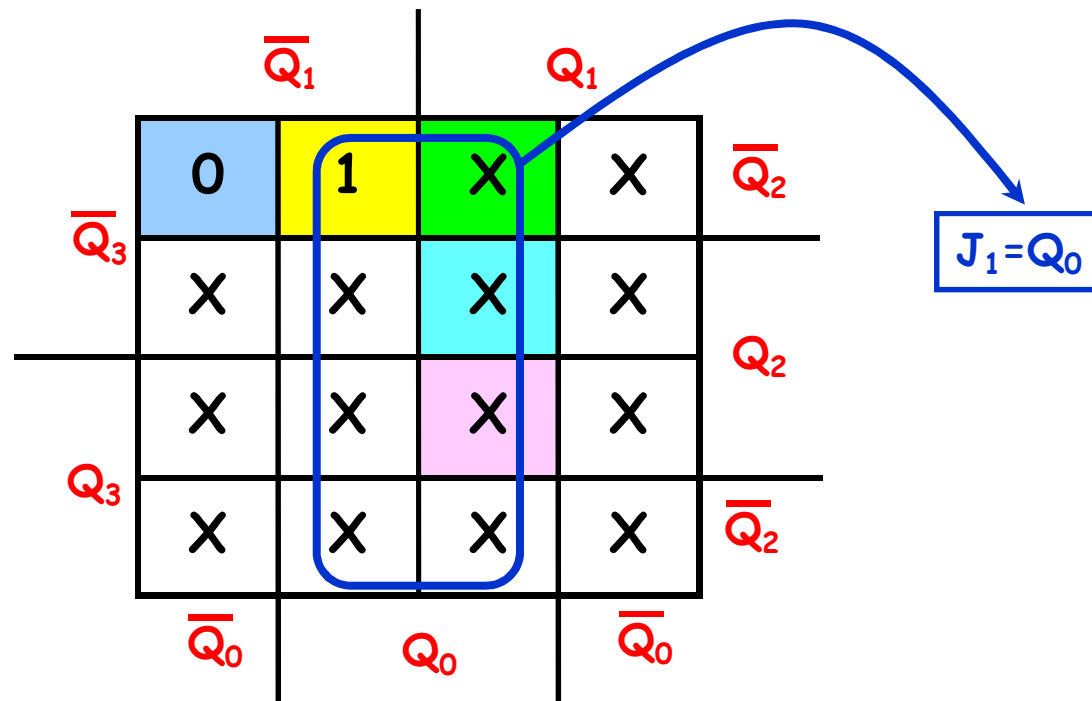
Livro Ideota Exercícios pág. 92

Windows xp; 14/10/2004

Solução

3. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência.

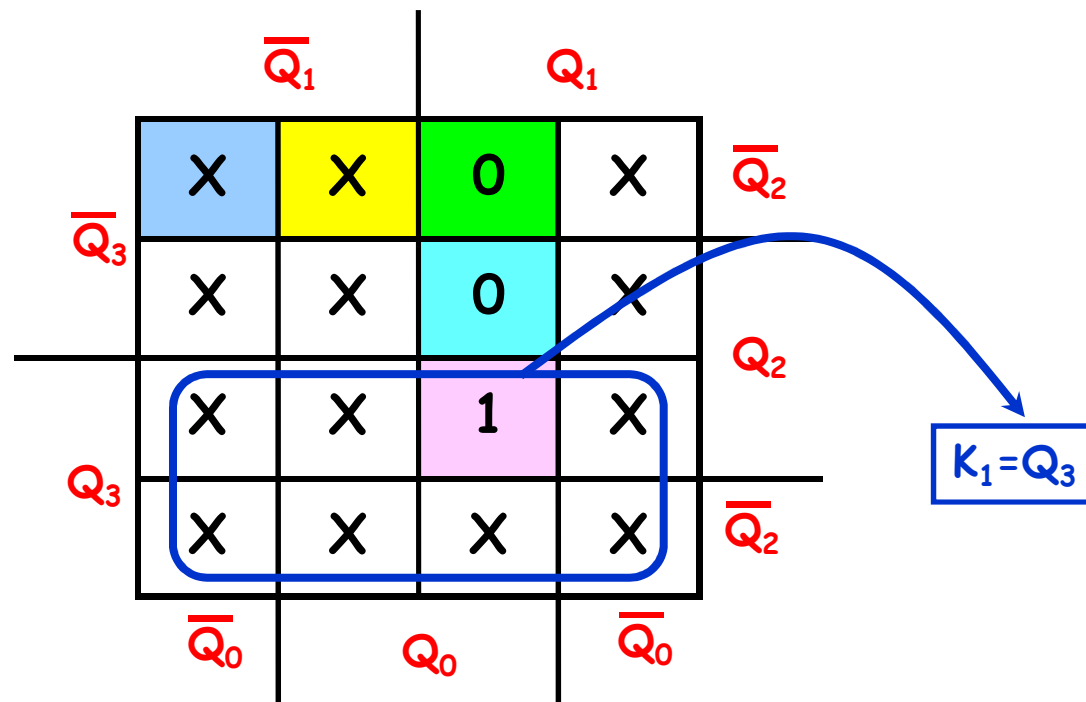
Wx



Solução

3. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência.

Wx



Slide 40

Wx10

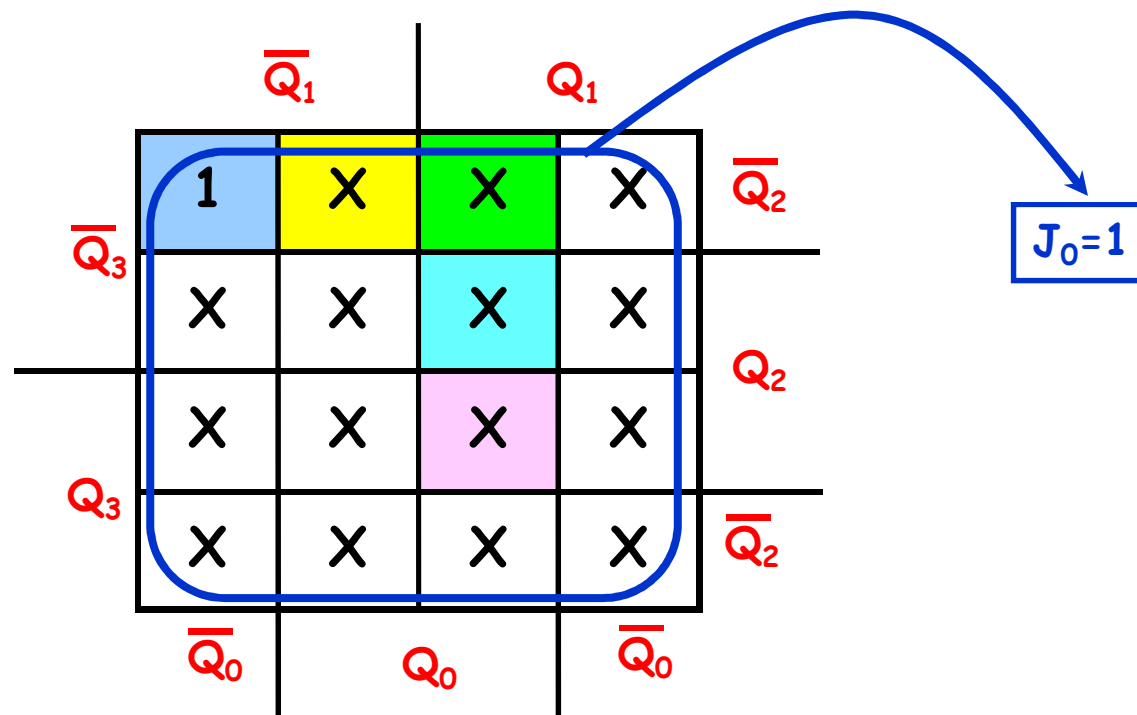
Livro Ideota Exercícios pág. 92

Windows xp; 14/10/2004

Solução

3. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência.

Wx



Slide 41

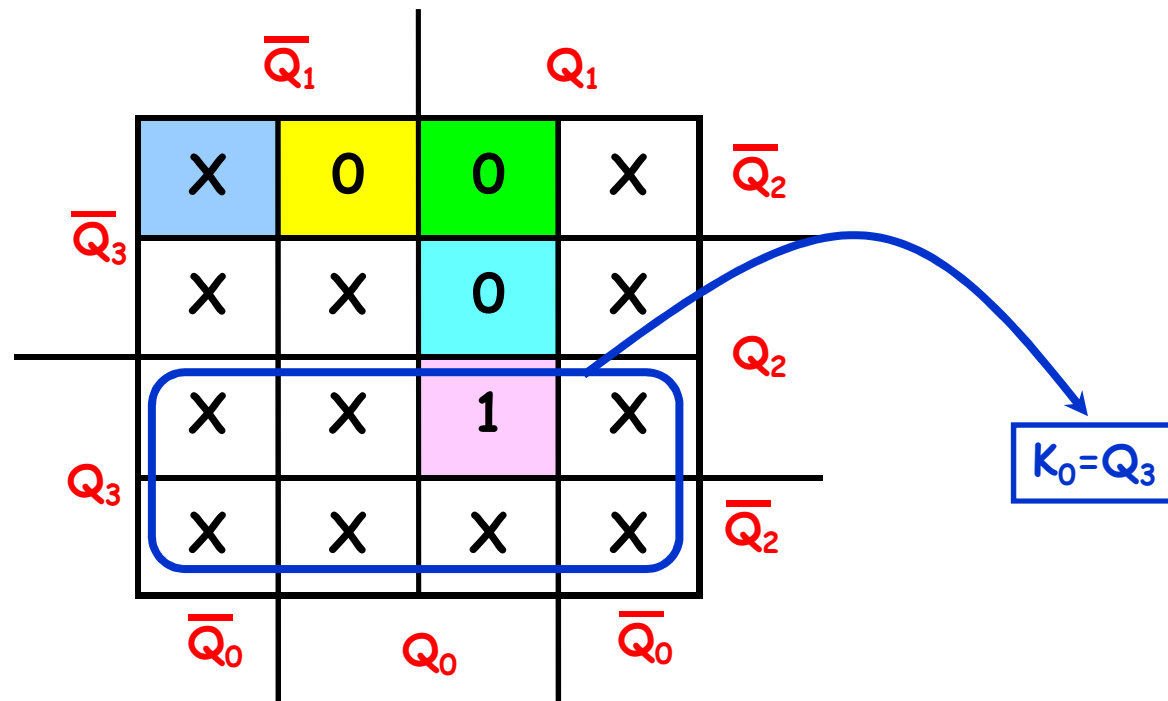
Wx11

Livro Ideota Exercícios pág. 92
Windows xp; 14/10/2004

Solução

3. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência.

Wx



Slide 42

Wx12

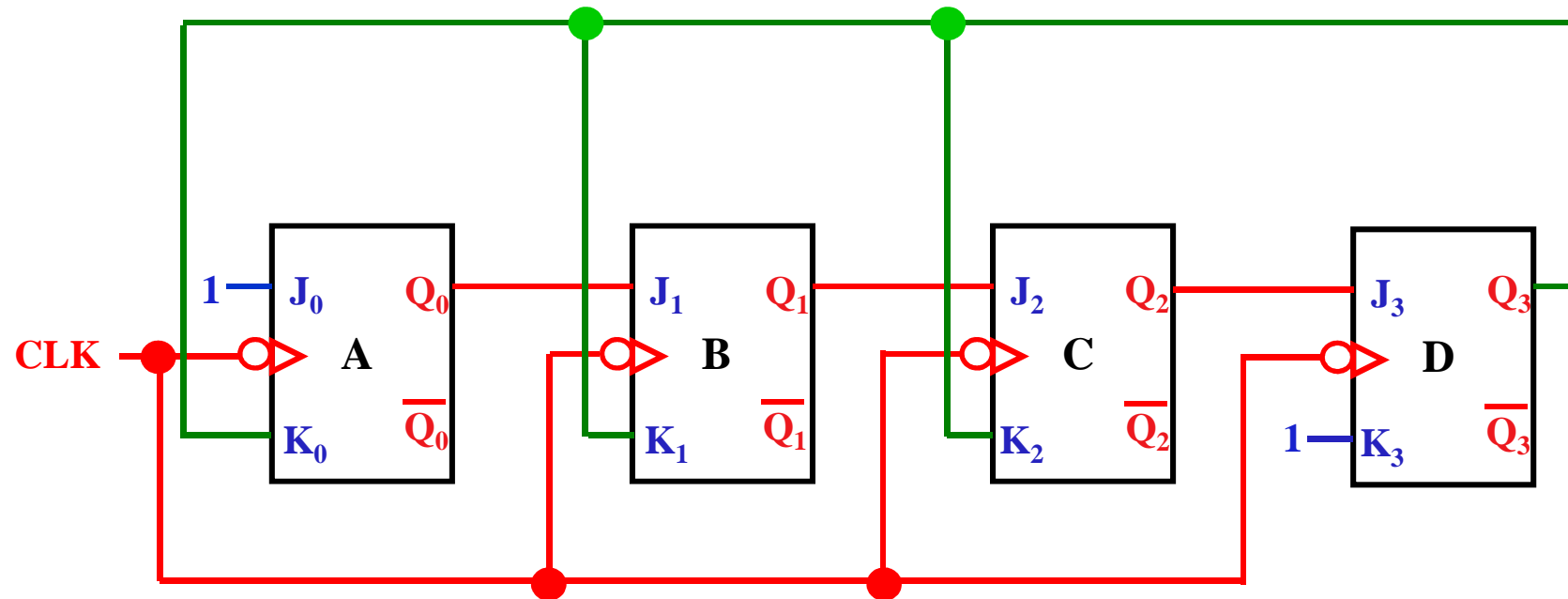
Livro Ideota Exercícios pág. 92

Windows xp; 14/10/2004

Solução

3. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência.

Wx



Slide 43

Wx13

Livro Ideota Exercícios pág. 92

Windows xp; 14/10/2004

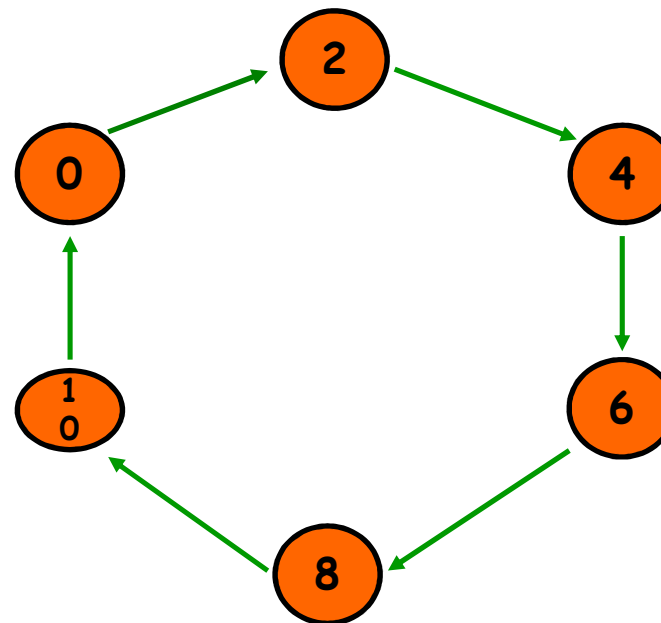
Exercício

4. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência.

JA1

| | Q ₃ | Q ₂ | Q ₁ | Q ₀ |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|
| → | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 1 | 0 |
| | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | 0 | 1 | 1 | 0 |
| | 1 | 0 | 0 | 0 |
| → | 1 | 0 | 1 | 0 |

| Q _a | Q _f | J | K |
|----------------|----------------|---|---|
| 0 → 0 | 0 | 0 | X |
| 0 → 1 | 1 | 1 | X |
| 1 → 0 | 0 | X | 1 |
| 1 → 1 | 1 | X | 0 |



Slide 44

JA1

Livro Ideota Teoria exerc. 6.5.16 - pág. 300

Joao Angelo; 16/10/2004

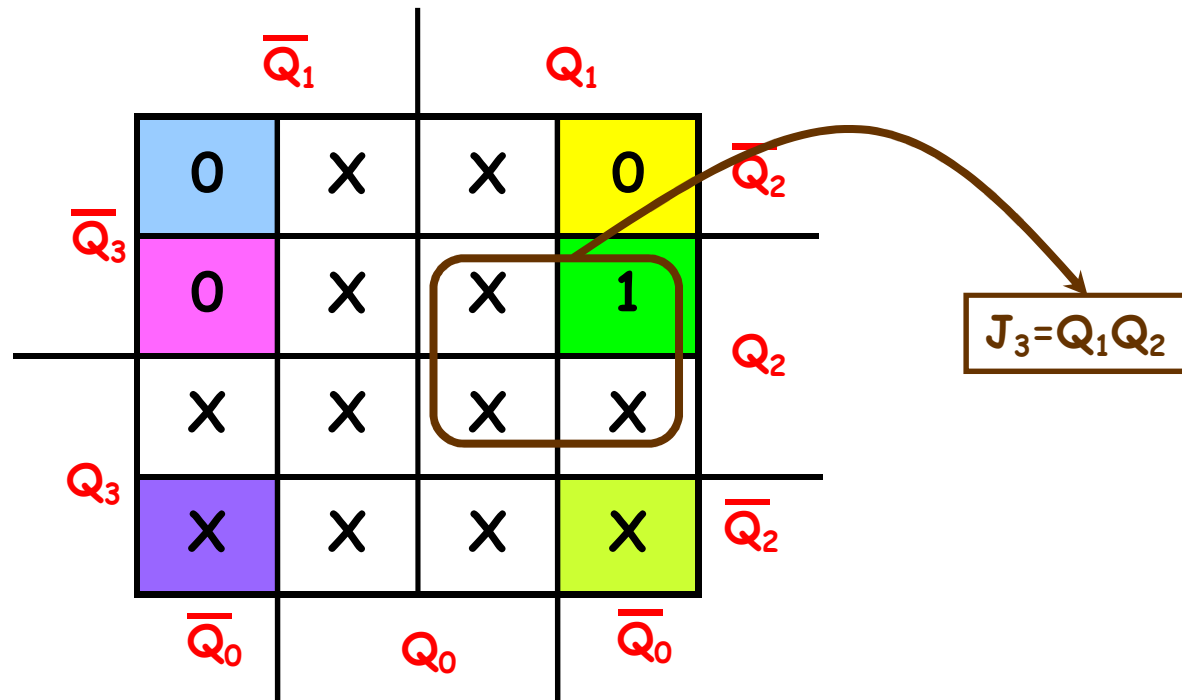
Solução

4. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência.

| Estado Atual | | | | Próximo Estado | | | | Entradas para Q ₃ | | Entradas para Q ₂ | | Entradas para Q ₁ | | Entradas para Q ₀ | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------|------------------------------|----------------|------------------------------|----------------|------------------------------|----------------|
| Q ₃ | Q ₂ | Q ₁ | Q ₀ | Q ₃ ⁺ | Q ₂ ⁺ | Q ₁ ⁺ | Q ₀ ⁺ | J ₃ | K ₃ | J ₂ | K ₂ | J ₁ | K ₁ | J ₀ | K ₀ |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | X | 0 | X | 1 | X | 0 | X |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | X | 1 | X | X | 1 | 0 | X |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | X | X | 0 | 1 | X | 0 | X |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | X | X | 1 | X | 1 | 0 | X |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | X | 0 | 0 | X | 1 | X | 0 | X |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 1 | 0 | X | X | 1 | 0 | X |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

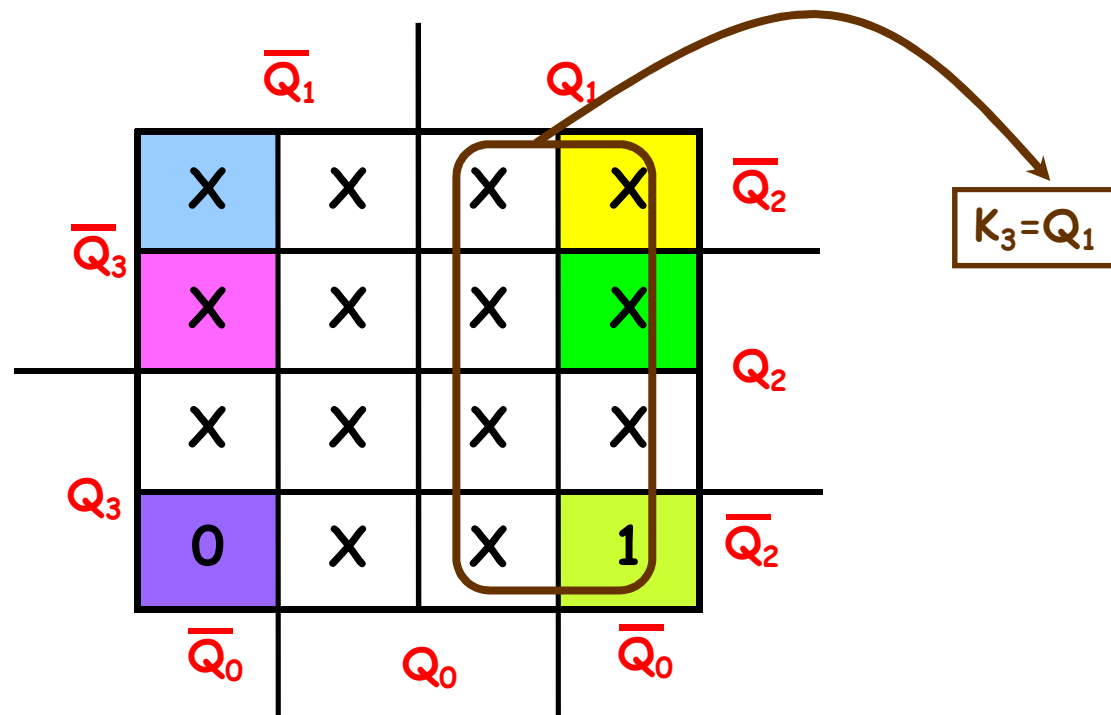
Solução

4. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência.



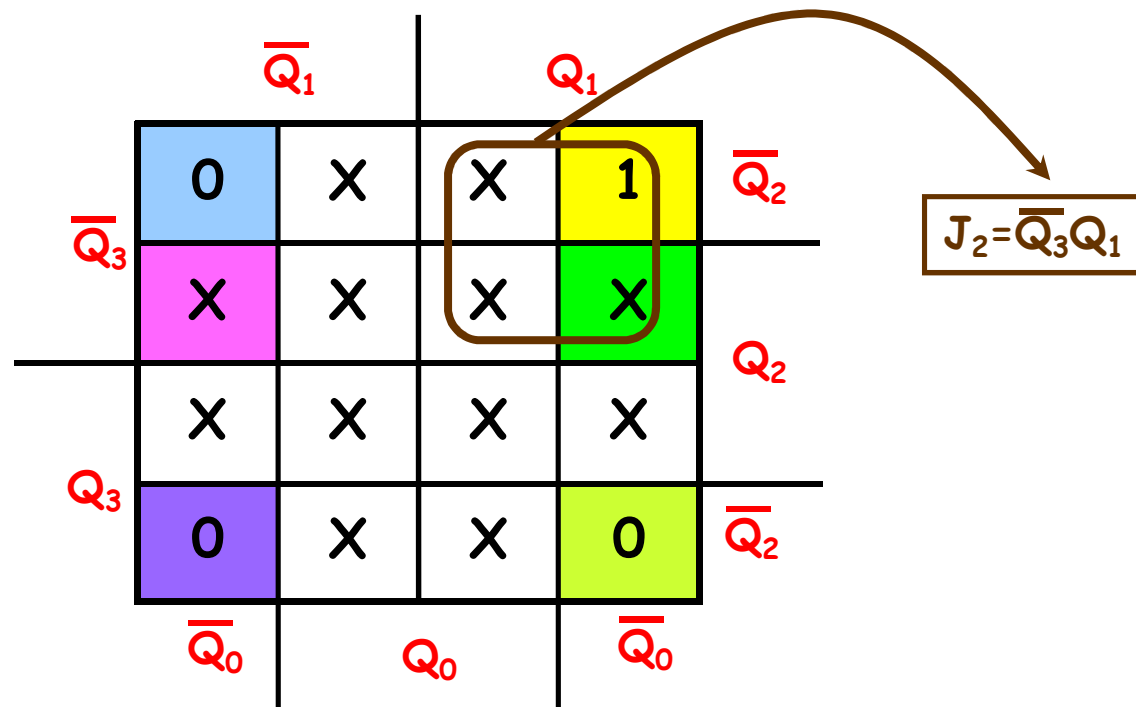
Solução

4. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência.



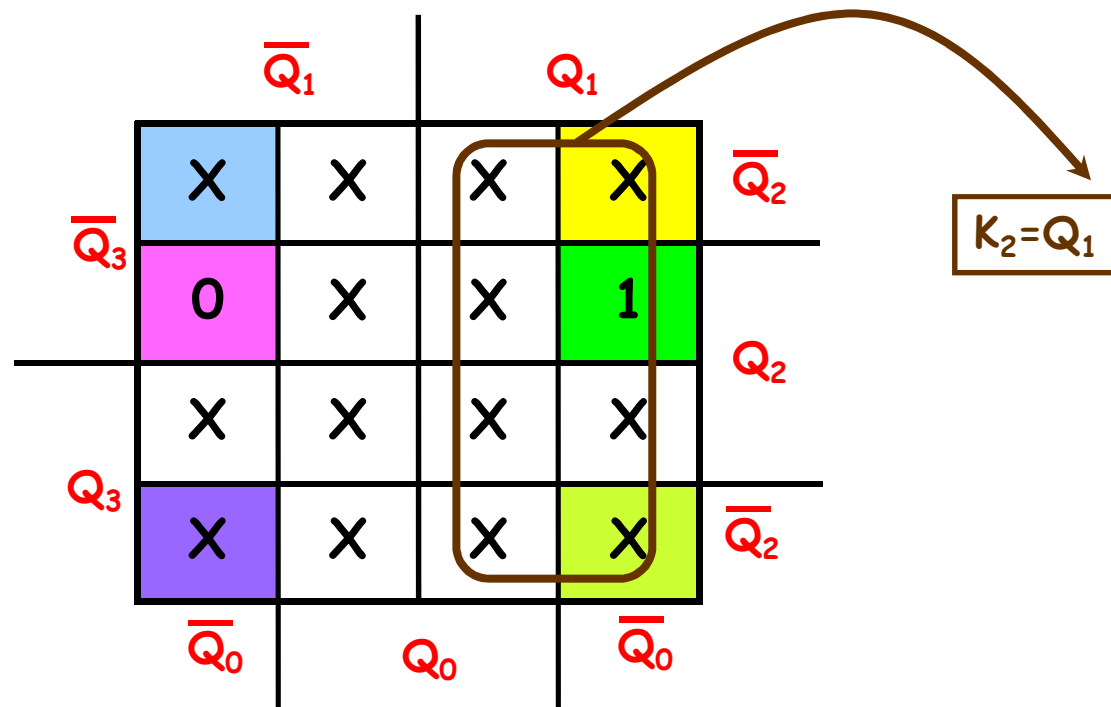
Solução

4. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência.



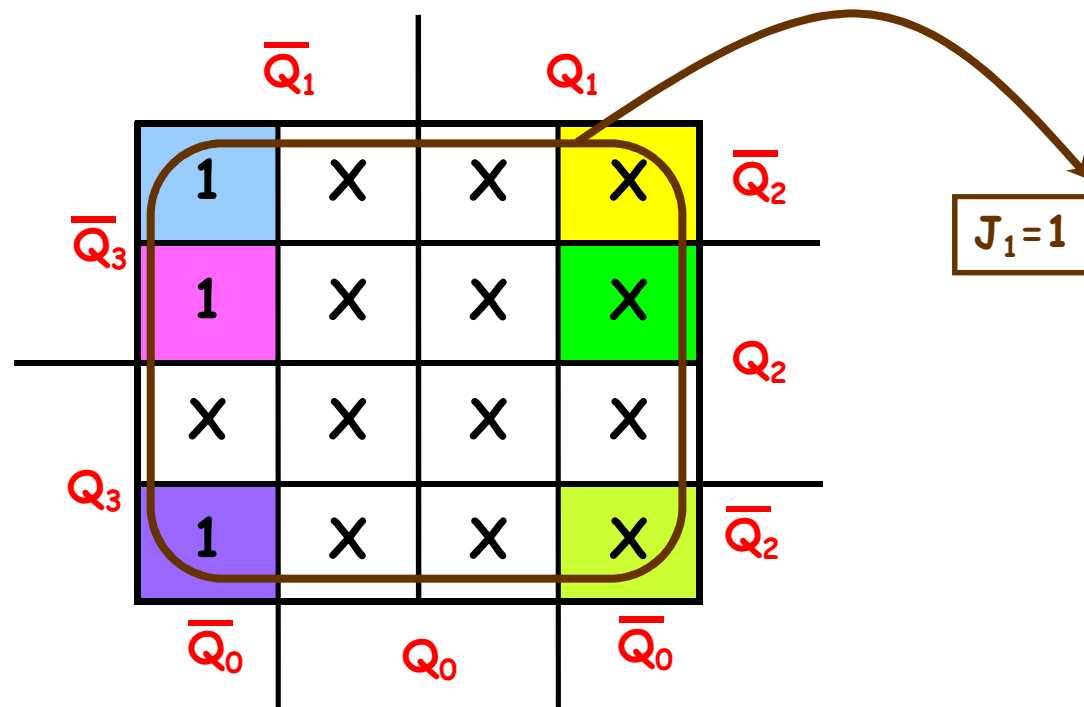
Solução

4. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência.



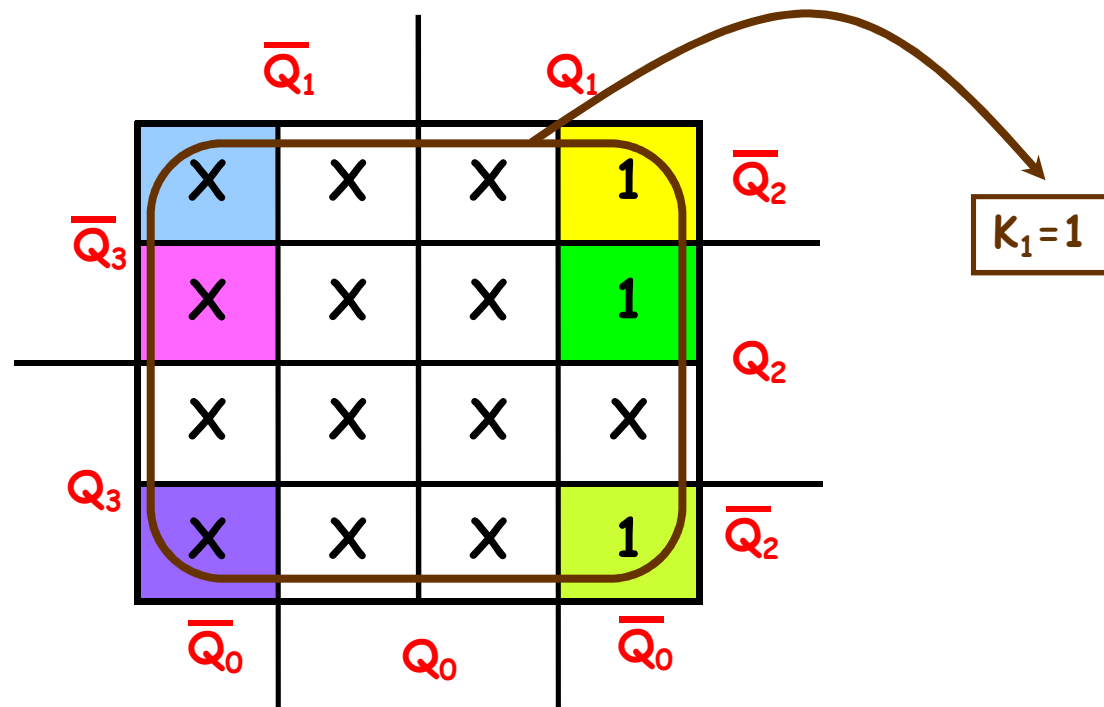
Solução

4. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência.



Solução

4. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência.



Solução

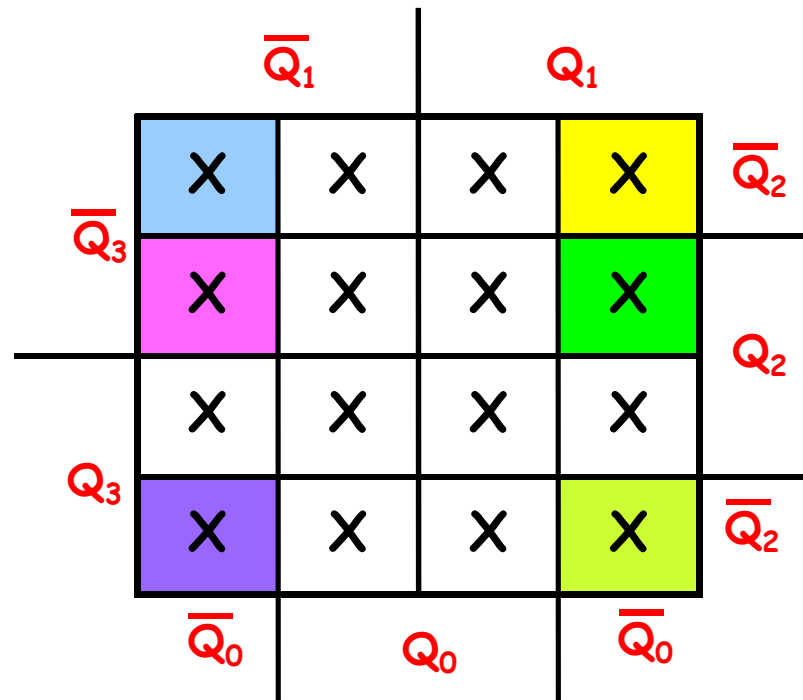
4. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência.

| | | | | | |
|------------------|------------------|---|-------|------------------|------------------|
| | $\overline{Q_1}$ | | Q_1 | | |
| $\overline{Q_3}$ | 0 | X | X | 0 | $\overline{Q_2}$ |
| | 0 | X | X | 0 | |
| | X | X | X | X | Q_2 |
| Q_3 | 0 | X | X | 0 | $\overline{Q_2}$ |
| | $\overline{Q_0}$ | | Q_0 | $\overline{Q_0}$ | |

$$J_0=0$$

Solução

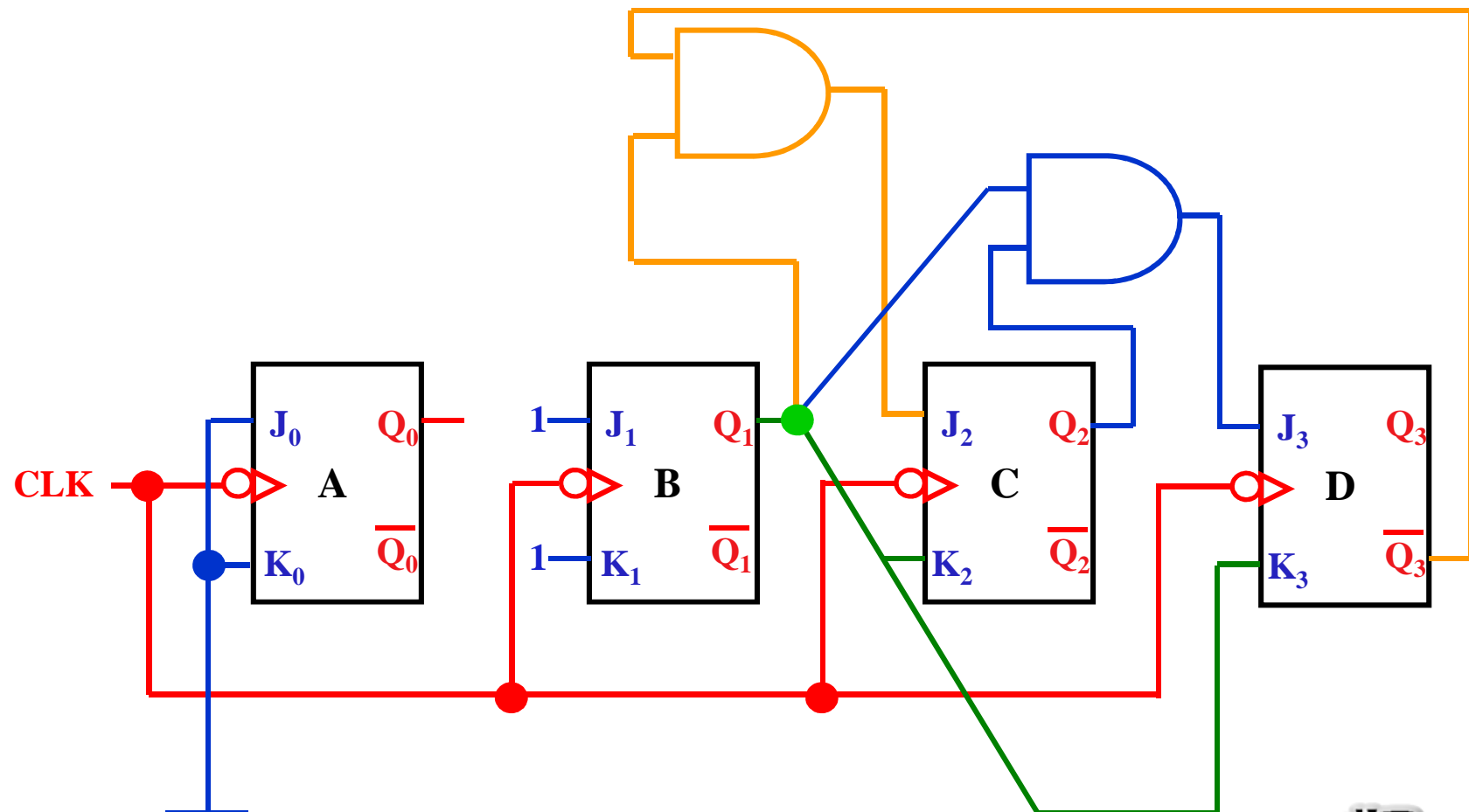
4. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência.



$K_0=0$

Solução

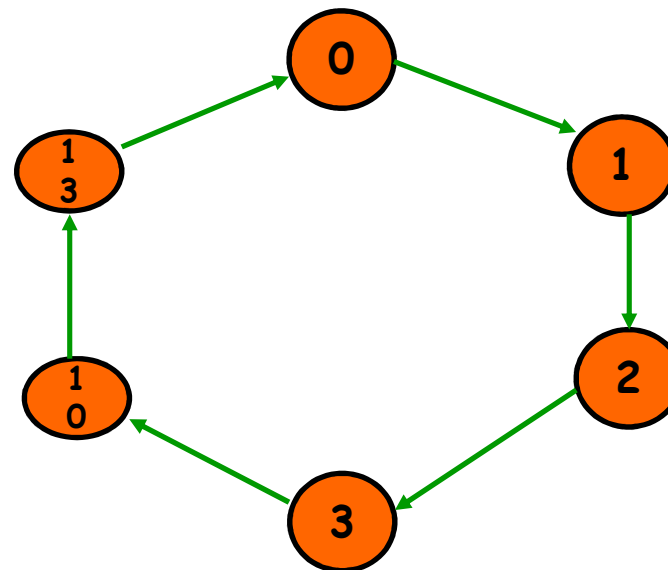
4. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência.



Exercício

5. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência. Wx2

| Q_3 | Q_2 | Q_1 | Q_0 |
|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 |



Slide 55

Wx2

Livro Idoeta Teoria pág. 281

Windows xp; 14/10/2004

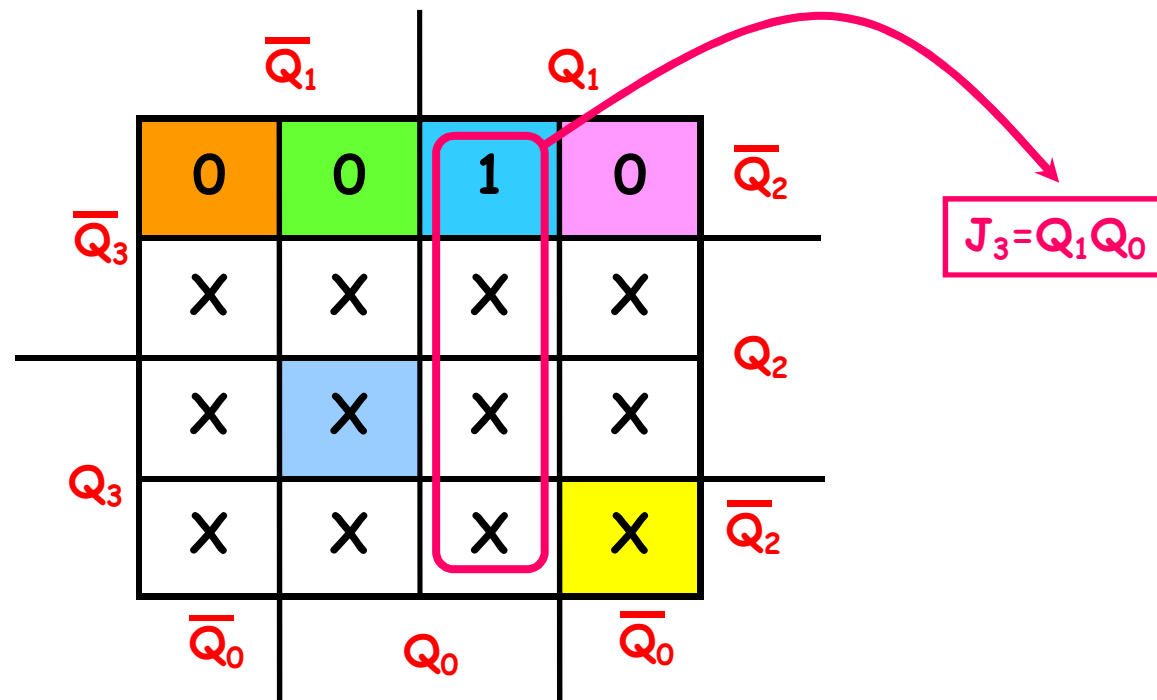
Solução

5. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência.

| Estado Atual | | | | Próximo Estado | | | | Entradas para Q ₃ | | Entradas para Q ₂ | | Entradas para Q ₁ | | Entradas para Q ₀ | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------|------------------------------|----------------|------------------------------|----------------|------------------------------|----------------|
| Q ₃ | Q ₂ | Q ₁ | Q ₀ | Q ₃ ⁺ | Q ₂ ⁺ | Q ₁ ⁺ | Q ₀ ⁺ | J ₃ | K ₃ | J ₂ | K ₂ | J ₁ | K ₁ | J ₀ | K ₀ |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | X | 0 | X | 0 | X | 1 | X |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | X | 0 | X | 1 | X | X | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | X | 0 | X | X | 0 | 1 | X |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | X | 0 | X | X | 0 | X | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | X | 0 | 1 | X | X | 1 | 1 | X |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 1 | X | 1 | 0 | X | X | 1 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

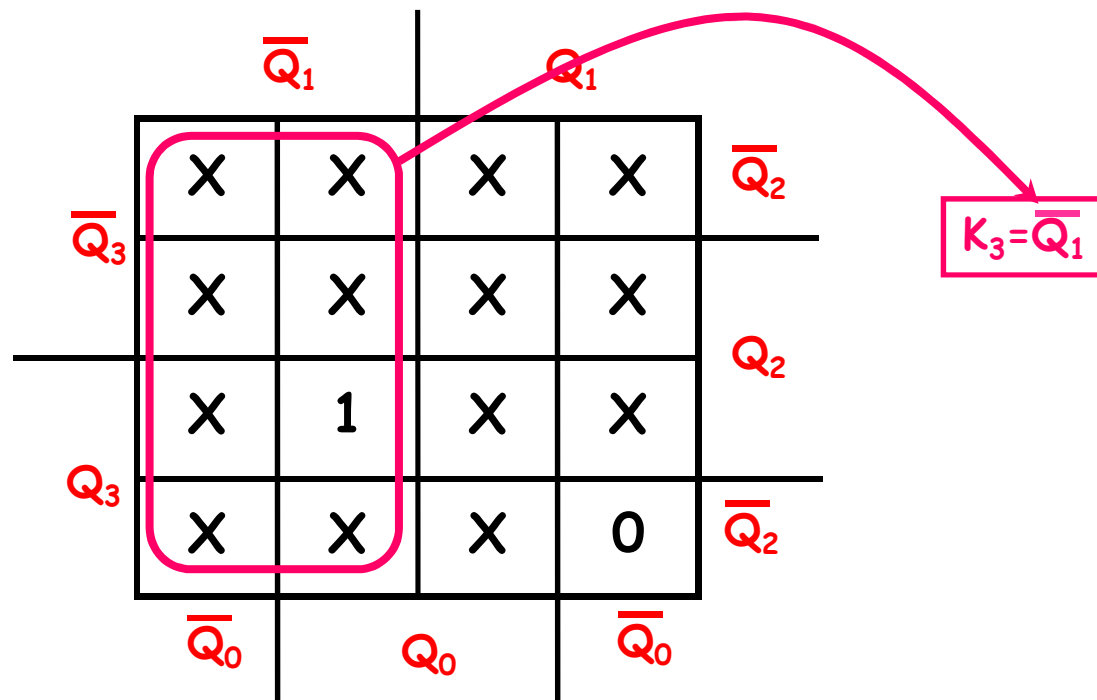
Solução

5. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência.



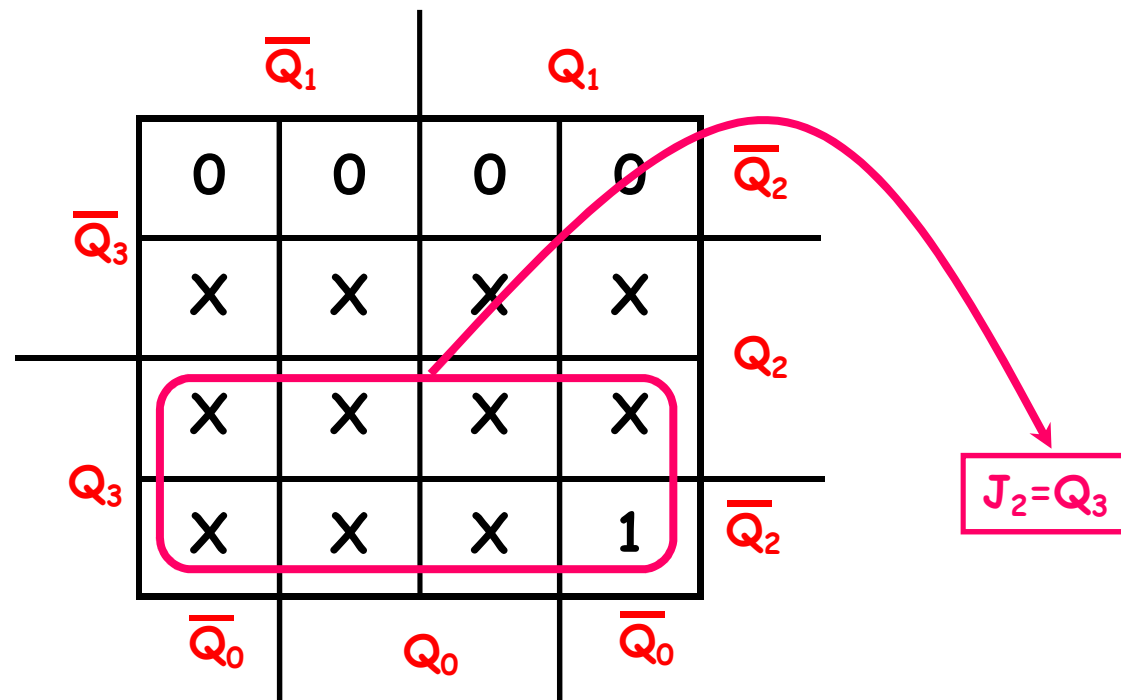
Solução

5. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência.



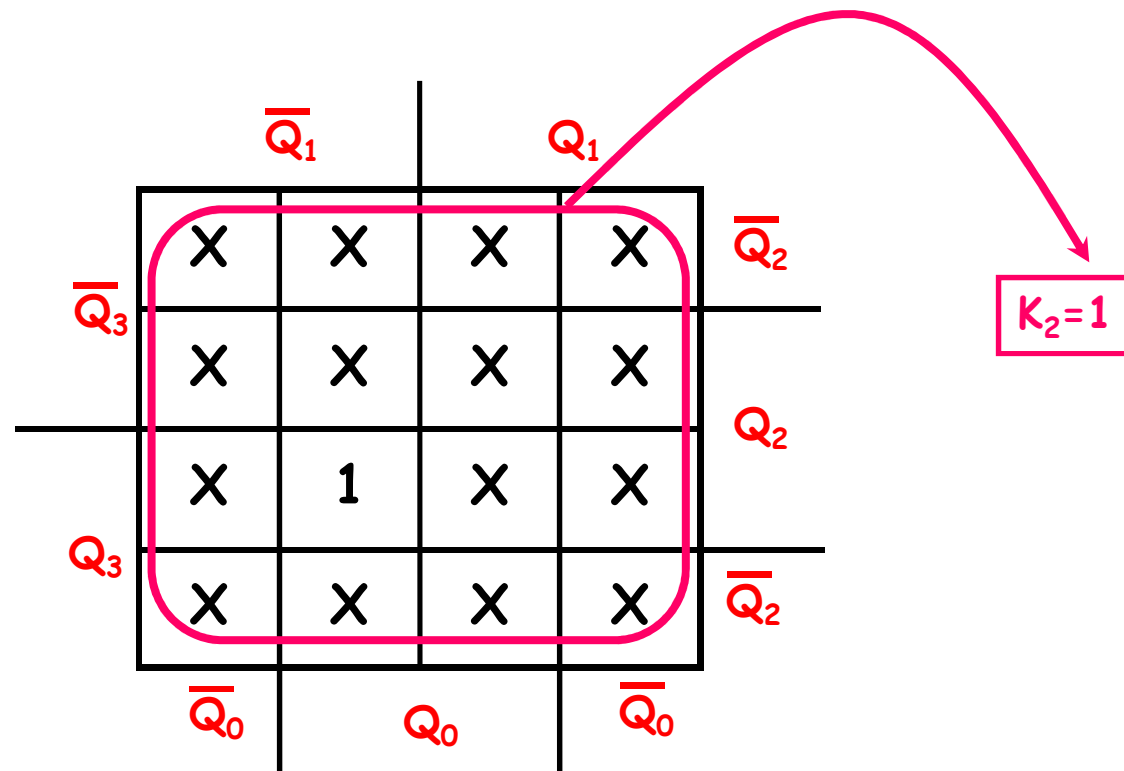
Solução

5. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência.



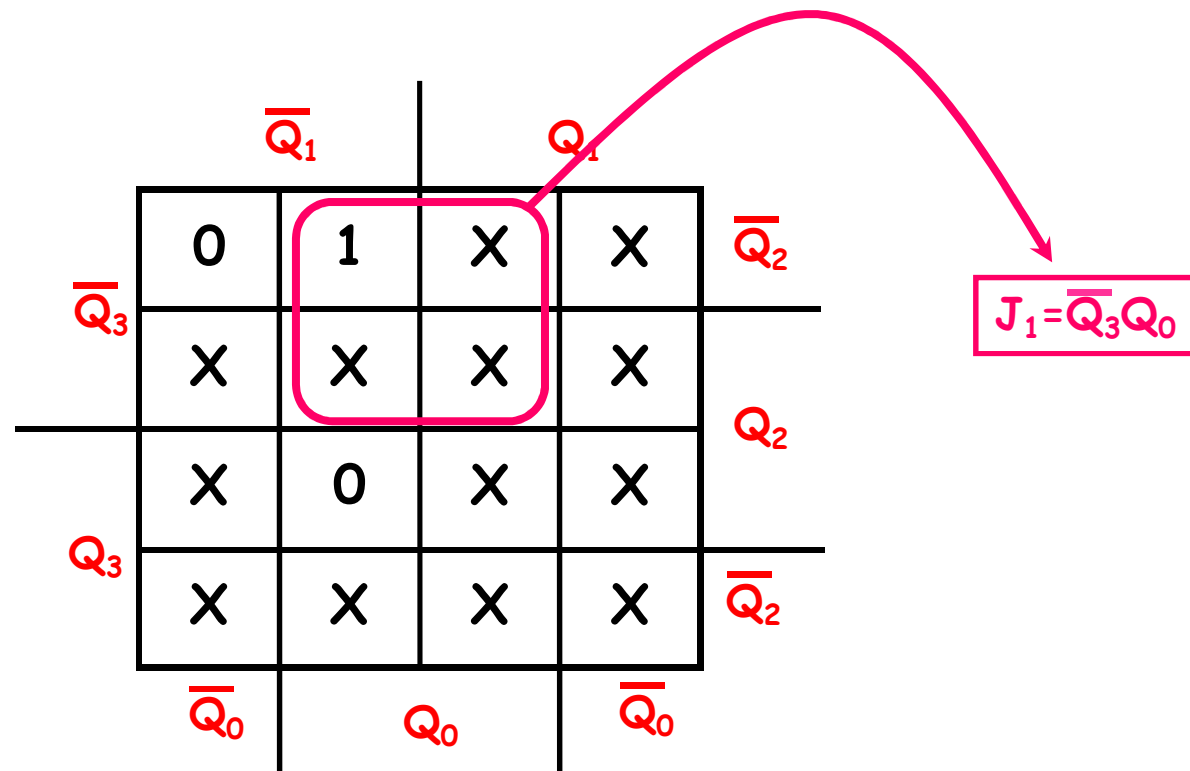
Solução

5. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência.



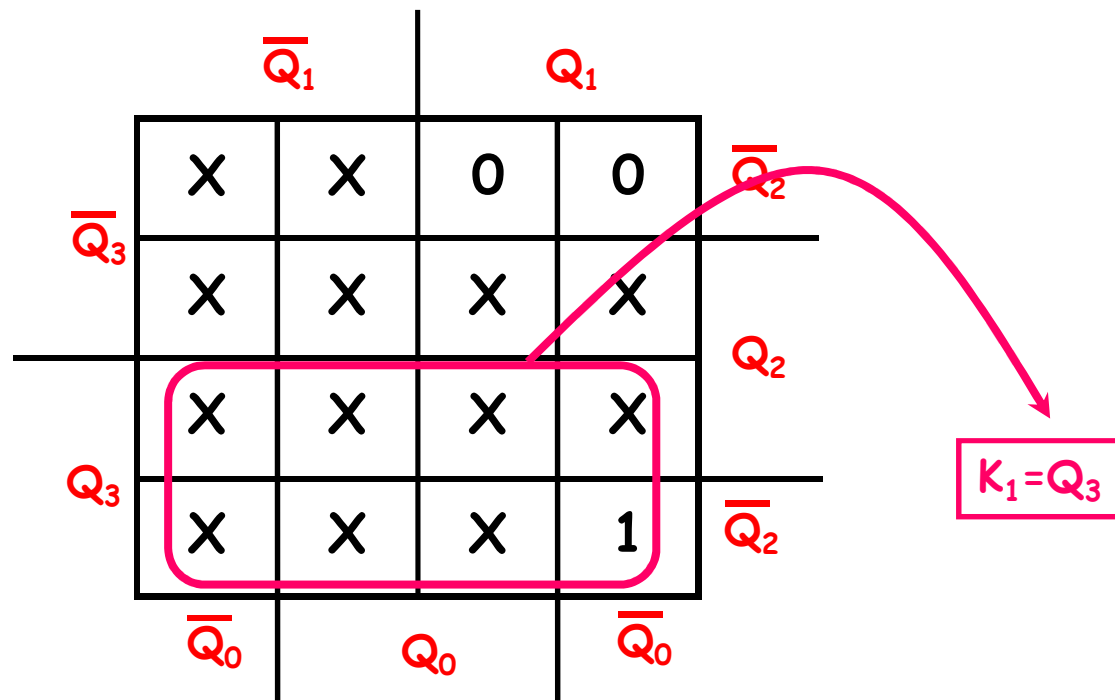
Solução

5. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência.



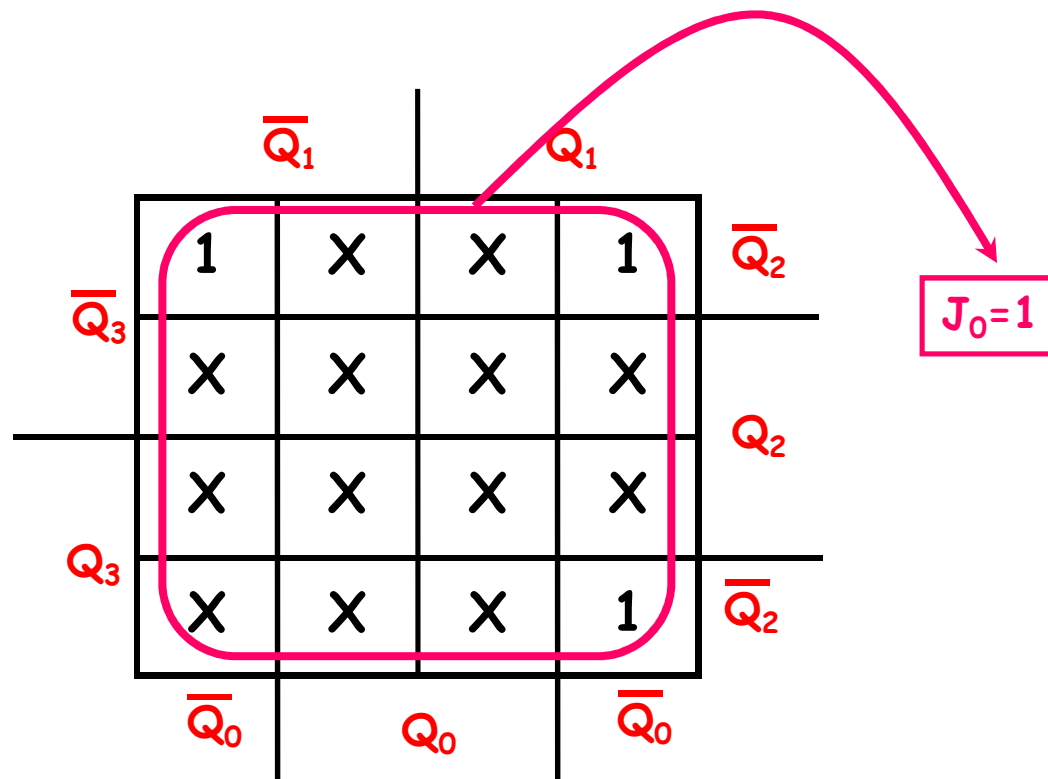
Solução

5. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência.



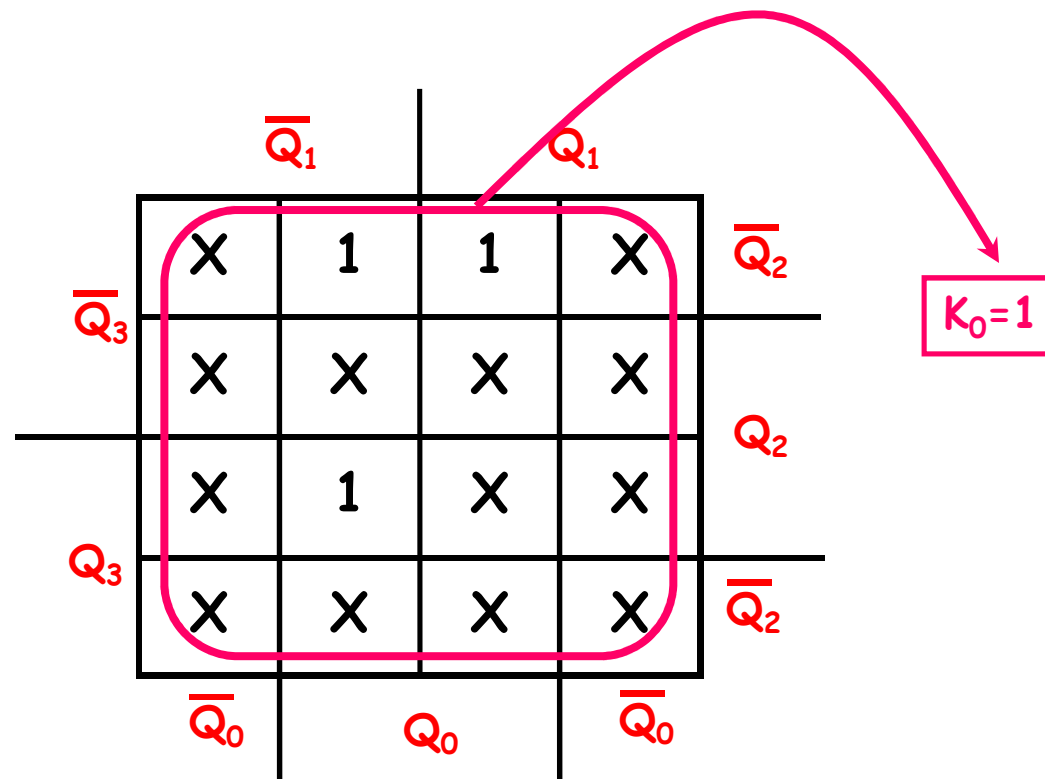
Solução

5. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência.



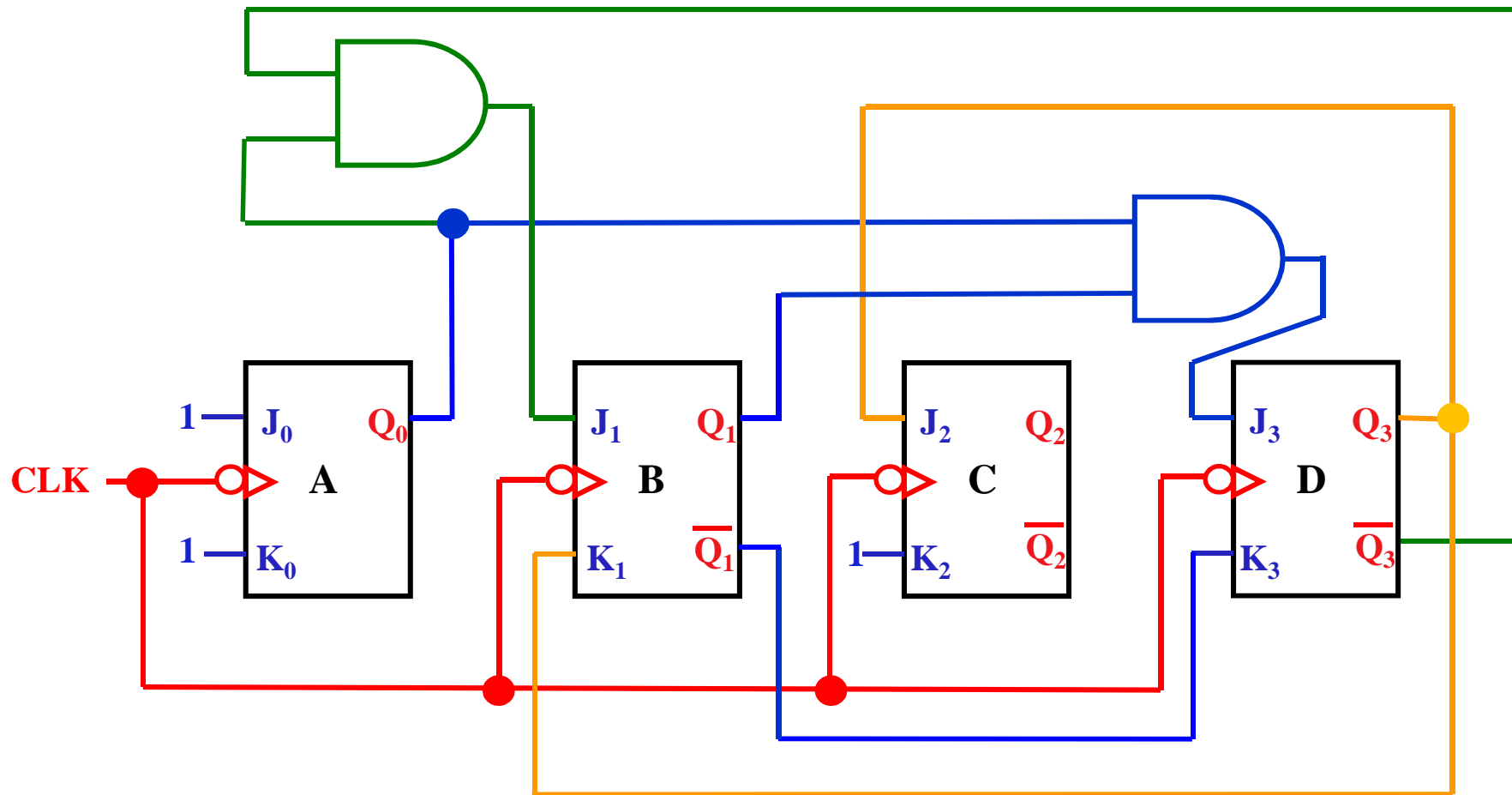
Solução

5. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência.



Solução

5. Projete um contador síncrono para contar a seguinte sequência.



Resumo da Aula de Hoje

Tópicos mais importantes:

- Contadores Síncronos