

# Aula 13

- Contadores
  - Contadores Síncronos
    - Contador Síncrono Gerador de Código Binário de 4 bits
    - Contador de Década
    - Contador Gerador de uma sequência qualquer
    - Contadores de Anel
    - Contadores Utilizados em Circuitos Temporizados

# Contadores síncronos

Estes contadores possuem entradas clock curto-circuitadas, ou seja, o clock entra em todos os flip-flops simultaneamente, fazendo todos atuarem de forma sincronizada.

Para que haja mudanças de estado, devemos então estudar o comportamento das entradas J e K dos vários flip-flops, para que tenhamos nas saídas, as sequências desejadas.

# Contadores síncronos

- 1) Se o flip-flop estiver em 0 ( $Q_a = 0$ ) e quisermos que o estado a ser assumido seja 0 ( $Q_f = 0$ ), podemos tanto manter o estado do flip-flop ( $J = 0, K = 0 \Rightarrow Q_f = Q_a$ ), como fixar 0 ( $J = 0, K = 1 \Rightarrow Q_f = 0$ ), logo, se  $J = 0$  e  $K = X$ , teremos a passagem de  $Q_a = 0$  para  $Q_f = 0$ .
- 2) Se o flip-flop estiver em 0 ( $Q_a = 0$ ) e quisermos que o estado a ser assumido seja 1 ( $Q_f = 1$ ), podemos tanto inverter o estado ( $J = 1, K = 1 \Rightarrow Q_f = \overline{Q_a}$ ), como fixarmos 1 ( $J = 1, K = 0 \Rightarrow Q_f = 1$ ), logo, se  $J = 1$  e  $K = X$ , teremos a passagem de  $Q_a = 0$  para  $Q_f = 1$ .
- 3) Quando o flip-flop estiver em 1 ( $Q_a = 1$ ) e quisermos que ele vá para 0 ( $Q_f = 0$ ), podemos inverter o estado ( $J = 1, K = 1 \Rightarrow Q_f = \overline{Q_a}$ ) ou fixar 0 ( $J = 0, K = 1 \Rightarrow Q_f = 0$ ), logo, se  $J = X$  e  $K = 1$ , teremos a passagem de  $Q_a = 1$  para  $Q_f = 0$ .
- 4) Quando o flip-flop estiver em 1 ( $Q_a = 1$ ) e quisermos que ele permaneça em 1 ( $Q_f = 1$ ), podemos manter o estado ( $J = 0, K = 0 \Rightarrow Q_f = Q_a$ ) ou fixarmos 1 ( $J = 1, K = 0 \Rightarrow Q_f = 1$ ), logo, se  $J = X$  e  $K = 0$ , teremos a passagem de  $Q_a = 1$  para  $Q_f = 1$ .

J	K	Qf	
0	0	$Q_a$	(mantém o estado)
0	1	0	(fixa 0)
1	0	1	(fixa 1)
1	1	$\overline{Q_a}$	(inverte o estado)

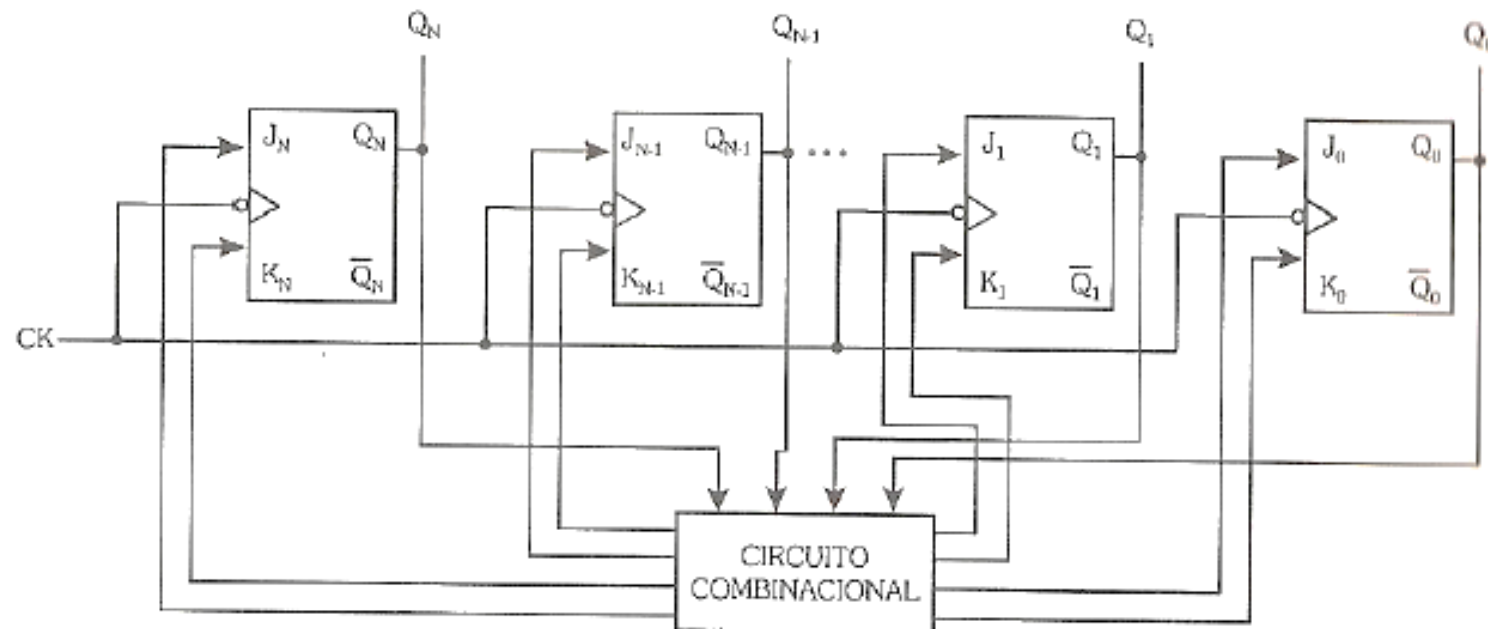


	$Q_a$	$Q_f$	J	K
1)	0	0	0	X
2)	0	1	1	X
3)	1	0	X	1
4)	1	1	X	0

# Contadores síncronos

De posse dos resultados das entradas J e K dos flip-flops para a sequência desejada, obtidos na tabela, efetuamos as simplificações e montamos um circuito combinacional que em função das saídas dos flip-flops irá atuar nestas entradas para processar as mudanças de estado.

Genericamente, um contador síncrono possui o esquema visto na figura:




# Contadores síncronos

## Contador Síncrono Gerador de código binário de 4 bits

Para gerarmos esse código, necessitamos de 4 flip-flops JK mestre-escravo, ou seja, um flip-flop para cada bit do código:

ck	Q <sub>3</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>0</sub>
1ª	0	0	0	0
2ª	0	0	0	1
3ª	0	0	1	0
4ª	0	0	1	1
5ª	0	1	0	0
6ª	0	1	0	1
7ª	0	1	1	0
8ª	0	1	1	1
9ª	1	0	0	0
10ª	1	0	0	1
11ª	1	0	1	0
12ª	1	0	1	1
13ª	1	1	0	0
14ª	1	1	0	1
15ª	1	1	1	0
16ª	1	1	1	1



# Contadores síncronos

## Contador Síncrono Gerador de código binário de 4 bits

Esta tabela apresenta a sequencia que as saídas dos flip-flops devem assumir em função da presença de pulsos de clock. Para o projeto, devemos estudar, para cada caso, o comportamento das entradas J e K dos flip-flops e levantar o circuito necessário para gerar a sequencia.

Vamos supor que ao ligarmos o contador, ele assuma o seguinte estado inicial:

$Q_3$	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$
0	0	0	0

E deverá, após o 1º pulso e clock, passar para o estado seguinte:

$Q_3$	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$
0	0	0	1

# Contadores síncronos

## Contador Síncrono Gerador de código binário de 4 bits

Sob a presença do 1º pulso do clock temos:

- ⇒  $Q_3$  : estava em 0, deve passar para 0, logo, antes do 1º pulso de clock, devemos ter as seguintes entradas neste flip-flop:  $J_3 = 0$  e  $K_3 = X$  ( $J = 0$  e  $K = X \Rightarrow Q_a = 0$  passa para  $Q_f = 0$ ).
- ⇒  $Q_2$  : caso análogo a  $Q_3$  , logo  $J_2 = 0$  e  $K_2 = X$ .
- ⇒  $Q_1$  : idem, logo,  $J_1 = 0$  e  $K_1 = X$ .
- ⇒  $Q_0$  : estava em 0, após o 1º pulso de clock deve mudar para 1, logo antes do 1º pulso de clock, devemos ter as seguintes entradas neste flip-flop:  $J_0 = 1$  e  $K_0 = X$  ( $J = 1$  e  $K = X \Rightarrow Q_a = 0$  passa para  $Q_f = 1$ ).



# Contadores síncronos

## Contador Síncrono Gerador de código binário de 4 bits

Podemos a partir da análise, escrever a primeira linha da tabela verdade:

Descida do pulso de clock	$Q_3$	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$	$J_3$	$K_3$	$J_2$	$K_2$	$J_1$	$K_1$	$J_0$	$K_0$
1ª	0	0	0	0	0	X	0	X	0	X	1	X
	0	0	0	1								

O contador agora está no estado:

$Q_3$	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$
0	0	0	1

## Contador Síncrono Gerador de código binário de 4 bits

E deve após o 2º pulso, passar para:

$Q_3$	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$
0	0	1	0

Vamos, então, analisar as entradas J e K para este caso:

- ⇒  $Q_3$ : estava em 0 e deve permanecer em 0, logo, antes do 2º pulso de clock, devemos ter a seguinte situação de entrada:  $J_3 = 0$  e  $K_3 = X$
- ⇒  $Q_2$ : possui caso análogo a  $Q_3$ , logo  $J_2 = 0$  e  $K_2 = X$ .
- ⇒  $Q_1$ : estava em 0 e deve passar para 1, logo, antes do 2º pulso de clock, devemos ter a seguinte situação de entrada no flip-flop:  $J_1 = 1$  e  $K_1 = X$ .
- ⇒  $Q_0$ : estava em 1 e deve passar para 0, logo antes do 2º pulso de clock, devemos ter a seguinte situação de entrada:  $J_0 = X$  e  $K_0 = 1$ .

# Contadores síncronos

## Contador Síncrono Gerador de código binário de 4 bits

Podemos, a partir disso, escrever a segunda linha da tabela verdade:

Descida do pulso de clock	$Q_3$	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$	$J_3$	$K_3$	$J_2$	$K_2$	$J_1$	$K_1$	$J_0$	$K_0$
1 <sup>a</sup>	0	0	0	0	0	X	0	X	0	X	1	X
2 <sup>a</sup>	0	0	0	1	0	X	0	X	1	X	X	1
	0	0	1	0								

	$Q_3$	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$
estado 2 →	0	0	1	0
estado 3 →	0	0	1	1

- $Q_3$  : vai de 0 para 0 →  $J_3 = 0$  e  $K_3 = X$
- $Q_2$  : vai de 0 para 0 →  $J_2 = 0$  e  $K_2 = X$
- $Q_1$  : vai de 1 para 1 →  $J_1 = X$  e  $K_1 = 0$
- $Q_0$  : vai de 0 para 1 →  $J_0 = 1$  e  $K_0 = X$

# Contadores síncronos

## Contador Síncrono Gerador de código binário de 4 bits

A tabela verdade até a 3ª linha será

Descidas do pulso de clock	$Q_3$	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$	$J_3$	$K_3$	$J_2$	$K_2$	$J_1$	$K_1$	$J_0$	$K_0$
1ª	0	0	0	0	0	X	0	X	0	X	1	X
2ª	0	0	0	1	0	X	0	X	1	X	X	1
3ª	0	0	1	0	0	X	0	X	X	0	1	X
	0	0	1	1								

# Contadores síncronos

## Contador Síncrono Gerador de código binário de 4 bits

Descidas do pulso de clock	$Q_3$	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$	$J_3$	$K_3$	$J_2$	$K_2$	$J_1$	$K_1$	$J_0$	$K_0$
1ª	0	0	0	0	0	X	0	X	0	X	1	X
2ª	0	0	0	1	0	X	0	X	1	X	X	1
3ª	0	0	1	0	0	X	0	X	X	0	1	X
4ª	0	0	1	1	0	X	1	X	X	1	X	1
5ª	0	1	0	0	0	X	X	0	0	X	1	X
6ª	0	1	0	1	0	X	X	0	1	X	X	1
7ª	0	1	1	0	0	X	X	0	X	0	1	X
8ª	0	1	1	1	1	X	X	1	X	1	X	1
9ª	1	0	0	0	X	0	0	X	0	X	1	X
10ª	1	0	0	1	X	0	0	X	1	X	X	1
11ª	1	0	1	0	X	0	0	X	X	0	1	X
12ª	1	0	1	1	X	0	1	X	X	1	X	1
13ª	1	1	0	0	X	0	X	0	0	X	1	X
14ª	1	1	0	1	X	0	X	0	1	X	X	1
15ª	1	1	1	0	X	0	X	0	X	0	1	X
16ª	1	1	1	1	X	1	X	1	X	1	X	1

Notamos que, no projeto, o estado 0 foi considerado após o estado 15, pois ao final, o contador deve reiniciar a contagem.

Para obter as expressões de  $J_3$ ,  $K_3$ ,  $J_2$ ,  $K_2$ ,  $J_1$ ,  $K_1$ ,  $J_0$ ,  $K_0$ , simplificadas, vamos utilizar diagramas de Veitch-Karnaugh.

# Contadores síncronos

## Contador Síncrono Gerador de código binário de 4 bits

$J_3$ :

	$\bar{Q}_1$		$Q_1$		
$\bar{Q}_3$	0	0	0	0	$\bar{Q}_2$
	0	0	1	0	
$Q_3$	X	X	X	X	$Q_2$
	X	X	X	X	$\bar{Q}_2$
	$\bar{Q}_0$		$Q_0$		

(a)

$$J_3 = Q_2 Q_1 Q_0$$

$$\therefore J_3 = K_3 = Q_2 Q_1 Q_0$$

$K_3$ :

	$\bar{Q}_1$		$Q_1$		
$\bar{Q}_3$	X	X	X	X	$\bar{Q}_2$
	X	X	X	X	
$Q_3$	0	0	1	0	$Q_2$
	0	0	0	0	$\bar{Q}_2$
	$\bar{Q}_0$		$Q_0$		

(b)

$$K_3 = Q_2 Q_1 Q_0$$

# Contadores síncronos

## Contador Síncrono Gerador de código binário de 4 bits

$J_2$ :

	$\bar{Q}_1$	$Q_1$	
$\bar{Q}_3$	0	0	1
	X	X	X
$Q_2$	X	X	X
$Q_3$	0	0	1
	$\bar{Q}_0$	$Q_0$	$\bar{Q}_0$

(c)

$$J_2 = Q_1 Q_0$$

$$\therefore J_2 = K_2 = Q_1 Q_0$$

$K_2$ :

	$\bar{Q}_1$	$Q_1$	
$\bar{Q}_3$	X	X	X
	0	0	1
$Q_2$	0	0	1
$Q_3$	X	X	X
	$\bar{Q}_0$	$Q_0$	$\bar{Q}_0$

(d)

$$K_2 = Q_1 Q_0$$



# Contadores síncronos

## Contador Síncrono Gerador de código binário de 4 bits

$J_1$ :

	$\bar{Q}_1$	$Q_1$	
$\bar{Q}_3$	0	1	X
$Q_3$	0	1	X
$\bar{Q}_2$	0	1	X
$Q_2$	0	1	X
$\bar{Q}_0$	0	1	X
$Q_0$	0	1	X

(e)

$$J_1 = Q_0$$

$$\therefore J_1 = K_1 = Q_0$$

$K_1$ :

	$\bar{Q}_1$	$Q_1$	
$\bar{Q}_3$	X	X	1
$Q_3$	X	X	1
$\bar{Q}_2$	X	X	1
$Q_2$	X	X	1
$\bar{Q}_0$	X	X	1
$Q_0$	X	X	1

(f)

$$K_1 = Q_0$$



# Contadores síncronos

## Contador Síncrono Gerador de código binário de 4 bits

$J_0$ :

		$\bar{Q}_1$		$Q_1$			
$\bar{Q}_3$		1	X	X	1	$\bar{Q}_2$	
		1	X	X	1		
$Q_3$		1	X	X	1	$Q_2$	
		1	X	X	1		
		$\bar{Q}_0$	$Q_0$	$\bar{Q}_0$			

(g)

$$J_0 = 1$$

$$\therefore J_0 = K_0 = 1$$

$K_0$ :

		$\bar{Q}_1$		$Q_1$			
$\bar{Q}_3$		X	1	1	X	$\bar{Q}_2$	
		X	1	1	X		
$Q_3$		X	1	1	X	$Q_2$	
		X	1	1	X		
		$\bar{Q}_0$	$Q_0$	$\bar{Q}_0$			

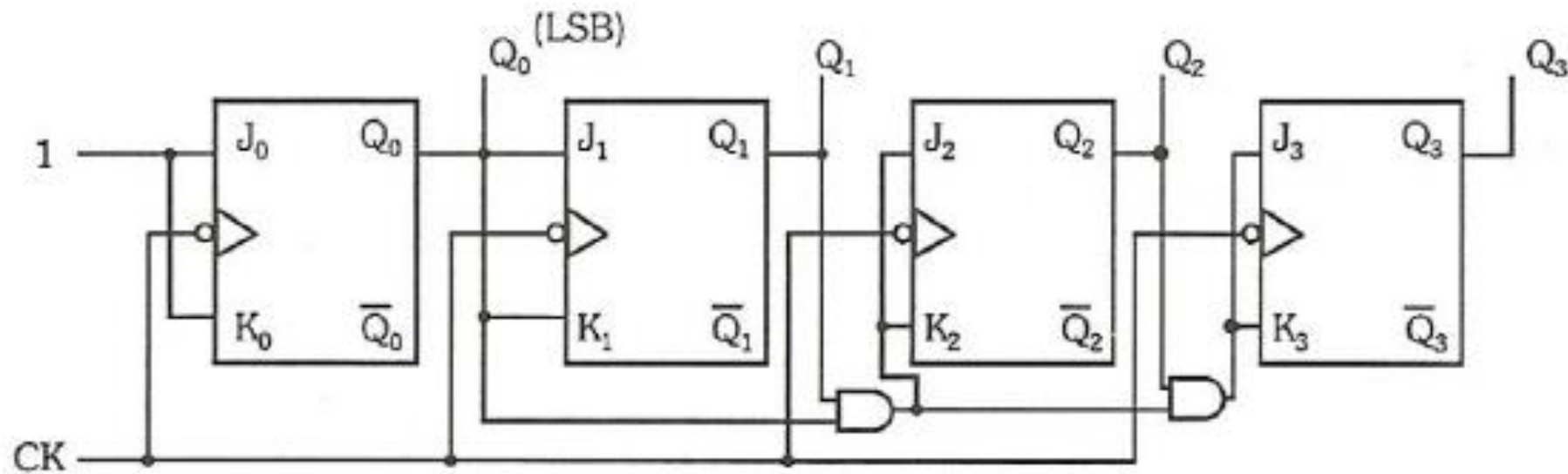
(h)

$$K_0 = 1$$

# Contadores síncronos

## Contador Síncrono Gerador de código binário de 4 bits

O circuito completo deste contador:




As entradas clear e preset dos flip-flops poderiam, da mesma forma que nos contadores assíncronos, ser utilizadas para estabelecer o caso inicial, zerar o contador, ou ainda, fixar qualquer caso no decorrer da contagem

# Contadores síncronos

## Contador de Década

Verificando o comportamento das estradas J e K:



Q <sub>3</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>0</sub>	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	0	0	0	0	X	0	X	0	X	1	X
0	0	0	1	0	X	0	X	1	X	X	1
0	0	1	0	0	X	0	X	X	0	1	X
0	0	1	1	0	X	1	X	X	1	X	1
0	1	0	0	0	X	X	0	0	X	1	X
0	1	0	1	0	X	X	0	1	X	X	1
0	1	1	0	0	X	X	0	X	0	1	X
0	1	1	1	1	X	X	1	X	1	X	1
1	0	0	0	X	0	0	X	0	X	1	X
1	0	0	1	X	1	0	X	0	X	X	1

Supondo conseguir o estado inicial através das entradas clear e preset, vamos considerar os estados não pertencentes à sequência com o irrelevantes.

# Contadores síncronos

## Contador de Década

$J_3$ :

	$\bar{Q}_1$	$Q_1$	
$\bar{Q}_3$	0	0	0
	0	0	1
$Q_3$	X	X	X
	X	X	X

(a)  
 $J_3 = Q_2 Q_1 Q_0$

$K_3$ :

	$\bar{Q}_1$	$Q_1$	
$\bar{Q}_3$	X	X	X
	X	X	X
$Q_3$	X	X	X
	0	1	X

(b)  
 $K_3 = Q_0$

$J_2$ :

	$\bar{Q}_1$	$Q_1$	
$\bar{Q}_3$	0	0	1
	X	X	X
$Q_3$	X	X	X
	0	0	X

(c)  
 $J_2 = Q_1 Q_0$

$K_2$ :

	$\bar{Q}_1$	$Q_1$	
$\bar{Q}_3$	X	X	X
	0	0	1
$Q_3$	X	X	X
	X	X	X

(d)  
 $K_2 = Q_1 Q_0$

# Contadores síncronos

## Contador de Década

**J<sub>1</sub>:**

	$\bar{Q}_1$		$Q_1$		
$\bar{Q}_3$	0	1	X	X	$\bar{Q}_2$
	0	1	X	X	
$Q_3$	X	X	X	X	$Q_2$
	0	0	X	X	
	$\bar{Q}_0$	$Q_0$	$\bar{Q}_0$		

(e)

$J_1 = Q_0 \bar{Q}_3$

**K<sub>1</sub>:**

	$\bar{Q}_1$		$Q_1$		
$\bar{Q}_3$	X	X	1	0	$\bar{Q}_2$
	X	X	1	0	
$Q_3$	X	X	X	X	$Q_2$
	X	X	X	X	
	$\bar{Q}_0$	$Q_0$	$\bar{Q}_0$		

(f)

$K_1 = Q_0$

**J<sub>0</sub>:**

	$\bar{Q}_1$		$Q_1$		
$\bar{Q}_3$	1	X	X	1	$\bar{Q}_2$
	1	X	X	1	
$Q_3$	X	X	X	X	$Q_2$
	1	X	X	X	
	$\bar{Q}_0$	$Q_0$	$\bar{Q}_0$		

(g)

$J_0 = 1$

**K<sub>0</sub>:**

	$\bar{Q}_1$		$Q_1$		
$\bar{Q}_3$	X	1	1	X	$\bar{Q}_2$
	X	1	1	X	
$Q_3$	X	X	X	X	$Q_2$
	X	1	X	X	
	$\bar{Q}_0$	$Q_0$	$\bar{Q}_0$		

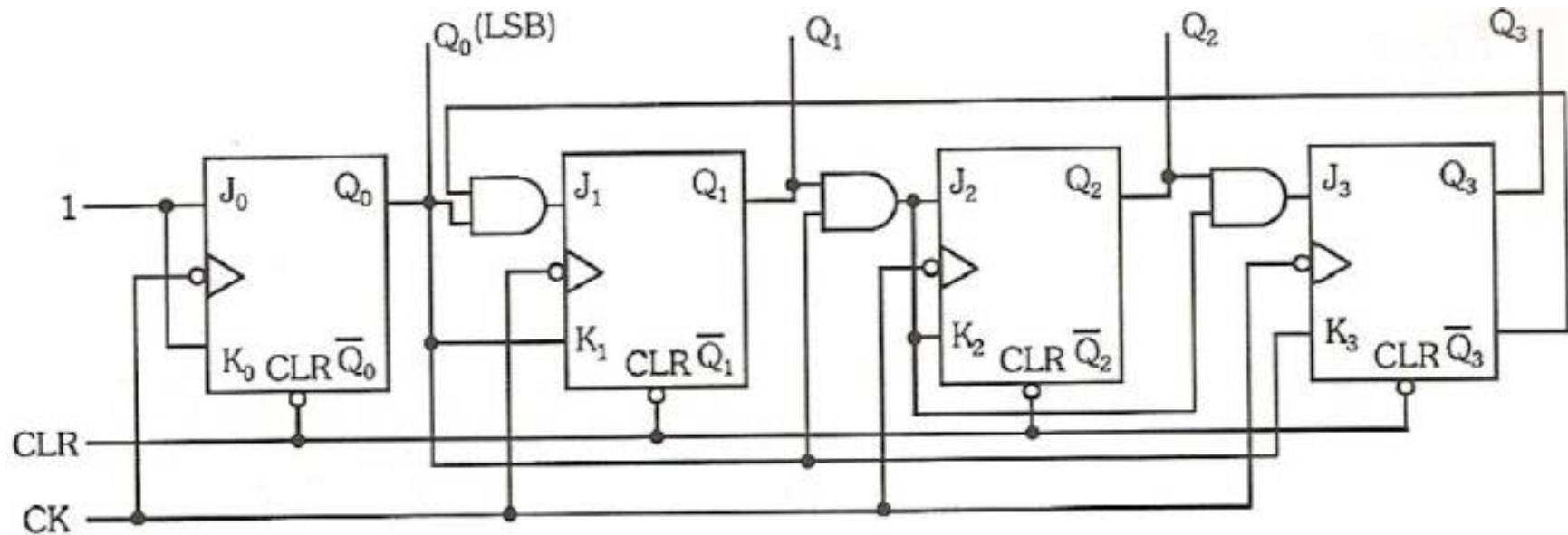
(h)

$K_0 = 1$

# Contadores síncronos

## Contador de Década

Circuito obtido das Expressões:



### Contador Gerador de uma sequência qualquer

Podemos construir um contador que gere uma sequência qualquer, para isso:

- Estabelecemos a sequência
- Seguimos o método já conhecido (determinação das entradas J e K)
- Os estados que não fizerem parte da sequência deverão ser considerados como condições irrelevantes, ou ser encadeados objetivando atingir o estado inicial

# Contadores síncronos

## Contador Gerador de uma sequência qualquer

Ex.: construir um contador que gere a seguinte sequência:

0 → 1 → 2 → 3 → 10 → 13 → 0

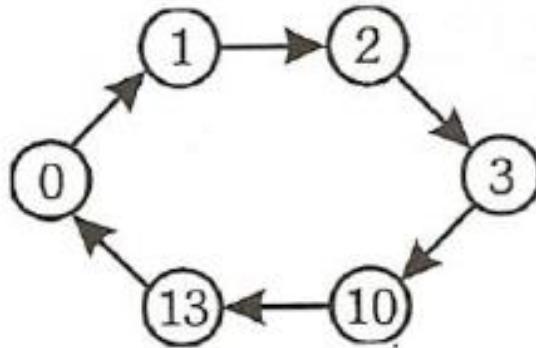


Diagrama de estados

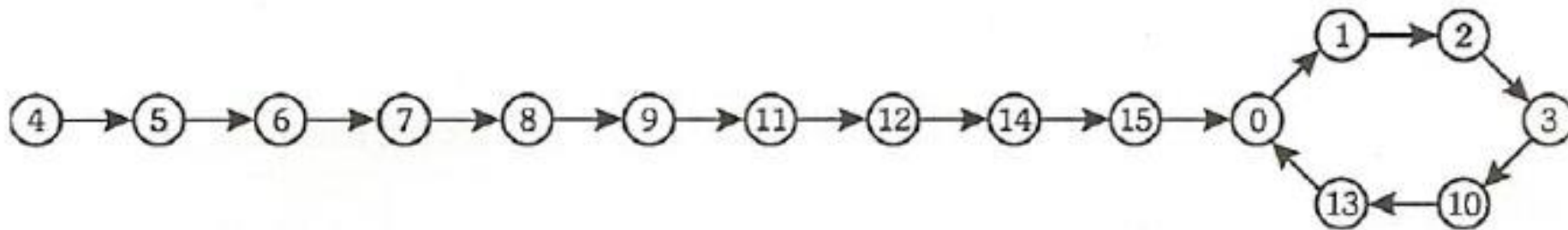


# Contadores síncronos

## Contador Gerador de uma sequência qualquer

Notamos que os estados que não pertencem à sequência são: 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 14 e 15.

Vamos fazer então que o contador estando no estado 4, após o pulso de clock, vá para o estado 5, desta para o 6 e assim sucessivamente, até que do estado 15 vá para o 0 e inicie a sequência:



Notamos que este contador, na pior das hipóteses (no estado 4), irá entrar no loop da sequência após o 10º pulso do de clock

# Contadores síncronos

# Contador Gerador de uma sequência qualquer

[illegible]

# Contadores síncronos

## Contador Gerador de uma sequência qualquer

$J_3$ :

	$\bar{Q}_1$	$Q_1$	
$\bar{Q}_3$	0	1	$\bar{Q}_2$
$Q_3$	0	1	$Q_2$
	X	X	
	X	X	

(a)

$$J_3 = Q_1 Q_0$$

$K_3$ :

	$\bar{Q}_1$	$Q_1$	
$\bar{Q}_3$	X	X	$\bar{Q}_2$
$Q_3$	X	X	$Q_2$
	0	1	
	0	0	

(b)

$$K_3 = Q_2 Q_0$$

$J_2$ :

	$\bar{Q}_1$	$Q_1$	
$\bar{Q}_3$	0	0	$\bar{Q}_2$
$Q_3$	X	X	$Q_2$
	X	X	
	0	1	

(c)

$$J_2 = Q_3 Q_1$$

$K_2$ :

	$\bar{Q}_1$	$Q_1$	
$\bar{Q}_3$	X	X	$\bar{Q}_2$
$Q_3$	0	1	$Q_2$
	0	1	
	X	X	

(d)

$$K_2 = Q_3 Q_0 + Q_1 Q_0$$

# Contadores síncronos

## Contador Gerador de uma sequência qualquer

$J_1$ :

	$\bar{Q}_1$	$Q_1$	
$\bar{Q}_3$	0	1	X
$Q_3$	0	1	X
$\bar{Q}_3$	1	0	X
$Q_3$	0	1	X
	$\bar{Q}_0$	$Q_0$	$\bar{Q}_0$

(e)

$$J_1 = Q_0 \bar{Q}_3 + Q_0 \bar{Q}_2 + Q_3 Q_2 \bar{Q}_0$$

$$J_1 = Q_0 (\bar{Q}_3 + \bar{Q}_2) + \bar{Q}_0 (Q_3 Q_2)$$

$$J_1 = Q_0 (\overline{Q_3 Q_2}) + \bar{Q}_0 (Q_3 Q_2)$$

$$J_1 = Q_0 \oplus (Q_3 Q_2)$$

$K_1$ :

	$\bar{Q}_1$	$Q_1$	
$\bar{Q}_3$	X	X	0
$Q_3$	X	X	1
$\bar{Q}_3$	X	X	1
$Q_3$	X	X	1
	$\bar{Q}_0$	$Q_0$	$\bar{Q}_0$

(f)

$$K_1 = Q_2 Q_0 + Q_3 \bar{Q}_2$$

$J_0$ :

	$\bar{Q}_1$	$Q_1$	
$\bar{Q}_3$	1	X	X
$Q_3$	1	X	X
$\bar{Q}_3$	0	X	X
$Q_3$	1	X	X
	$\bar{Q}_0$	$Q_0$	$\bar{Q}_0$

(g)

$$J_0 = \bar{Q}_3 + \bar{Q}_2 + Q_1$$

$K_0$ :

	$\bar{Q}_1$	$Q_1$	
$\bar{Q}_3$	X	1	1
$Q_3$	X	1	1
$\bar{Q}_3$	X	1	1
$Q_3$	X	0	1
	$\bar{Q}_0$	$Q_0$	$\bar{Q}_0$

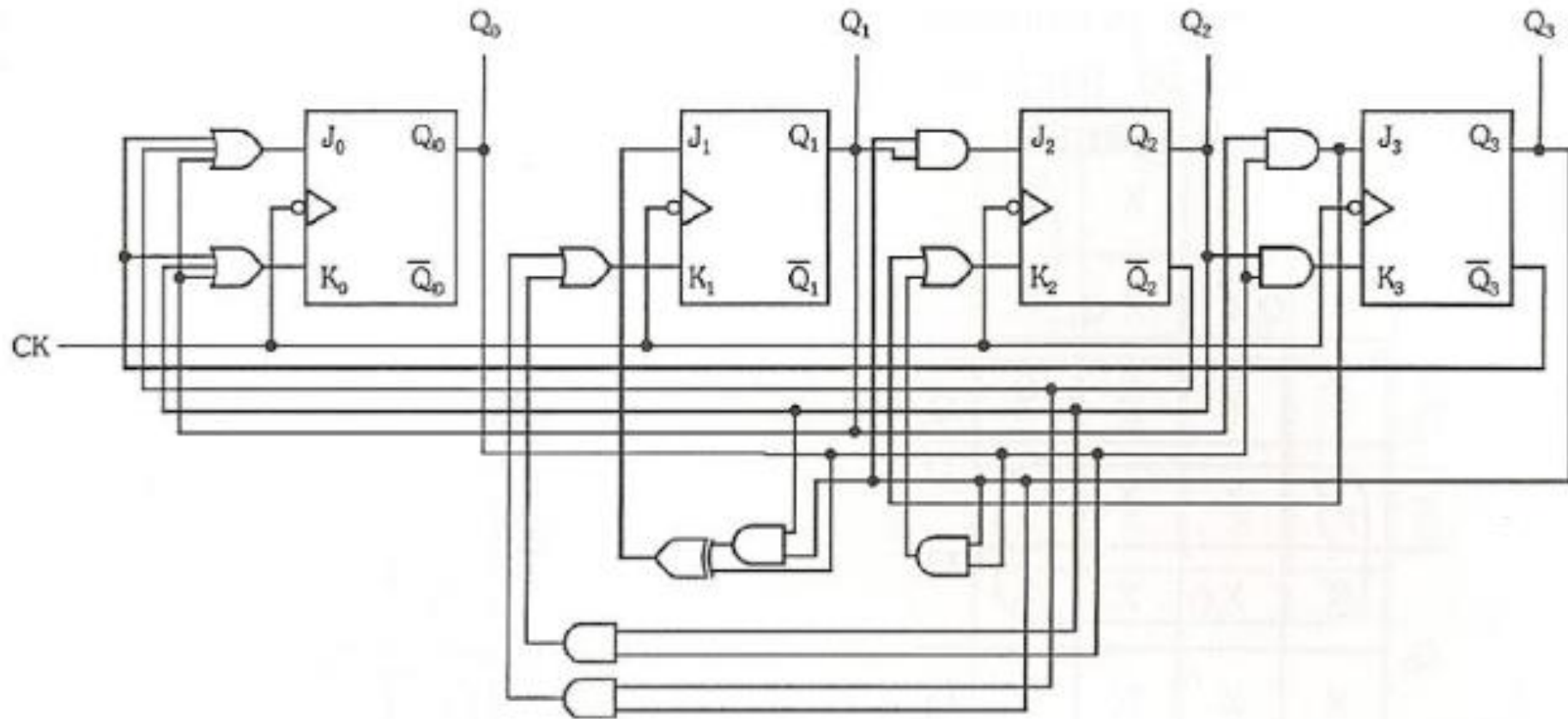
(h)

$$K_0 = \bar{Q}_3 + Q_2 + Q_1$$

# Contadores síncronos

# Contador Gerador de uma sequência qualquer

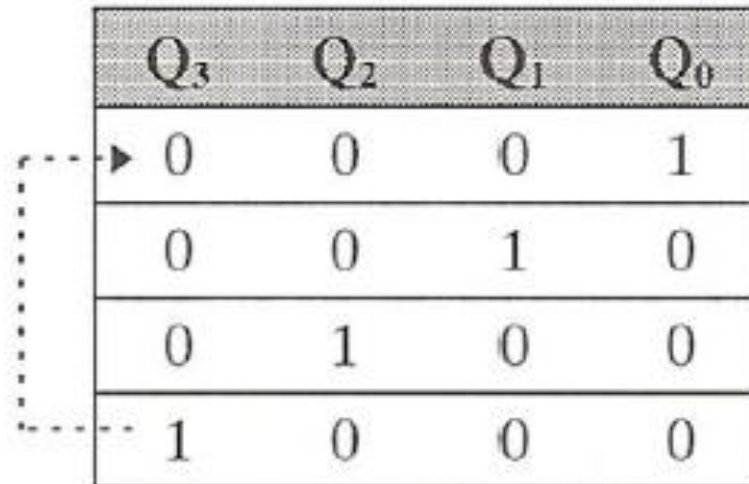
## O circuito:



# Contadores síncronos

## Contador de Anel

Este contador também conhecido em inglês com **Ring Counter**, irá gerar a sequência:




	$Q_3$	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$
▶	0	0	0	1
	0	0	1	0
	0	1	0	0
	1	0	0	0

# Contadores síncronos

## Contador de Anel

Comportamento de J e K perante a sequencia apresentada:



$Q_3$	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$	$J_3$	$K_3$	$J_2$	$K_2$	$J_1$	$K_1$	$J_0$	$K_0$
0	0	0	1	0	X	0	X	1	X	X	1
0	0	1	0	0	X	1	X	X	1	0	X
0	1	0	0	1	X	X	1	0	X	0	X
1	0	0	0	X	1	0	X	0	X	1	X



# Contadores síncronos

## Contador de Anel

Se obtivermos o estado inicial através das entradas preset e clear, faremos o contador permanecer sempre no loop da sequência, logo, os outros estados tornar-se-ão irrelevantes:

$J_3$ :

	$\bar{Q}_1$		$Q_1$		
$\bar{Q}_3$	X	0	X	0	$\bar{Q}_2$
	1	X	X	X	
$Q_3$	X	X	X	X	$Q_2$
	X	X	X	X	$\bar{Q}_2$
	$\bar{Q}_0$		$Q_0$		

(a)

$$J_3 = Q_2$$

$K_3$ :

	$\bar{Q}_1$		$Q_1$		
$\bar{Q}_3$	X	X	X	X	$\bar{Q}_2$
	X	X	X	X	
$Q_3$	X	X	X	X	$Q_2$
	1	X	X	X	$\bar{Q}_2$
	$\bar{Q}_0$		$Q_0$		

(b)

$$K_3 = \bar{Q}_2^*$$

\* Embora pudéssemos ligar a entrada  $K_3$  em 1 (agrupamento máximo), podemos também ligá-la à saída  $\bar{Q}_2$  (agrupamento da oitava  $\bar{Q}_2$ ).



# Contadores síncronos

## Contador de Anel

$J_2$ :

	$\bar{Q}_1$	$Q_1$	
$\bar{Q}_3$	X	0	X
$Q_3$	X	X	X
$Q_2$	X	X	X
$\bar{Q}_2$	0	X	X
	$\bar{Q}_0$	$Q_0$	$\bar{Q}_0$

(c)

$$J_2 = Q_1$$

$K_2$ :

	$\bar{Q}_1$	$Q_1$	
$\bar{Q}_3$	X	X	X
$Q_3$	1	X	X
$Q_2$	X	X	X
$\bar{Q}_2$	X	X	X
	$\bar{Q}_0$	$Q_0$	$\bar{Q}_0$

(d)

$$K_2 = \bar{Q}_1 *$$

$J_1$ :

	$\bar{Q}_1$	$Q_1$	
$\bar{Q}_3$	X	1	X
$Q_3$	0	X	X
$Q_2$	X	X	X
$\bar{Q}_2$	0	X	X
	$\bar{Q}_0$	$Q_0$	$\bar{Q}_0$

(e)

$$J_1 = Q_0$$

$K_1$ :

	$\bar{Q}_1$	$Q_1$	
$\bar{Q}_3$	X	X	1
$Q_3$	X	X	X
$Q_2$	X	X	X
$\bar{Q}_2$	X	X	X
	$\bar{Q}_0$	$Q_0$	$\bar{Q}_0$

(f)

$$K_1 = \bar{Q}_0 *$$

# Contadores síncronos

## Contador de Anel

$J_0$ :

	$\bar{Q}_1$	$Q_1$	
$\bar{Q}_3$	X	X	0
	0	X	X
$Q_3$	X	X	X
	1	X	X
	$\bar{Q}_0$	$Q_0$	$\bar{Q}_0$

(g)

$$J_0 = Q_3$$

\*  $K_2$ ,  $K_1$  e  $K_0$ , análogos a  $K_3$ .

$K_0$ :

	$\bar{Q}_1$	$Q_1$	
$\bar{Q}_3$	X	1	X
	X	X	X
$Q_3$	X	X	X
	X	X	X
	$\bar{Q}_0$	$Q_0$	$\bar{Q}_0$

(h)

$$K_0 = \bar{Q}_3^*$$

# Contadores síncronos

## Contador de Anel

O circuito:

