

**Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Engenharia Elétrica e Informática
Unidade Acadêmica de Sistemas e Computação
Curso de Bacharelado em Ciência da Computação**

Organização e Arquitetura de Computadores

Circuitos Lógicos Sequenciais (Parte III)

Profa. Joseana Macêdo Fachine Régis de Araújo
joseana@computacao.ufcg.edu.br

Carga Horária: 60 horas



Tópicos

Circuitos Lógicos Sequenciais

- Contadores

Projeto de Circuitos Sequenciais

Contadores

- O contador é um sistema sequencial que varia os seus estados, sob o comando de um *clock*, de acordo com uma sequência predeterminada.
- Os contadores são utilizados principalmente para contagens diversas, geração de palavras, divisão de frequência, medição de frequência e tempo, geração de forma de onda, conversão analógico/digital, sequenciamento de operações de máquinas, etc.
- Quando o contador é incrementado além do seu valor máximo, seu valor volta para 0.
- **Exemplo de contador da UCP – contador de programa (PC).**

Projeto de Circuitos Sequenciais

Configurações Básicas

- Os contadores podem ser classificados segundo alguns critérios:
 - **Tipo de controle:** Assíncrono, Síncrono.
 - **Tipo de contagem:** Crescente (up) e Decrescente (down)
 - **Tipo de código:** Hexadecimal, Decimal (Década), Outros

Projeto de Circuitos Sequenciais

- **Contadores Assíncronos** - a entrada *clock* se faz apenas no primeiro flip-flop, sendo as outras derivadas das saídas dos blocos anteriores. Ou seja, a saída de um flip-flop dispara uma mudança no estado do flip-flop seguinte. São relativamente lentos.
- **Contadores Síncronos** – o estado de todos os flip-flops é alterado simultaneamente. Por ser mais rápido, esse tipo de contador é utilizado, por exemplo, na CPU.

Projeto de Circuitos Sequenciais

Exemplo de Contador Assíncrono

Contador Hexadecimal Crescente

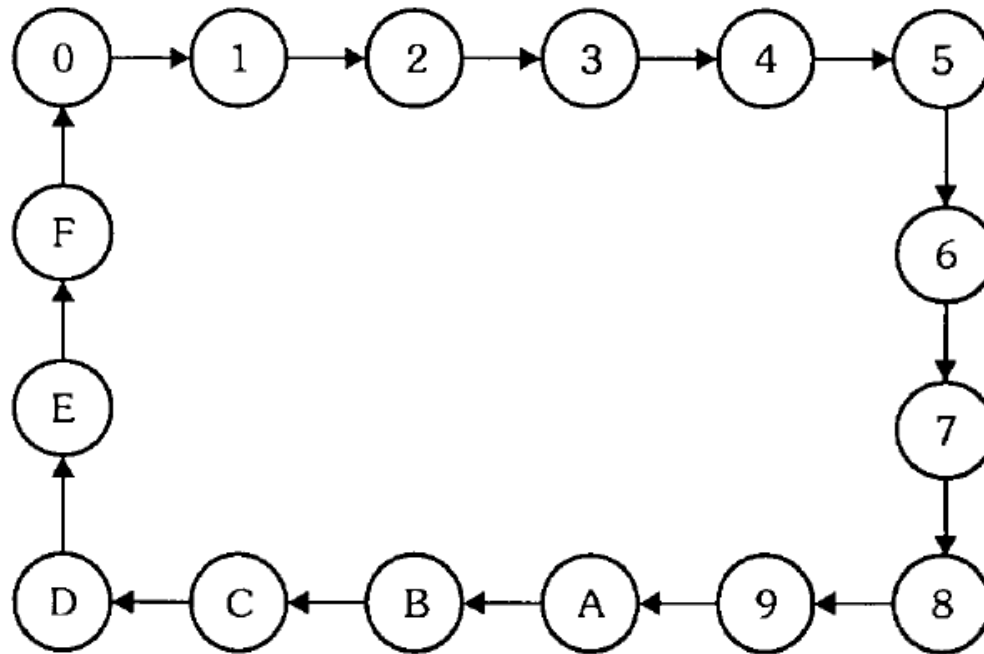
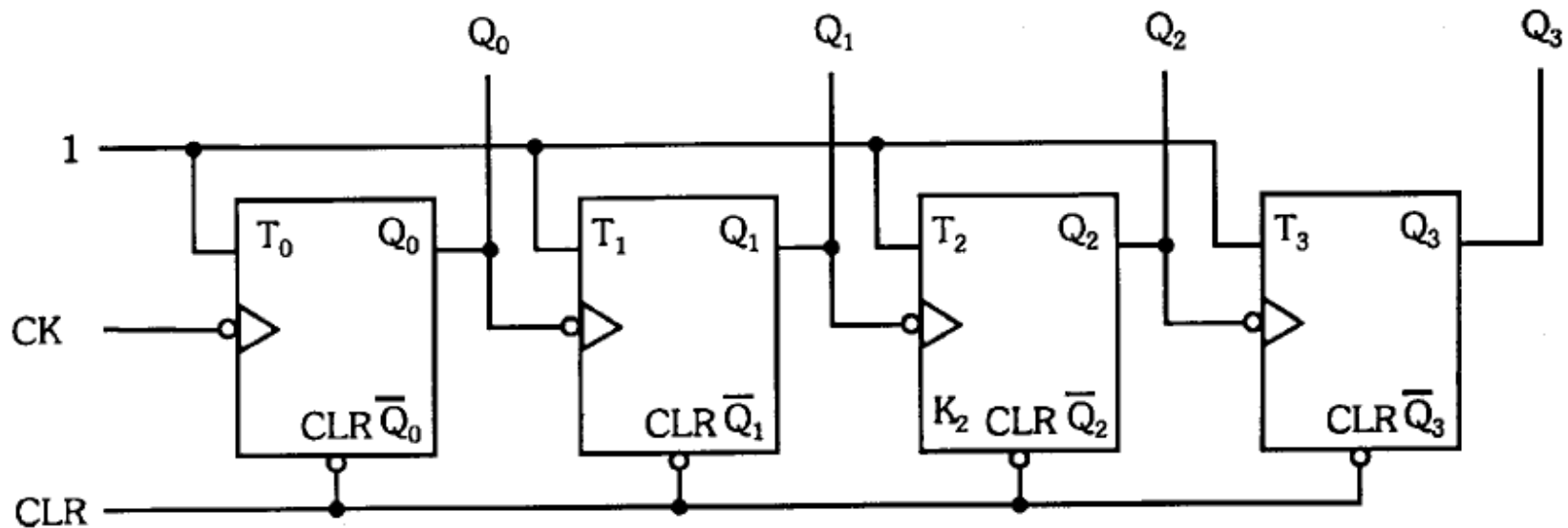


Diagrama de Estados

Projeto de Circuitos Sequenciais

- Exemplo de Contador Assíncrono
 - Contador Hexadecimal Crescente

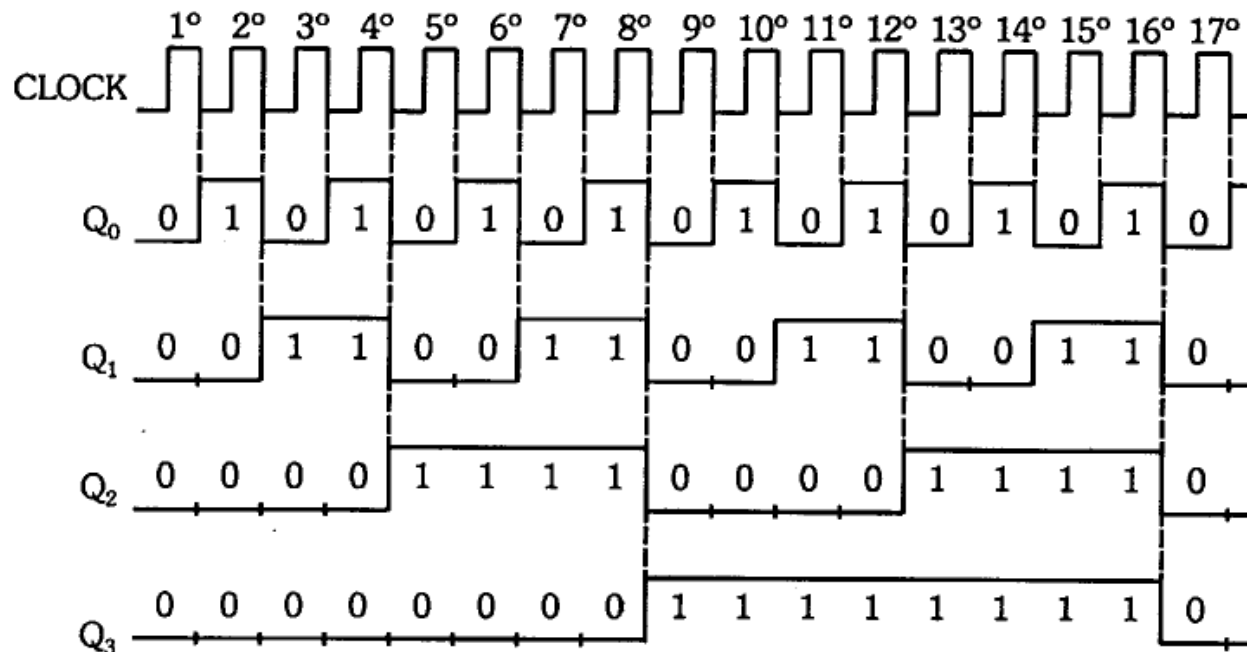


Contagem: 0000 a 1111 (0 a F)

Projeto de Circuitos Sequenciais

Contador Assíncrono Hexadecimais Crescente

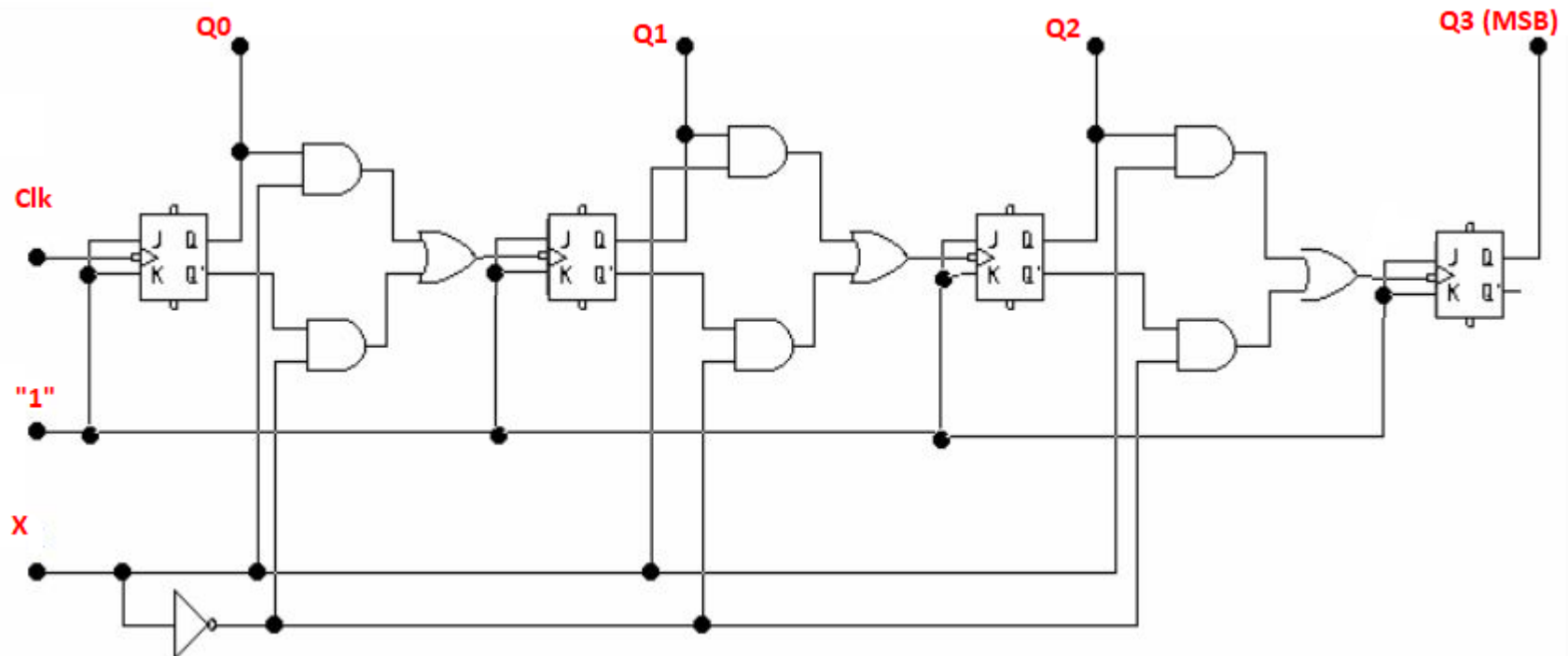
Diagrama de Tempo



Este circuito também pode ser usado como um divisor de frequência,
 $f_{Q0} = f_{CK}/2$, $f_{Q1} = f_{CK}/4$, $f_{Q2} = f_{CK}/8$ e $f_{Q3} = f_{CK}/16$.

Projeto de Circuitos Sequenciais

Contador Assíncrono Hexadecimal (Crescente/Decrescente ou Up/Down)

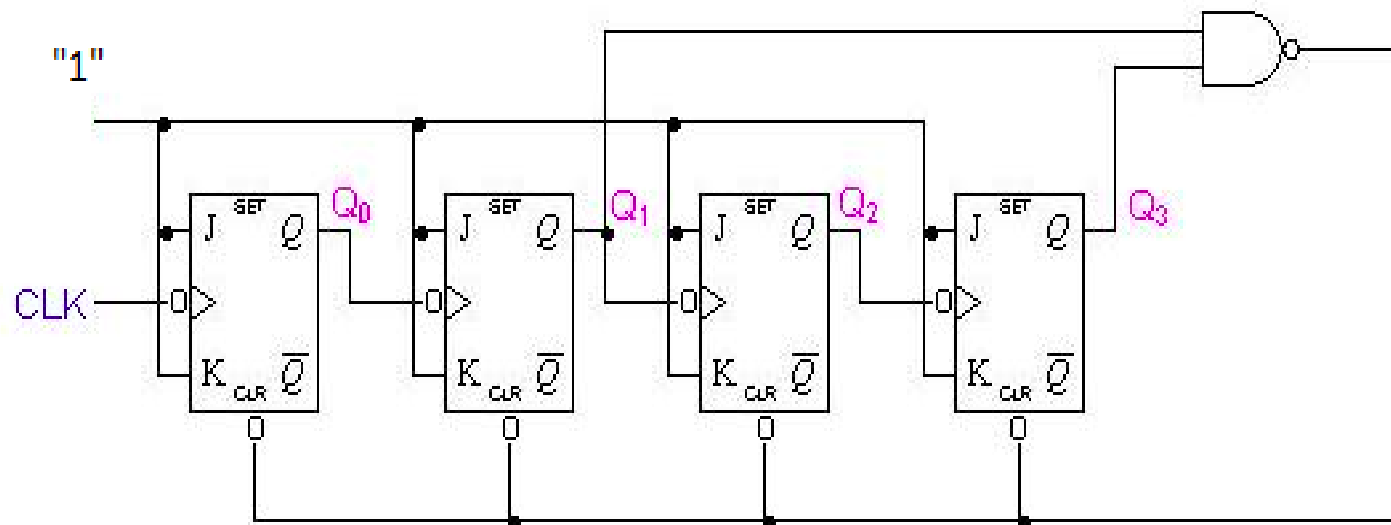


Variável de controle: $X = 1 \rightarrow$ contagem crescente
 $X = 0 \rightarrow$ contagem decrescente

Fonte: <https://slideplayer.com.br/slide/335407/>

Projeto de Circuitos Sequenciais

Contador de Década (Contador Assíncrono Crescente módulo 10)



Fonte: <http://endigital.orgfree.com/sequencial/counterasc.htm>

Projeto de Circuitos Sequenciais

Exemplo de Contador Síncrono: Contador em Anel (4 bits) – usando flip-flop JK

Sequência de Saída do Contador em Anel

	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0
→	0	0	0	1
	0	0	1	0
	0	1	0	0
	1	0	0	0

Projeto de Circuitos Sequenciais

Exemplo de Contador Síncrono:
Contador em Anel (4 bits) – usando flip-flop JK

Tabela-verdade do comportamento das entradas J e K:

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

Utilizando, por exemplo, o
Mapa de Karnaugh, obtém-se:

$$J_3 = Q_2 \quad K_3 = \overline{Q_2}$$

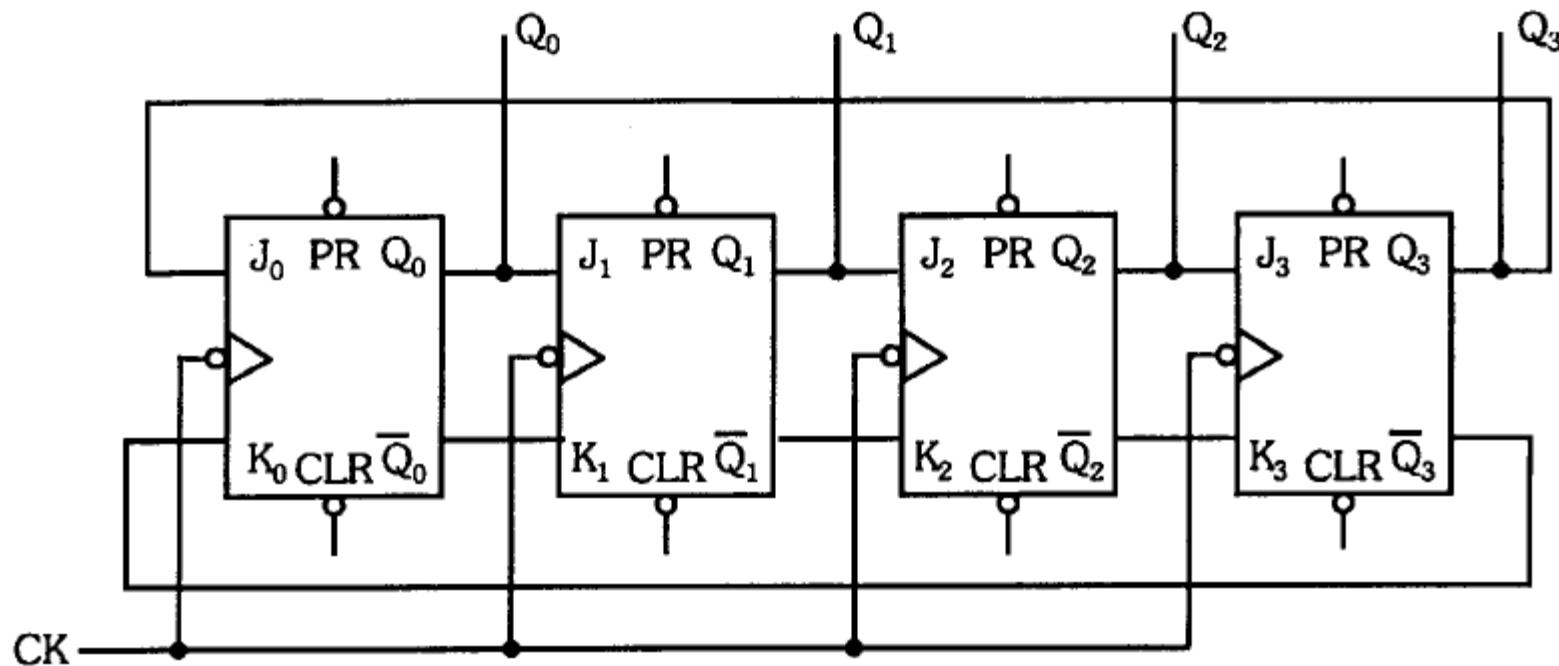
$$J_2 = Q_1 \quad K_2 = \overline{Q_1}$$

$$J_1 = Q_0 \quad K_1 = \overline{Q_0}$$

$$J_0 = Q_3 \quad K_0 = \overline{Q_3}$$

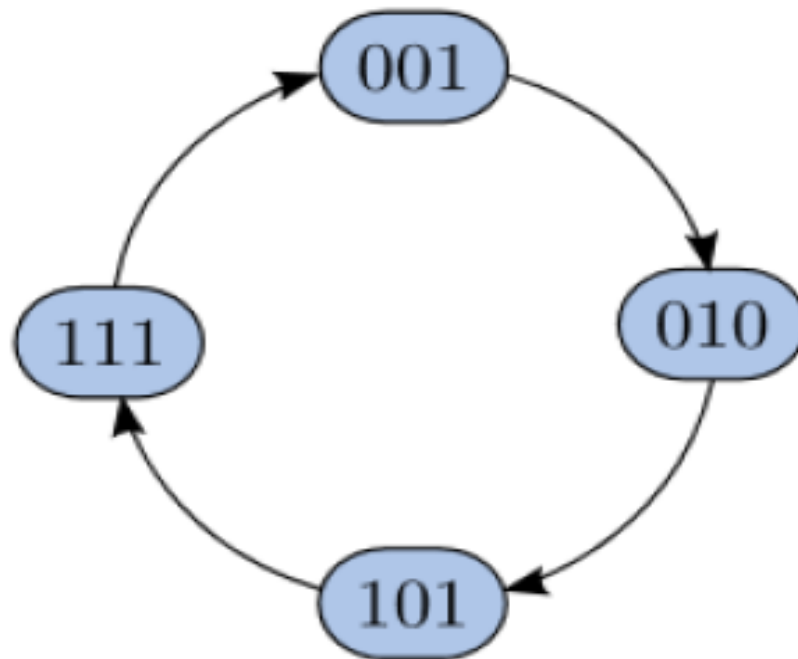
Projeto de Circuitos Sequenciais

Exemplo de Contador Síncrono:
Contador em Anel (4 bits) – usando flip-flop JK



Projeto de Circuitos Sequenciais

Exemplo 1: Implementação de um Contador com Sequência Arbitrária utilizando Flip-Flop Tipo D.



Projeto de Circuitos Sequenciais

Tabela de transição de estados desenvolvida a partir do diagrama de estados.

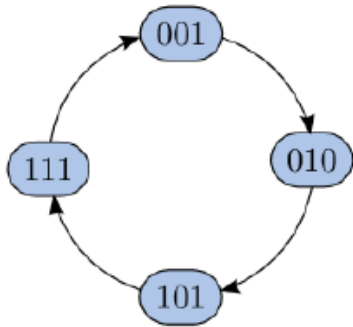
atual			próximo		
Q_2	Q_1	Q_0	Y_2	Y_1	Y_0
0	0	1	0	1	0
0	1	0	1	0	1
1	0	1	1	1	1
1	1	1	0	0	1

- $Y_0 = Q_1 + Q_2$
- $Y_1 = \overline{Q_1}$
- $Y_2 = \overline{Q_0} + \overline{Q_1} Q_2$

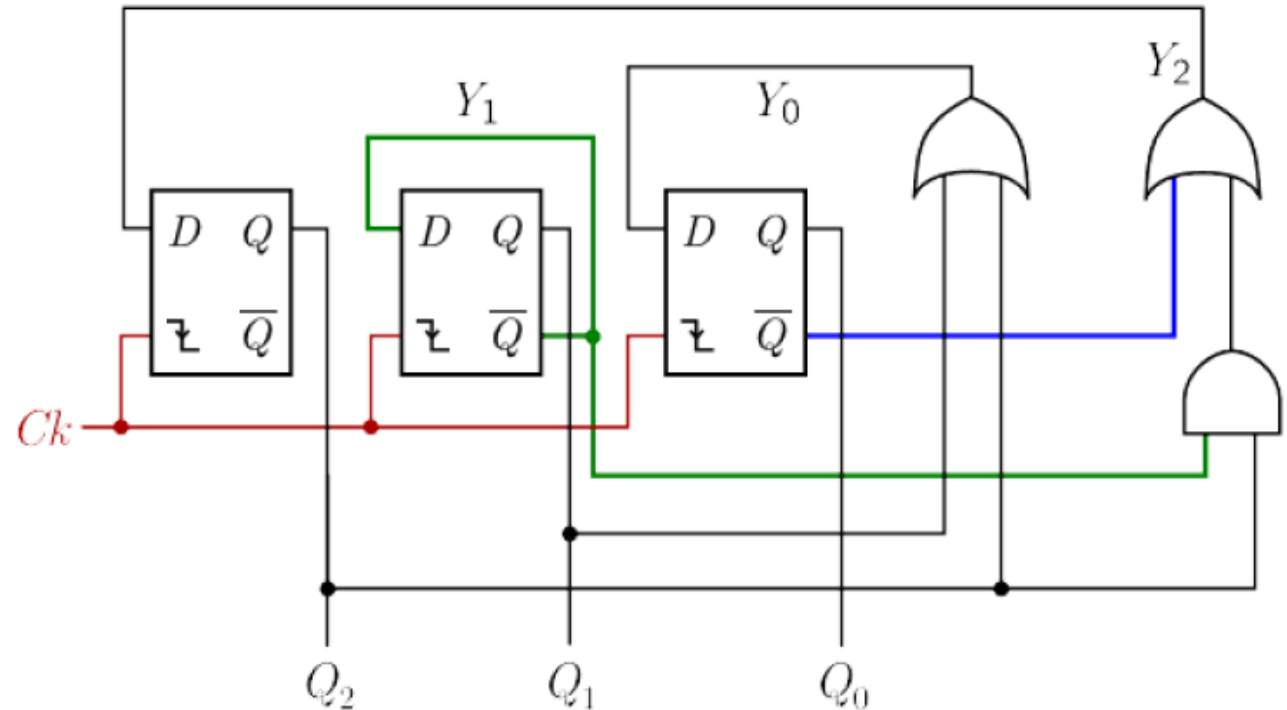
Observação: Há várias células preenchidas com um X, que correspondem aos estados para Q_2 , Q_1 e Q_0 que nunca serão alcançados — neste caso, os estados 000, 011, 100 e 110. Uma célula preenchida com um X (também chamada de *don't care*) pode ser agrupada junto com uma ou mais células com 1, desde que sirva para simplificar a expressão.

Projeto de Circuitos Sequenciais

Implementação do Contador com Sequência Arbitrária



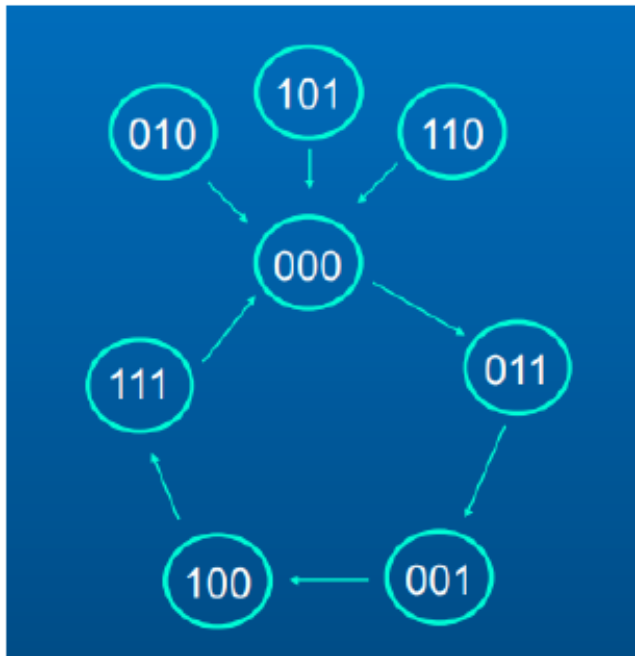
- $Y_0 = Q_1 + Q_2$
- $Y_1 = \overline{Q_1}$
- $Y_2 = \overline{Q_0} + \overline{Q_1} Q_2$



Fonte: FLOYD, Thomas L. Sistemas Digitais: Fundamentos e Aplicações. Editora Bookman, 9 Edição, 2007.

Projeto de Circuitos Sequenciais

Exemplo 2: Contador Síncrono de Sequência Qualquer



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

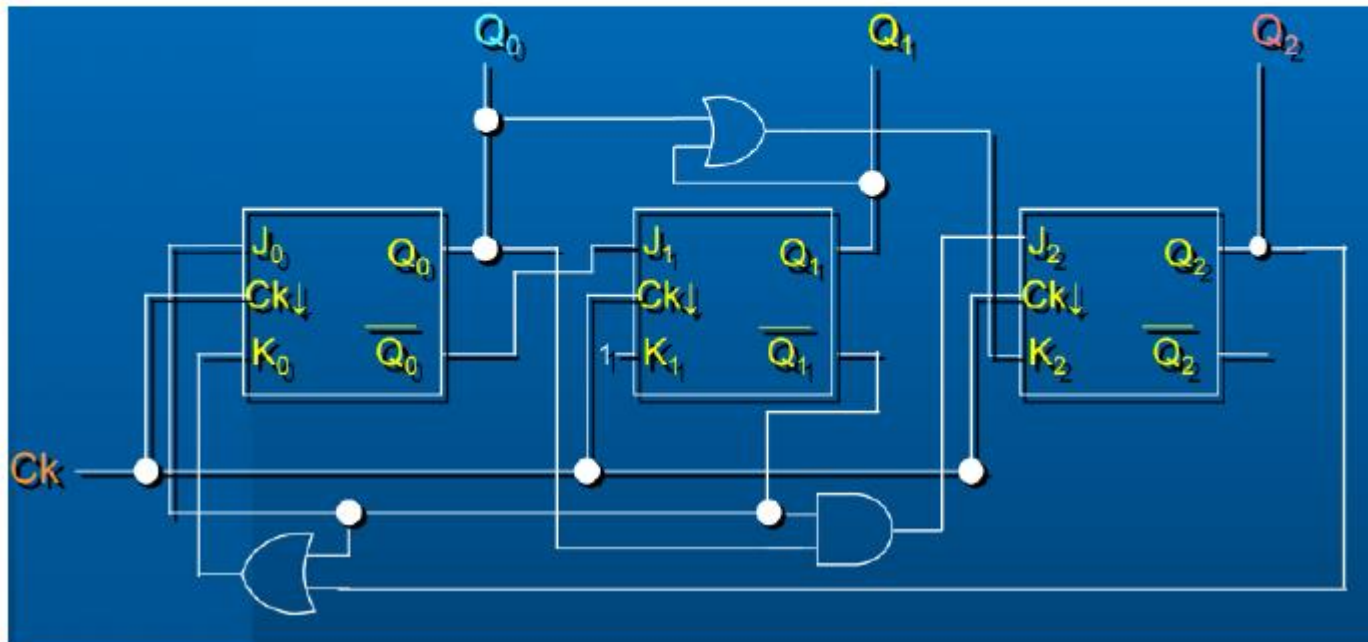
Fonte: <http://iris.sel.eesc.usp.br/sel414m/Aula%202015%20-%20Contadores%20Sincronos.pdf>

Projeto de Circuitos Sequenciais

Exemplo 2: Contador Síncrono de Sequência Qualquer

Ligações dos Flip-Flops JK:

$$\begin{array}{lll}
 J_2 = Q_0 \overline{Q_1} & J_1 = \overline{Q_0} & J_0 = \overline{Q_1} \\
 K_2 = Q_0 + Q_1 & K_1 = 1 & K_0 = Q_2 + \overline{Q_1}
 \end{array}$$



Fonte: <http://iris.sel.eesc.usp.br/sel414m/Aula%202015%20-%20Contadores%20Sincronos.pdf>

Projeto de Circuitos Sequenciais

Exemplo: Diagrama de blocos de um relógio digital

