

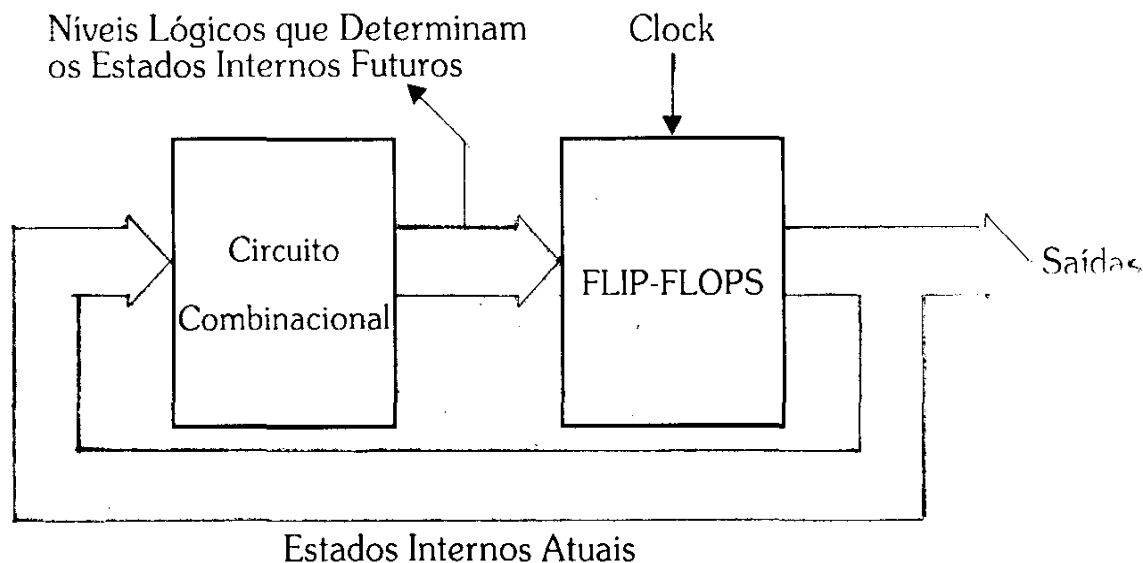
# **CIRCUITOS SEQUENCIAIS:**

- \* ASSÍNCRONO e**
- \* SÍNCRONO**

# CIRCUITOS SEQUENCIAIS: ASSÍNCRONO E SÍNCRONO

## CONTADORES:

**CIRCUITOS DIGITAIS SEQUENCIAIS DIGITAIS QUE VARIAM SUAS SAÍDAS, SOB O COMANDO DE UM CLOCK, DE ACORDO COM UMA SEQUÊNCIA PRÉ-DETERMINADA.**



# **CIRCUITOS SEQUENCIAIS: ASSÍNCRONO E SÍNCRONO**

## **APLICAÇÕES**

- 1. Contagem – Crescente (“Up”) ou Decrescente (“Down”)**
- 2. Divisão de frequências**
- 3. Medição de tempo/frequência**
- 4. Geração de formas de onda**
- 5. conversão analógico/digital**

# **CIRCUITOS SEQUENCIAIS: ASSÍNCRONO E SÍNCRONO**

## **ESTRUTURA BÁSICA:**

**conjunto de flipo-flops ligados de forma conveniente à contagem desejada.**

**ESTADO: combinação binária presente nas saídas do contador**

## **SEQÜÊNCIA DE CONTAGEM:**

**estados sucessivos, assumidos pelas saídas do circuito contador em função dos pulsos de sincronismo (“clock”)**

## **Módulo:**

**número total de estados que o contador assume, sendo representado pelo diagrama de estados**

**$M = 2^n$  n: número de flip-flops que formam o contador**

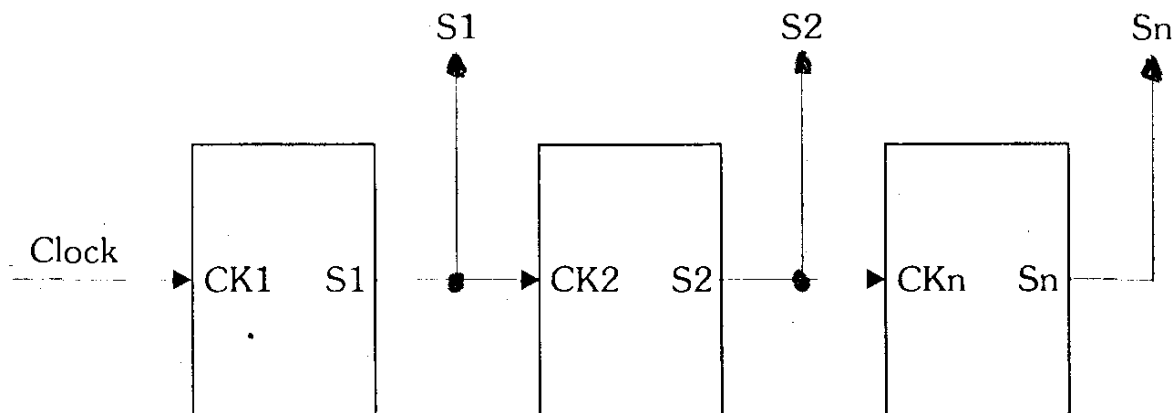
# CIRCUITOS SEQUENCIAIS: ASSÍNCRONO

**Assíncrono ou Ondulação ou “Ripple”:**

signal de sincronismo aplicado somente na entrada “clock” do primeiro flip-flop, sendo as outras derivadas das saídas dos flip-flops anteriores.

**Freq máx. do “clock”**

$$f_{\max} \leq \frac{1}{N \times t_{\text{atraso}}} \quad \text{onde: } \frac{N: \text{número de FFs;}}{t_{\text{pd}}: \text{atraso de propagação do CLK para Q}}$$

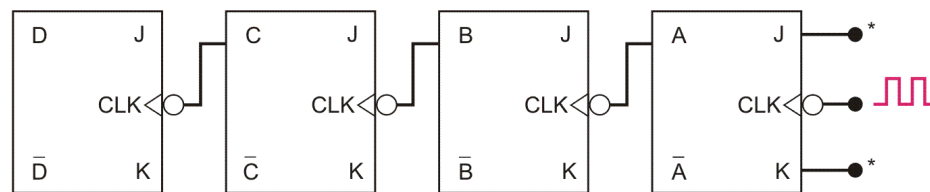
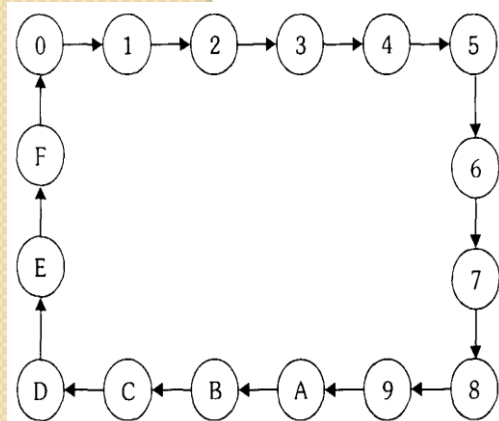


# CIRCUITOS SEQUENCIAIS: ASSÍNCRONO

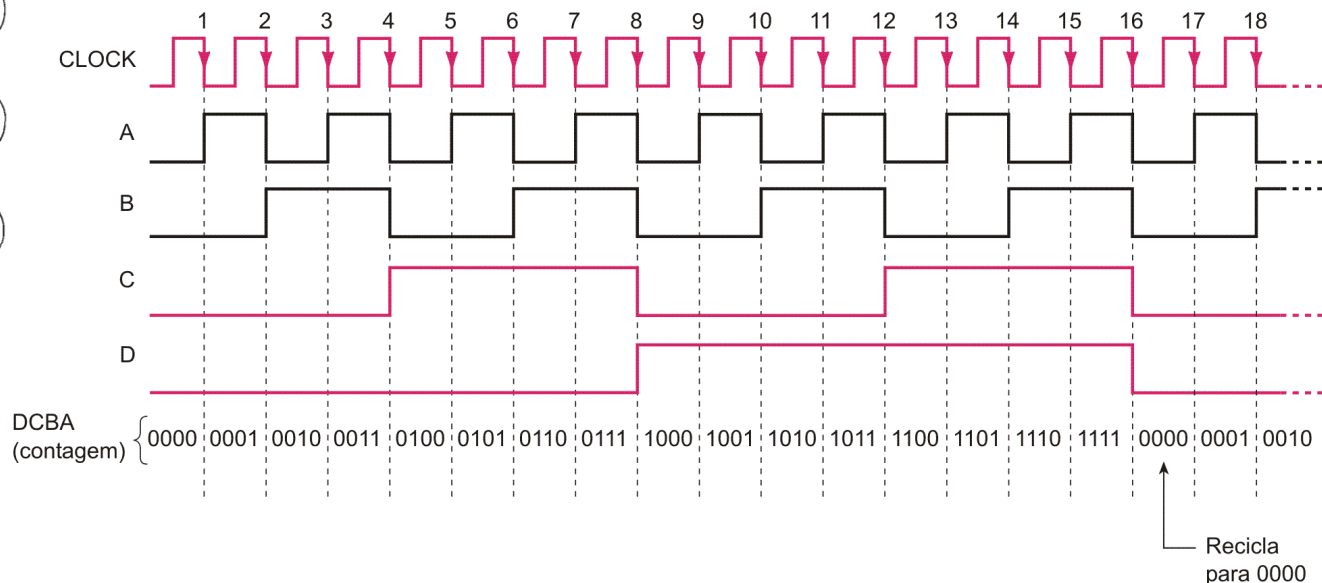
*Assíncrono ou Ondulação ou “Ripple”:*

*Contador Hexadecimal Assíncrono Crescente*

## Diagrama de Estados do Contador Hexadecimal Crescente Circuito



\*Todas as entradas J e K  
estão em nível 1



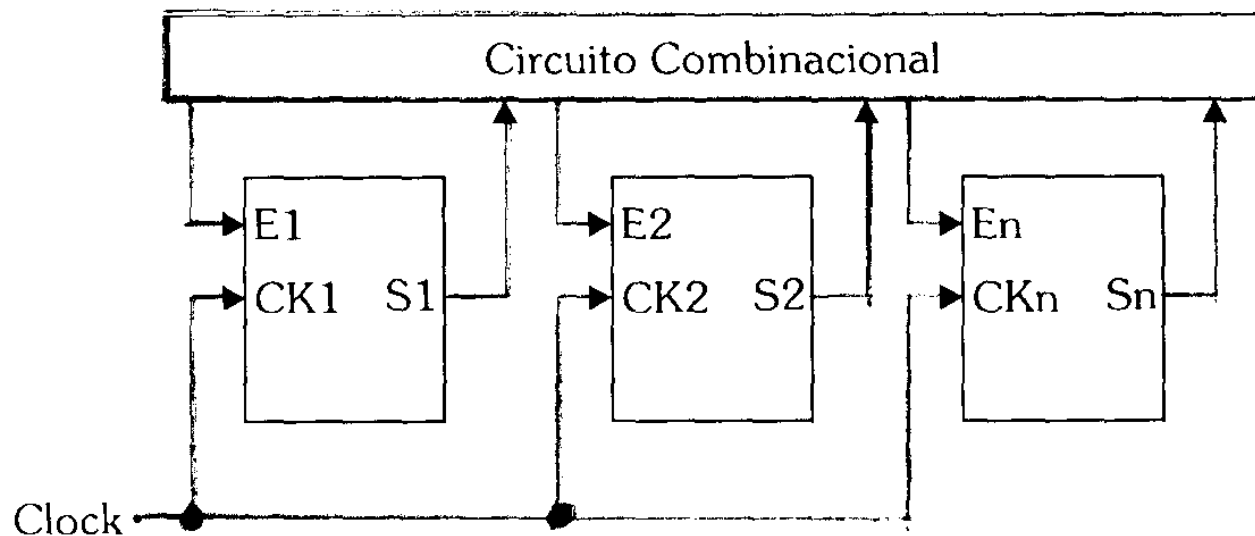
# CIRCUITOS SEQUENCIAIS: SÍNCRONO

*Síncrono ou Paralelo:*

*Contador Hexadecimal síncrono*

Todos os FF's do contador são ligados a um mesmo sincronismo ("clock") externo.

**Circuito:**



$$f_{\text{máx}} \leq \frac{1}{t_{\text{atraso\_FF}} + t_{\text{atraso\_AND}}}$$

# CIRCUITOS SEQUENCIAIS: SÍNCRONO

## PROJETO DE CONTADORES SÍNCRONOS

Em contadores síncronos, todos os flip-flops são disparados ao mesmo tempo. Antes de cada pulso de clock, as entradas  $J$  e  $K$  de cada flip-flop devem estar no nível correto para garantir que o flip-flop vá para o estado correto. Por exemplo, considere a situação mostrada na Tabela 7-1. Quando ocorrer o próximo pulso de clock, as entradas  $J$  e  $K$  dos flip-flops devem estar nos níveis corretos para fazer com que o flip-flop  $C$  mude de 1 para 0, o flip-flop  $B$  de 0 para 1 e o flip-flop  $A$  de 1 para 1 (isto é, não mude).

TABELA 7-1

Estado ATUAL			PRÓXIMO Estado		
$C$	$B$	$A$	$C$	$B$	$A$
1	0	1	0	1	1



# CIRCUITOS SEQUENCIAIS: SÍNCRONO

## PROJETO DE CONTADORES SÍNCRONOS

### Tabela de Excitação J-K

Antes de iniciarmos o processo de projetar circuitos decodificadores para cada entrada  $J$  e  $K$ , devemos primeiro rever a operação de um flip-flop J-K usando uma abordagem diferente através da *tabela de excitação* (Tabela 7-2). A coluna mais à esquerda desta tabela enumera cada transição possível da saída de um flip-flop. A segunda e terceira colunas relacionam o estado atual do flip-flop, simbolizado por  $Q(N)$ , e o próximo estado simbolizado por  $Q(N + 1)$ , para cada transição. As duas últimas colunas enumeram os níveis lógicos nas entradas  $J$  e  $K$  necessários para produzir cada uma das transições. Vamos examinar cada caso.

TABELA 7-2 Tabela de excitação do flip-flop J-K.

Transição na Saída	Estado ATUAL $Q(N)$	PRÓXIMO Estado $Q(N + 1)$	$J$	$K$
$0 \rightarrow 0$	0	0	0	$x$
$0 \rightarrow 1$	0	1	1	$x$
$1 \rightarrow 0$	1	0	$x$	1
$1 \rightarrow 1$	1	1	$x$	0

# CIRCUITOS SEQUENCIAIS: SÍNCRONO

## PROJETO DE CONTADORES SÍNCRONOS: Exemplo

**Passo 1.** Determine o número de bits necessários (número de flip-flops) e a seqüência de contagem desejada.

Para o nosso exemplo, projetaremos um contador de três bits cuja seqüência de contagem pode ser vista na Tabela 7-3. Observe que esta seqüência não inclui os estados 101, 110 e 111. Vamos nos referir a eles como *estados indesejáveis*.

TABELA 7-3

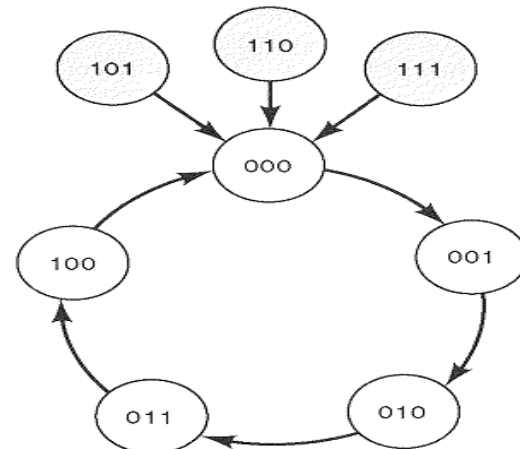
<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>
0	0	0
0	0	1
0	1	0
0	1	1
1	0	0
0	0	0
0	0	1
etc.		

# CIRCUITOS SEQUENCIAIS: SÍNCRONO

## PROJETO DE CONTADORES SÍNCRONOS: Exemplo

**Passo 2.** Desenhe o diagrama de transição de estados mostrando **todos** os estados possíveis, incluindo aqueles que não fazem parte da seqüência de contagem desejada.

Para o nosso exemplo, o diagrama de transição de estados pode ser visto na Fig. 7-33. Os estados 000 a 100 estão ligados segundo a seqüência esperada. O que há de novo neste diagrama é a inclusão dos estados indesejáveis. Eles devem ser incluídos em nosso projeto para o caso de o contador ir para um desses estados ao ligar o circuito ou devido ao ruído presente. O projetista pode escolher para cada um dos estados indesejáveis para qual estado ele deve ir mediante aplicação do próximo pulso de clock. Escolhemos que todos eles devem ir para o estado 000 a partir do qual a seqüência correta de contagem será gerada.



**Fig.7-33** - Diagrama de transição de estados para o exemplo de projeto do contador síncrono.

# CIRCUITOS SEQUENCIAIS: SÍNCRONO

## PROJETO DE CONTADORES SÍNCRONOS: Exemplo

**Passo 3.** Use o diagrama de transição de estados para construir uma tabela que relacione **todos** os estados ATUAIS e seus PRÓXIMOS estados.

Para o nosso exemplo, esta informação pode ser vista na Tabela 7-4. O lado esquerdo da tabela relaciona *todos* os estados possíveis, mesmo aqueles que não fazem parte da seqüência. Vamos denominá-los estados ATUAIS. O lado direito enumera o PRÓXIMO estado para cada estado ATUAL. Estes podem ser obtidos a partir do diagrama de transição de estados da Fig. 7-33. Por exemplo, a linha 1 mostra que o estado ATUAL 000 tem como PRÓXIMO estado 001, a linha 5 mostra que o estado ATUAL 100 tem como PRÓXIMO estado 000. As linhas 6, 7 e 8 mostram que os estados ATUAIS indesejáveis 101, 110 e 111 têm como PRÓXIMO estado 000.

TABELA 7-4

		Estado ATUAL			PRÓXIMO Estado		
		C	B	A	C	B	A
Caso:	0	0	0	0	0	0	1
...	1	0	0	1	0	1	0
...	2	0	1	0	0	1	1
...	3	0	1	1	1	0	0
...	4	1	0	0	0	0	0
...	5	1	0	1	0	0	0
...	6	1	1	0	0	0	0
Caso:	7	1	1	1	0	0	0



# CIRCUITOS SEQUENCIAIS: SÍNCRONO

## PROJETO DE CONTADORES SÍNCRONOS: Exemplo

**Passo 4.** Acrescente uma coluna a esta tabela para cada entrada  $J$  e  $K$ . Para cada estado ATUAL, indique os níveis necessários em cada entrada  $J$  e  $K$  para produzir a transição para o PRÓXIMO estado.

Nosso exemplo utiliza três flip-flops —  $C$ ,  $B$  e  $A$  — e cada um deles tem entradas  $J$  e  $K$ . Portanto, devemos adicionar seis novas colunas como mostrado na Tabela 7-5. Esta tabela completa é chamada de **tabela de excitação do circuito**. As seis novas colunas são as entradas  $J$  e  $K$  de cada flip-flop. Os valores para cada coluna  $J$  e  $K$  são obtidos utilizando a Tabela 7-2, que é a tabela de excitação do flip-flop J-K que desenvolvemos anteriormente. Demonstraremos isto para vários casos, e você pode verificar o resto.

Na linha 4 da Tabela 7-5, o estado ATUAL 011 tem como PRÓXIMO estado 100. Para esta transição de estado, o flip-flop  $C$  vai de 0 para 1, o que requer que  $J_C = 1$  e  $K_C = x$ . Os flip-flops  $A$  e  $B$  estão ambos indo de 1 para 0. A tabela de excitação do J-K indica que estes dois flip-flops necessitam de que  $J = x$  e  $K = 1$  para que isto ocorra.

Os níveis necessários para todas as outras linhas da Tabela 7-5 podem ser determinados da mesma maneira.

TABELA 7-5 Tabela de excitação do circuito.

	Estado ATUAL			PRÓXIMO Estado								
	$C$	$B$	$A$	$C$	$B$	$A$	$J_C$	$K_C$	$J_B$	$K_B$	$J_A$	$K_A$
Caso: 0	0	0	0	0	0	1	0	$x$	0	$x$	1	$x$
1	0	0	1	0	1	0	0	$x$	1	$x$	$x$	1
2	0	1	0	0	1	1	0	$x$	$x$	0	1	$x$
3	0	1	1	1	0	0	1	$x$	$x$	1	$x$	1
4	1	0	0	0	0	0	$x$	1	0	$x$	0	$x$
5	1	0	1	0	0	0	$x$	1	0	$x$	$x$	1
6	1	1	0	0	0	0	$x$	1	$x$	1	0	$x$
Caso: 7	1	1	1	0	0	0	$x$	1	$x$	1	$x$	1

# CIRCUITOS SEQUENCIAIS: SÍNCRONO

## PROJETO DE CONTADORES SÍNCRONOS: Exemplo

**Passo 5.** Projete os circuitos lógicos que forneçam os níveis necessários para cada entrada  $J$  e  $K$ .

A Tabela 7-5, que é a tabela de excitação do circuito, relaciona as seis entradas  $J$  e  $K$ :  $J_C$ ,  $K_C$ ,  $J_B$ ,  $K_B$ ,  $J_A$  e  $K_A$ . Devemos considerar cada uma destas entradas como saídas de um circuito lógico próprio cujas entradas são provenientes dos flip-flops  $C$ ,  $B$  e  $A$ . Portanto, devemos projetar um circuito lógico para cada uma destas entradas. Vamos projetar o circuito para  $J_A$ .

TABELA 7-5 Tabela de excitação do circuito.

	Estado ATUAL			PRÓXIMO Estado								
	$C$	$B$	$A$	$C$	$B$	$A$	$J_C$	$K_C$	$J_B$	$K_B$	$J_A$	$K_A$
Caso: 0	0	0	0	0	0	1	0	$x$	0	$x$	1	$x$
1	0	0	1	0	1	0	0	$x$	1	$x$	$x$	1
2	0	1	0	0	1	1	0	$x$	$x$	0	1	$x$
3	0	1	1	1	0	0	1	$x$	$x$	1	$x$	1
4	1	0	0	0	0	0	$x$	1	0	$x$	0	$x$
5	1	0	1	0	0	0	$x$	1	0	$x$	$x$	1
6	1	1	0	0	0	0	$x$	1	$x$	1	0	$x$
Caso: 7	1	1	1	0	0	0	$x$	1	$x$	1	$x$	1

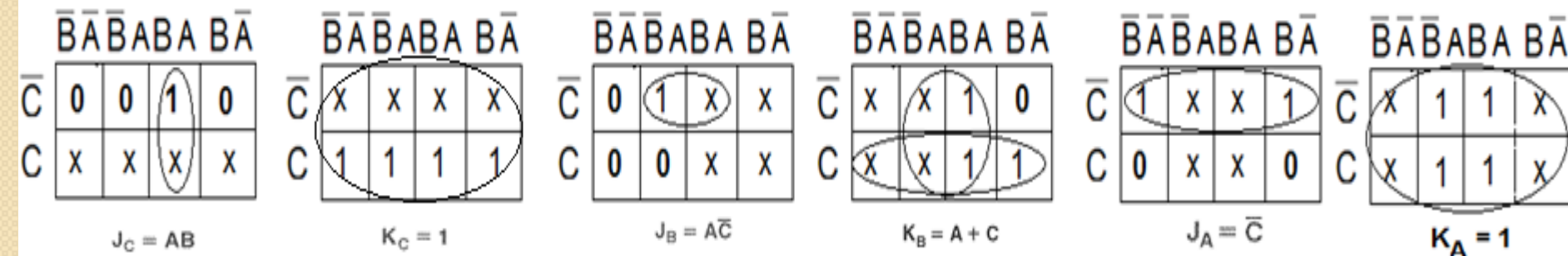


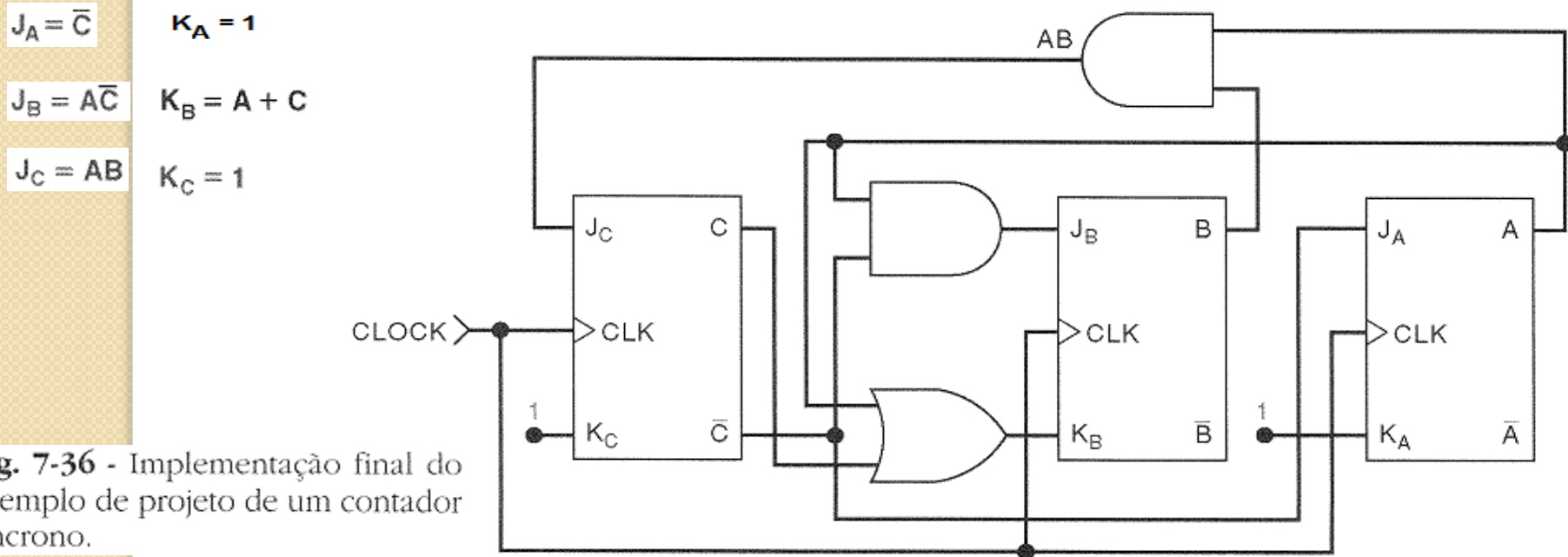
Fig. 7-35 - Mapas de Karnaugh para os circuitos lógicos

# CIRCUITOS SEQUENCIAIS: SÍNCRONO

## PROJETO DE CONTADORES SÍNCRONOS: Exemplo

### Passo 6. Implemente as expressões finais.

Os circuitos lógicos para cada entrada  $J$  e  $K$  são implementados a partir das expressões obtidas no mapa de Karnaugh. O circuito completo do contador síncrono projetado está na Fig. 7-36. Observe que todos os flip-flops são disparados pelo mesmo sinal de clock.



**Fig. 7-36** - Implementação final do exemplo de projeto de um contador síncrono.

# CIRCUITOS SEQUENCIAIS: SÍNCRONO

## Exercício

1. Faça o projeto de um contador síncrono com a seqüência  $0 \rightarrow 1 \rightarrow 3; \rightarrow 5 \rightarrow 7 \rightarrow 0$ ; os demais números devem ir para o estado ZERO. Desenvolva todos os passos para o projeto.
2. Faça o projeto de um contador síncrono Mod-8 ( $0 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 ; \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 0$ );
3. Faça o projeto de um contador síncrono com a seqüência  $0 \rightarrow 2 \rightarrow 4; \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 0$ ; os demais números devem ir para o estado ZERO. Desenvolva todos os passos para o projeto.