

Aula 10

Contadores

Síncronos e

Assíncronos

Contadores

Contadores Assíncronos

- Os Flip-Flops não mudam de estado com o mesmo sincronismo;
- O sinal de CLK é fornecido apenas para o **primeiro** Flip-Flop (LSB);
- Há um atraso entre as mudanças de estado dos Flip-Flops (2 a 50ns);
- O atraso é propagado, em função do número de Flip-Flops associados.

Contadores

Contadores Assíncronos

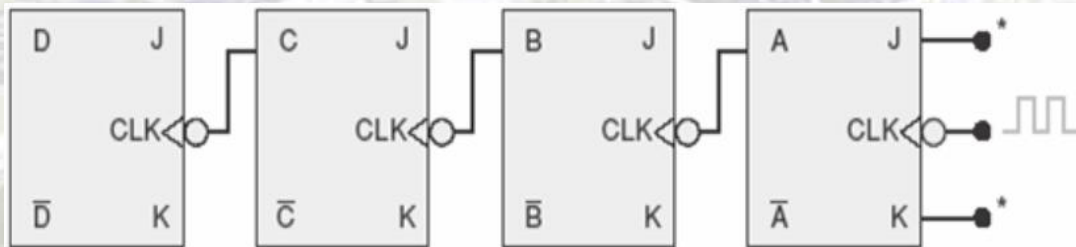
- Os Flip-Flops não mudam de estado com o mesmo sincronismo;
- O sinal de CLK é fornecido apenas para o **primeiro** Flip-Flop (LSB);
- Há um atraso entre as mudanças de estado dos Flip-Flops (2 a 50ns);
- O atraso é propagado, em função do número de Flip-Flops associados.

Contadores Síncronos

- Os Flip-Flops **mudam** de estado com o mesmo sincronismo;
- O sinal de CLK é fornecido **igualmente** a todos os Flip-Flops;
- Há um atraso entre as mudanças de estado dos Flip-Flops;
- O atraso **não** é propagado em função do número de Flip-Flops associados;

Contadores de Módulo 2^N

Contadores Assíncronos

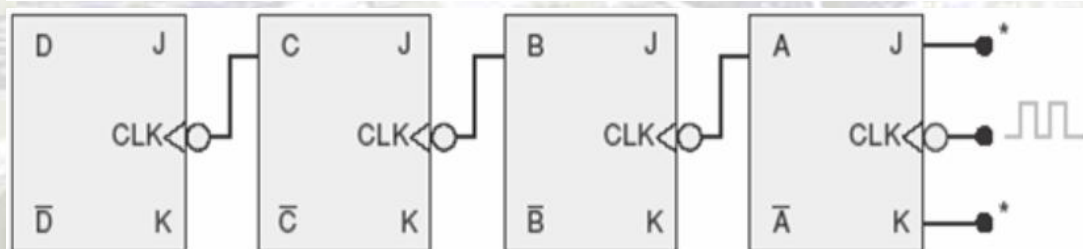


*Supõe-se que todas as entradas J e K sejam 1.

Módulo é o número de estados que o contador atinge em um ciclo.

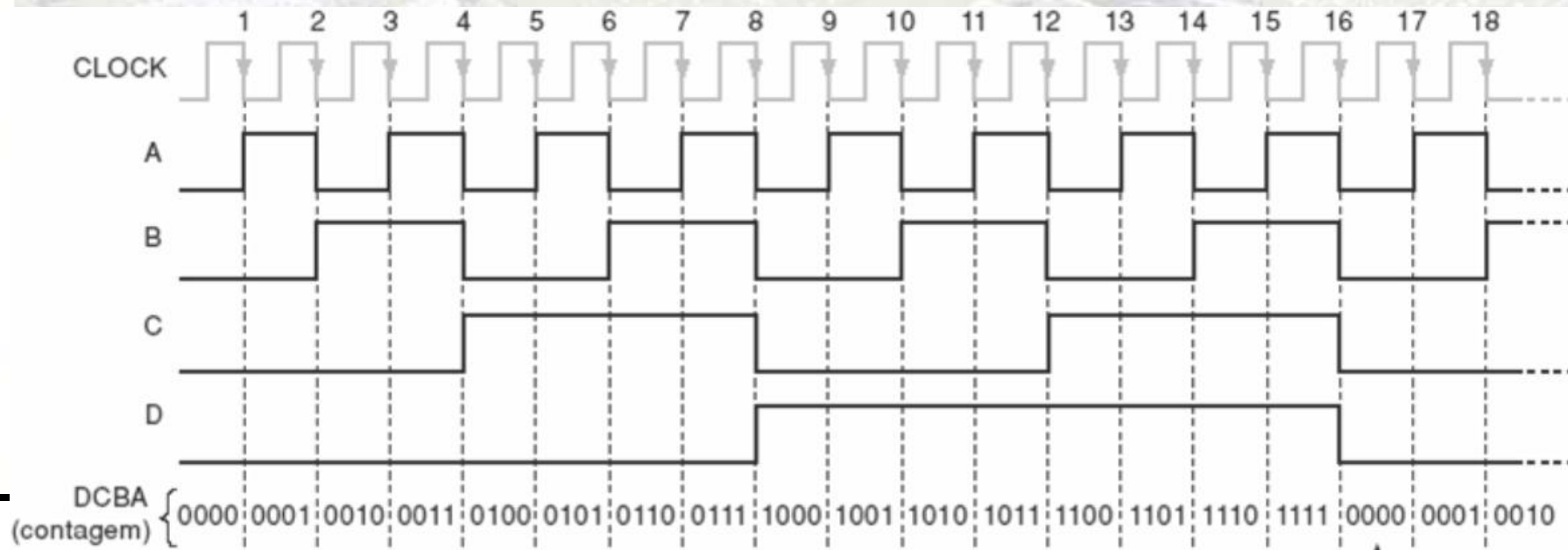
Contadores de Módulo 2^N

Contadores Assíncronos



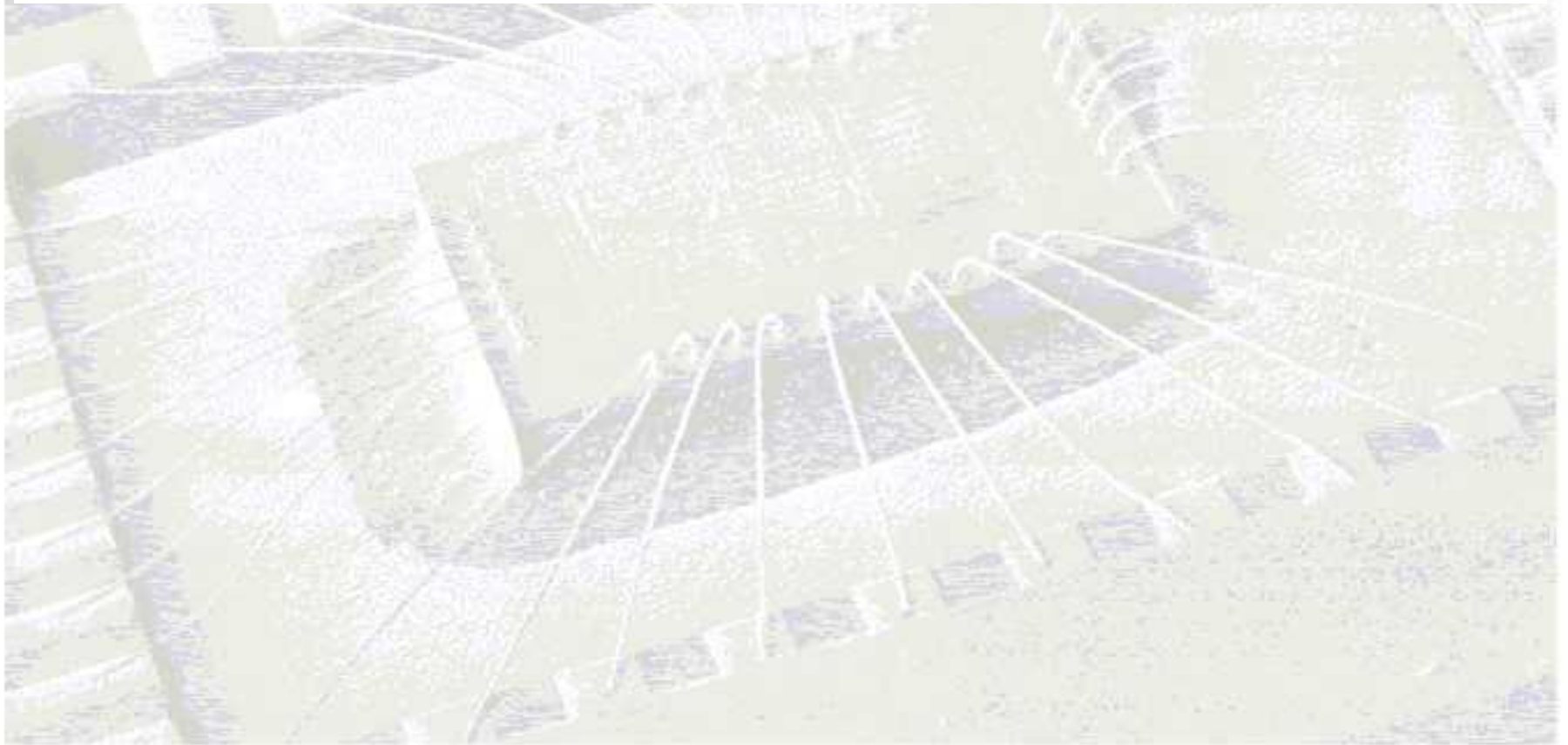
*Supõe-se que todas as entradas J e K sejam 1.

Módulo é o número de estados que o contador atinge em um ciclo.



Contadores de Módulo 2^N

Exercício 1 – Quantos Flip-Flops são necessários para contar, no mínimo, 1000 itens que passam por uma esteira?



Contadores de Módulo 2^N

Exercício 1 – Quantos Flip-Flops são necessários para contar, no mínimo, 1000 itens que passam por uma esteira?

...

$$2^8 = 256$$

$$2^9 = 512$$

$$2^{10} = 1024$$

Contadores de Módulo $< 2^N$

Para se obter uma contagem de um número **menor** que 2^N , deve-se realizar as seguintes operações:

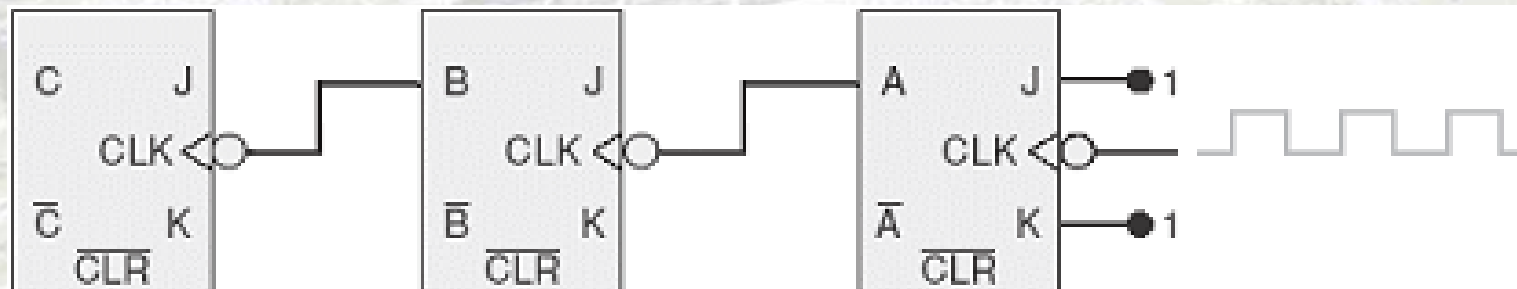
- Determinar o número de Flip-Flop necessários para ($2^N > X$);
- Conecte uma porta **NAND** na entrada **CLEAR** de todos os Flip-Flops;
- Determinar quais FFs estarão em nível **ALTO** quando for atingido o número **X**.

Contadores de Módulo $< 2^N$

Para se obter uma contagem de um número **menor** que 2^N , deve-se realizar as seguintes operações:

- Determinar o número de Flip-Flop necessários para ($2^N > X$);
- Conecte uma porta **NAND** na entrada **CLEAR** de todos os Flip-Flops;
- Determinar quais FFs estarão em nível **ALTO** quando for atingido o número **X**.

Exemplo 1: Construir com contador de módulo 6 a partir do contador assíncrono abaixo:



Contadores de Módulo $< 2^N$

Criando a tabela com os possíveis estados:

Pulsos CLK	Q2	Q1	Q0	CLEAR
0	0	0	0	1
1	0	0	1	1
2	0	1	0	1
3	0	1	1	1
4	1	0	0	1
5	1	0	1	1

Contadores de Módulo $< 2^N$

Criando a tabela com os possíveis estados:

Pulsos CLK	Q2	Q1	Q0	CLEAR
0	0	0	0	1
1	0	0	1	1
2	0	1	0	1
3	0	1	1	1
4	1	0	0	1
5	1	0	1	1
6	1	1	0	0
7	0	0	0	1
8	0	0	1	1

Contadores de Módulo $< 2^N$

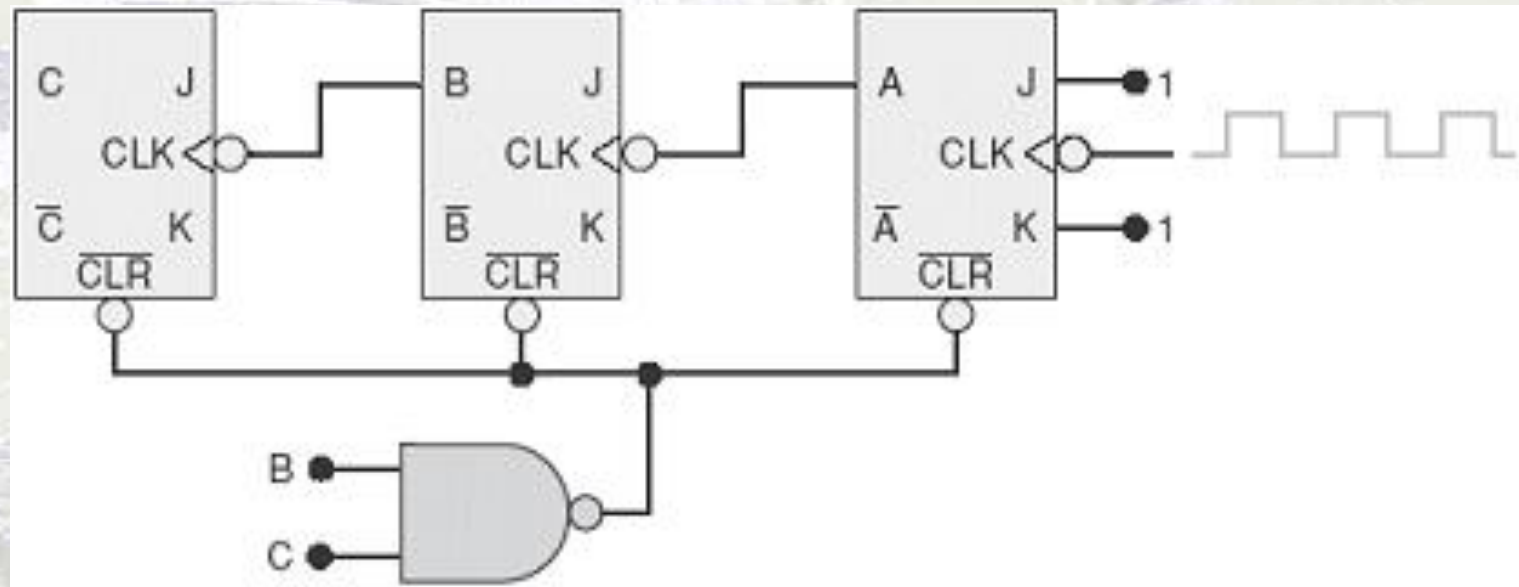
Criando a tabela com os possíveis estados:

Pulsos CLK	Q2	Q1	Q0	CLEAR
0	0	0	0	1
1	0	0	1	1
2	0	1	0	1
3	0	1	1	1
4	1	0	0	1
5	1	0	1	1
6	1	1	0	0
7	0	0	0	1
8	0	0	1	1

CLEAR tem que ser **ZERO** no estado 110 !

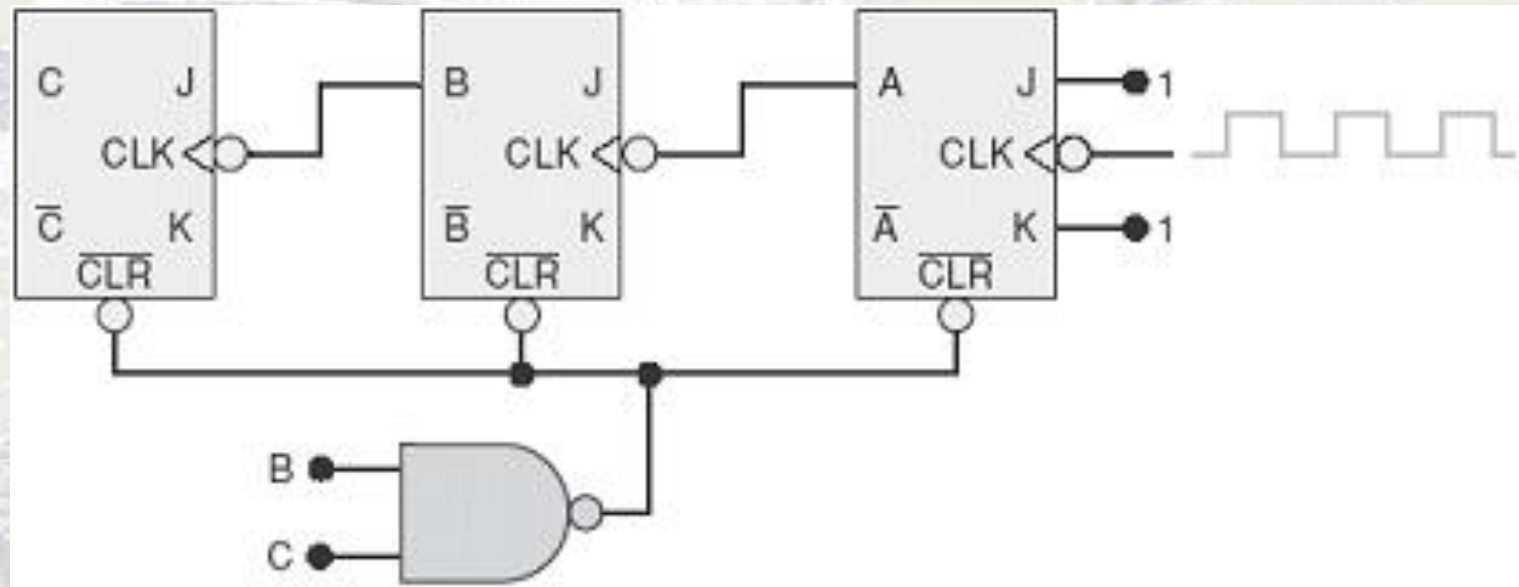
Contadores de Módulo $< 2^N$

Circuito lógico para o contador de módulo 6:



Contadores de Módulo $< 2^N$

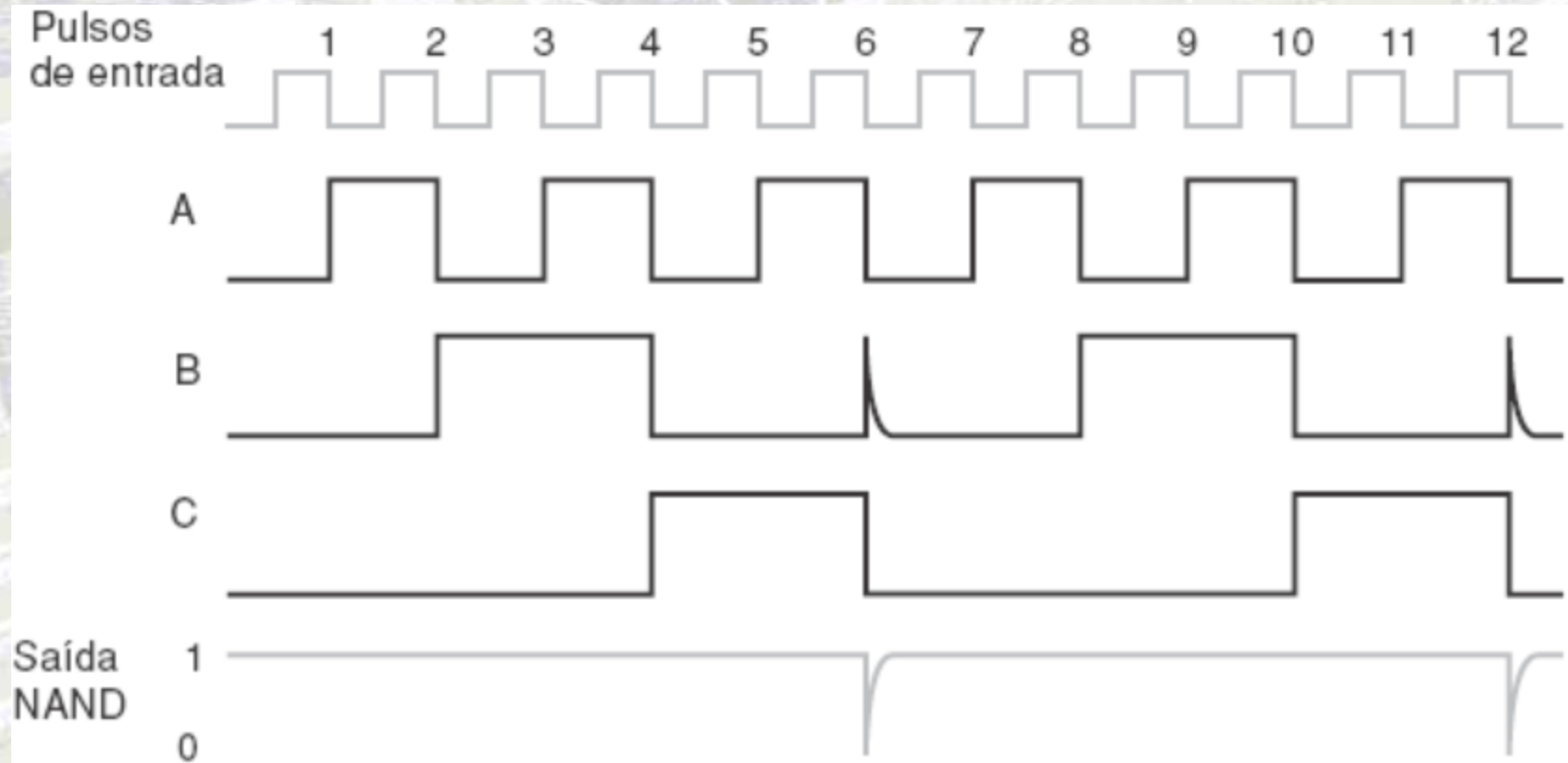
Circuito lógico para o contador de módulo 6:



A frequência do Flip-Flop mais significativo (C) é igual a frequência do CLK dividida pelo módulo do contador.

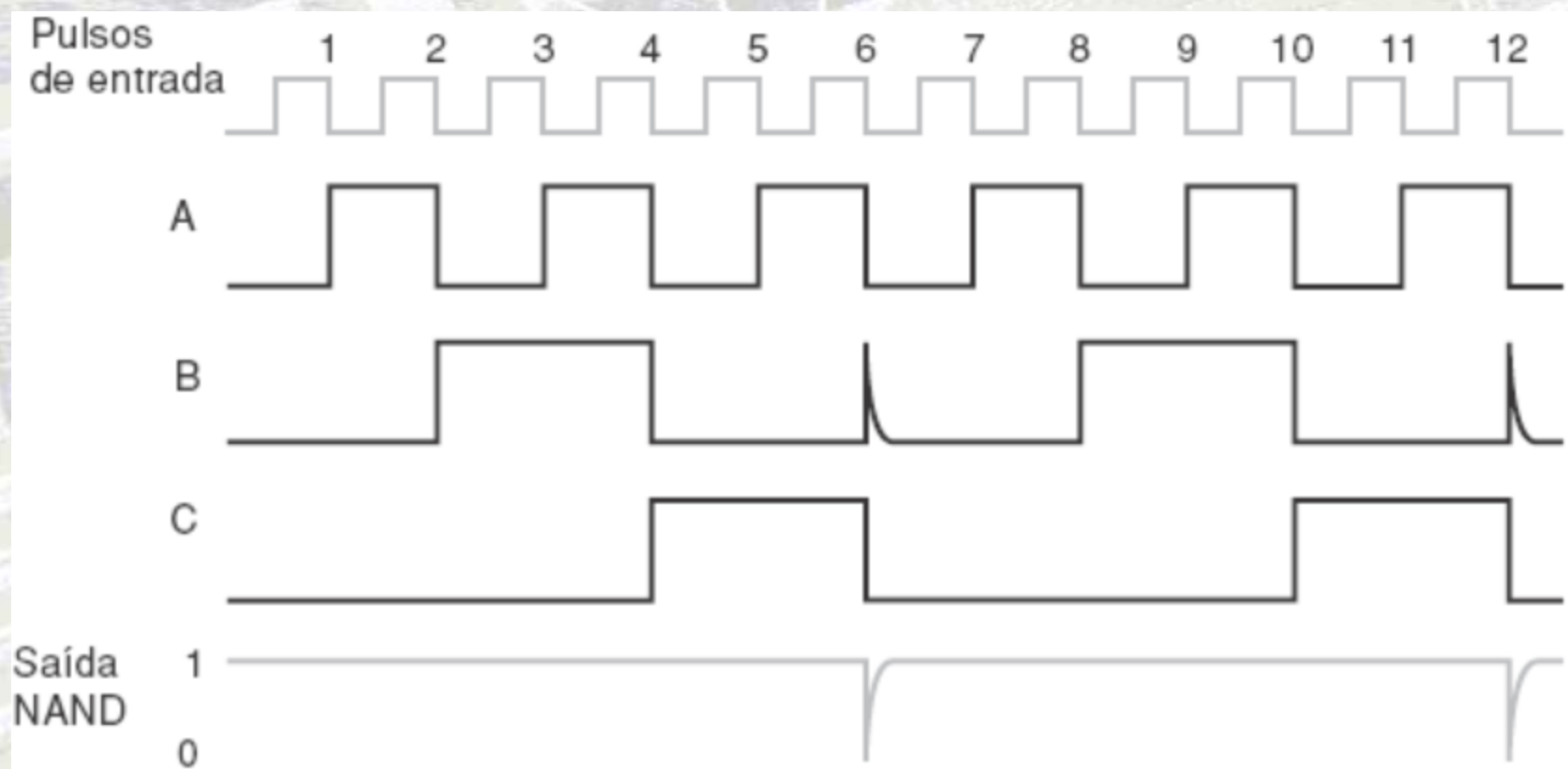
Contadores de Módulo $< 2^N$

Contagem para contador de módulo 6:



Contadores de Módulo $< 2^N$

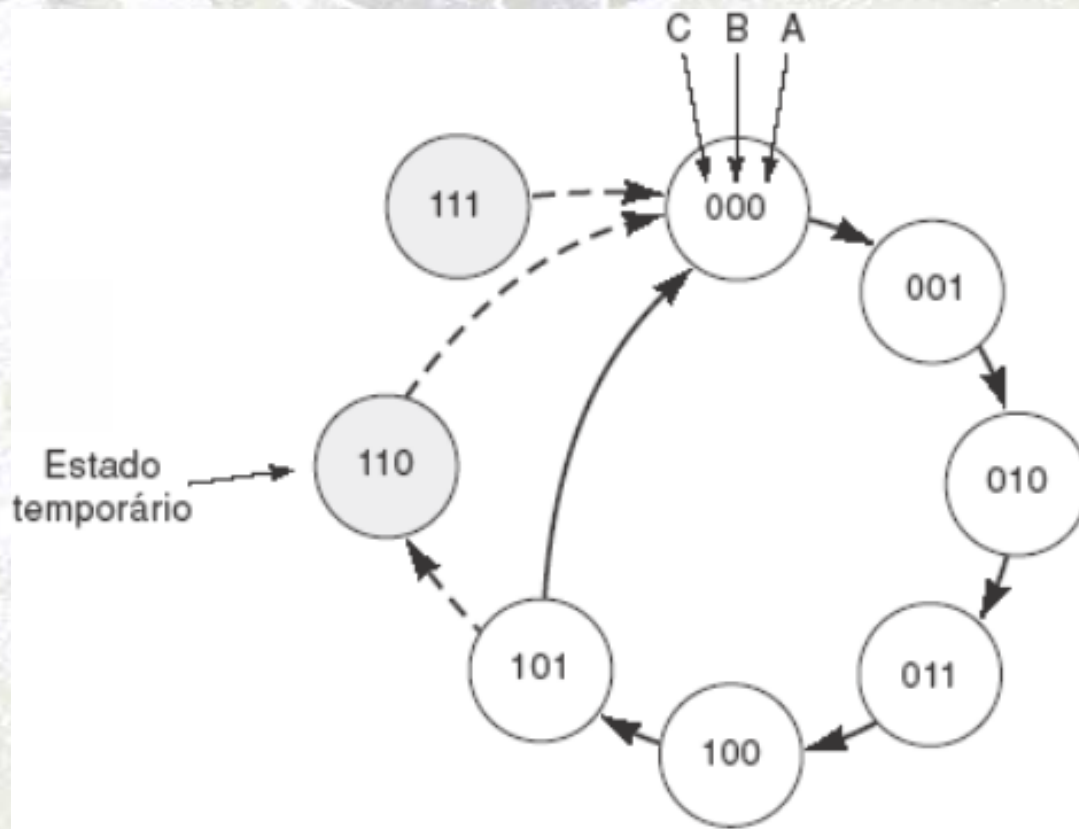
Contagem para contador de módulo 6:



Embora o contador vá para o estado 110, ele permanece lá por apenas alguns nanossegundos antes de reciclar para o estado 000.

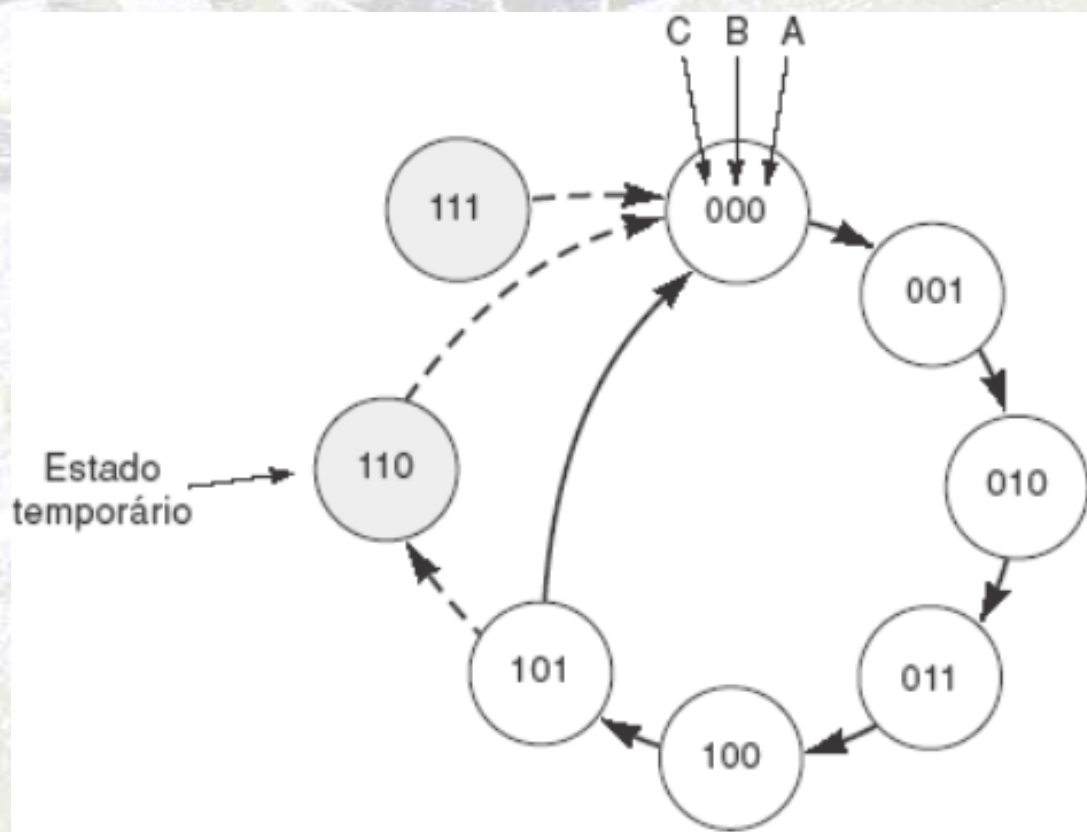
Contadores de Módulo $< 2^N$

Diagrama de transição do contador de módulo 6:



Contadores de Módulo $< 2^N$

Diagrama de transição do contador de módulo 6:

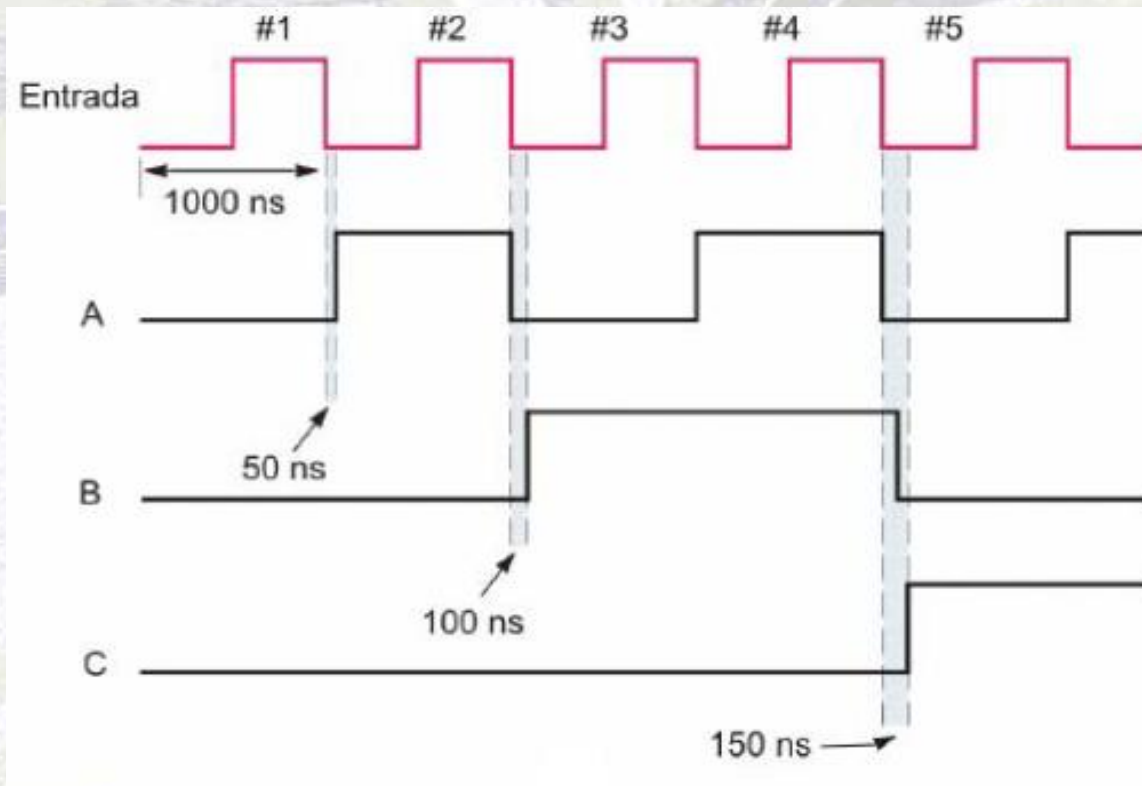


A passagem temporária pelo estado 110 não produzirá qualquer efeito visual, seja em um LED ou em um display numérico.

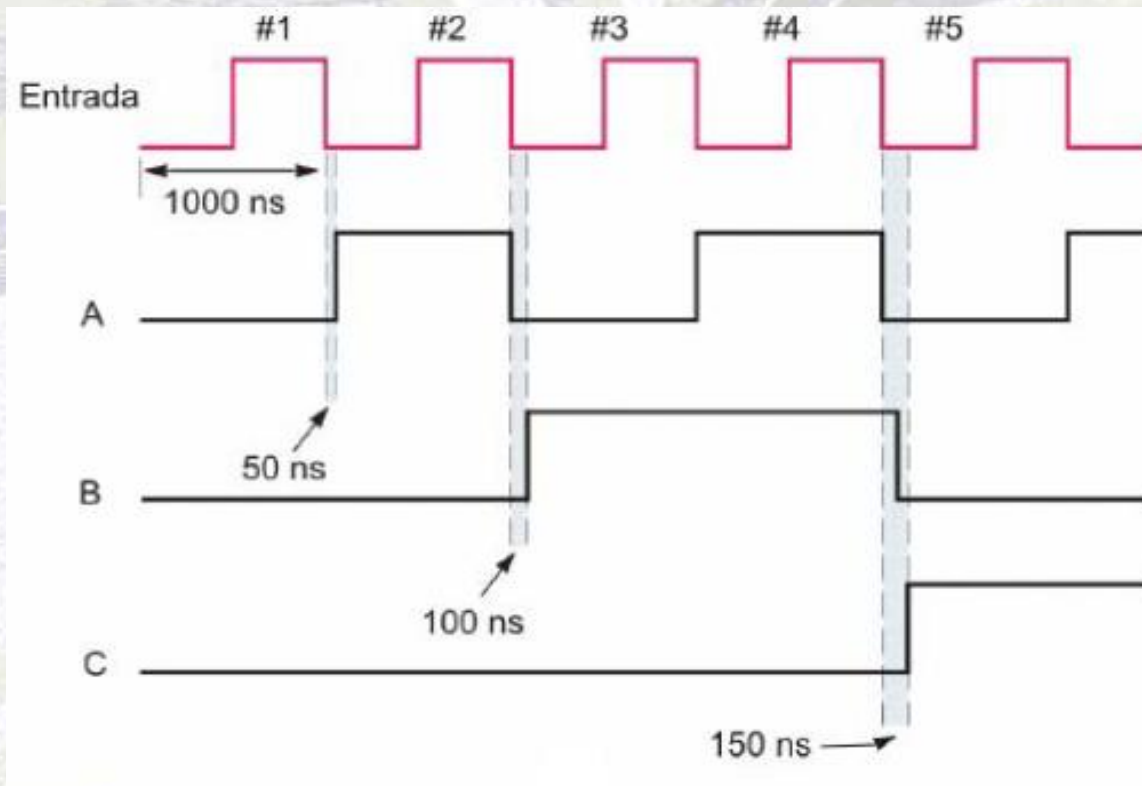
Contadores de Módulo $< 2^N$

Exercício 2 – Construir um contador de módulo 10, que contará em decimal, de 0 a 9.

Atrasos de Propagação



Atrasos de Propagação



Condição para funcionamento correto é dada por:

onde: f é frequência máxima do CLK, n é o número de FF e t_a é o tempo de atraso (50ns)

$$f_{\text{máx}} = \frac{1}{n \times t_a}$$

Contador Decrescente

Antes de analisar o circuito de um contador decrescente, vamos analisar a sequência de contagem decrescente para um contador decrescente de três bits:

CBA

1 1 1

1 1 0

1 0 1

1 0 0

0 1 1

0 1 0

0 0 1

0 0 0

Contador Decrescente

Antes de analisar o circuito de um contador decrescente, vamos analisar a seqüência de contagem decrescente para um contador decrescente de três bits:

CBA

1 1 1

1 1 0

1 0 1

1 0 0

0 1 1

0 1 0

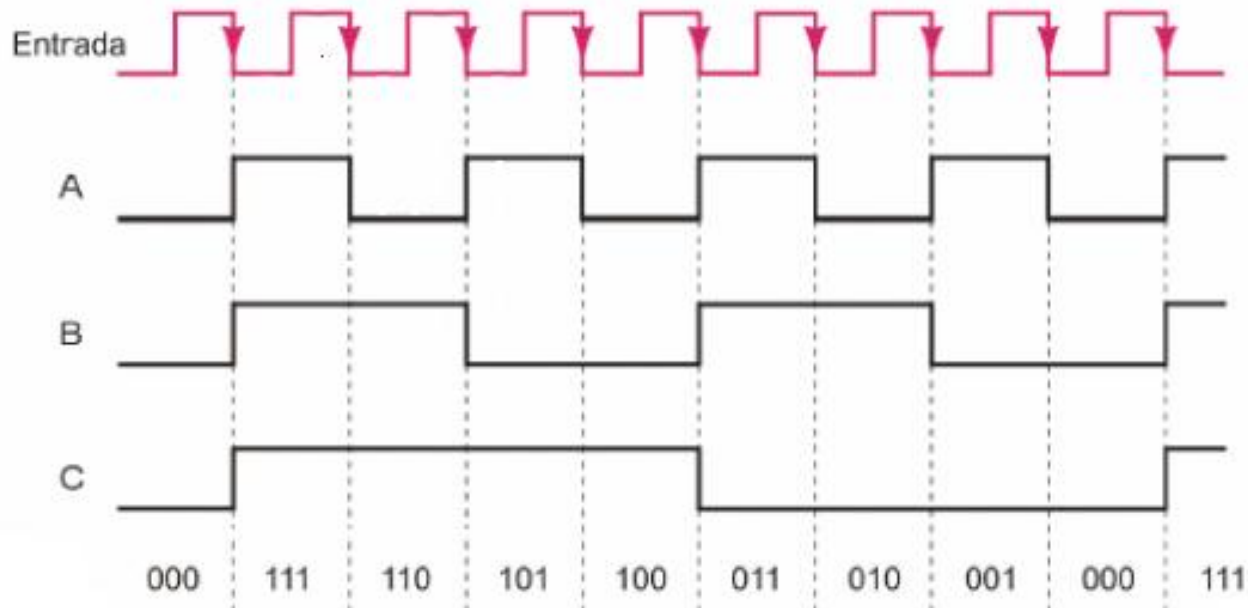
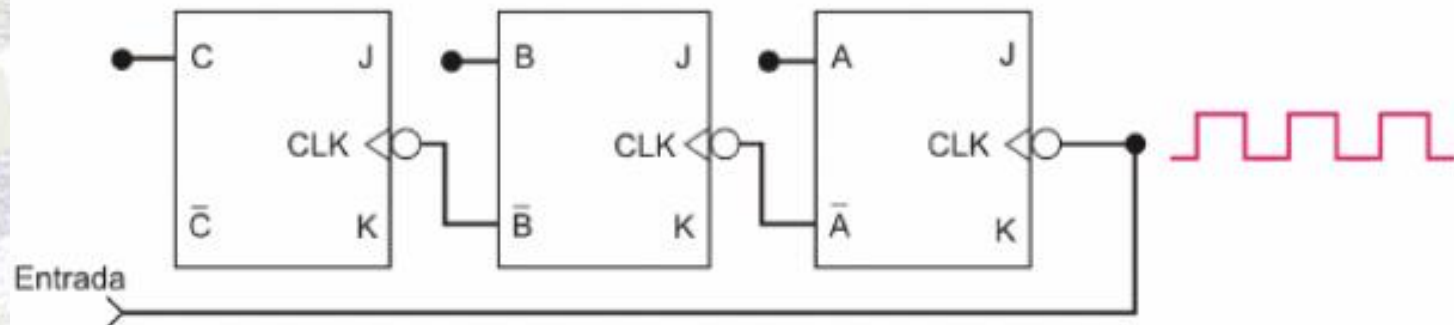
0 0 1

0 0 0

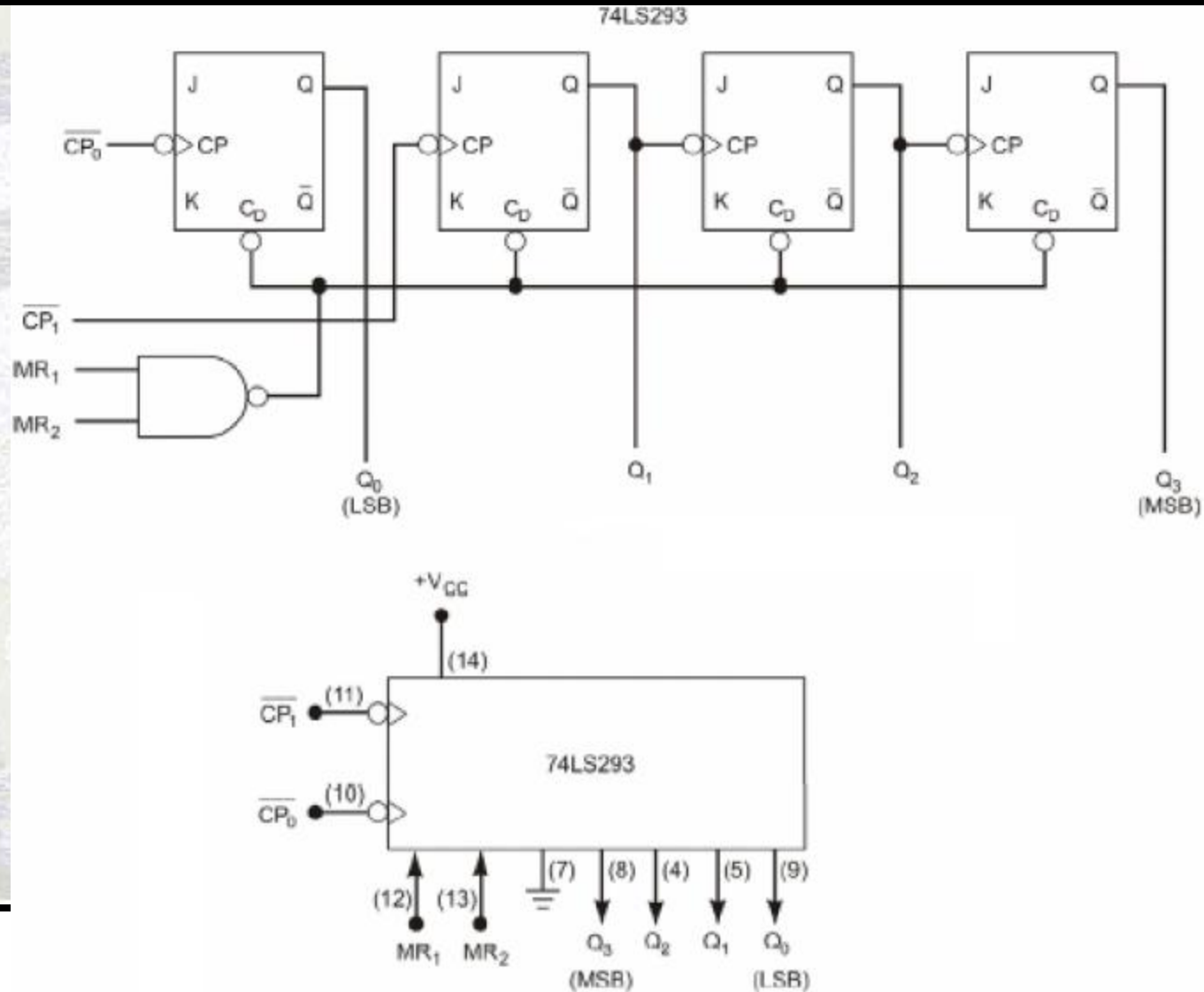
Que conclusão
podemos tirar?

Contador Decrescente

Todas as entradas J e K
estão em nível alto

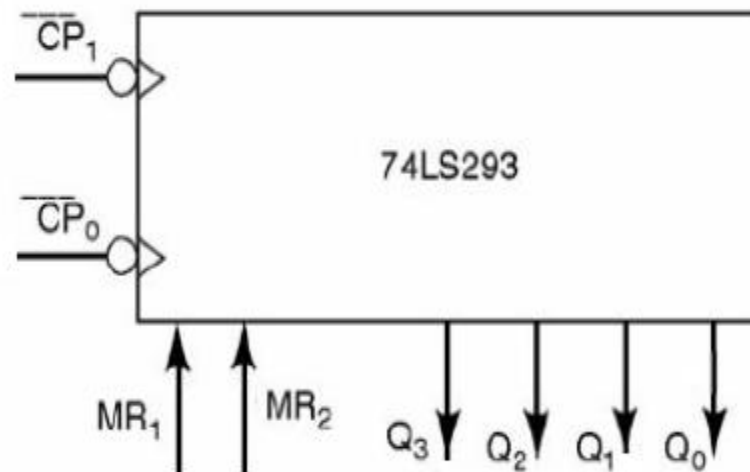


C.I. de Contadores



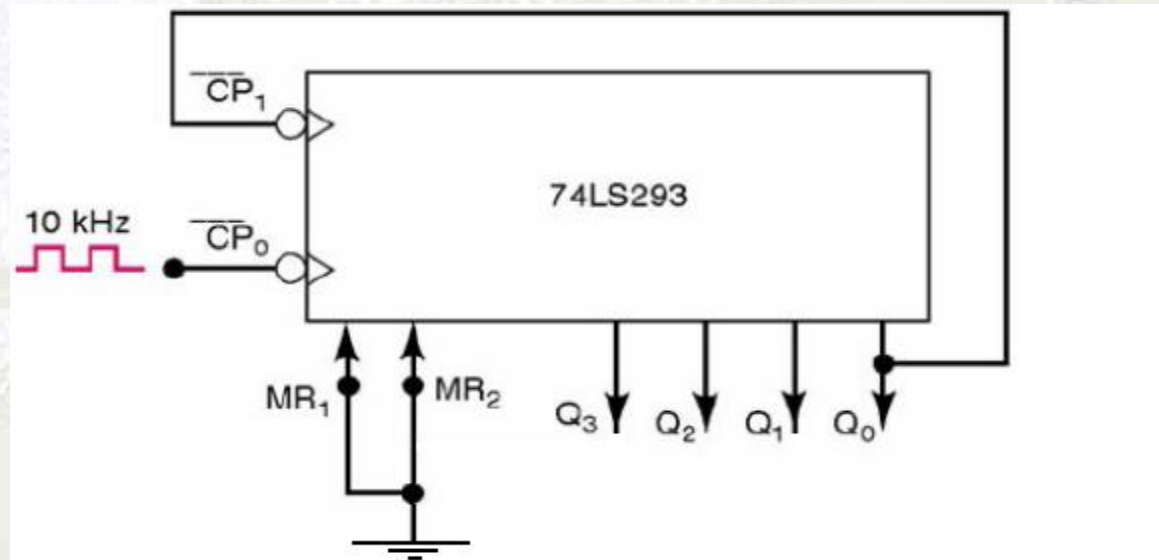
C.I. de Contadores

Exercício 3 – Mostre como o CI-74LS293 pode ser conectado para se operar como um contador de módulo 16, com uma entrada de CLK de 10kHz.



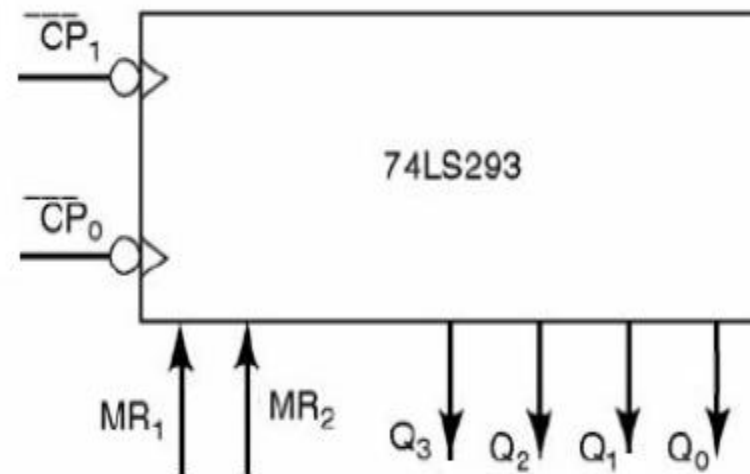
C.I. de Contadores

Exercício 3 – Mostre como o CI-74LS293 pode ser conectado para se operar como um contador de módulo 16, com uma entrada de CLK de 10kHz.



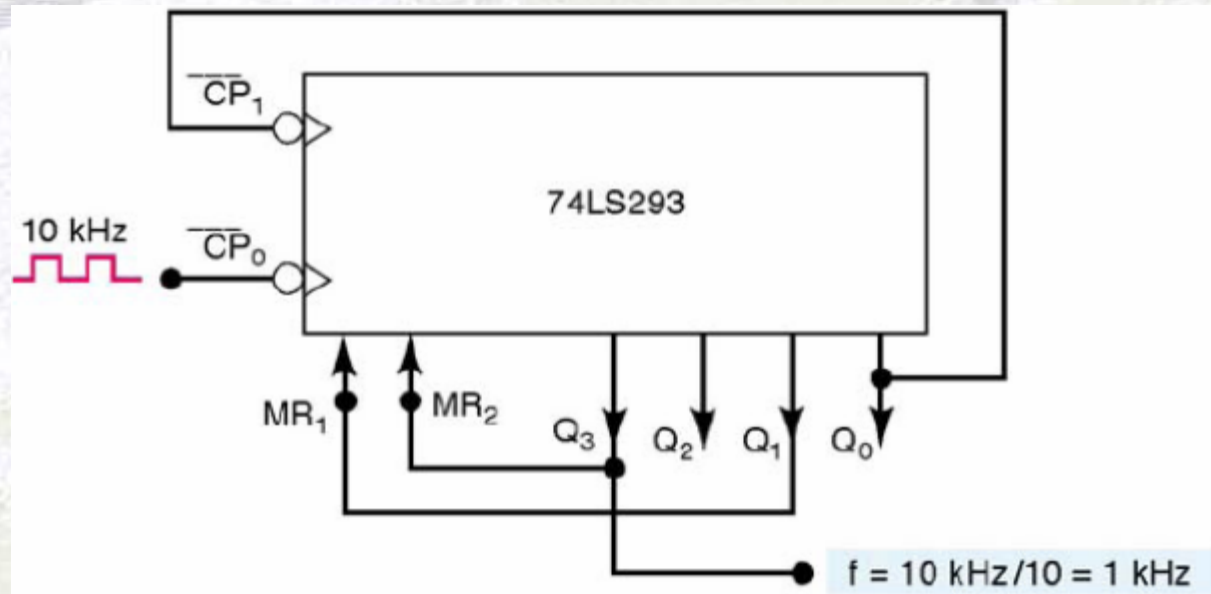
C.I. de Contadores

Exercício 4 – Mostre como o CI-74LS293 pode ser conectado para se operar como um contador de módulo 10, com uma entrada de CLK de 10kHz.



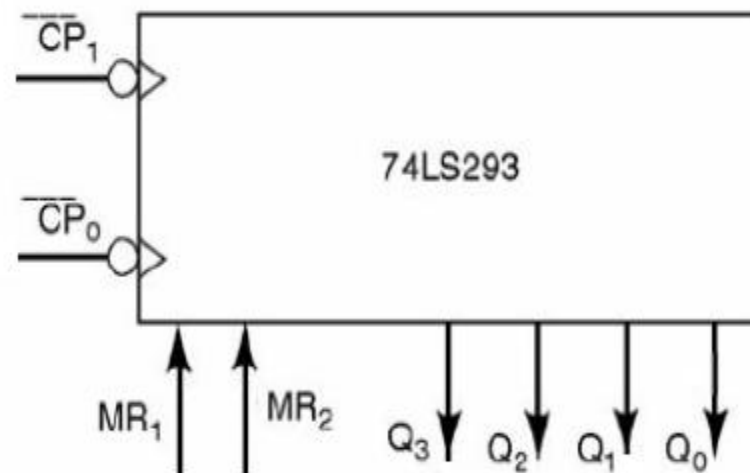
C.I. de Contadores

Exercício 4 – Mostre como o CI-74LS293 pode ser conectado para se operar como um contador de módulo 10, com uma entrada de CLK de 10kHz.



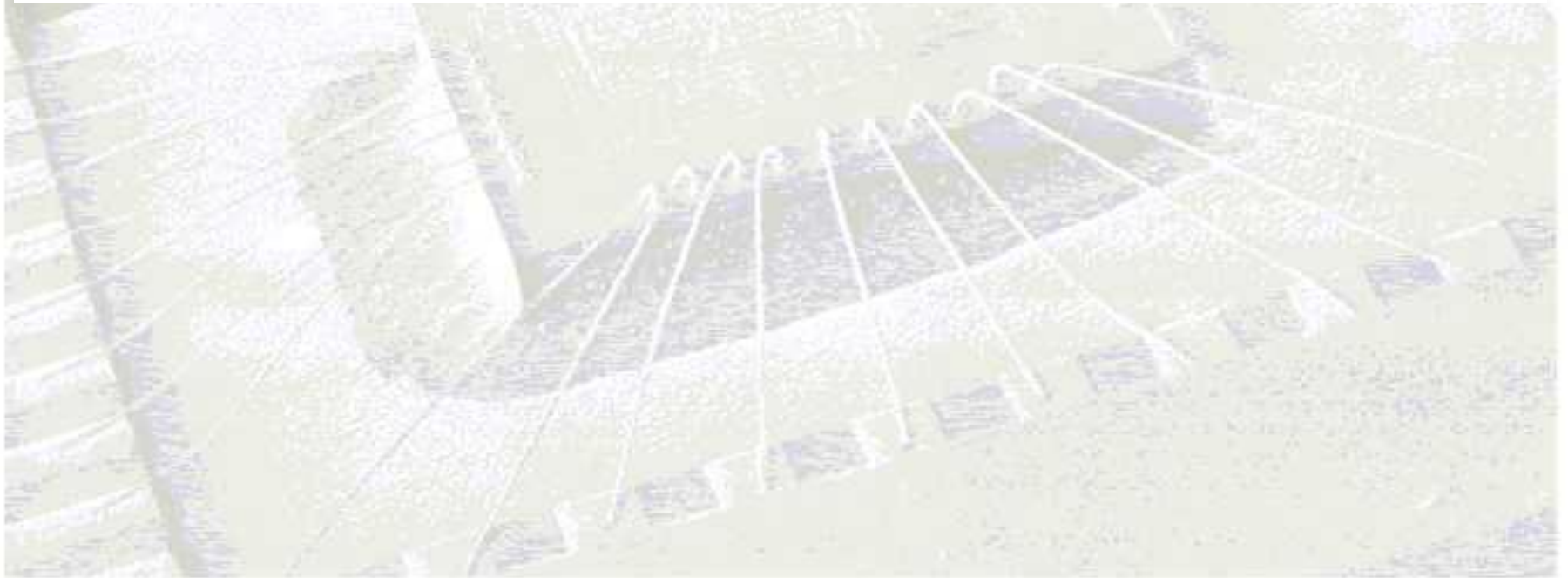
C.I. de Contadores

Exercício 5 – Mostre como o CI-74LS293 pode ser conectado para se operar como um contador de módulo 14, com uma entrada de CLK de 10kHz.



Contadores Síncronos

Os problemas encontrados com os contadores assíncronos são provocados pelo acúmulo dos atrasos de propagação dos FFs. Essa limitação pode ser superada pelo uso de **contadores síncronos** ou **paralelos**, nos quais os FFs são disparados simultaneamente (em paralelo) pelos pulsos de **CLK** de entrada.



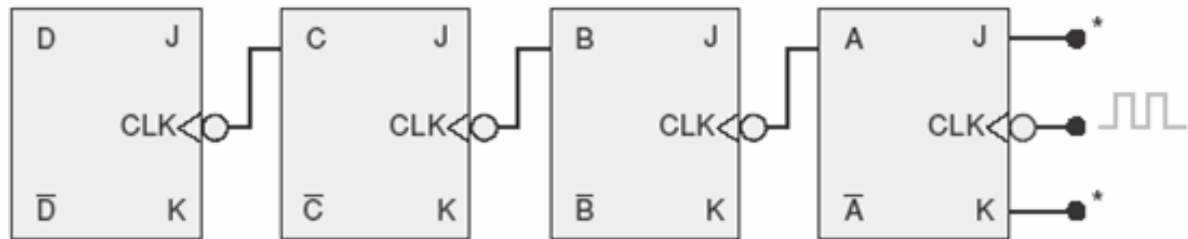
Contadores Síncronos

Os problemas encontrados com os contadores assíncronos são provocados pelo acúmulo dos atrasos de propagação dos FFs. Essa limitação pode ser superada pelo uso de **contadores síncronos** ou **paralelos**, nos quais os FFs são disparados simultaneamente (em paralelo) pelos pulsos de **CLK** de entrada.

Visto que os pulsos de *CLK* de entrada são aplicados em todos os FFs, **algum recurso** tem que ser usado para controlar o momento em que um ou mais FFs deve(m) comutar, e o momento em que um ou mais FFs deve(m) permanecer inalterado(s) quando ocorrer a borda ativa de **CLK**.

Contadores Síncronos

Contador Assíncrono de 4 bits (módulo 16)



*Supõe-se que todas as entradas J e K sejam 1.

- As entradas de **CLK** são todas conectadas juntas, de modo que o sinal de CLK é aplicado em cada FF a mesmo tempo;
- Apenas o FF A tem as entradas JK permanentemente em nível **ALTO**;
- O contador síncrono necessita de mais circuitos do que o assíncrono.

Contadores Síncronos

Funcionamento:

Contagem	D	C	B	A
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
0	0	0	0	0
.
.
.	.	etc.	.	.

- O FF A tem que trocar de estado a cada descida do CLK, por isso suas entrada JK são iguais a 1.

Contadores Síncronos

Funcionamento:

Contagem	D	C	B	A
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
0	0	0	0	0
.
.
.	.	etc.	.	.

- O FF A tem que trocar de estado a cada descida do CLK, por isso suas entradas JK são iguais a 1.

- O FF B tem que trocar de estado a cada descida do CLK, entretanto, somente quando a saída do FF A for igual a 1.

Contadores Síncronos

Funcionamento:

Contagem	D	C	B	A
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
0	0	0	0	0
.
.
.	.	etc.	.	.

- O FF A tem que trocar de estado a cada descida do CLK, por isso suas entradas JK são iguais a 1.

- O FF B tem que trocar de estado a cada descida do CLK, entretanto, somente quando a saída do FF A for igual a 1.

- O FF C tem que trocar de estado a cada descida do CLK, entretanto, somente quando as saídas dos FF A e FF B forem iguais a 1.

Contadores Síncronos

Funcionamento:

Contagem	D	C	B	A
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
0	0	0	0	0
.
.
.	.	etc.	.	.

- O FF A tem que trocar de estado a cada descida do CLK, por isso suas entrada JK são iguais a 1.

- O FF B tem que trocar de estado a cada descida do CLK, entretanto, somente quando a saída do FF A for igual a 1.

- O FF C tem que trocar de estado a cada descida do CLK, entretanto, somente quando as saídas dos FF A e FF B forem iguais a 1.

- Analogamente, o FF D tem que trocar de estado a cada descida do CLK, entretanto, somente quando as saídas dos FF A , FF B e FF C forem iguais a 1.

Contadores Síncronos

Resumindo: Cada FF deve ter suas entradas JK conectadas de modo que elas estejam em ALTO somente quando as saídas de todos os FF de mais baixa ordem estiverem em nível ALTO.

Contadores Síncronos

Resumindo: Cada FF deve ter suas entradas JK conectadas de modo que elas estejam em ALTO somente quando as saídas de todos os FF de mais baixa ordem estiverem em nível ALTO.

Vantagens dos contadores síncronos:

Contador Assíncrono de 4 bits (módulo 16)

$$f_{\text{máx}} \leq \frac{1}{N \times t_{\text{atraso}}}, \quad \text{sendo } N \text{ o número de FFs.}$$

Contador Síncrono de 4 bits (módulo 16)

$$f_{\text{máx}} \leq \frac{1}{t_{\text{atraso_FF}} + t_{\text{atraso_AND}}}$$

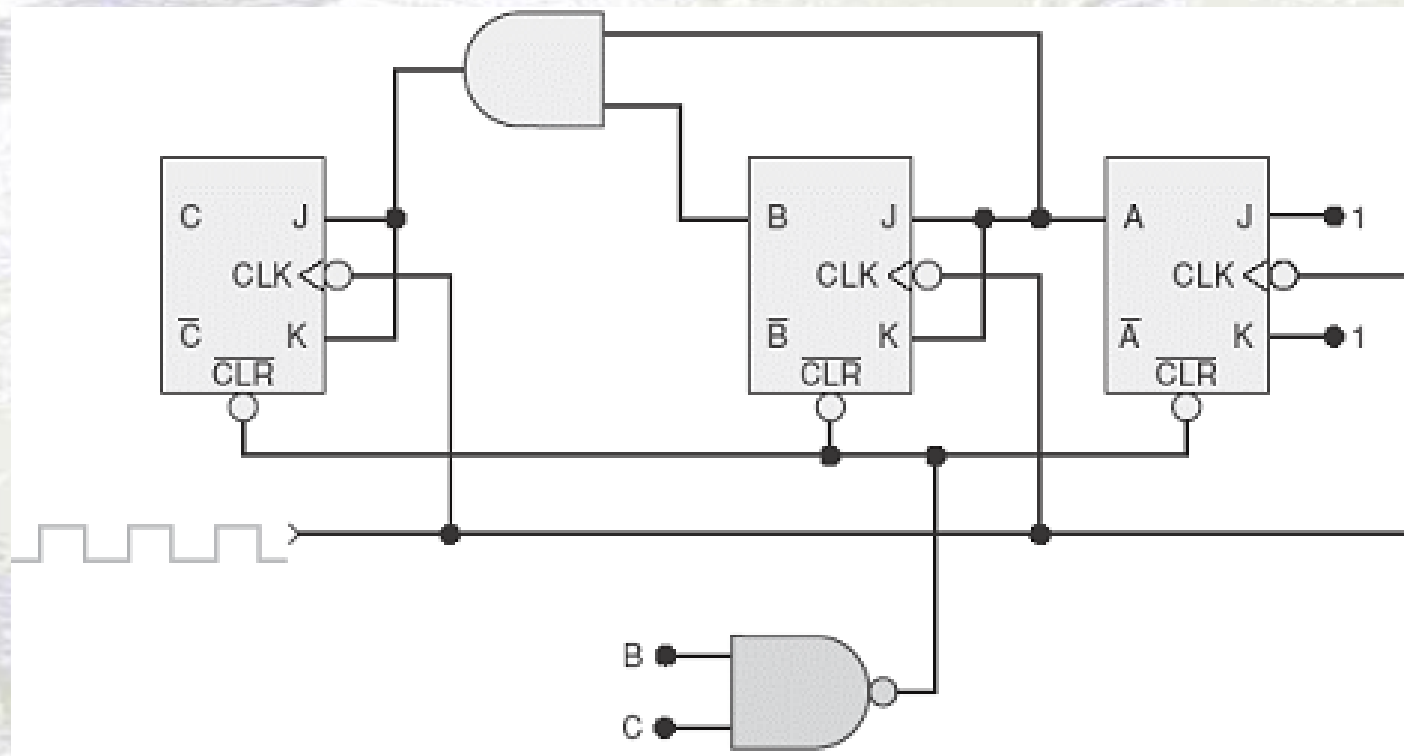
Contadores Síncronos Módulo $< 2^N$

Utiliza-se as entradas assíncronas **CLEAR** para gerar contadores síncronos de módulo $< 2N$, de forma semelhante aos contadores assíncronos.



Contadores Síncronos Módulo $< 2^N$

Utiliza-se as entradas assíncronas **CLEAR** para gerar contadores síncronos de módulo $< 2N$, de forma semelhante aos contadores assíncronos.



Contadores Síncronos Decrescente

O raciocínio é o mesmo: no contador **crescente** usa-se a saída de um FF de ordem mais baixa para controlar a comutação de FFs de ordem superior, no contador **decrescente** usa-se as saídas invertidas de cada FF para controlar a comutação dos FFs de ordem superior.

