



Universidade Federal da Fronteira Sul
Curso de Ciência da Computação
Campus Chapecó

Circuitos Contadores

Prof. Luciano L. Caimi
lcaimi@uffs.edu.br

► Circuitos contadores

- ✓ São circuitos sequenciais que variam de estado de acordo com o comando do clock;
- ✓ Utilizados principalmente para contagens, geradores de palavras, divisores de frequência, etc;
- ✓ Constituem-se de arranjos de flip-flops que avançam de estado em resposta a um evento.
- ✓ **Módulo do contador:** é o número de estados que o contador passa antes de retornar a um estado inicial

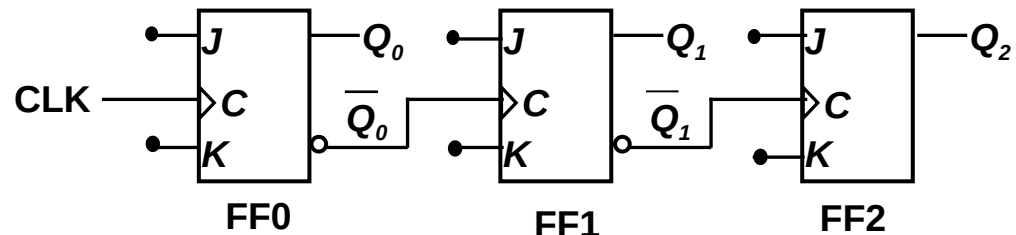
Assim, para um circuito formado por n flip-flops teremos um contador com módulo máximo 2^n

Introdução

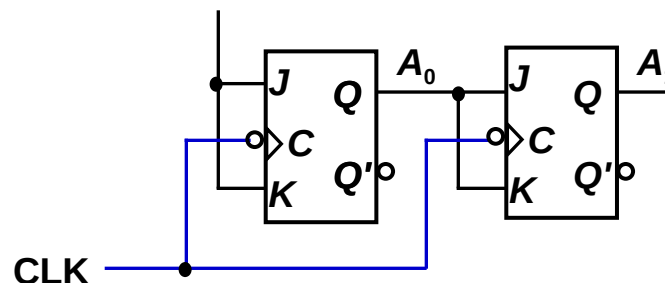


► Contadores síncronos e assíncronos

- ✓ Todos os contadores possuem um sinal de clock. A forma como o clock é submetido ao circuito.
- ✓ **Contador Assíncrono:** São caracterizados por NÃO terem a entrada de clock comum a todos os FF, ou seja, o sinal de clock não é aplicado a todos os FF.



- ✓ **Contador Síncrono:** O sinal de clock é comum a todos os FF do circuito.



► Contadores Assíncronos

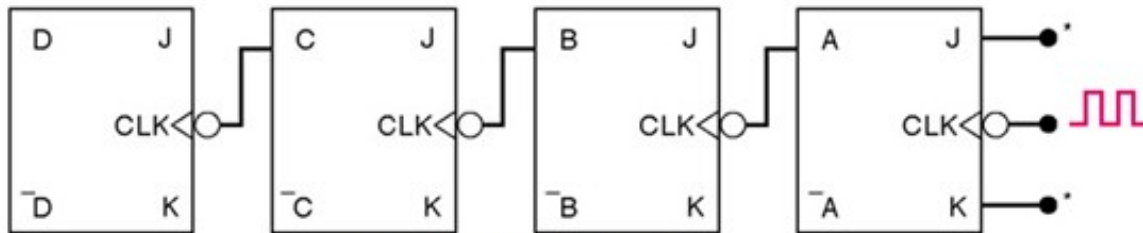
- ✓ Possuem a vantagem de economizar circuito, por outro lado possuem limitações de velocidade
- ✓ Os principais contadores assíncronos são: contadores de pulso, contadores de década e contadores sequenciais de 0 a n.

Contador de Pulsos (Ripple Counter)

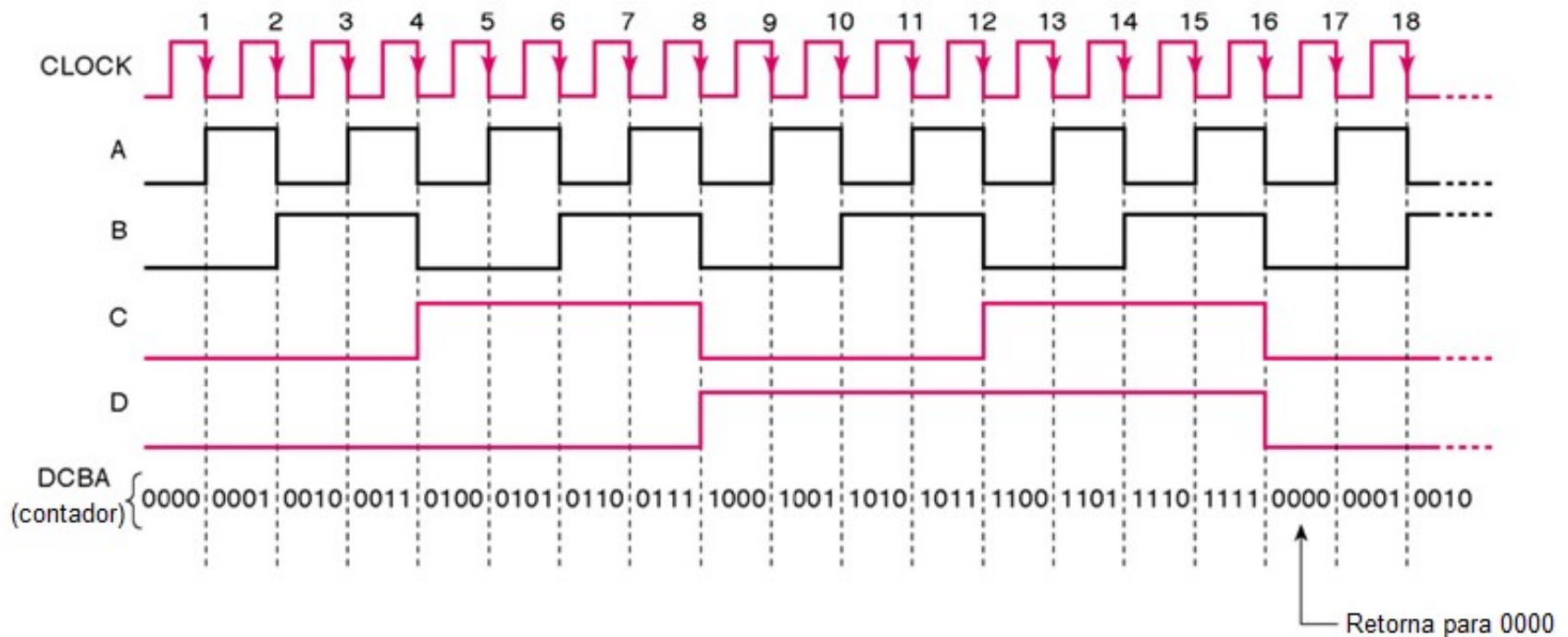
Realiza a contagem crescente ou decrescente dos pulsos de clock presentes na entrada. O circuito funciona também como um divisor de frequência.

Contadores Assíncronos

► Contador de Pulso Crescente



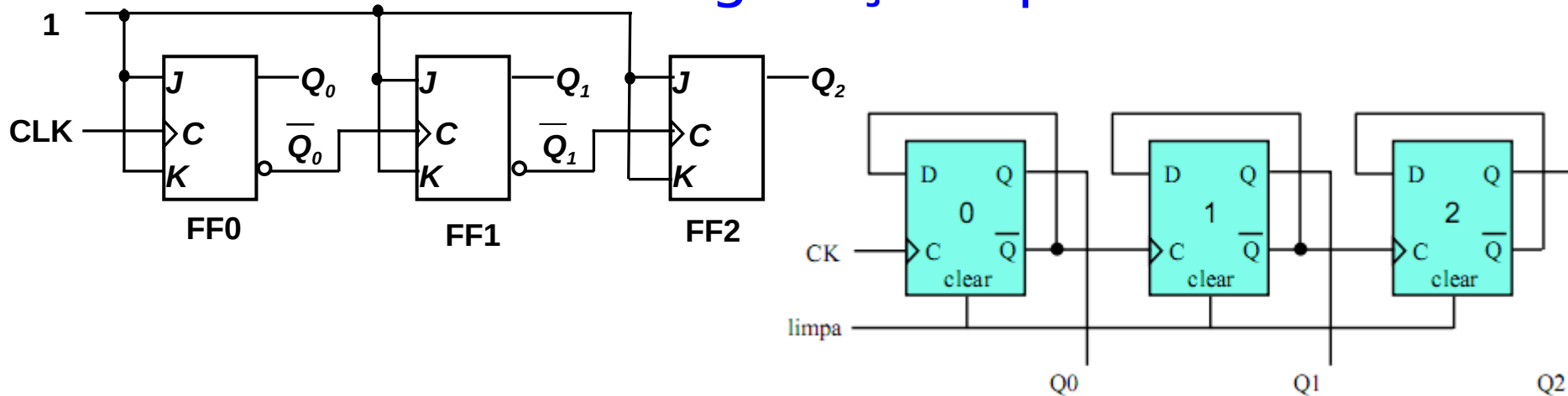
* Todas as entradas J e K
com valor fixo em 1



Contadores Assíncronos

► Contador de Pulso Crescente

✓ Existem outras configurações possíveis



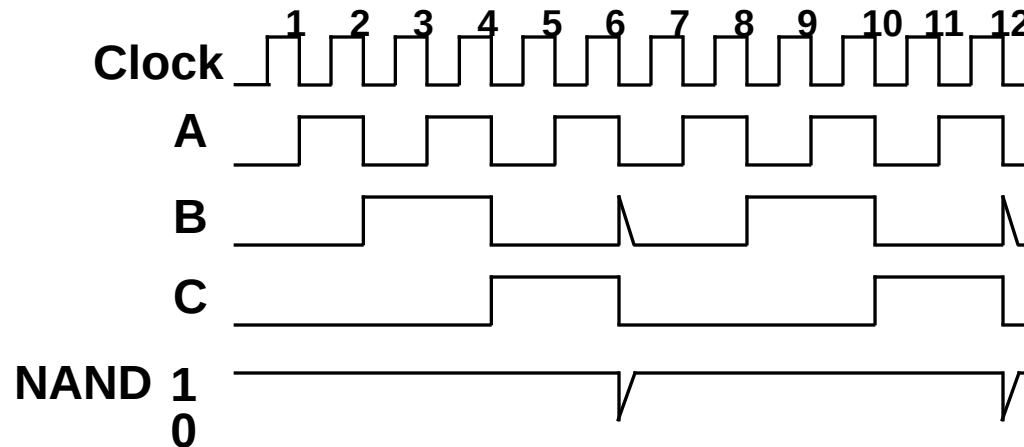
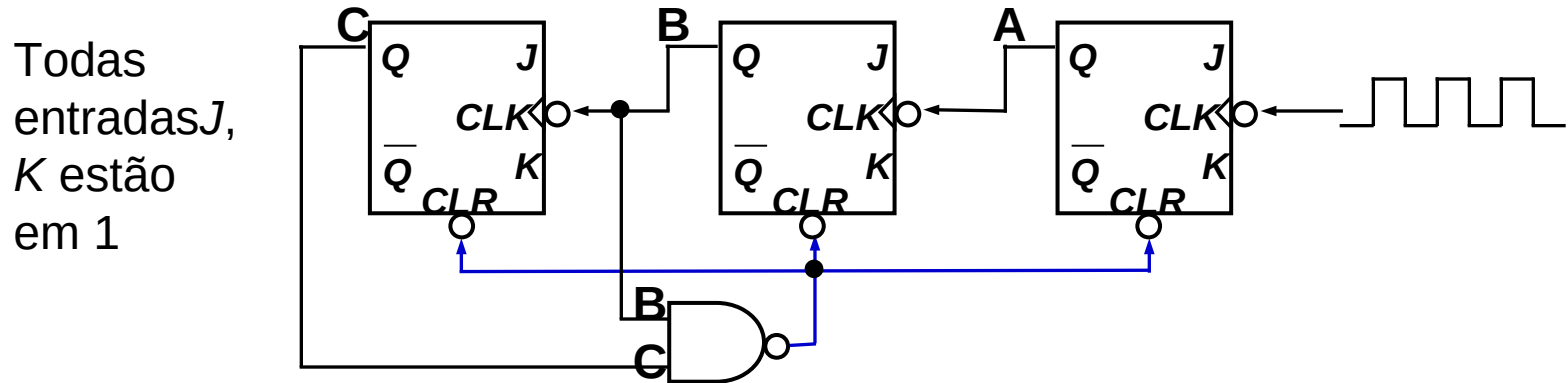
Os dois exemplos anteriores são contadores de módulo 8 ($2^3 = 8$)

E se quisermos implementar um contador que conte de 0 até 6?

Contadores Assíncronos

► Contador de Pulso Crescente

✓ Contador crescente módulo 6

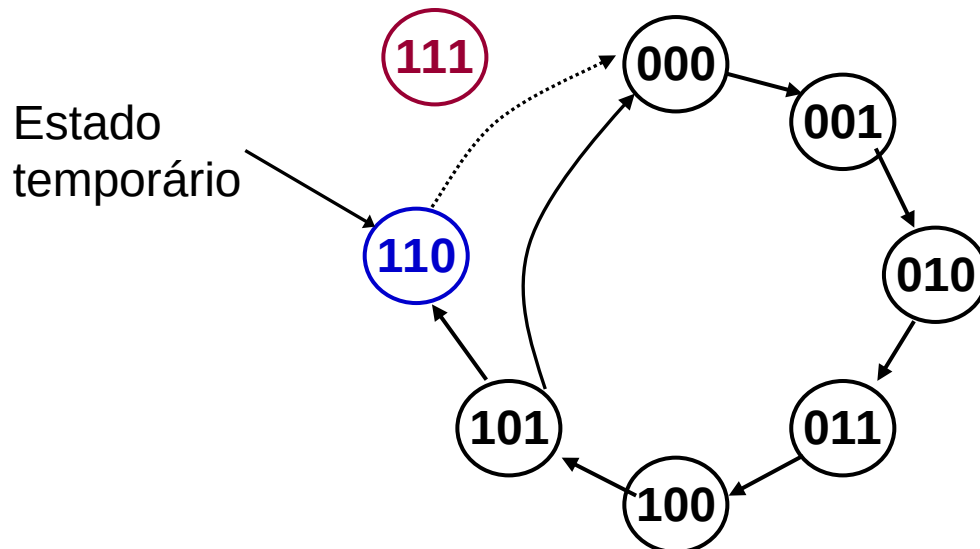
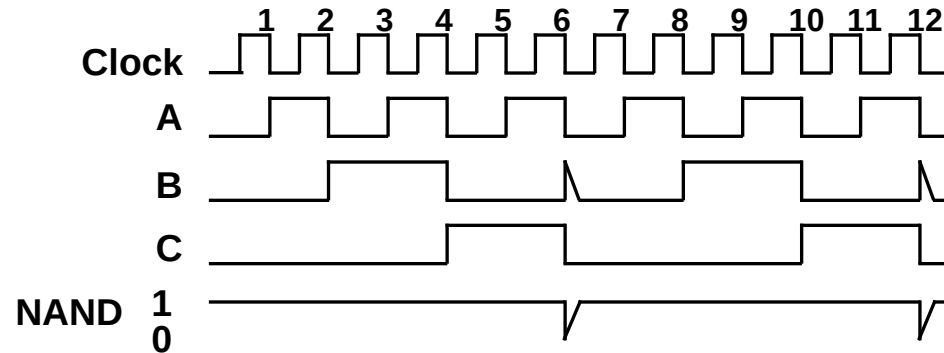


Utiliza NAND pois o *clear* é ativo em nível baixo

Contadores Assíncronos

► Contador de Pulso Crescente

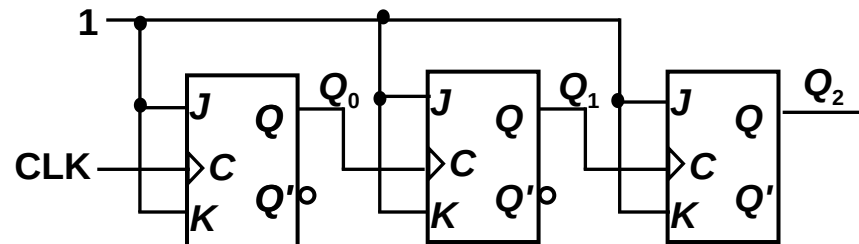
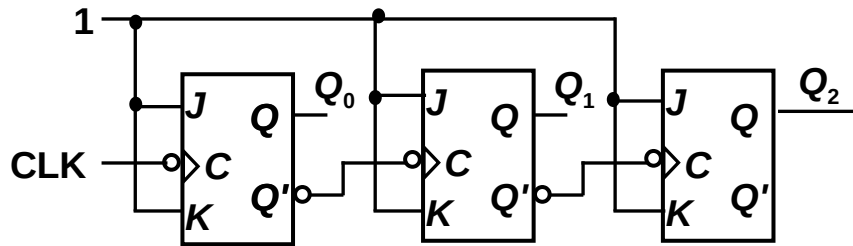
✓ Contador crescente módulo 6



Contadores Assíncronos

► Contador de Pulso Decrescente

Os circuitos abaixo realizam a contagem assíncrona decrescente

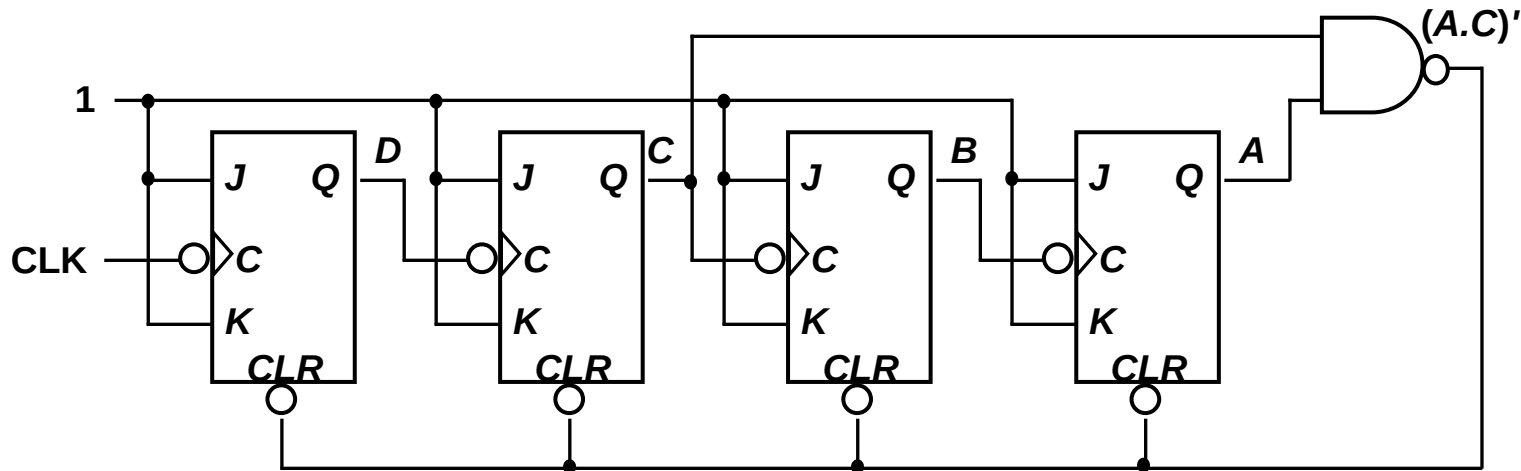


Contadores Assíncronos



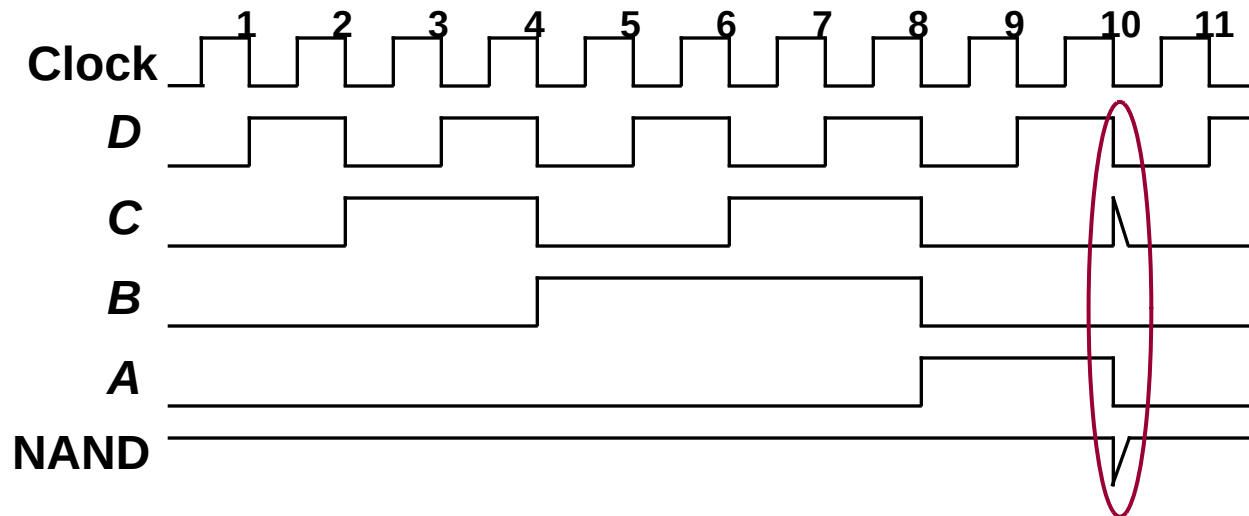
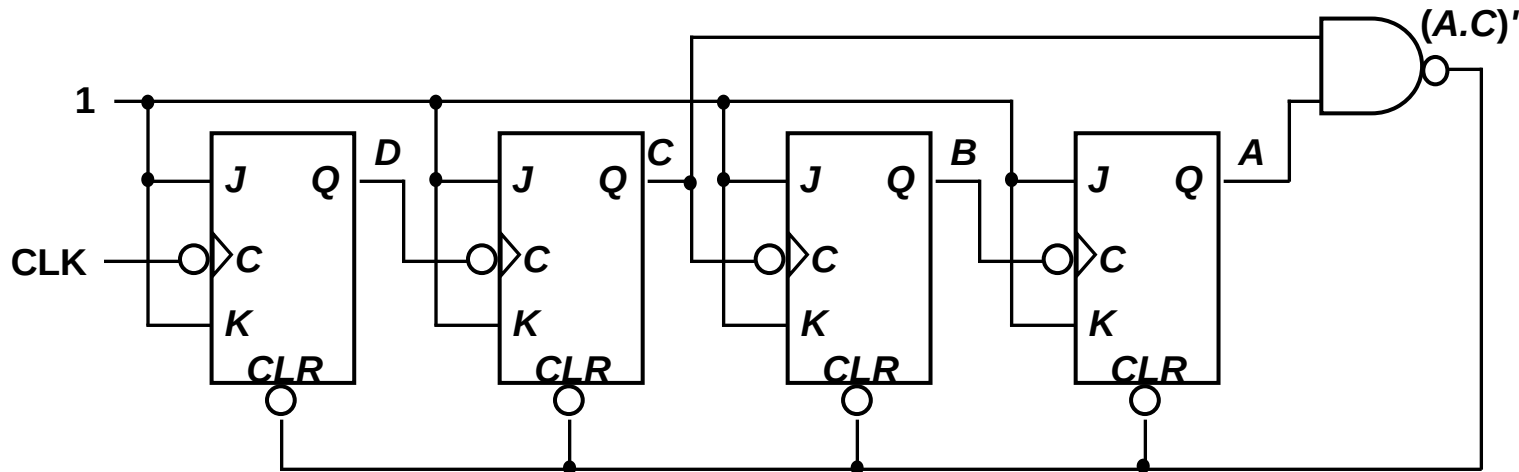
► Contador de Década (ou contador BCD)

São contadores com 10 estados (módulo 10).
Eles são usados em contadores cotidianos
como medidores, odômetros, etc...)



Contadores Assíncronos

► Contador de Década (ou contador BCD)



Contadores Síncronos

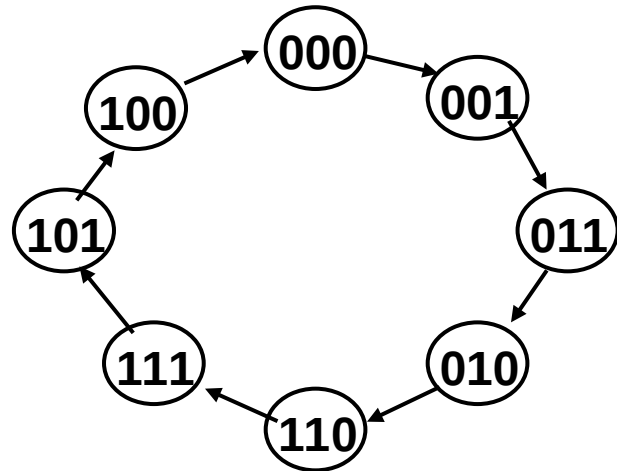


► Características

- ✓ Possuem a entrada de clock comum a todos os FF
- ✓ Os principais contadores síncronos são: contador em anel, contador com módulo arbitrário, contador crescente-decrescente (up-down), gerador gray...
- ✓ Os contadores podem ser construídos com FF tipo JK ou com FF tipo D ou com FF tipo T

Contadores Síncronos

► Contador Gray



J	K	Q
0	0	Q_a
0	1	0
1	0	1
1	1	$\sim Q_a$

Atual	Próx.	J	K
0	0	0	X
0	1	1	X
1	0	X	1
1	1	X	0

Estado Atual			Próximo Estado			Entradas Flip-Flop					
Q_2	Q_1	Q_0	Q_2^+	Q_1^+	Q_0^+	JQ_2	KQ_2	JQ_1	KQ_1	JQ_0	KQ_0
0	0	0	0	0	1	0	X	0	X	1	X
0	0	1	0	1	1	0	X	1	X	X	0
0	1	0	1	1	0	1	X	X	0	0	X
0	1	1	0	1	0	0	X	X	0	X	1
1	0	0	0	0	0	X	1	0	X	0	X
1	0	1	1	0	0	X	0	0	X	X	1
1	1	0	1	1	1	X	0	X	0	1	X
1	1	1	1	0	1	X	0	X	1	X	0

Contadores Síncronos

► Contador Gray

		$Q_1 Q_0$			
		00	01	11	
Q_2	0	10			1
	1	X	X	X	X

$JQ_2 = Q_1 \cdot Q_0'$

		$Q_1 Q_0$			
		00	01	11	
Q_2	0	10	X	X	X
	1	1			

$KQ_2 = Q_1' \cdot Q_0'$

		$Q_1 Q_0$			
		00	01	11	
Q_2	0	10	1	X	X
	1			X	X

$JQ_1 = Q_2' \cdot Q_0$

		$Q_1 Q_0$			
		00	01	11	
Q_2	0	10	X		
	1	X	X	1	

$KQ_1 = Q_2 \cdot Q_0$

		$Q_1 Q_0$			
		00	01	11	
Q_2	0	10	X	X	
	1		X	X	1

$JQ_0 = Q_2 \cdot Q_1 + Q_2' \cdot Q_1'$
 $= (Q_2 \oplus Q_1)'$

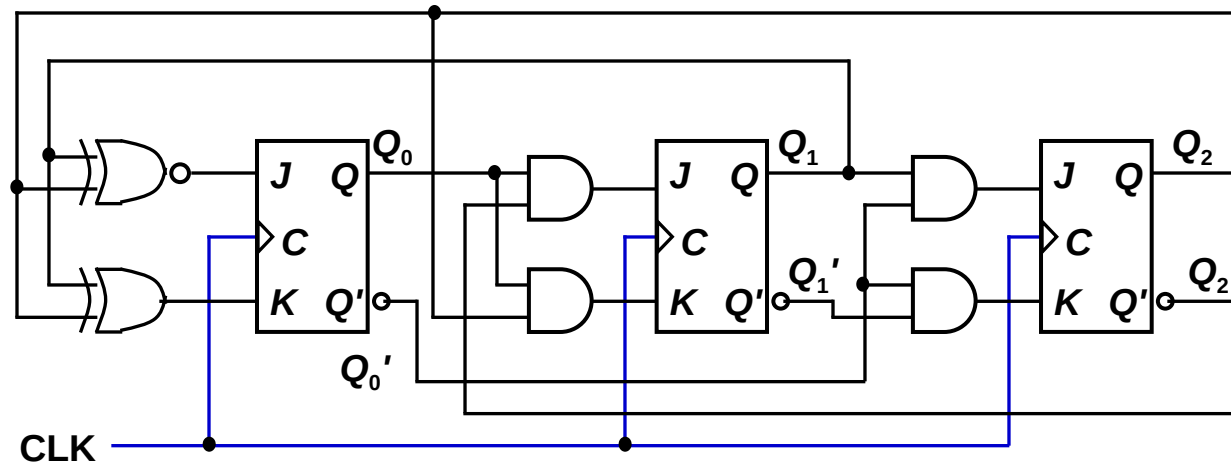
		$Q_1 Q_0$			
		00	01	11	
Q_2	0	10		1	X
	1	X	1		X

$KQ_0 = Q_2 \cdot Q_1' + Q_2' \cdot Q_1$
 $= Q_2 \oplus Q_1$

► Contador Gray

Equações e Circuito

$$\begin{aligned} JQ_2 &= Q_1 \cdot Q_0' & JQ_1 &= Q_2' \cdot Q_0 & JQ_0 &= (Q_2 \oplus Q_1)' \\ KQ_2 &= Q_1' \cdot Q_0' & KQ_1 &= Q_2 \cdot Q_0 & KQ_0 &= Q_2 \oplus Q_1 \end{aligned}$$



Contadores Síncronos

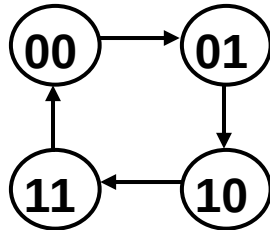
► Contador Crescente

Contagem de 0 a 3 usando FF tipo T

<i>J</i>	<i>K</i>	<i>Q</i>
0	0	Q_a
0	1	0
1	0	1
1	1	$\sim Q_a$

<i>T</i>	<i>Q</i>
0	Q_a
1	$\sim Q_a$

<i>Atual</i>	<i>Próx.</i>	<i>T</i>
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



Present state		Next state		Flip-flop inputs	
A_1	A_0	A_1^+	A_0^+	TA_1	TA_0
0	0	0	1	0	1
0	1	1	0	1	1
1	0	1	1	0	1
1	1	0	0	1	1

Contadores Síncronos

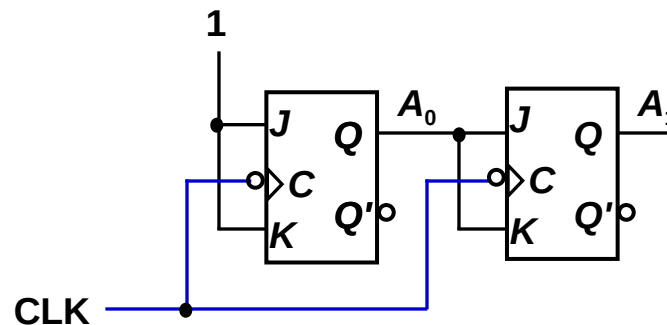
► Contador Crescente

Contagem de 0 a 3 usando FF tipo T

Present state		Next state		Flip-flop inputs	
A_1	A_0	A_1^+	A_0^+	TA_1	TA_0
0	0	0	1	0	1
0	1	1	0	1	1
1	0	1	1	0	1
1	1	0	0	1	1

$$TA_1 = A_0$$

$$TA_0 = 1$$



Contadores Síncronos



```
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.numeric_std.all;
entity contador_sincrono is          -- reset sincrono
    port(
        clk  : in std_logic;
        reset: in std_logic;
        q    : out std_logic_vector(3 downto 0)
    );
end entity;
architecture rtl of contador_sincrono is
begin
    process (clk)
        variable cnt : integer range 0 to 15;
    begin
        if (rising_edge(clk)) then
            if reset = '1' then
                cnt := 0;
            else
                if cnt = 15 then
                    cnt := 0;
                else
                    cnt := cnt + 1;
                end if;
            end if;
        end if;
        q <= std_logic_vector(to_unsigned(cnt, q'length));
    end process;
end rtl;
```

Cuidados Básicos (seção NÃO)



- Usar somente a fonte fornecida com o Kit
- Não usar outras fontes existentes no Laboratório
- Não conectar e desconectar fios, conectores (JTAG, ...) com a placa ligada
- Não colocar a placa sobre superfície metálica
- Segurar a placa pelas bordas
- Não colocar a mão nos componentes (problemas com eletricidade estática)
- Não retirar o kit do Laboratório (sala 409)
- Terminado o uso guardar o Kit no armário com todo o material acondicionado na respectiva caixa.