



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

---

# **Circuitos**

# **Contadores**

---

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

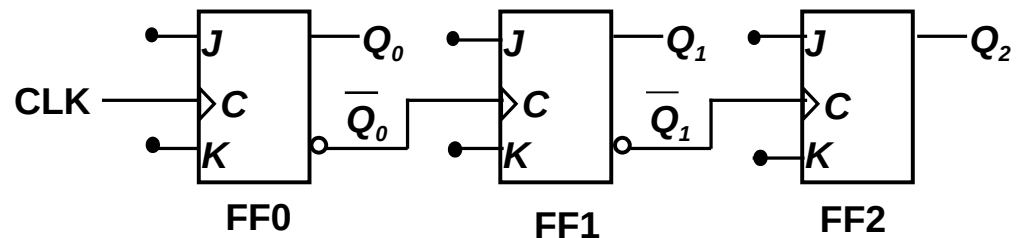
## □ Circuitos contadores

- 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

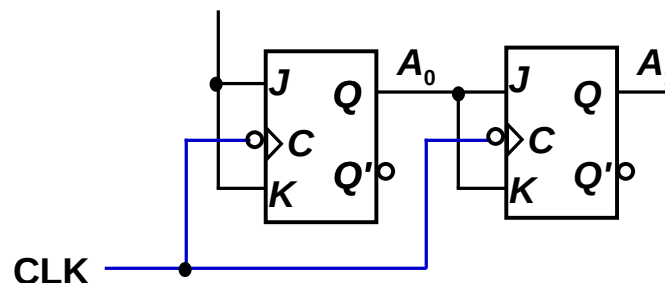
Assim, para um circuito formado por  $n$  flip-flops teremos um contador com módulo máximo  $2^n$

## 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**

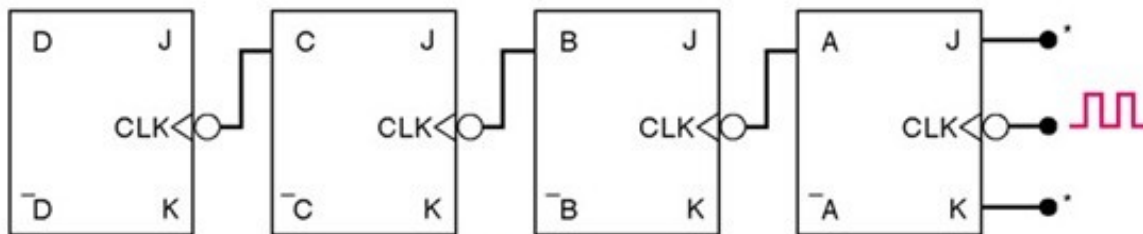
- ▮ Possuem a vantagem de economizar circuito, por outro lado possuem limitações de velocidade
- ▮ Os principais contadores assíncronos são: contadores de pulso, contadores de década e contadores sequenciais de 0 a n.

### Contador de Pulsos (Ripple Counter)

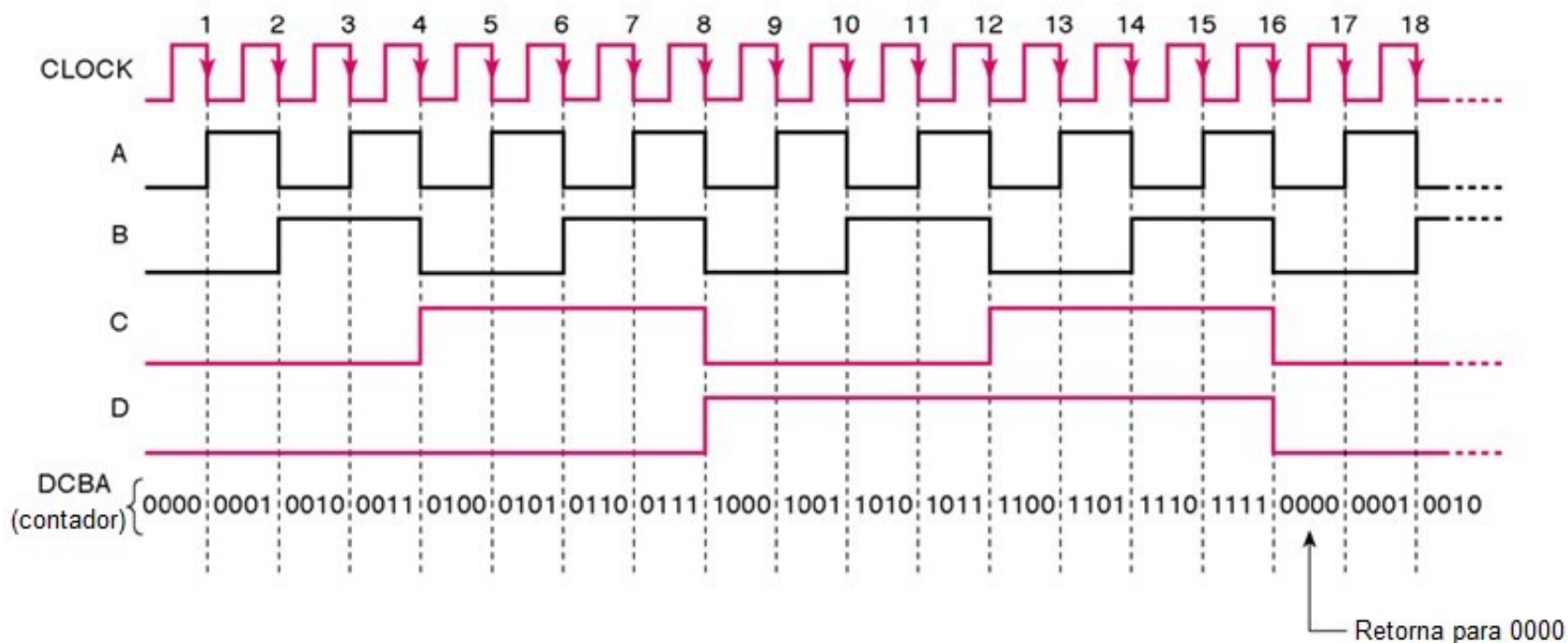
Realiza a contagem crescente ou decrescente dos pulsos de clock presentes na entrada. O circuito funciona também como um divisor de frequência.

# Contadores Assíncronos

## Contador de Pulso Crescente



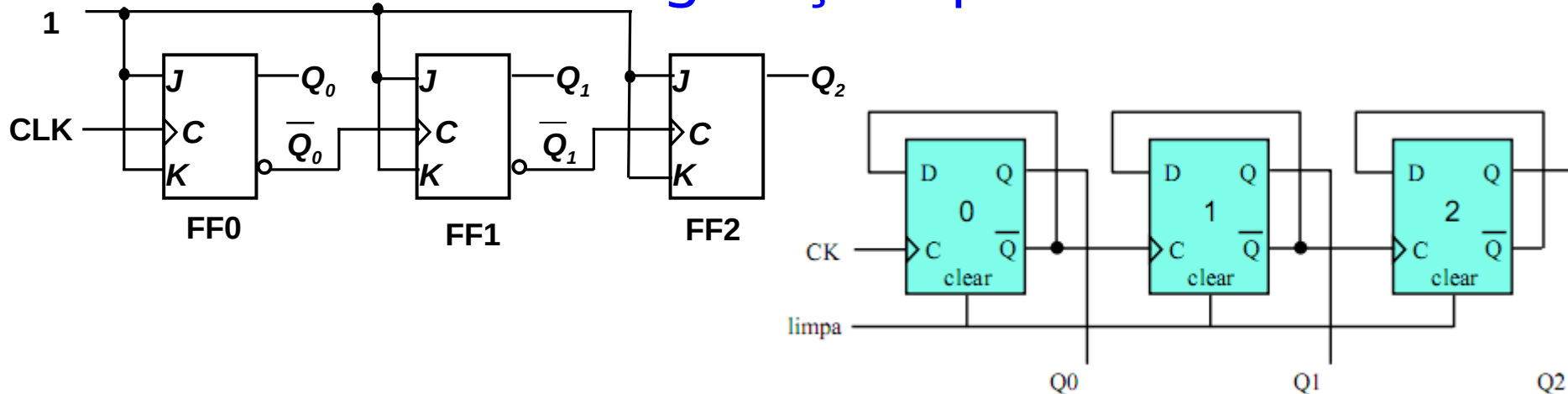
\* Todas as entradas J e K com valor fixo em 1



# Contadores Assíncronos

## Contador de Pulso Crescente

Existem outras configurações possíveis



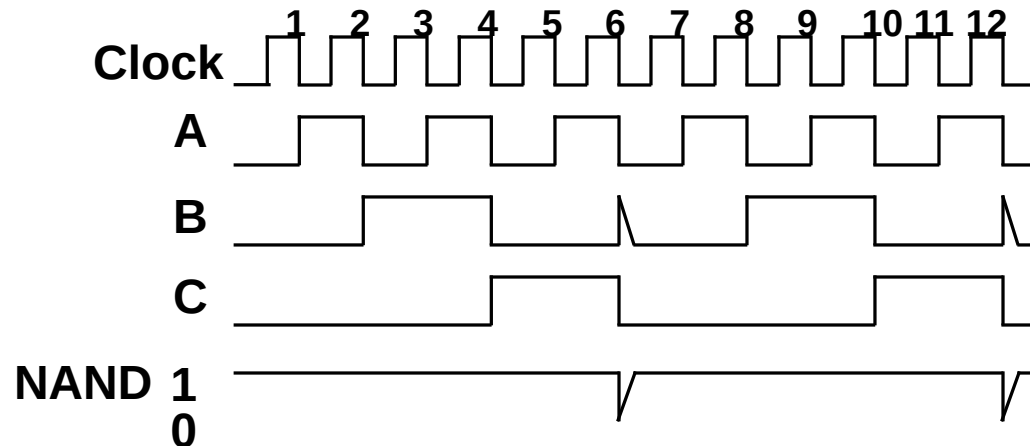
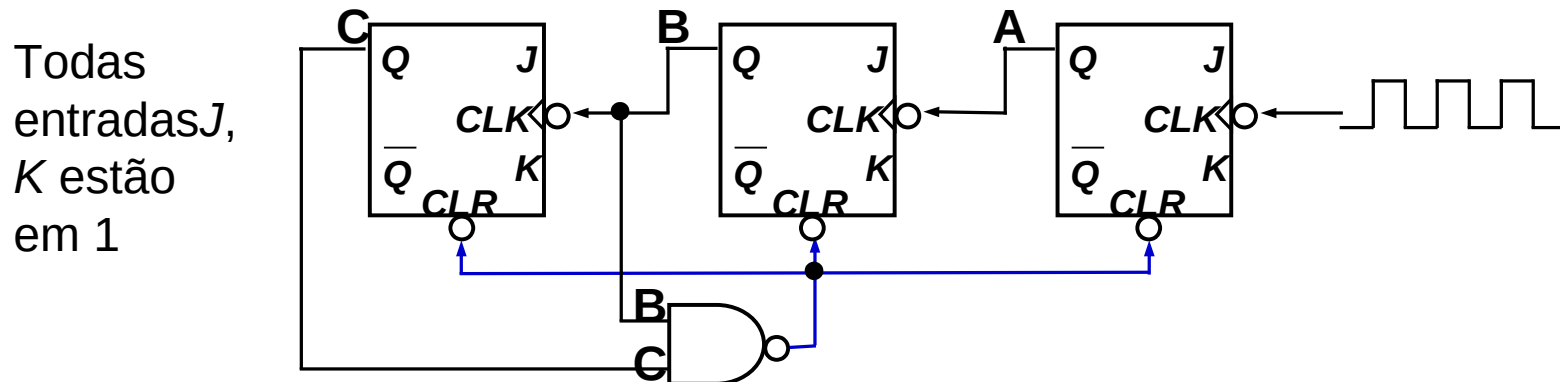
Os dois exemplos anteriores são contadores de módulo 8 ( $2^3 = 8$ )

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

# Contadores Assíncronos

## Contador de Pulso Crescente

### Contador crescente módulo 6

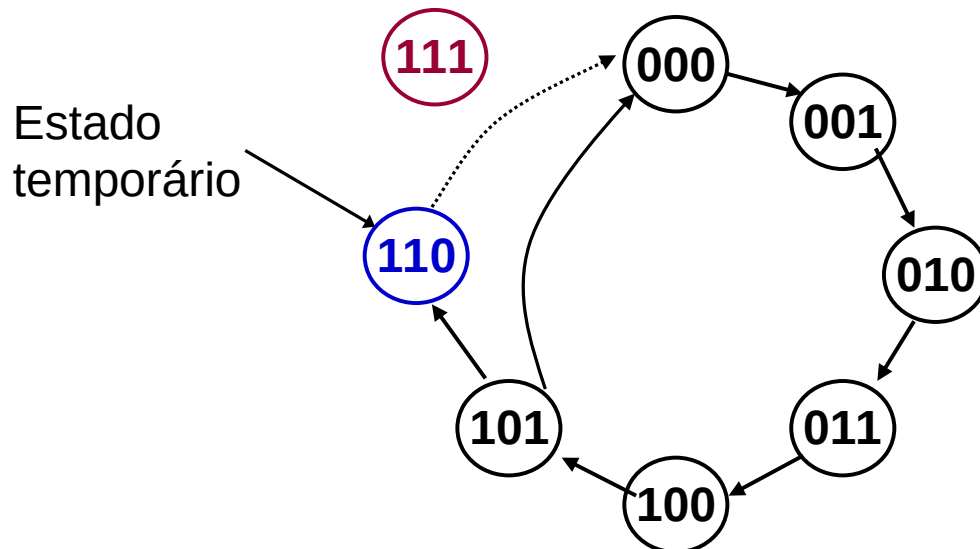
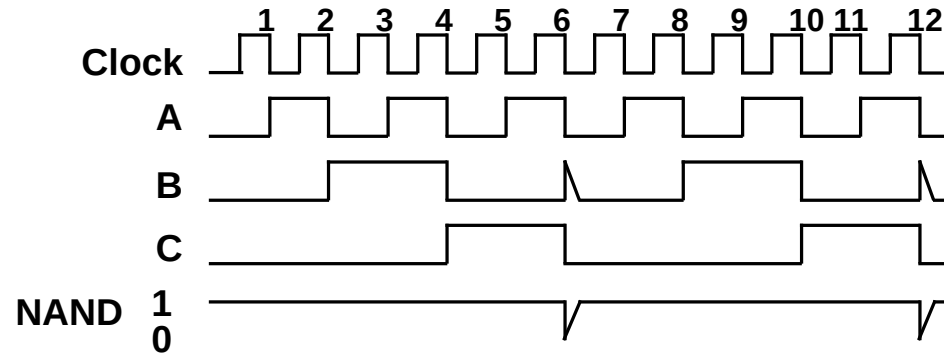


Utiliza NAND pois o *clear* é ativo em nível baixo

# Contadores Assíncronos

## Contador de Pulso Crescente

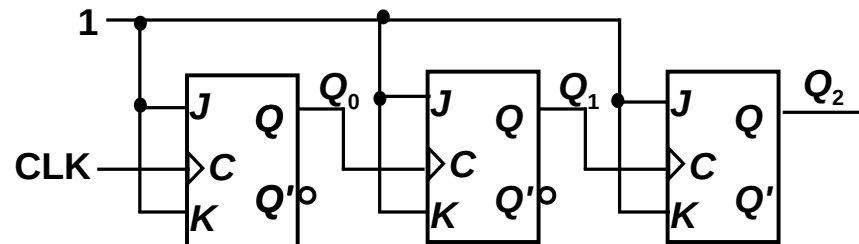
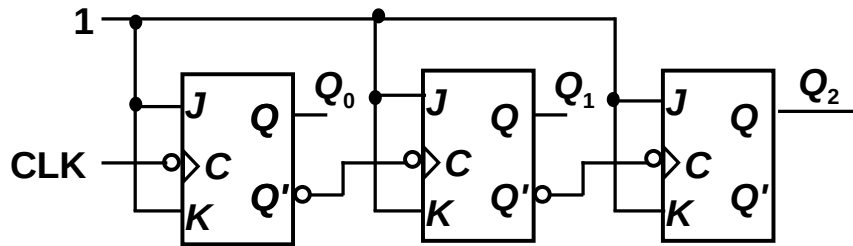
### Contador crescente módulo 6





## Contador de Pulso Decrescente

Os circuitos abaixo realizam a contagem assíncrona decrescente

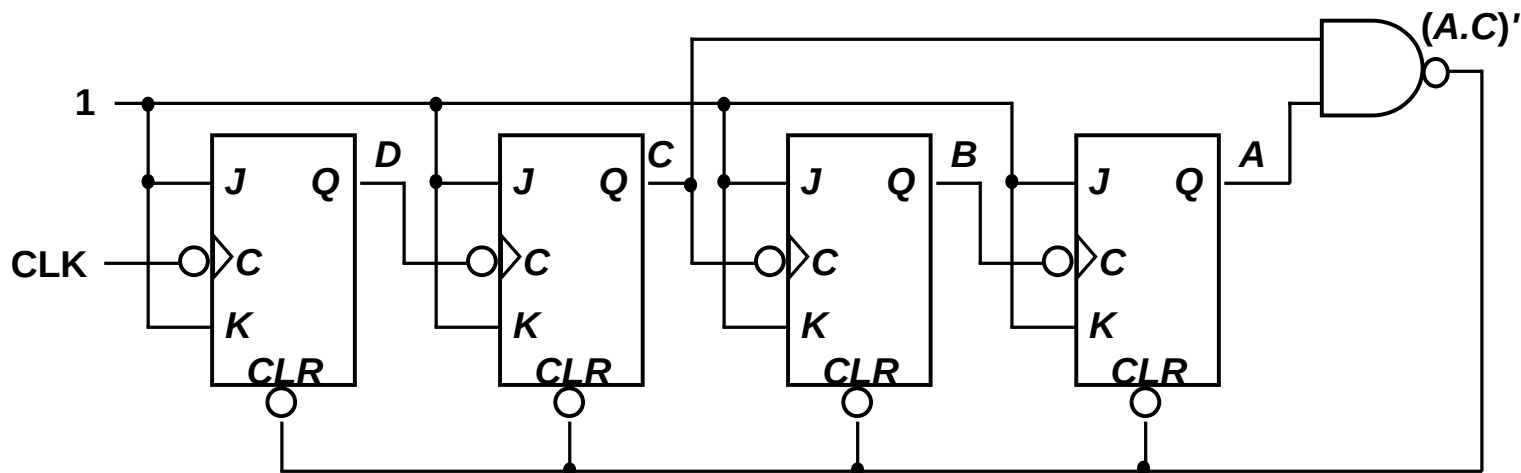


# Contadores Assíncronos



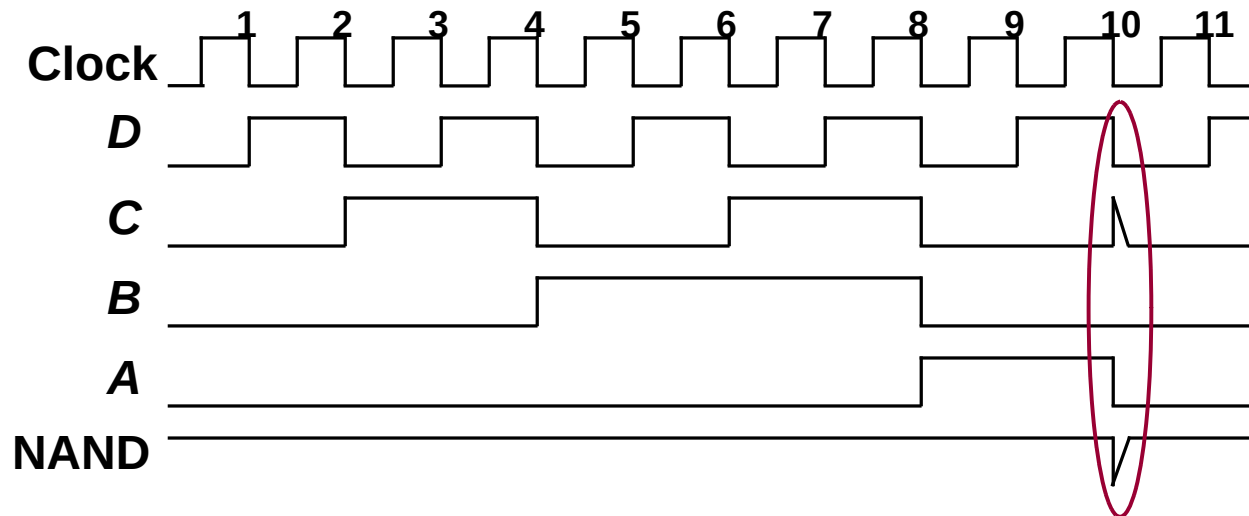
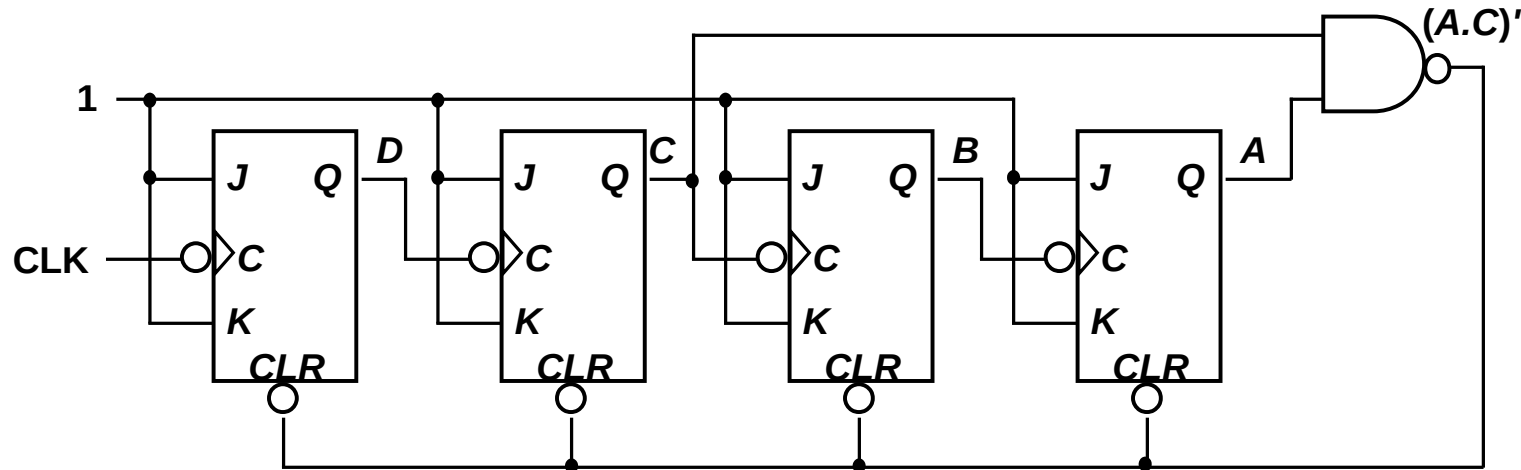
## Contador de Década (ou contador BCD)

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

---

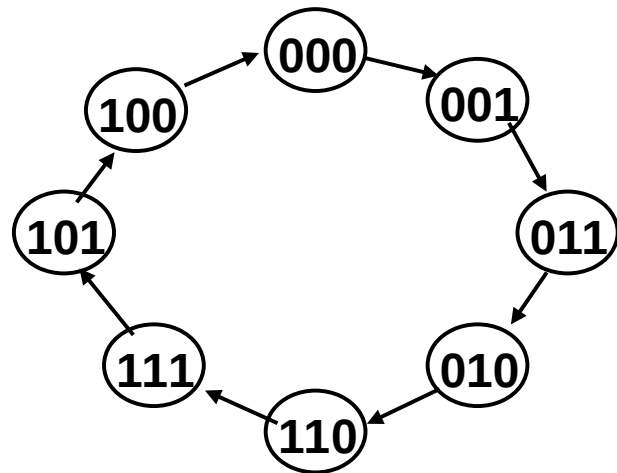


## □ Características

- Possuem a entrada de clock comum a todos os FF
- Os principais contadores síncronos são: contador em anel, contador com módulo arbitrário, contador crescente-descrecente (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

		$Q_1Q_0$			
		00	01	11	10
$Q_2$	0				1
	1	X	X	X	X

$JQ_2 = Q_1 \cdot Q_0'$

		$Q_1Q_0$			
		00	01	11	10
$Q_2$	0	X	X	X	X
	1	1			

$KQ_2 = Q_1' \cdot Q_0'$

		$Q_1Q_0$			
		00	01	11	10
$Q_2$	0		1	X	X
	1			X	X

$JQ_1 = Q_2' \cdot Q_0$

		$Q_1Q_0$			
		00	01	11	10
$Q_2$	0	X	X		
	1	X	X	1	

$KQ_1 = Q_2 \cdot Q_0$

		$Q_1Q_0$			
		00	01	11	10
$Q_2$	0	1	X	X	
	1		X	X	1

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

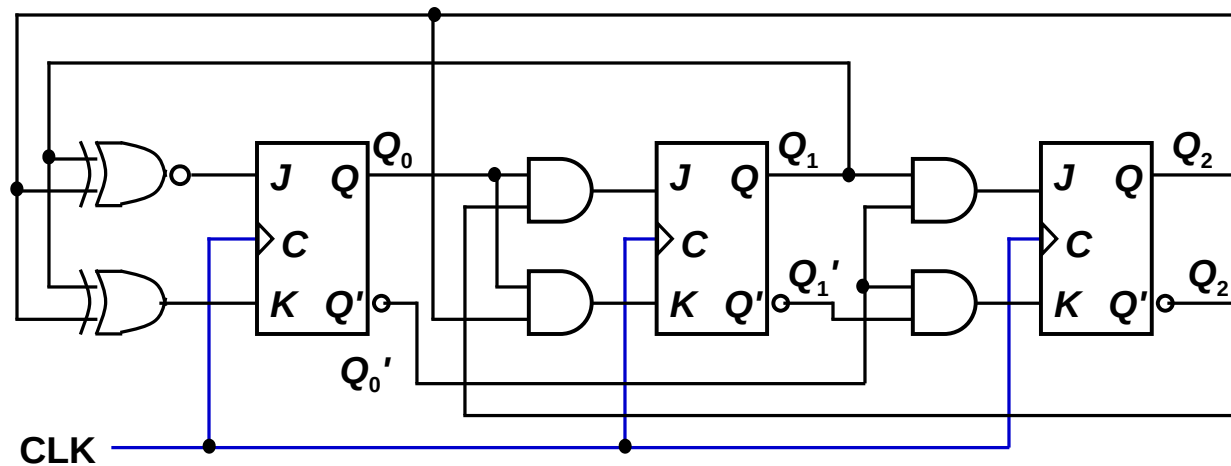
		$Q_1Q_0$			
		00	01	11	10
$Q_2$	0	X		1	X
	1	X	1		X

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

## 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

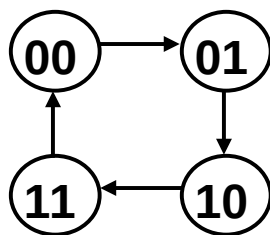
## Contador Crescente

Contagem de 0 a 3 usando FF tipo T

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

$T$	$Q$
0	$Q_a$
1	$\sim Q_a$

Atual	Próx.	T
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

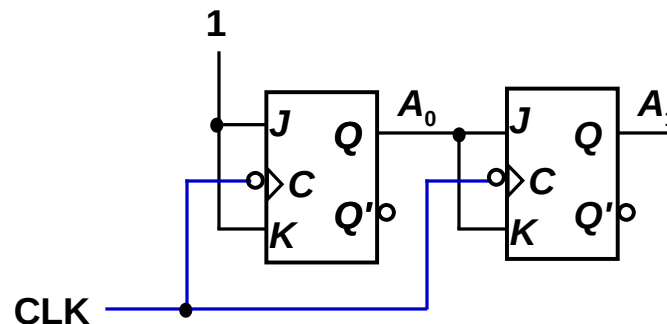
## Contador Crescente

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.