



**Escola de Engenharia de São Carlos
Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação**

SEL0384 – Laboratório de Sistemas Digitais I

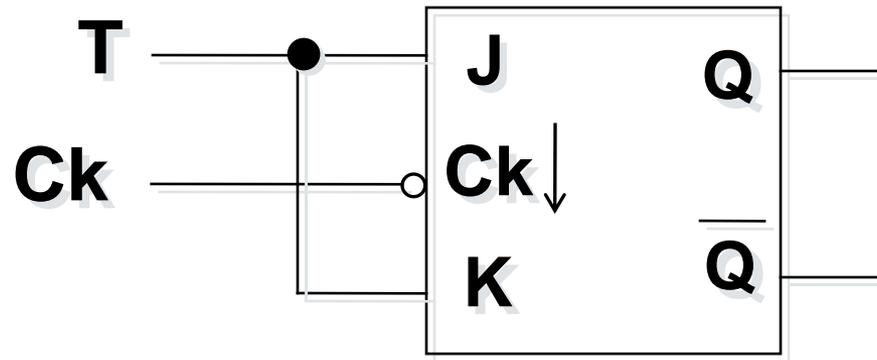
Profa. Luiza Maria Romeiro Codá



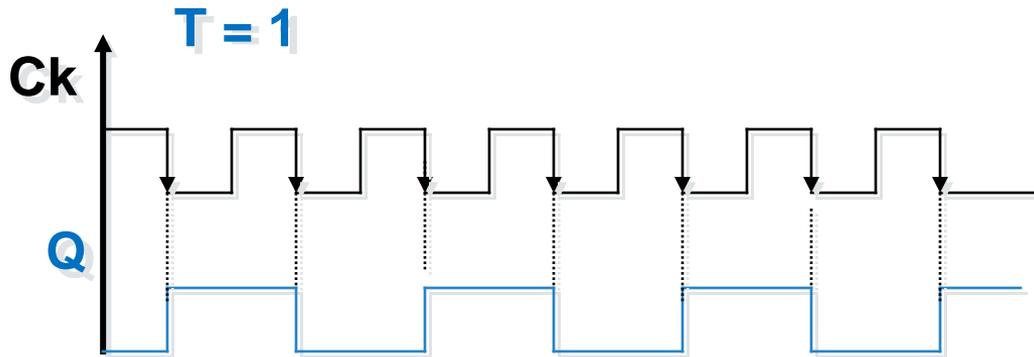
Circuitos Sequenciais: Contadores Assíncronos

Profa. Luiza Maria Romeiro Codá

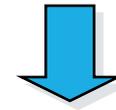
FF Tipo T (“Toggle”)



T	Q
0	Q_0
1	$\overline{Q_0}$



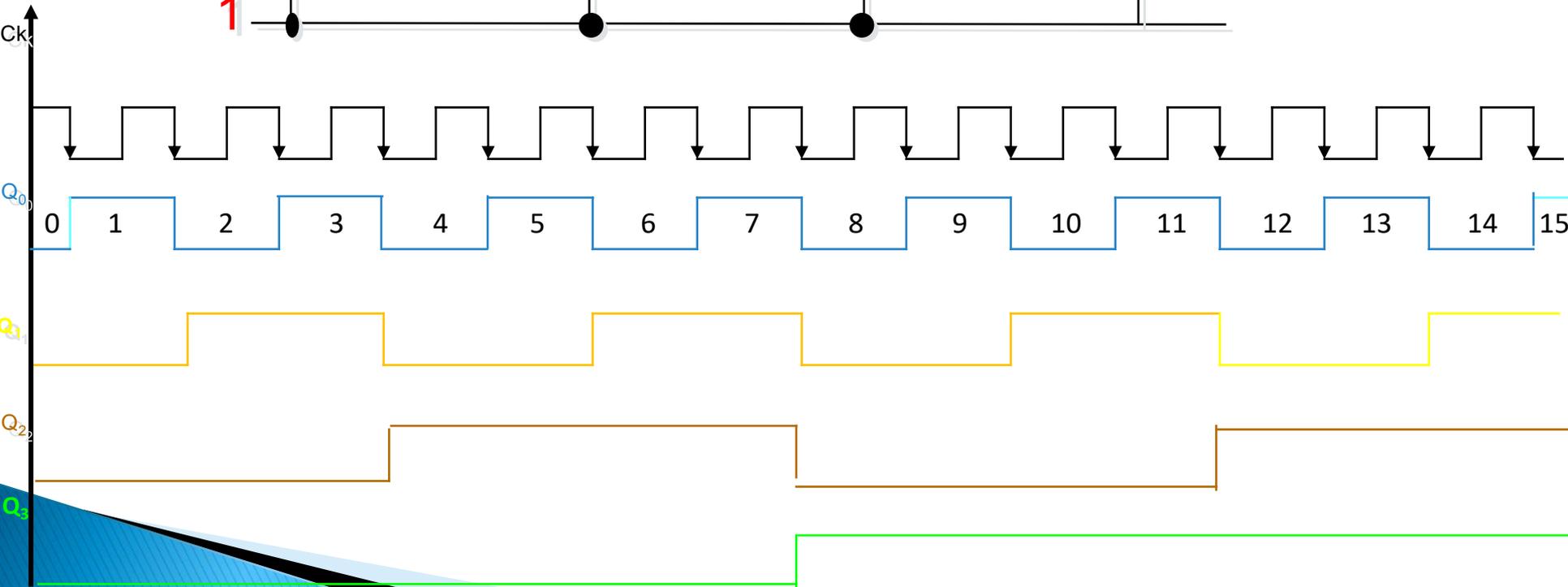
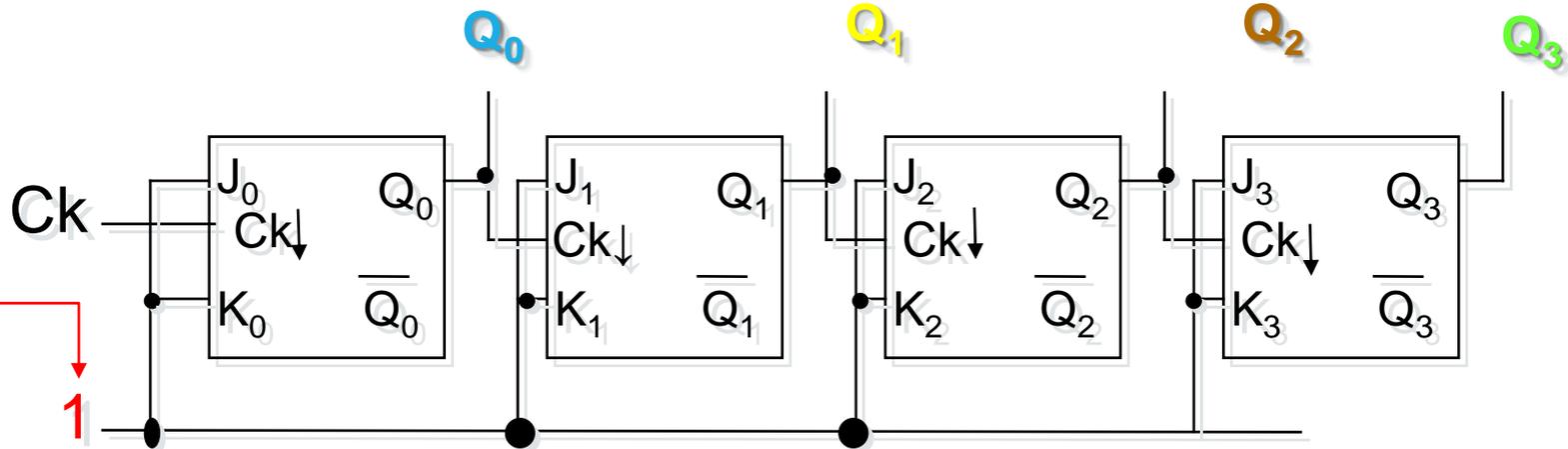
$$f_Q = f_{Ck} / 2$$



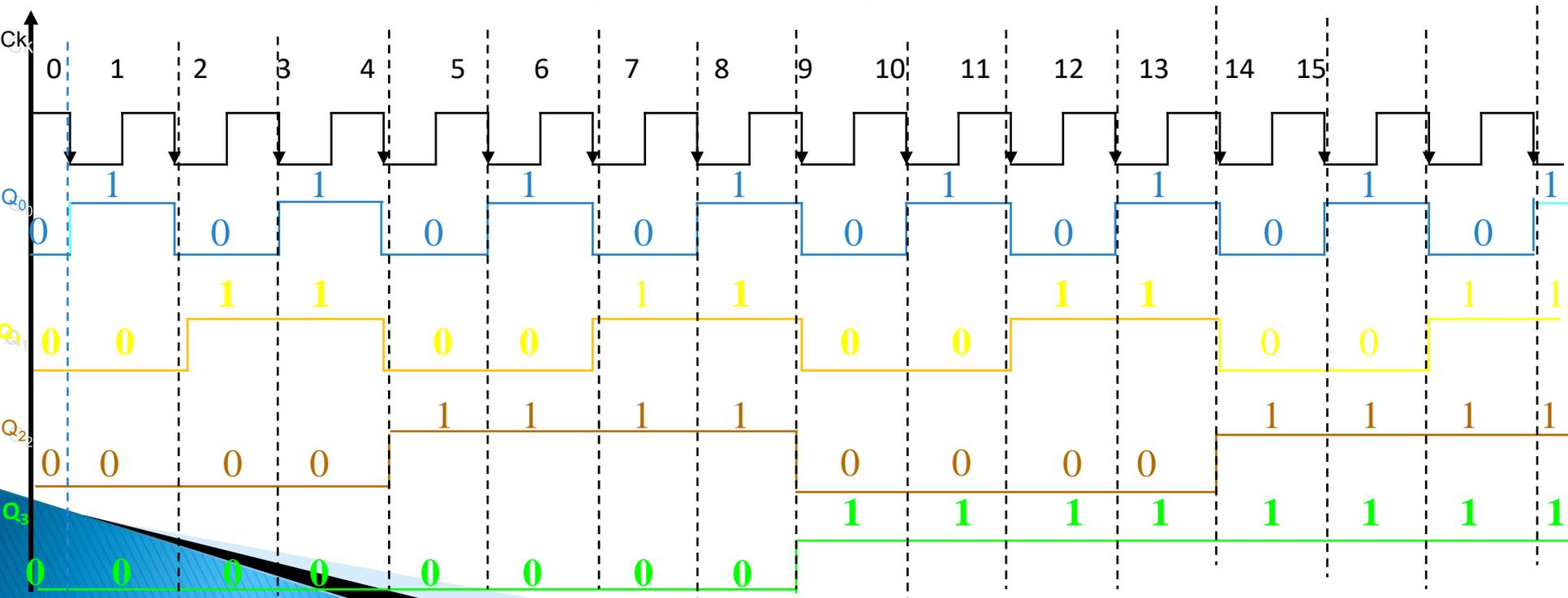
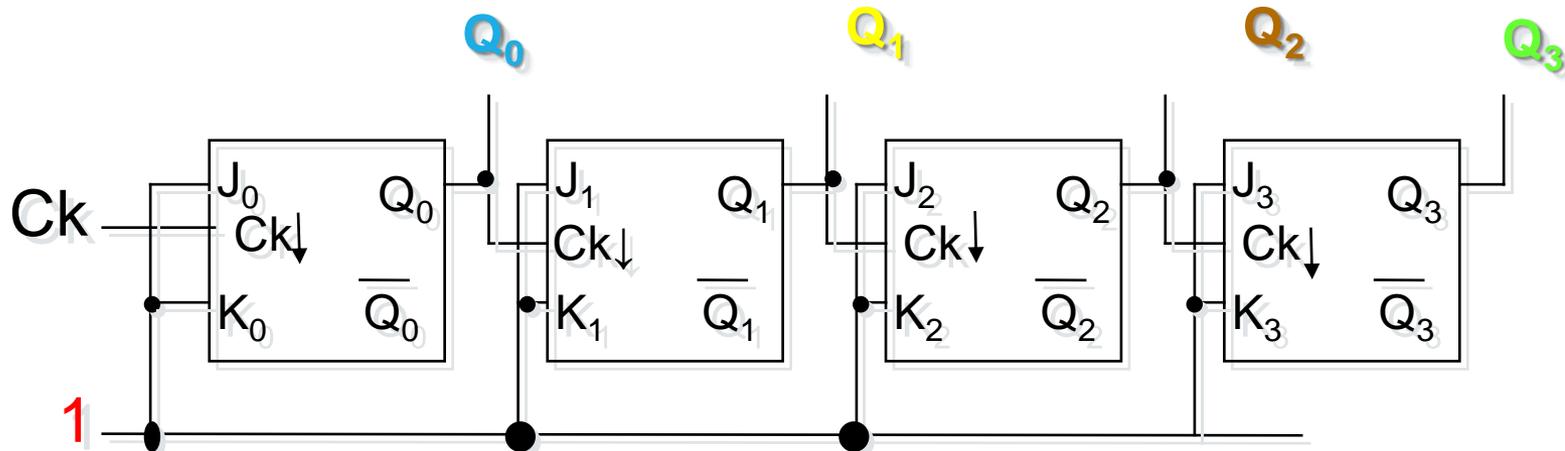
Divisor por 2

Contador Assíncrono de 4 bits

FFs configuração tipo T ("Toggle")



Contador Assíncrono de 4 bits



Contador Assíncrono de 4 bits

Pulsos Ck	Q ₃	Q ₂	Q ₁	Q ₀
	0	0	0	0
1 ^o	0	0	0	1
2 ^o	0	0	1	0
3 ^o	0	0	1	1
4 ^o	0	1	0	0
5 ^o	0	1	0	1
6 ^o	0	1	1	0
7 ^o	0	1	1	1
8 ^o	1	0	0	0
9 ^o	1	0	0	1
10 ^o	1	0	1	0
11 ^o	1	0	1	1
12 ^o	1	1	0	0
13 ^o	1	1	0	1
14 ^o	1	1	1	0
15 ^o	1	1	1	1
16 ^o ...	0	0	0	0

Módulo de um contador

- **Módulo** é o número de estados diferentes que as saídas de um Contador podem assumir
- **Estado de um contador:** é a combinação que as saídas do contador apresenta em cada período de clock;
- **Contador binário:** é um contador que tem módulo 2^n , onde n é o número de saídas do contador
- **Contador não binário:** é um contador que apresenta **módulo $< 2^n$** , onde n é o número de saídas do contador

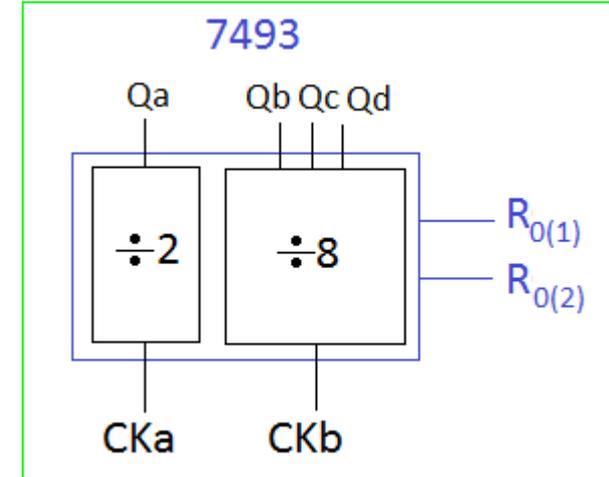
Módulo de um contador binário

- **Módulo = 2^n (n^o de estados)**
- **Para n FFs, pode-se dividir a f_{CK} por até 2^n**
- **$f_n = f_{CK}/2^n$**
- **Um contador binário de n bits tem $Q_n = \text{MSB}$ e $Q_0 = \text{LSB}$**
- **Também corresponde a um divisor de frequências:**
 - **f de $Q_0 = f_{CK} / 2$**
 - **f de $Q_1 = f_{Q_0} / 2 = f_{CK} / 4$**
 - **f de $Q_2 = f_{Q_1} / 2 = f_{CK} / 8$**
 - **f de $Q_3 = f_{Q_2} / 2 = f_{CK} / 16$**

contador assíncrono 7493

Exemplo de Módulos binários que podem ser implementados com este contador:

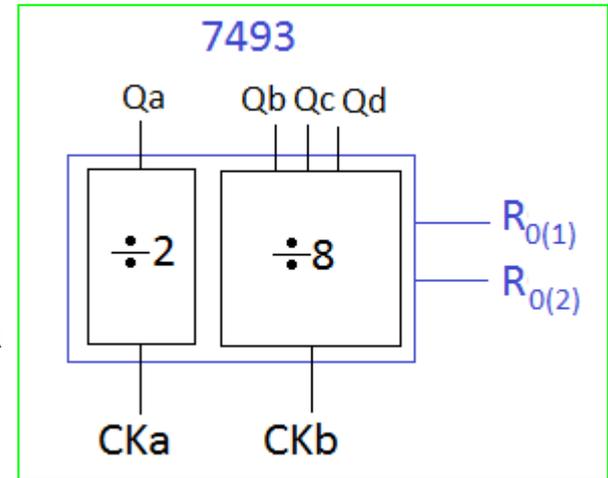
- Contador módulo 2 : entrada em Cka e saída em Qa;
- Contador módulo 8 : entrada em Ckb e saídas em Qb, Qc e Qd, onde Qd apresenta o sinal de $CKb/8$;
- Contador módulo 16 : entrada em Cka, interligação de Qa com Ckb e saídas em Qa Qb, Qc e Qd, onde Qd apresenta o sinal de $CKb/16$



contador assíncrono 7493

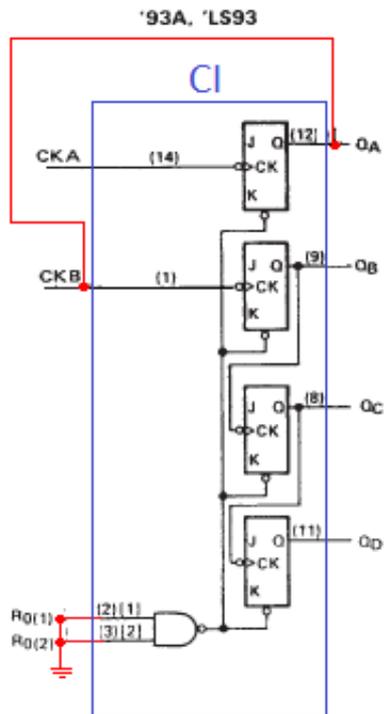
Exemplo de Módulos **NÃO** binários que podem ser implementados com este contador:

- Contador de módulo < 8 : entrada em Ckb e utilização das entradas Reset (R0(1) e R0(2)) para implementar o módulo. Saídas em Qb, Qc e Qd;
- Contador módulo < 16 : entrada em Cka, interligação de Qa com Ckb e utilização das entradas Reset (R0(1) e R0(2)) para implementar o módulo. Saídas em Qa Qb, Qc e Qd.



Experimento: Ligar corretamente o 7493 para contagem binária

Circuito interno



Obs: fio vermelho mostram as ligações que devem ser feitas externamente

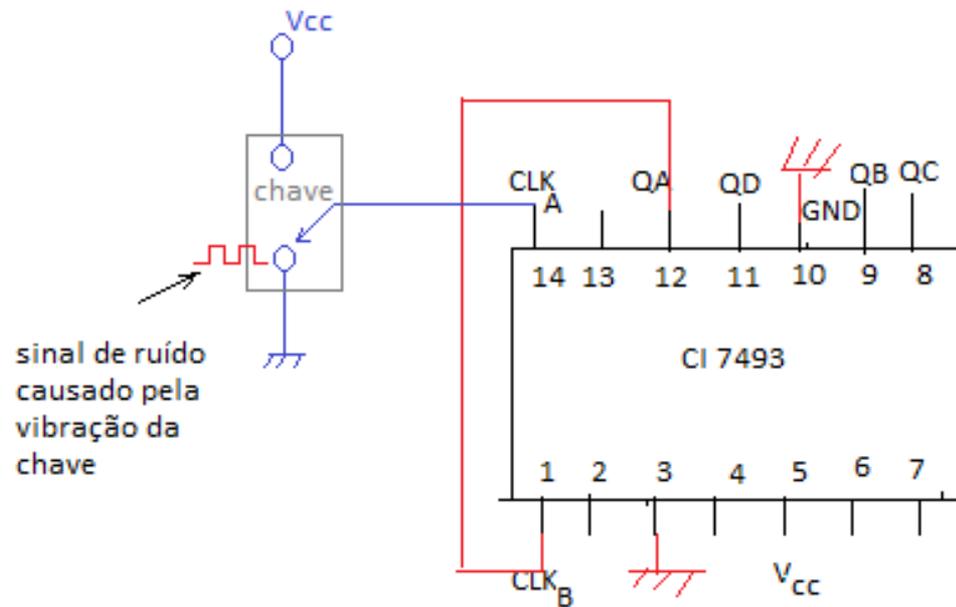
Tabela das entradas Resets

'92A, 'LS92, '93A, 'LS93
RESET/COUNT FUNCTION TABLE

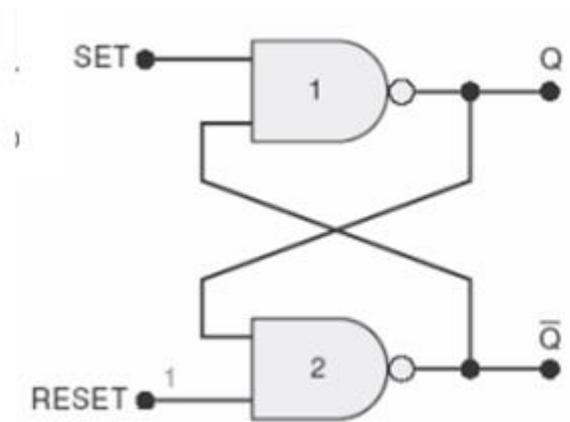
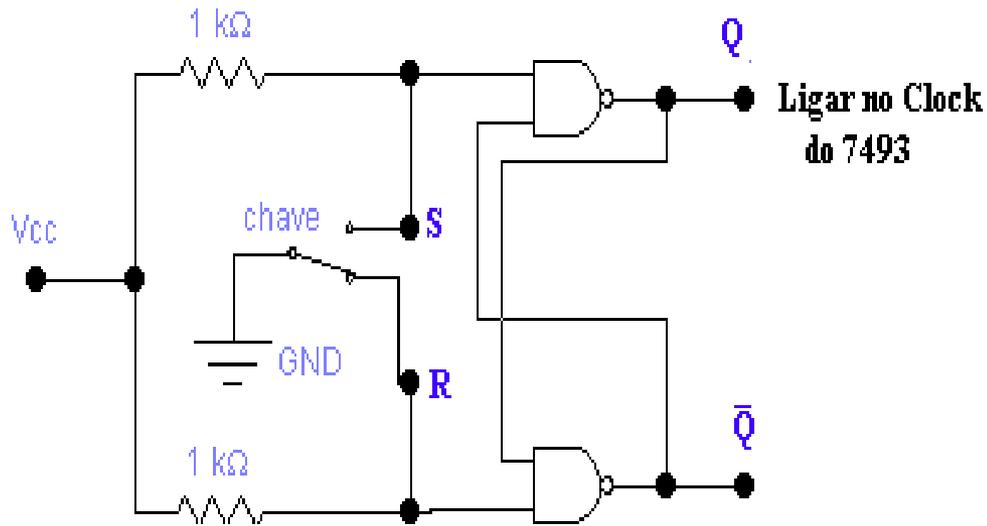
RESET INPUTS		OUTPUT			
R ₀ (1)	R ₀ (2)	Q _D	Q _C	Q _B	Q _A
H	H	L	L	L	L
L	X	COUNT			
X	L	COUNT			

- NOTES:
- A. Output Q_A is connected to input CKB for BCD count.
 - B. Output Q_D is connected to input CKA for bi-quinary count.
 - C. Output Q_A is connected to input CKB.
 - D. H = high level, L = low level, X = irrelevant

Experimento: Utilizando Chave H-H para gerar pulsos na entrada de clock



Experimento: Eliminador de ruído de chave H-H



Set	Reset	Saída
1	1	Não muda
0	1	Q = 1
1	0	Q = 0
0	0	Inválida*

Experimento: Contador binário 7493 contando decimal (módulo 10)

RESET INPUTS		OUTPUT			
R ₀ (1)	R ₀ (2)	Q _D	Q _C	Q _B	Q _A
H	H	L	L	L	L
L	X	COUNT			
X	L	COUNT			

COUNT	OUTPUT			
	Q _D	Q _C	Q _B	Q _A
0	L	L	L	L
1	L	L	L	H
2	L	L	H	L
3	L	L	H	H
4	L	H	L	L
5	L	H	L	H
6	L	H	H	L
7	L	H	H	H
8	H	L	L	L
9	H	L	L	H
10	H	L	H	L
11	H	L	H	H
12	H	H	L	L
13	H	H	L	H
14	H	H	H	L
15	H	H	H	H

QB e QD devem ser ligados às entradas R0(1) e R(02) para zerar em 10 decimal

Contadores Assíncronos de Módulo $< 2^n$

Crescente

Contador Assíncrono Crescente de Módulo $< 2^n$

Uso da entrada CLEAR do FF para reiniciar a contagem

Projeto: Contar até X (sendo X menor que 2^n)

- Determinar o número de FFs necessários para implementar contador que conte até $2^n \leq X$;
- Montar o contador assíncrono com n FFs;
- Conectar a saída de uma porta NAND à entrada CLEAR de todos os FFs;
- Determinar quais FFs que estão em nível alto na contagem $(X + 1)$ e conectar as saídas Q desses FFs às entradas da porta NAND;

Contador Assíncrono de Década (Módulo 10)

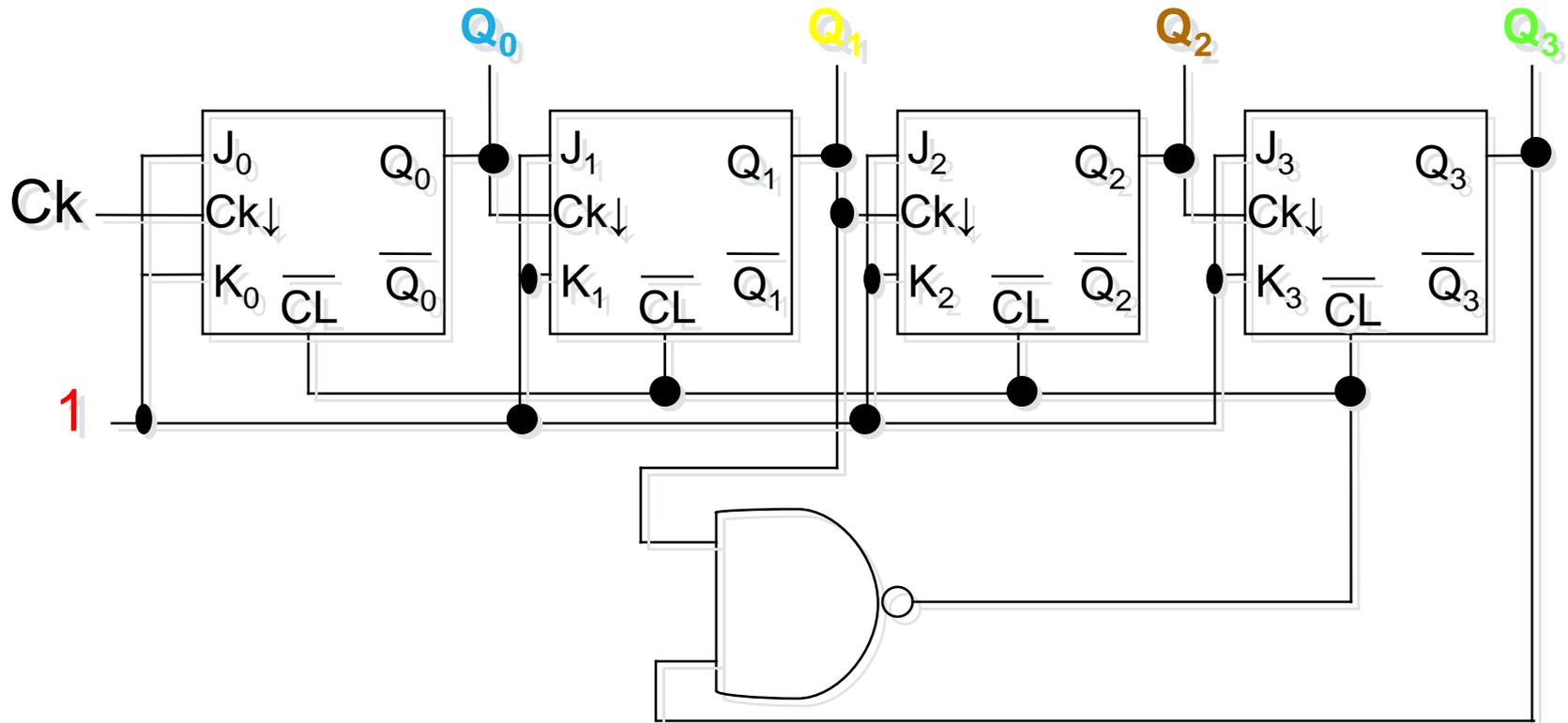
Pulsos Ck	Q ₃	Q ₂	Q ₁	Q ₀	CLEAR
0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	1
2	0	0	1	0	1
3	0	0	1	1	1
4	0	1	0	0	1
5	0	1	0	1	1
6	0	1	1	0	1
7	0	1	1	1	1
8	1	0	0	0	1
9	1	0	0	1	1
10*	1	0	1	0	0*

* Para Clear = 0

Estado 1010

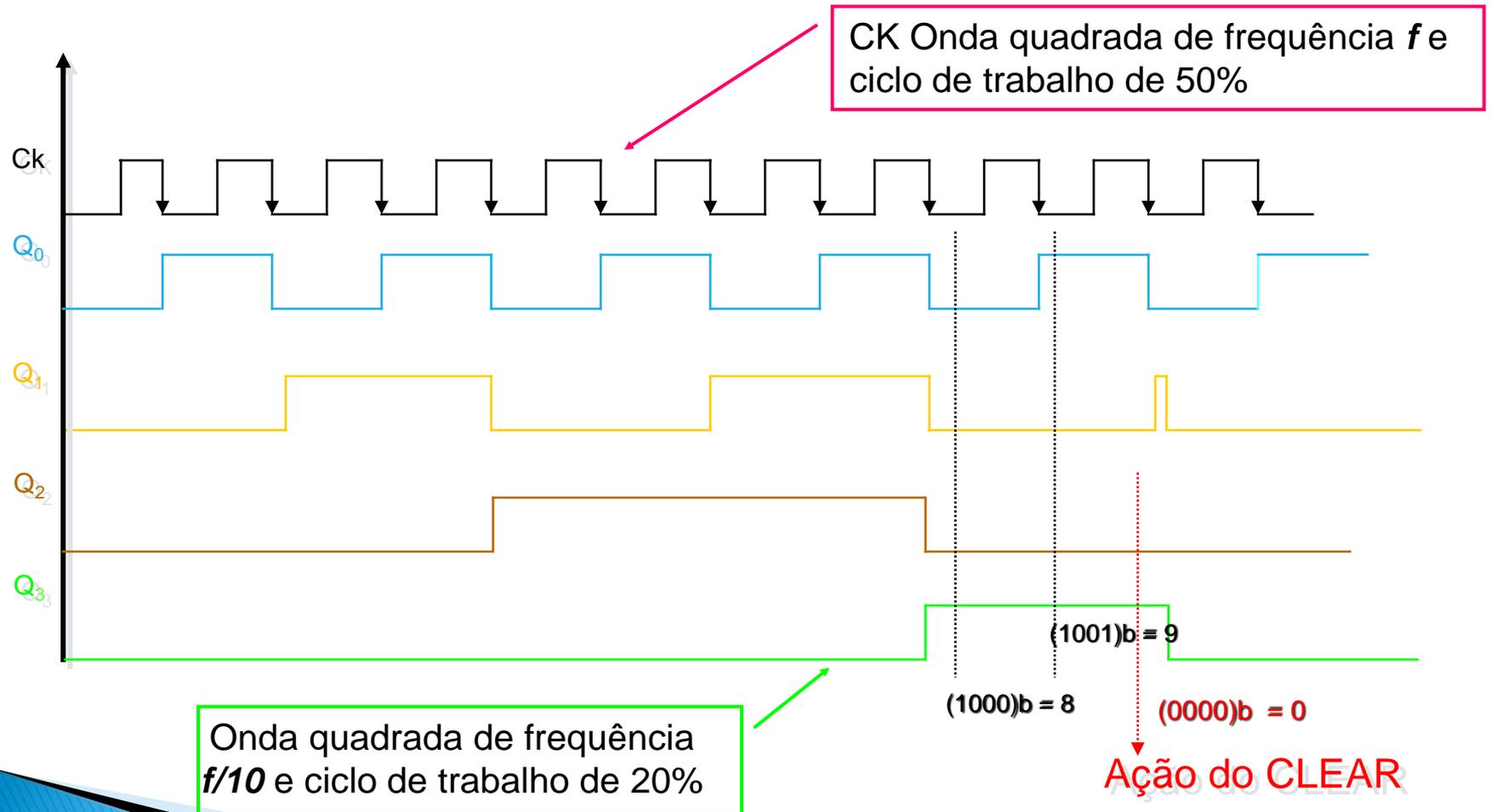
$$\text{Clear} = \overline{Q_3 Q_1}$$

Circuito do Contador BCD (Módulo 10)

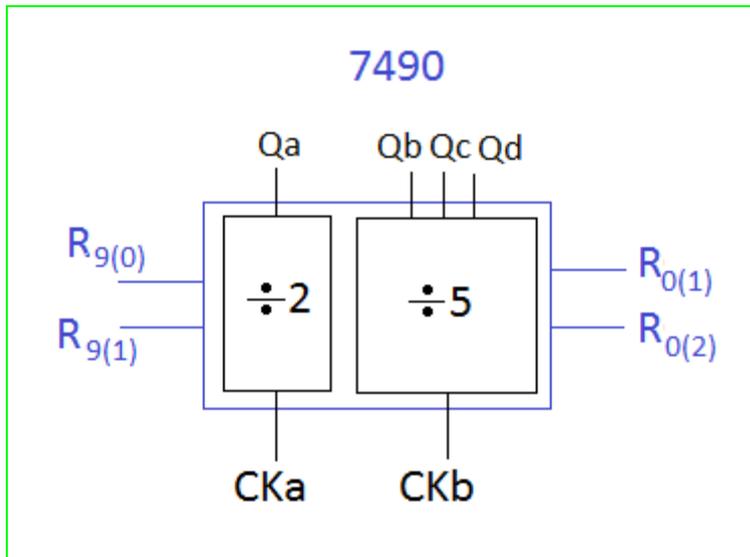


$$Q_3 Q_2 Q_1 Q_0 = (1010)_b$$

Circuito do Contador Assíncrono BCD



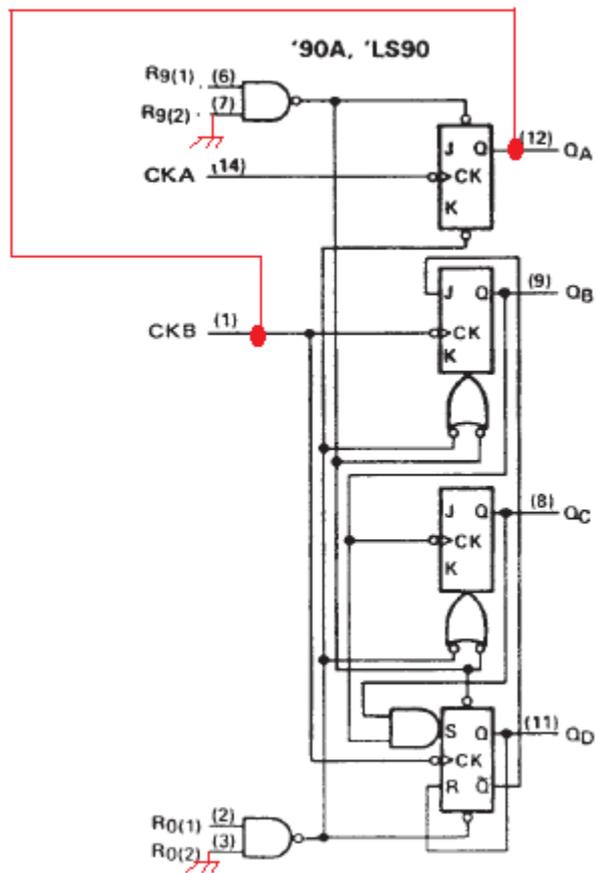
Contador de década 7490 (contador assíncrono módulo 10)



'90A, 'LS90
RESET/COUNT FUNCTION TABLE

RESET INPUTS				OUTPUT			
$R_{0(1)}$	$R_{0(2)}$	$R_{9(1)}$	$R_{9(2)}$	Q_D	Q_C	Q_B	Q_A
H	H	L	X	L	L	L	L
H	H	X	L	L	L	L	L
X	X	H	H	H	L	L	H
X	L	X	L	COUNT			
L	X	L	X	COUNT			
L	X	X	L	COUNT			
X	L	L	X	COUNT			

Constituição interna do contador de década 7490

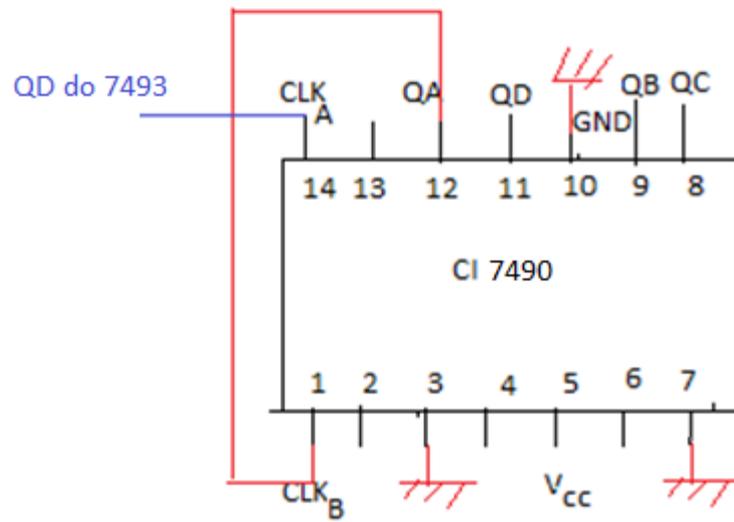


'90A, 'LS90
RESET/COUNT FUNCTION TABLE

RESET INPUTS				OUTPUT			
R0(1)	R0(2)	R9(1)	R9(2)	Q _D	Q _C	Q _B	Q _A
H	H	L	X	L	L	L	L
H	H	X	L	L	L	L	L
X	X	H	H	H	L	L	H
X	L	X	L	COUNT			
L	X	L	X	COUNT			
L	X	X	L	COUNT			
X	L	L	X	COUNT			

Obs: Fio vermelho mostra as ligações externas que devem ser realizadas para que o contador conte de 0 a 10

ligação do contador de década 7490

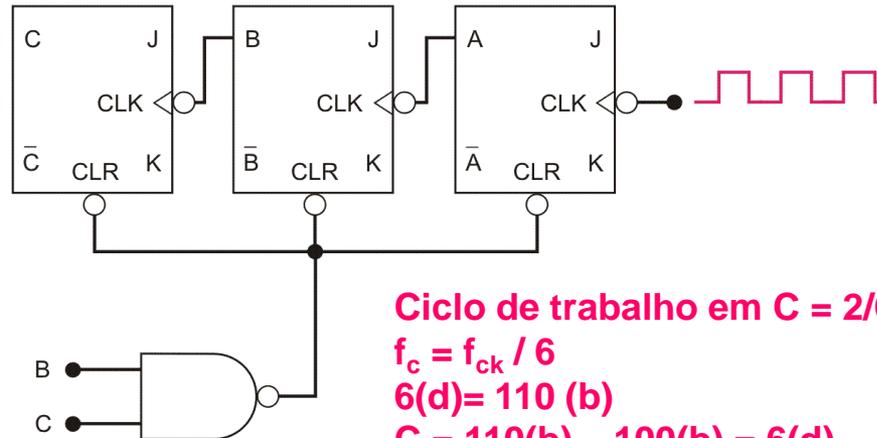


Contadores Assíncronos de Módulo $< 2^n$

- Na saída MSB do contador, a frequência do clock de entrada é dividida pelo módulo do contador;
- O ciclo de trabalho da onda de saída só é de 50% se o contador for módulo 2^n ;
- Para contadores de módulo $< 2^n$, o ciclo de trabalho da onda das saídas é sempre menor do que 50%

Exemplo: Contador Assíncrono de Módulo 6

Todas as entradas J e k estão em nível 1.

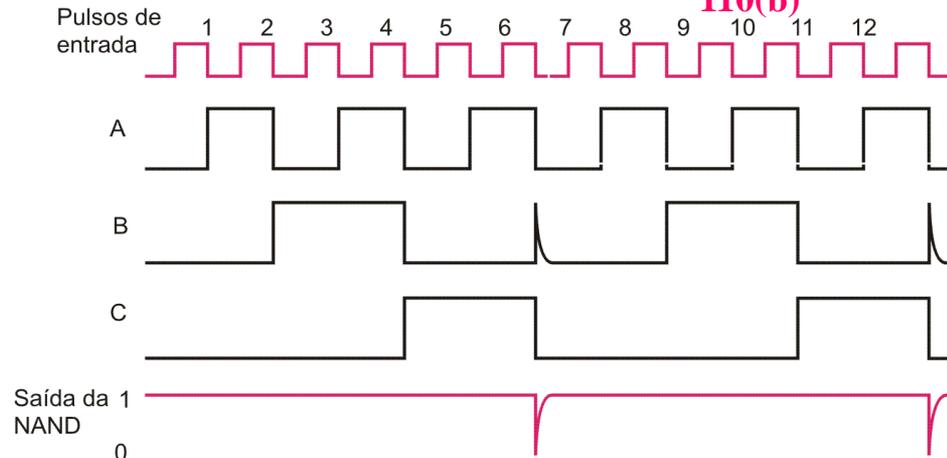


Ciclo de trabalho em C = $2/6 = 33.3\%$

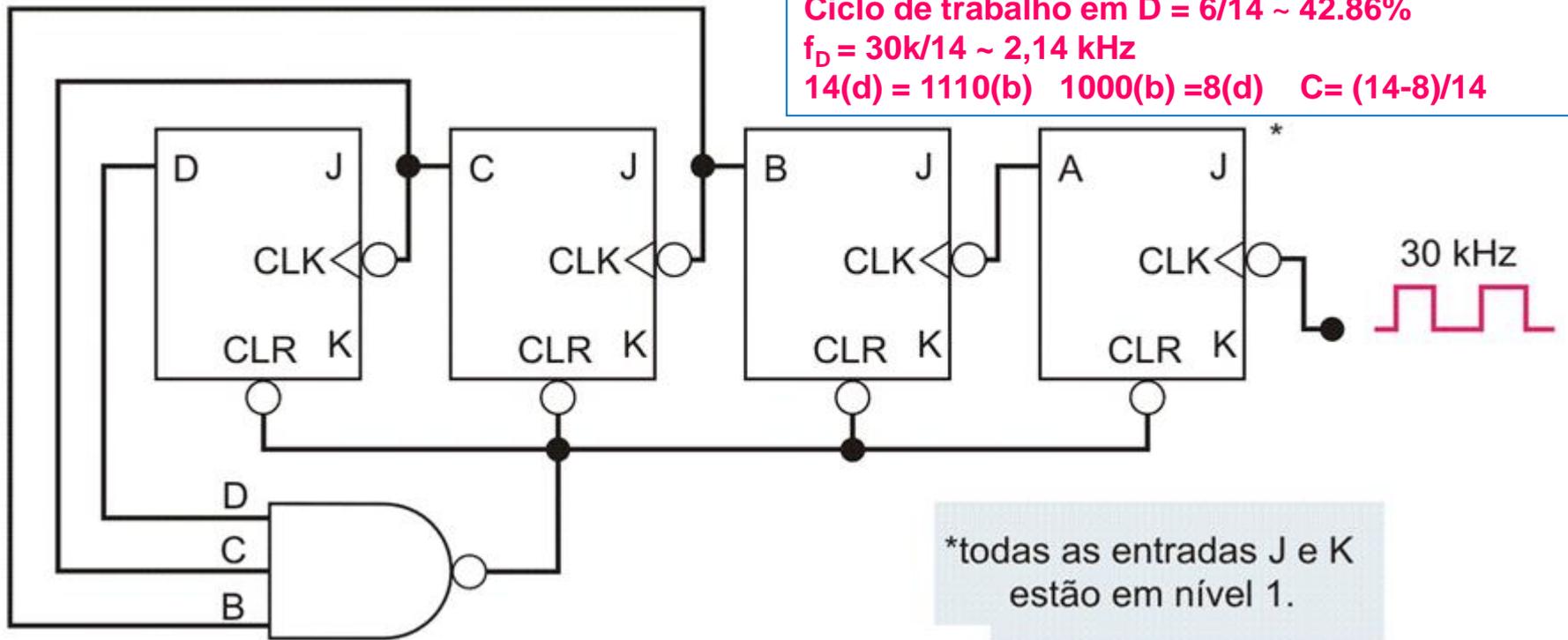
$$f_c = f_{ck} / 6$$

$$6(d) = 110(b)$$

$$C = \frac{110(b) - 100(b)}{110(b)} = \frac{6(d) - 4(d)}{6(d)} = \frac{2(d)}{6(d)}$$

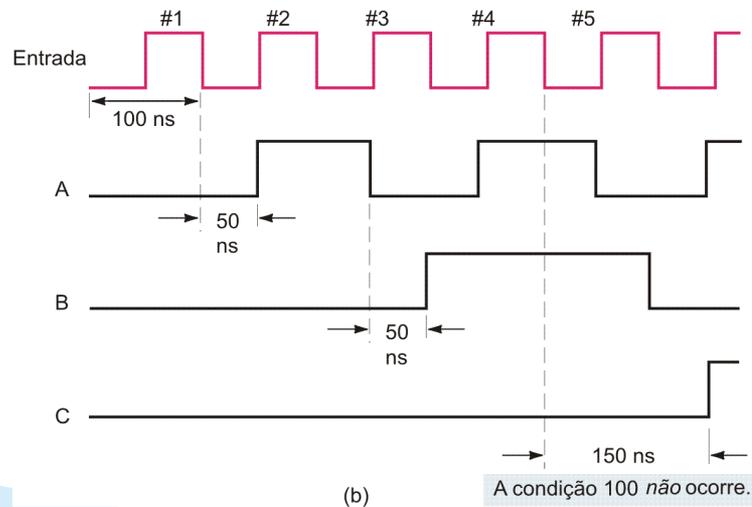
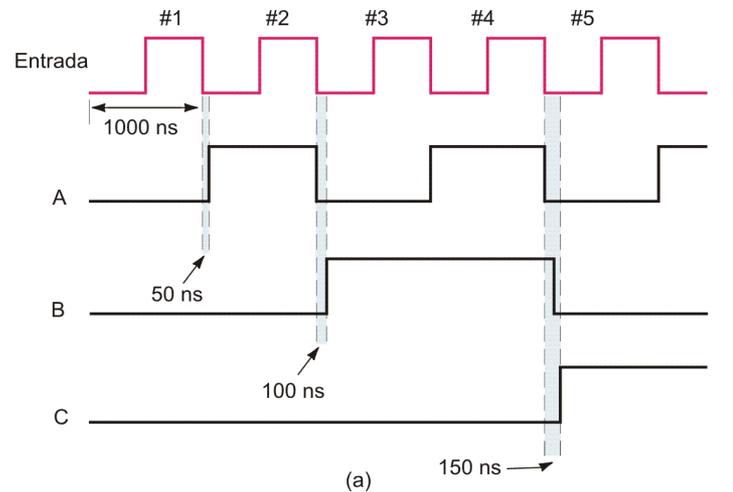


Exemplo: Contador Assíncrono de Módulo 14



Atraso de Propagação:

Contadores Assíncronos



FIM