

Contadores Assíncronos

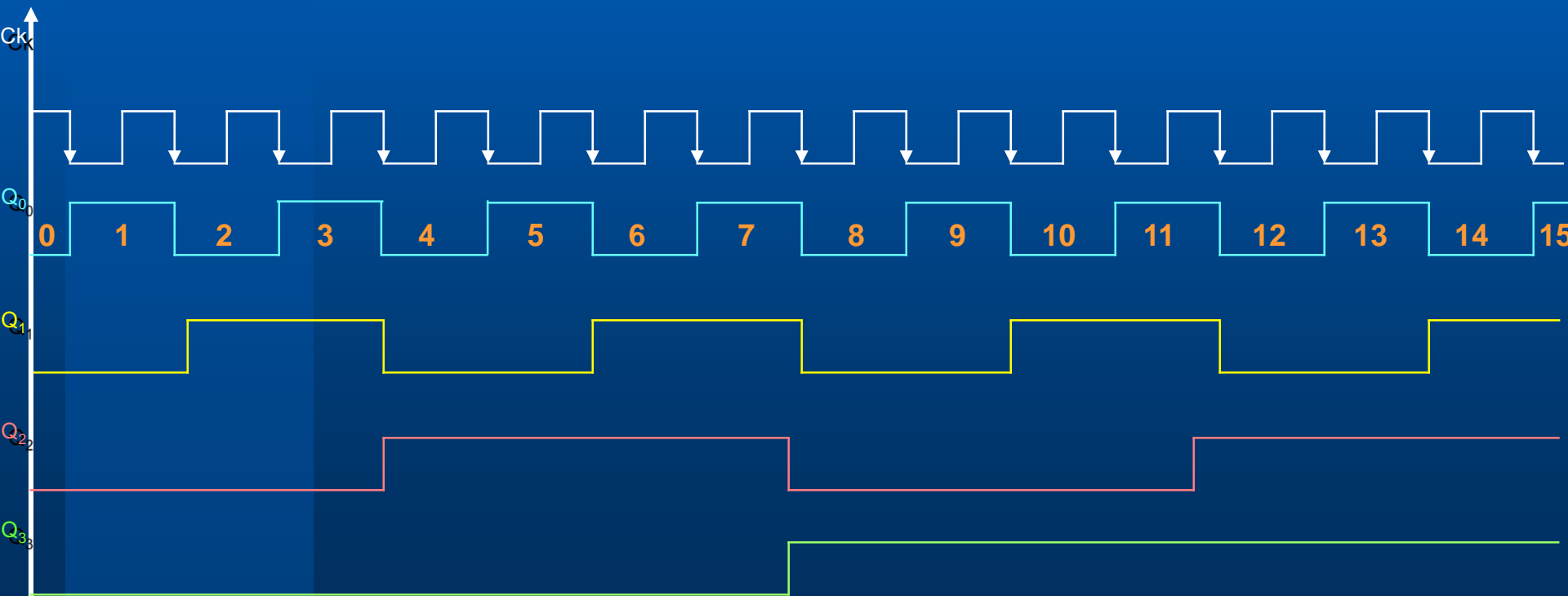
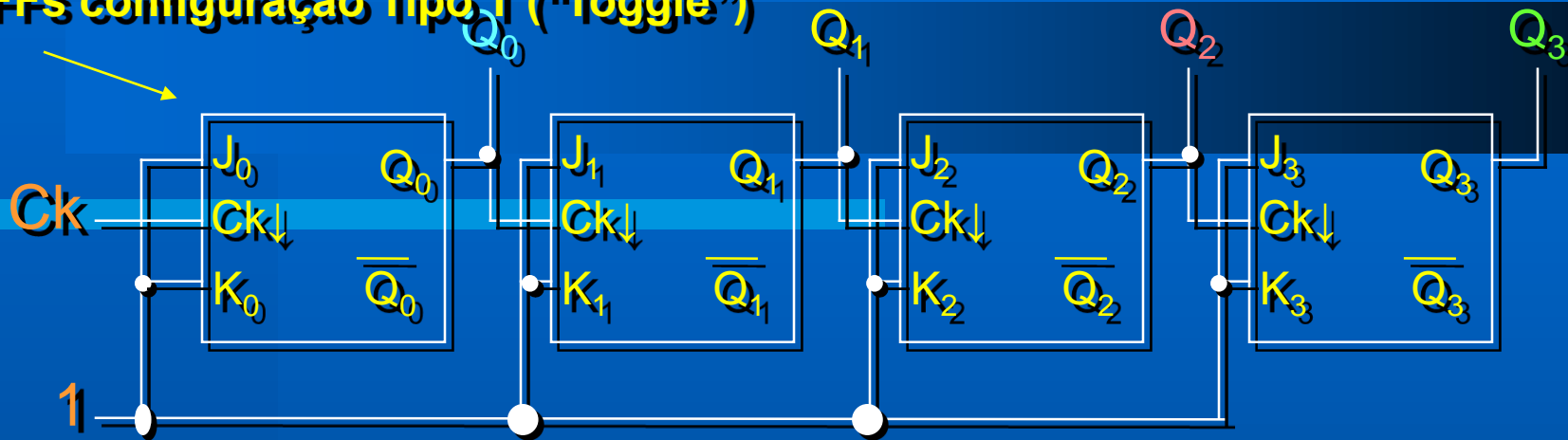
Aula 5

**SEL 0384 – Laboratório de
Sistemas Digitais I**

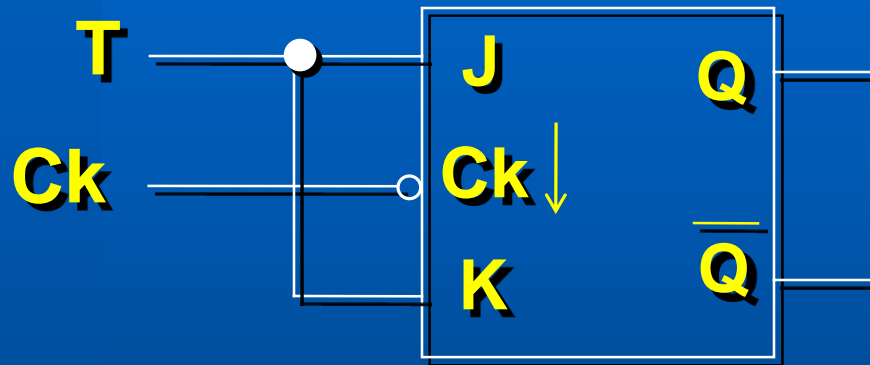
Profa.: Luiza Maria Romeiro Codá

Contador Assíncrono de 4 bits

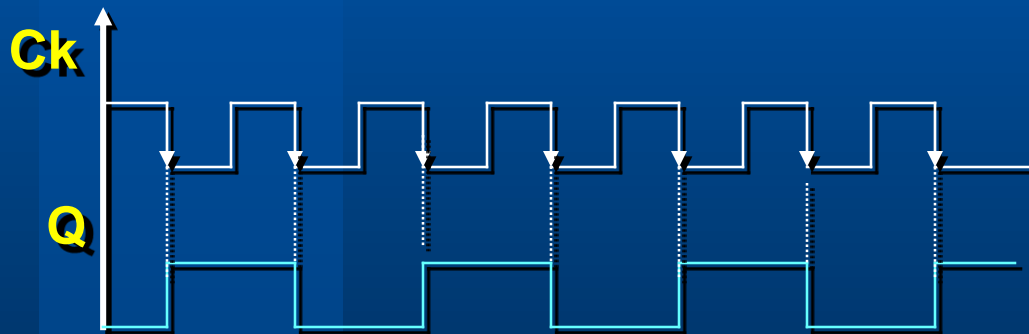
FFs configuração Tipo T ("Toggle")



FF Tipo T ("Toggle")



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

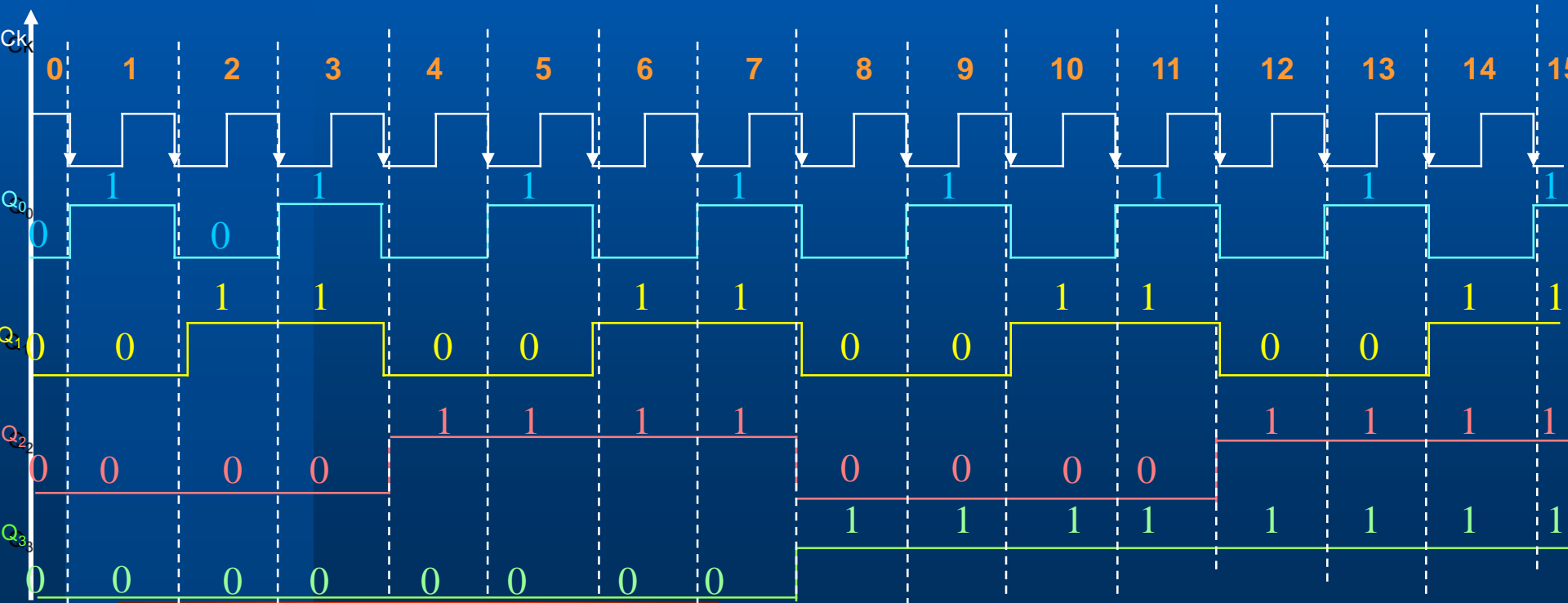
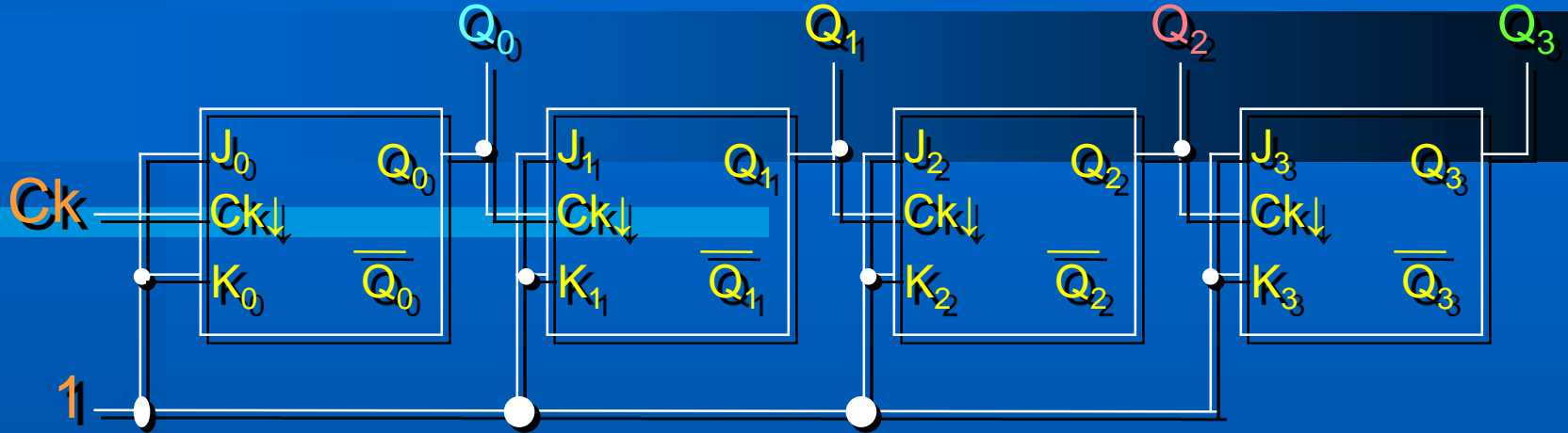


$T = 1$

$f_Q = f_{Ck} / 2$

Divisor por 2

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 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 $Q_3 = f_{Q_2} / 2 = f_{CK} / 16$

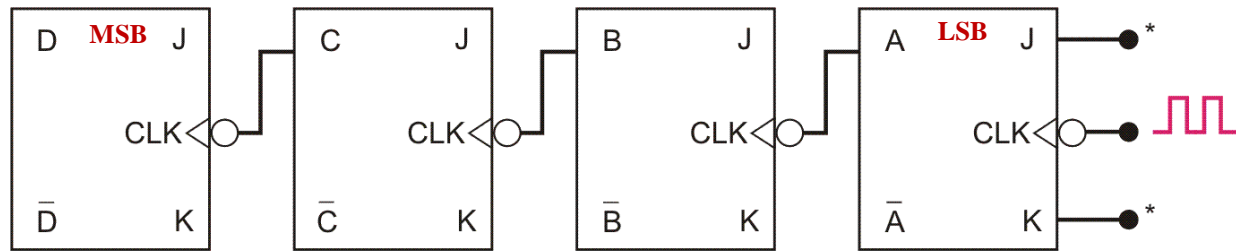
Contadores

- Podem ser **crecientes** ou **decrescentes**
 - **Crescente**: inicia em zero e vai até o valor máximo, dependendo do seu módulo
 - **Decrescente**: Inicia no valor máximo, que depende do seu módulo, e termina em zero.
- Exemplos:
 - Contador crescente de módulo 8 \rightarrow 000 – 111 (0 - 7)
 - Contador decrescente de módulo 8 \rightarrow 111 – 000 (7 - 0)

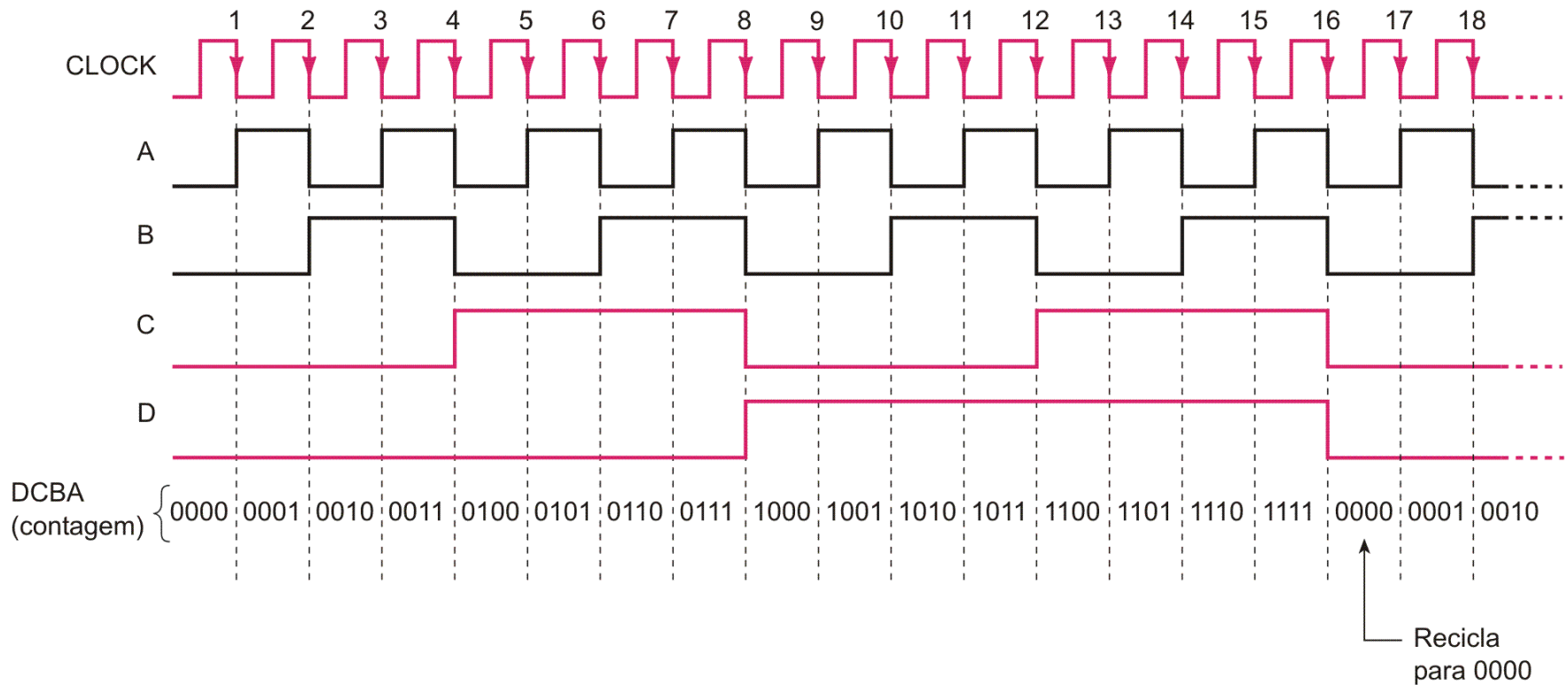
Contador Crescente

- FF tipo T sensível à borda de descida
 - Saída Q do FF ligada no Ck do próximo FF
 - A contagem fica registrada nas saídas Q dos FF
- FF tipo T sensível à borda de subida
 - Saída \overline{Q} do FF ligada no Ck do próximo FF
 - A contagem fica registrada nas saídas Q dos FF

Contador Assíncrono Crescente de 4 bits



*Todas as entradas J e K estão em nível 1



Contadores Assíncronos de Módulo $< 2^n$

Crescente

Contador Assíncrono Crescente de Módulo $< 2^n$

- Uso o \overline{Clear} do FF para reiniciar a contagem;
- Projeto: se deseje contar até X:
 - Determinar o menor número de FFs necessários ($2^n \geq X$) e monte o contador assíncrono crescente
 - Conecte a saída de uma porta NAND ao \overline{Clear} de todos os FFs
 - Determine quais os FFs que estão em nível alto na contagem (X+1) e conecte na porta NAND

Contador Assíncrono de Década (Módulo 10)

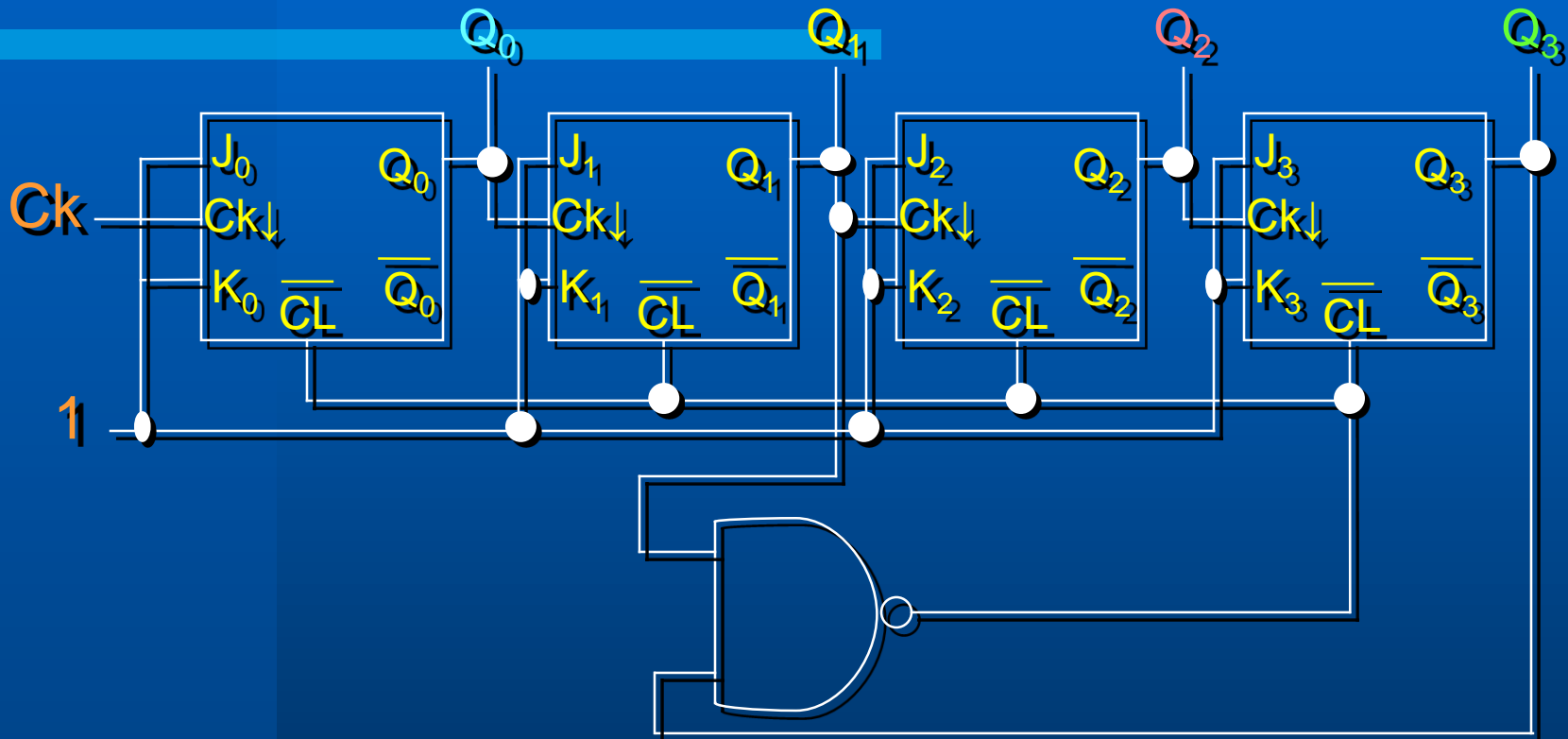
Pulsos Ck	Q ₃	Q ₂	Q ₁	Q ₀	CL
0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	1
2	0	0	1	0	1
3	0	0	1	1	1
4	0	1	0	0	1
5	0	1	0	1	1
6	0	1	1	0	1
7	0	1	1	1	1
8	1	0	0	0	1
9	1	0	0	1	1
10*	1	0	1	0	0*

* Para Clear = 0 →

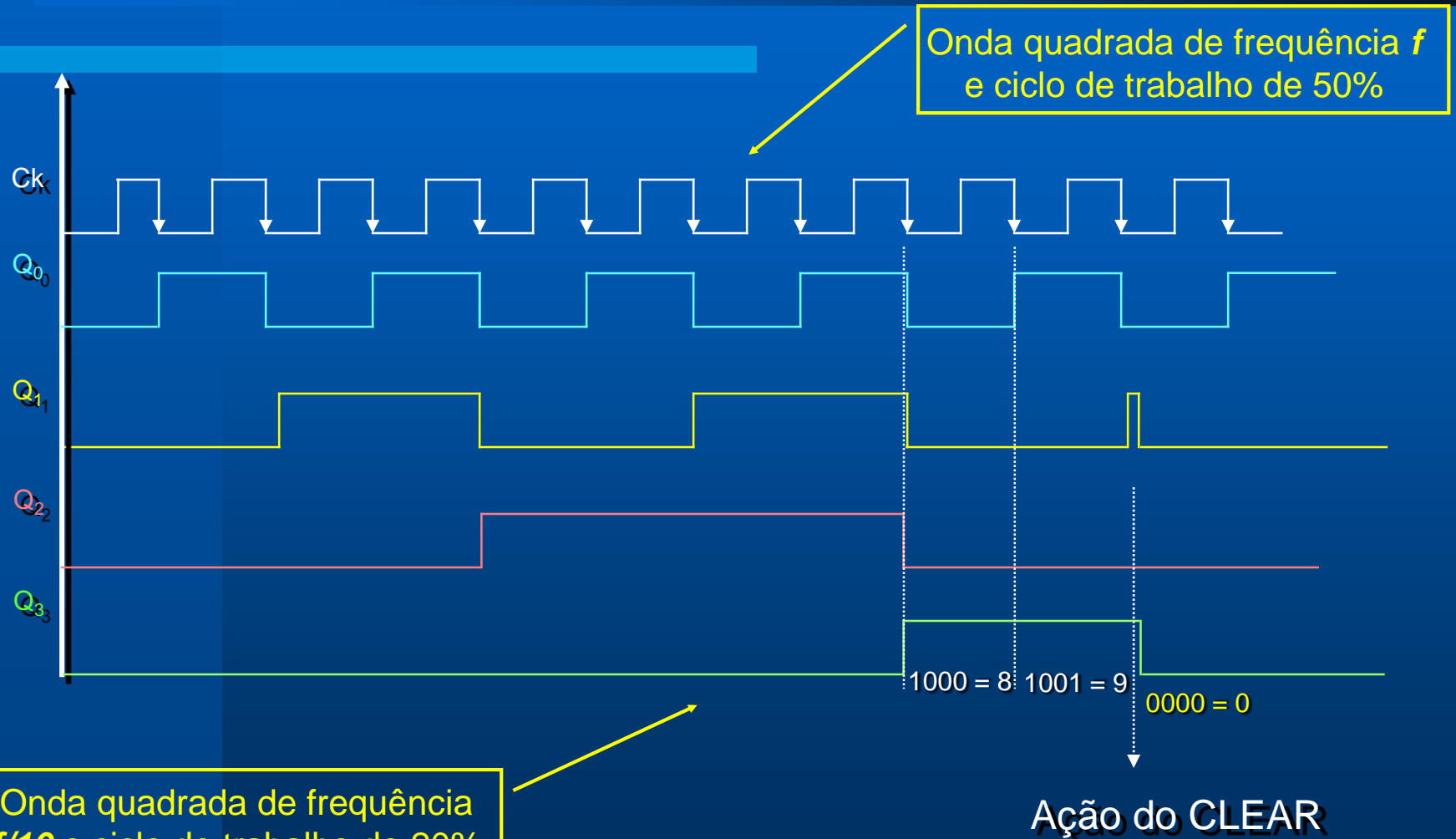
Estado 1010 →

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

Circuito do Contador BCD (Módulo 10)



Circuito do Contador Assíncrono BCD

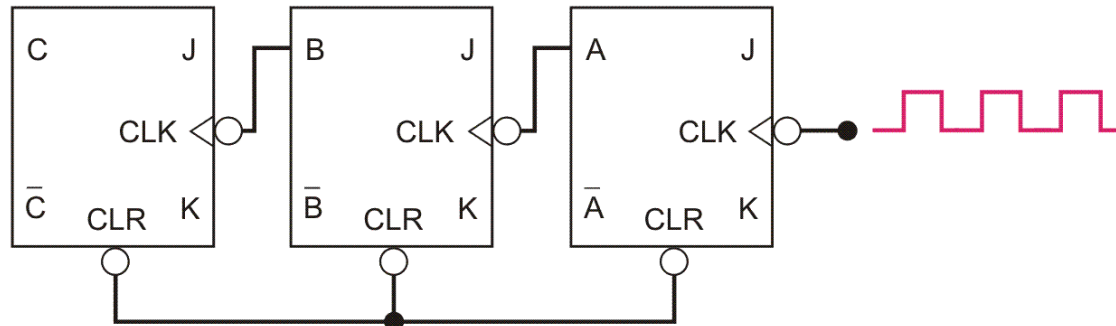


Contadores Assíncronos de Módulo $< 2^N$

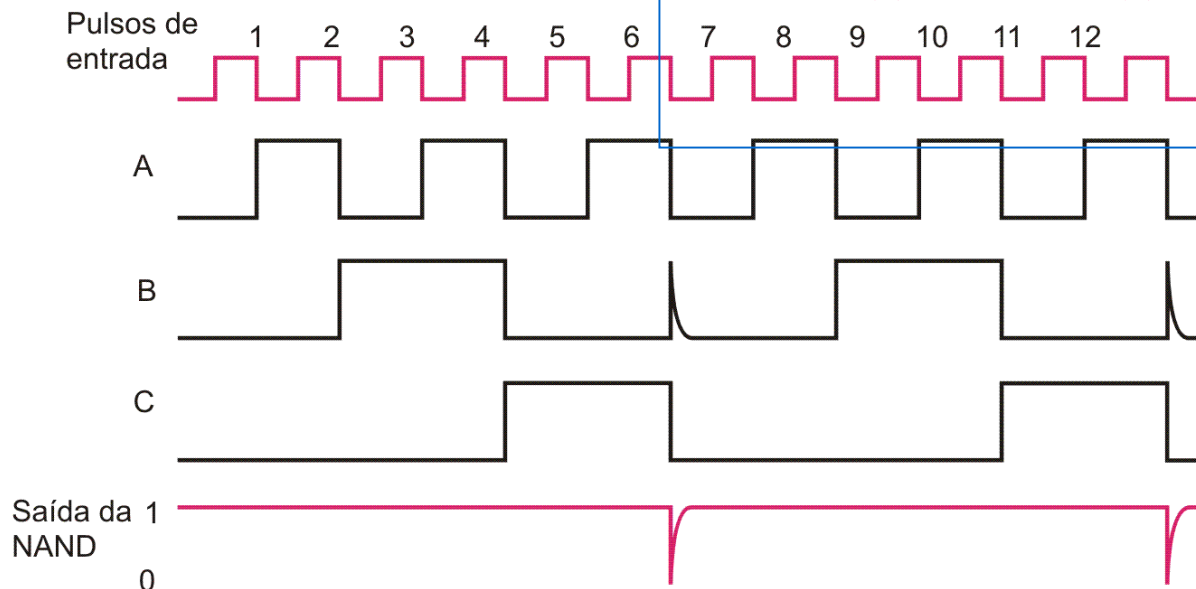
- Na saída MSB do contador, a frequência do clock na entrada é dividida pelo módulo do contador.
- O ciclo de trabalho da onda de saída só é de 50% se o contador for de módulo $= 2^n$
- Para contadores de módulo $< 2^n$, o ciclo de trabalho da onda resultante será sempre menor do que 50%.

Exemplo: Contador Assíncrono de Módulo 6

Todas as entradas J e k estão em nível 1.



Ciclo de trabalho em C = $2/6 = 33.3\%$
 $f_c = f_{ck} / 6$
 $6(d) = 110(b)$
 $C = \frac{110(b) - 100(b)}{110(b)} = \frac{6(d) - 4(d)}{6(d)} = \frac{2(d)}{6(d)}$

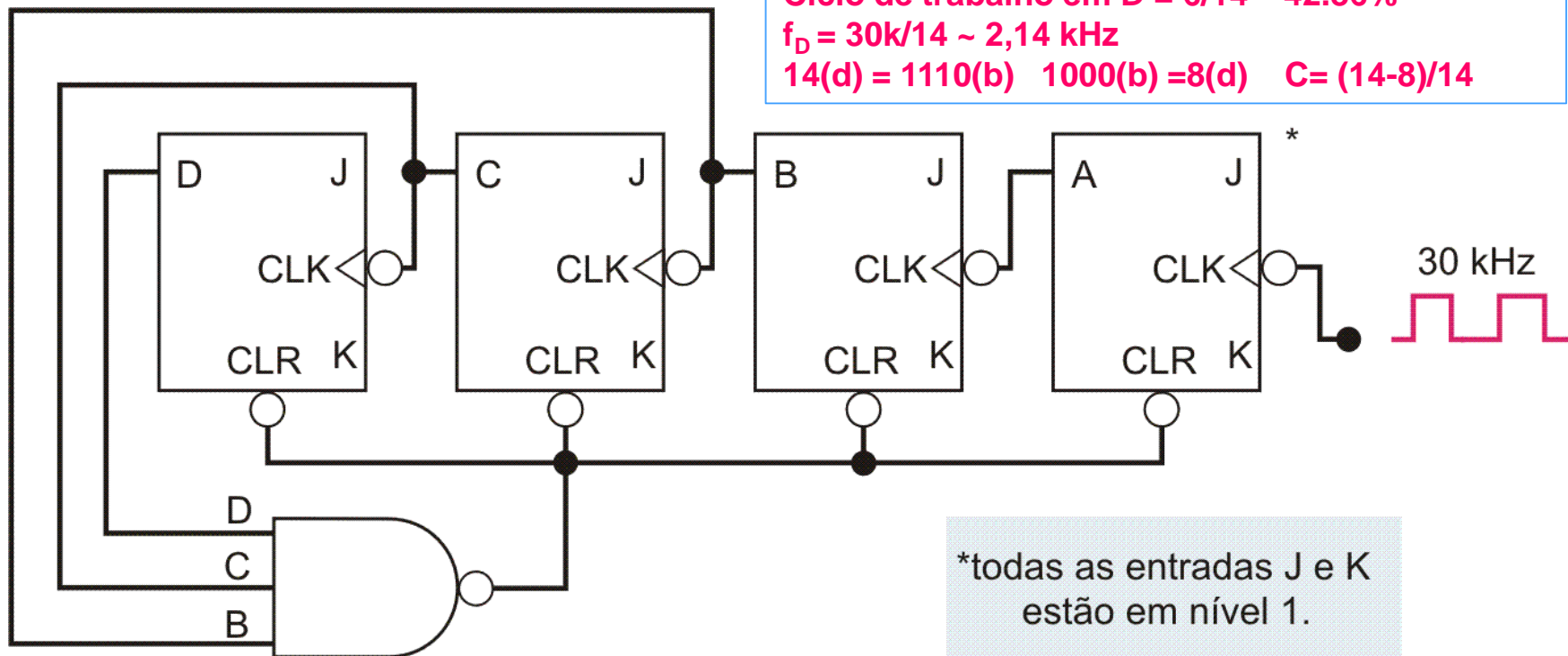


Exemplo: Contador Assíncrono de Módulo 14

Ciclo de trabalho em D = $6/14 \sim 42.86\%$

$f_D = 30k/14 \sim 2,14 \text{ kHz}$

$14(d) = 1110(b) \quad 1000(b) = 8(d) \quad C = (14-8)/14$

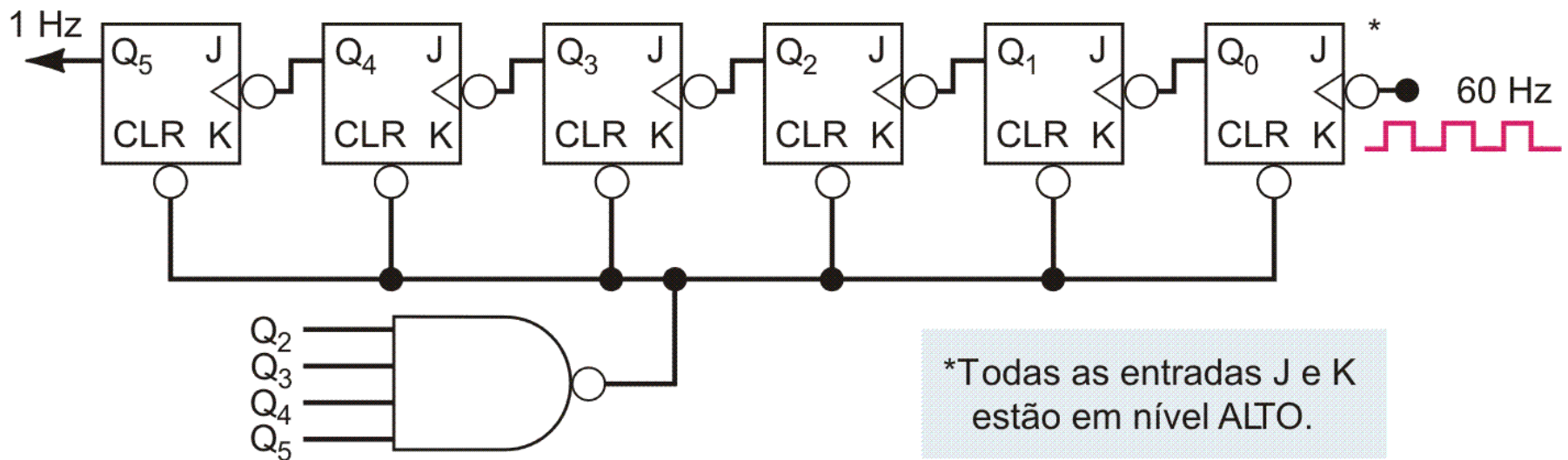


(a)

Exemplo: Contador Assíncrono de Módulo 60

- $2^6 = 64$
- $60_{(d)} = 111100_{(b)}$

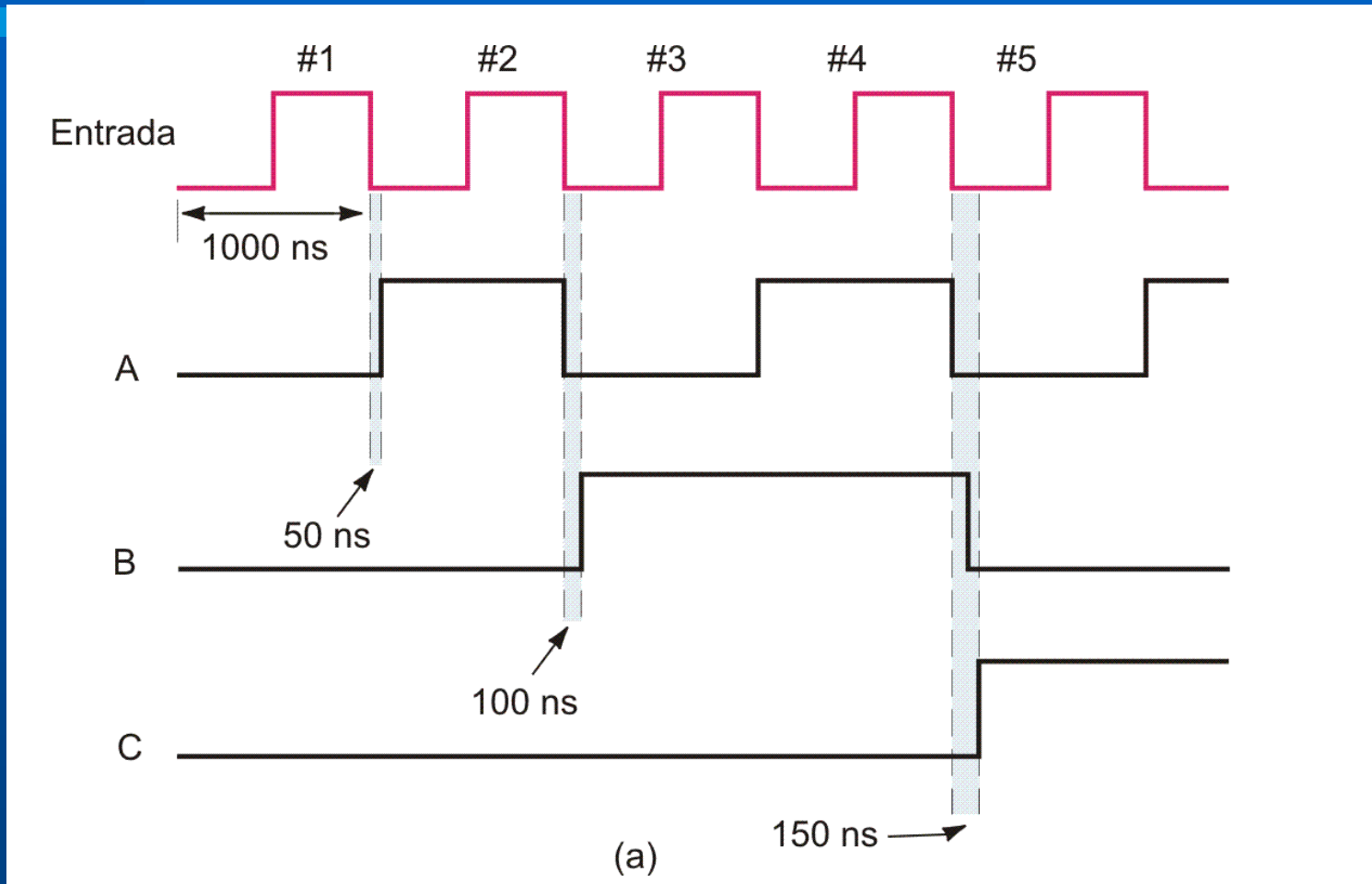
Ciclo de trabalho em $Q_5 = 28/60 \sim 46.67\%$



*Todas as entradas J e K estão em nível ALTO.

Atraso de Propagação:

Contadores Assíncronos





FIM