

CIRCUITOS DIGITAIS

CIRCUITOS SEQUENCIAIS

Prof. Marcelo Grandi Mandelli

`mgmandelli@unb.br`

Contadores

□ Contadores Síncronos:

- Os Flip-Flops mudam de estado com o mesmo sincronismo
- **O mesmo clock é ligado em todos os FFs**
- Há um atraso entre as mudanças de estado de cada FF
- O atraso **NÃO** é propagado de acordo como número de FF

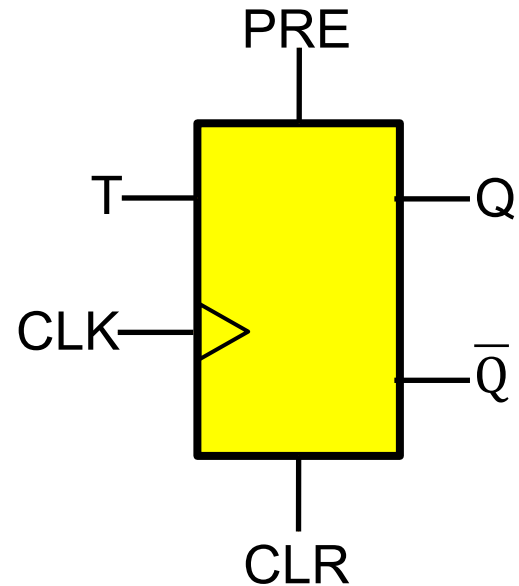
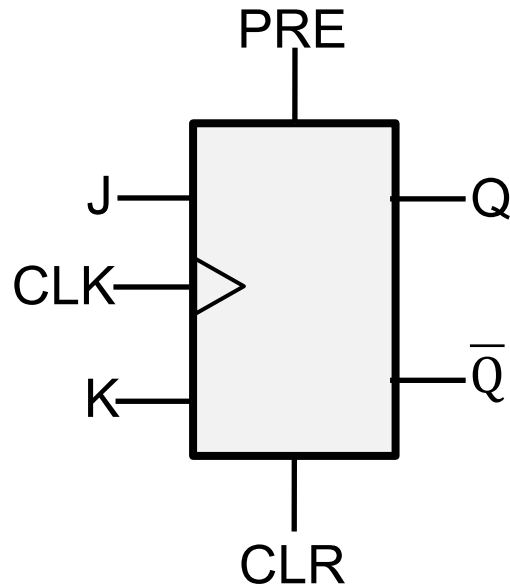
Contadores

□ Contadores Assíncronos:

- Os Flip-Flops **NÃO** mudam de estado com o mesmo sincronismo
- O clock é conectado apenas no primeiro FF (LSB)
- Há um pequeno atraso entre as mudanças de estado de cada FF
- O atraso é propagado de acordo com o número de FF conectados em cascata → **último estágio do contador terá um atraso maior**

CONTADORES ASSÍNCRONOS

- Chamados de Ripple Counters
- Usa-se principalmente flip-flop **JK** ou **T**

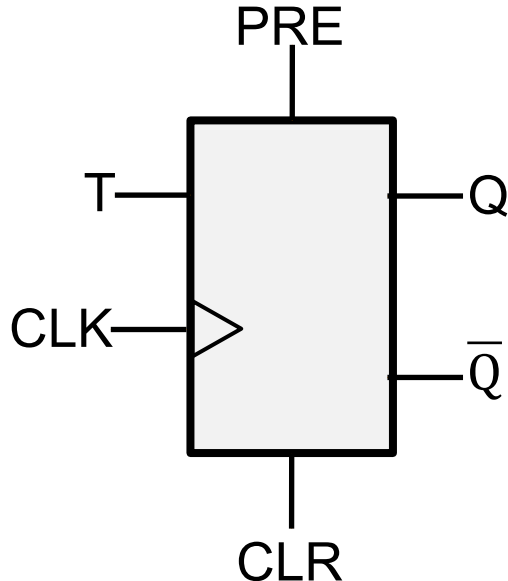


Flip-flop T com Preset e Clear

PRE	CLR	Q_{t+1}
0	0	FUNCIONAMENTO NORMAL
0	1	0
1	0	1
1	1	NÃO PERMITIDO

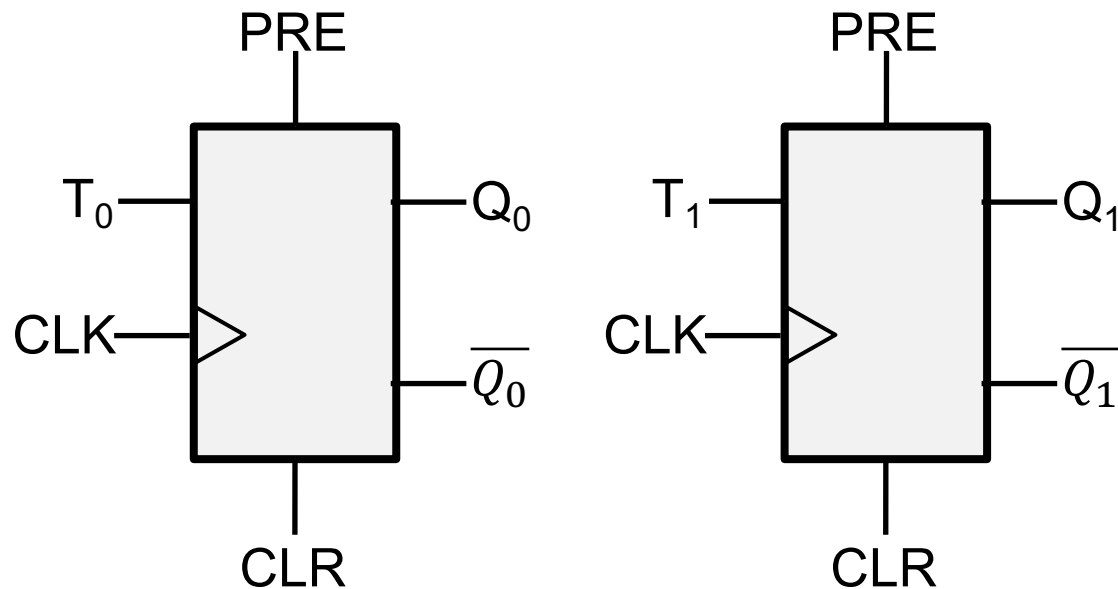


CLK	T	Q_{t+1}
$\neq \uparrow$	X	Q_t
\uparrow	0	Q_t
\uparrow	1	$\overline{Q_t}$



CONTADORES ASSÍNCRONOS

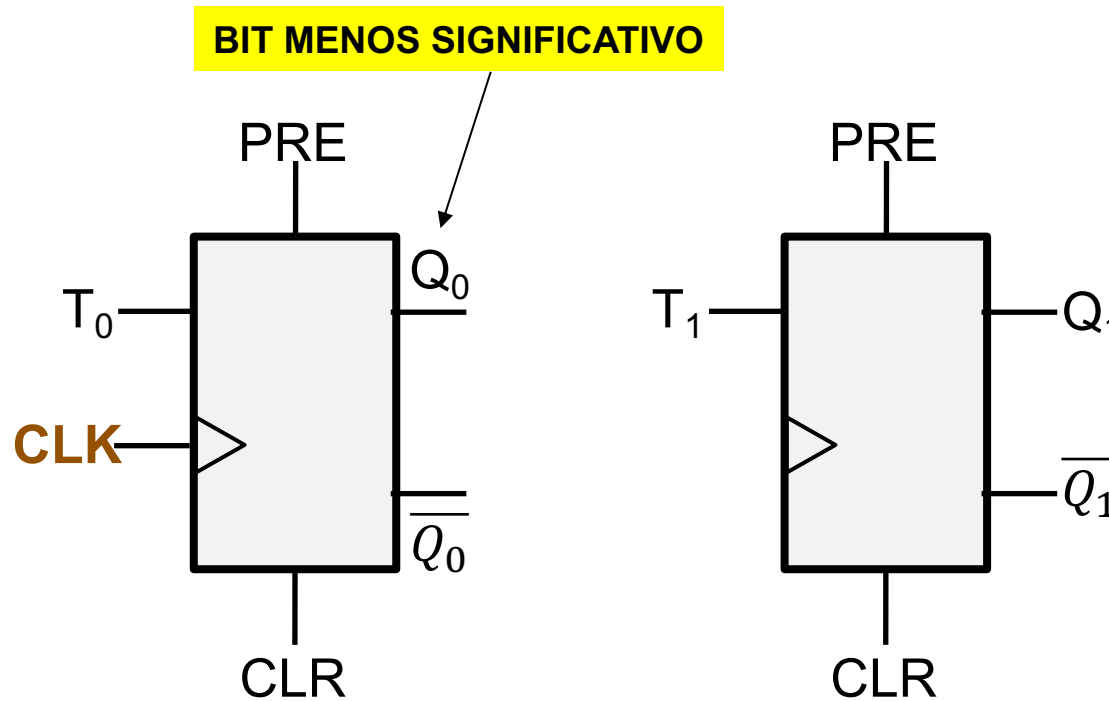
- Contador de **n** bits \rightarrow **n** flip-flops
- maior número que um contador de **n** bits pode contar \rightarrow **$2^n - 1$**
- Exemplo : Contador de palavras de **2 bits** \rightarrow **2 FFs**



Contador de palavras de 2 bits conta até $2^2 - 1 = 3$

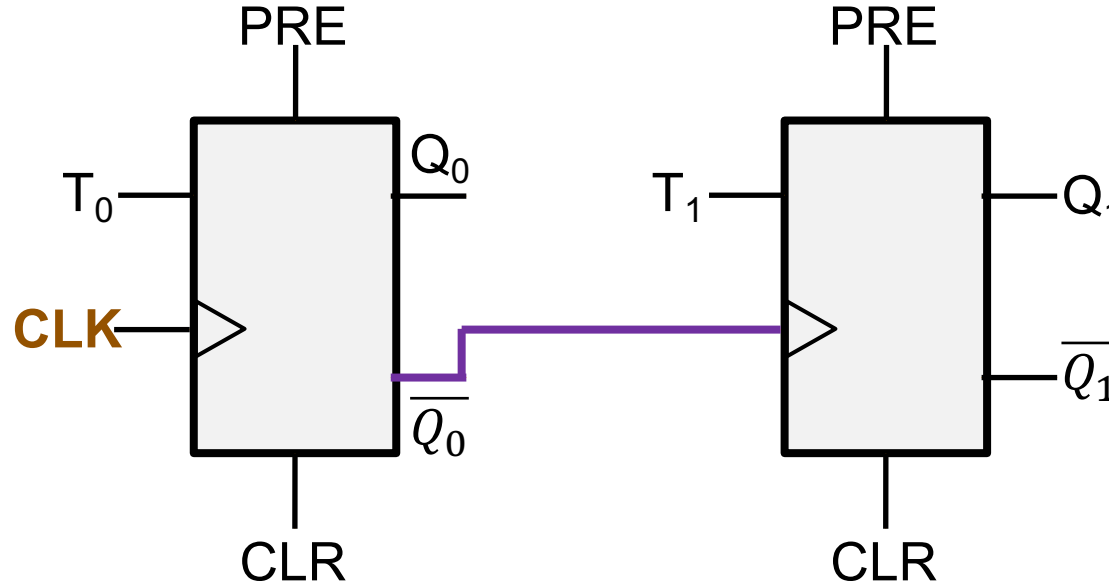
CONTADORES ASSÍNCRONOS - PASSOS

- ❑ **Passo 1** : sinal de clock do contador é conectado no flip-flop que irá gerar o bit menos significativo (LSB) do valor contado
- ❑ Exemplo : Contador de palavras de **2 bits**



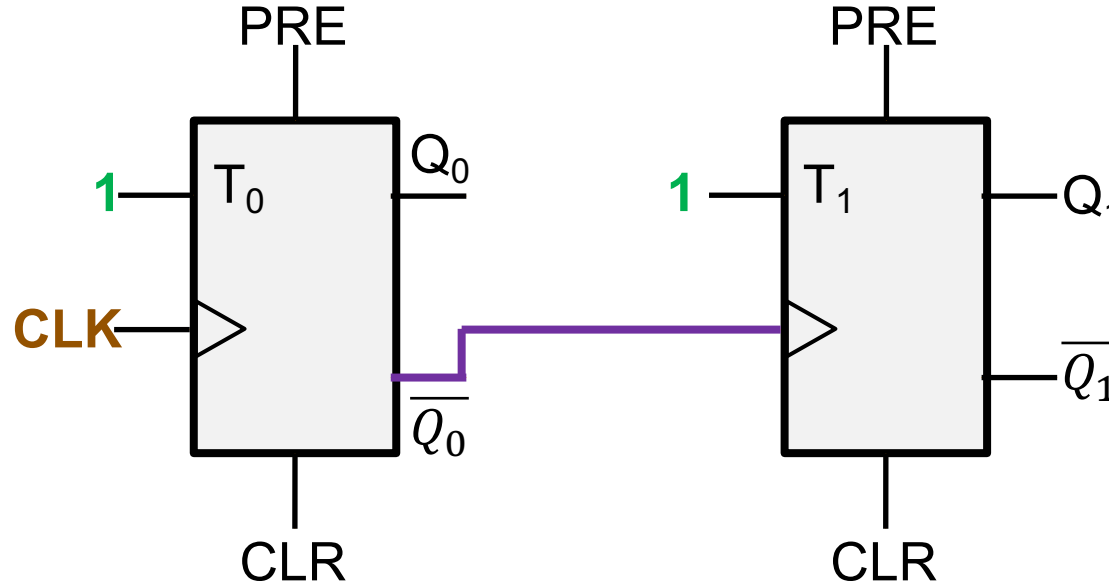
CONTADORES ASSÍNCRONOS - PASSOS

- ❑ **Passo 2** : a saída \overline{Q} de cada flip-flop deve ser conectada a entrada de clock dos flip-flops seguintes
- ❑ Exemplo : Contador de palavras de **2 bits**



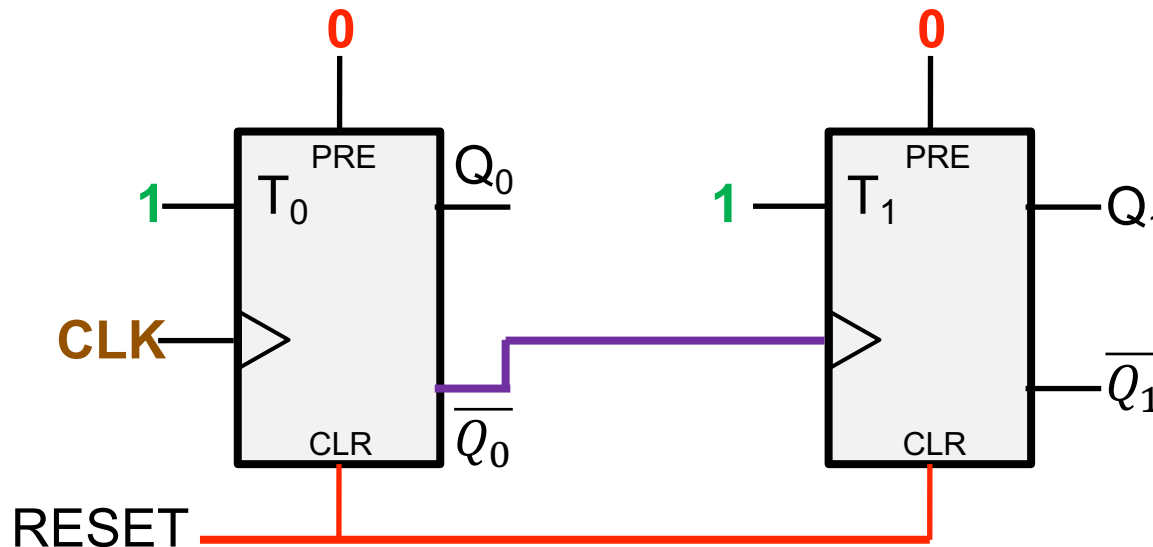
CONTADORES ASSÍNCRONOS - PASSOS

- ❑ **Passo 3** : a entradas T de todos os flip-flops devem ser iguais a 1
- ❑ Exemplo : Contador de palavras de **2 bits**



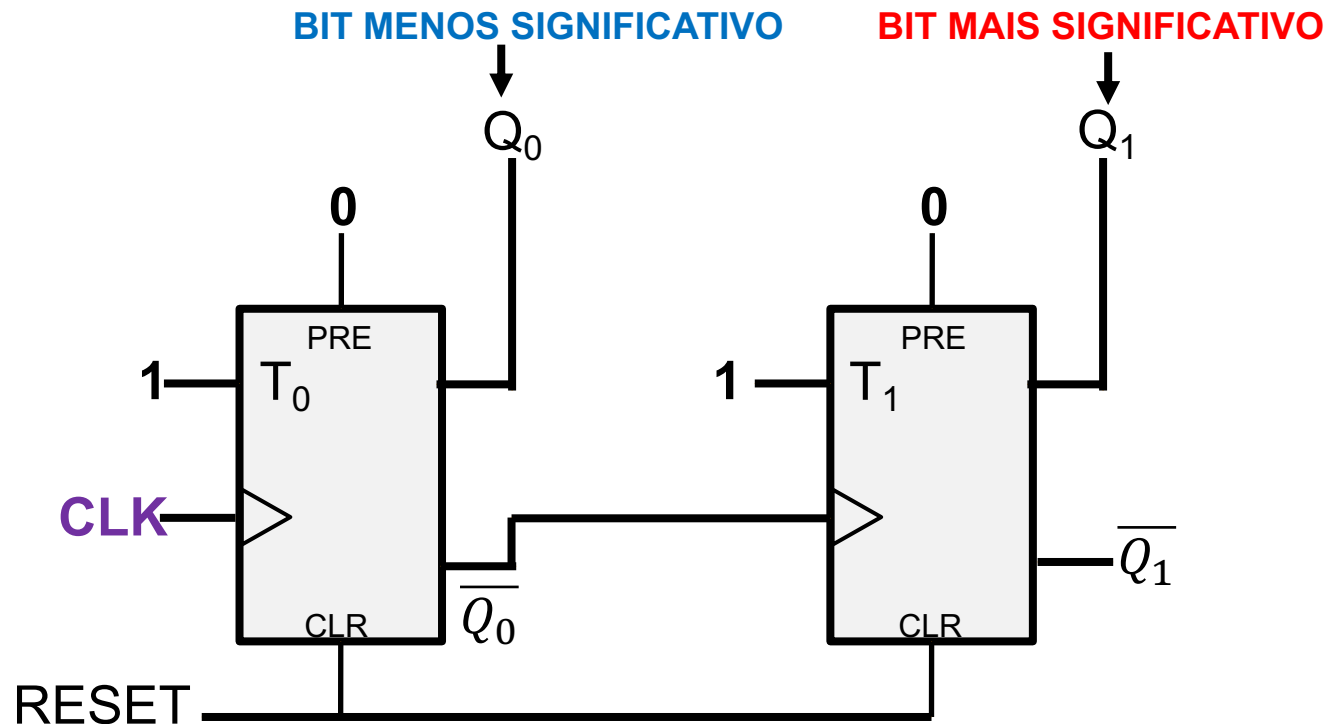
CONTADORES ASSÍNCRONOS - PASSOS

- ❑ **Passo 4** : interligar as entradas CLEAR dos flip-flops para resetar o contador / PRESET fica desabilitado (0)
- ❑ Exemplo : Contador de palavras de **2 bits**



CONTADORES ASSÍNCRONOS - PASSOS

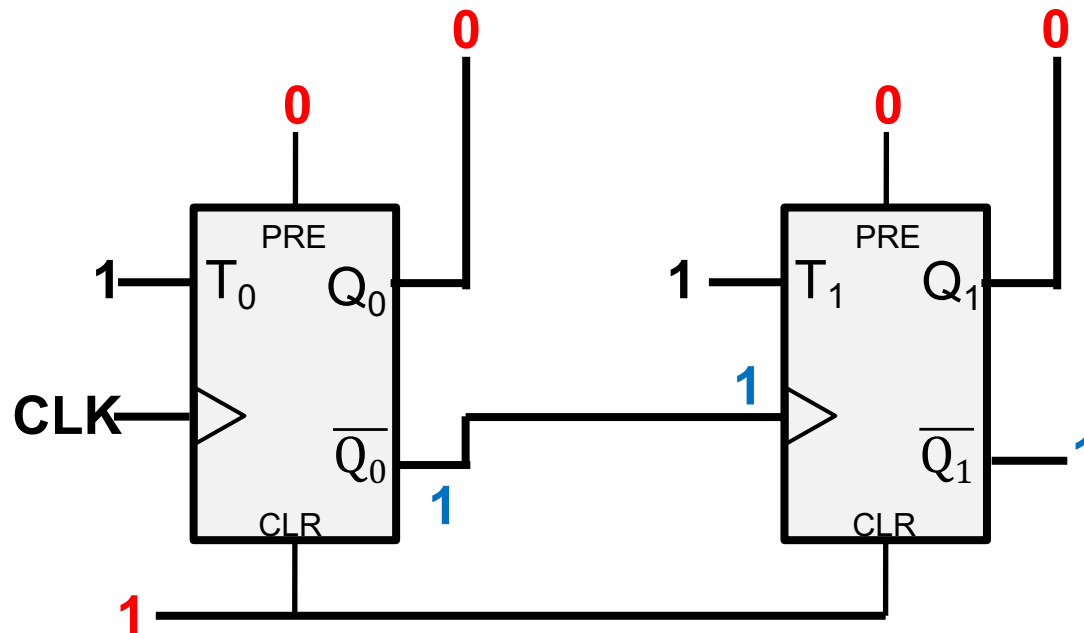
- As saídas **Q** dos flip-flops apresentarão o valor contado
- Exemplo : Contador de palavras de **2 bits**



A saída Q do flip-flop onde o clock (CLK) está conectado será o bit menos significativo (LSB) do valor contado

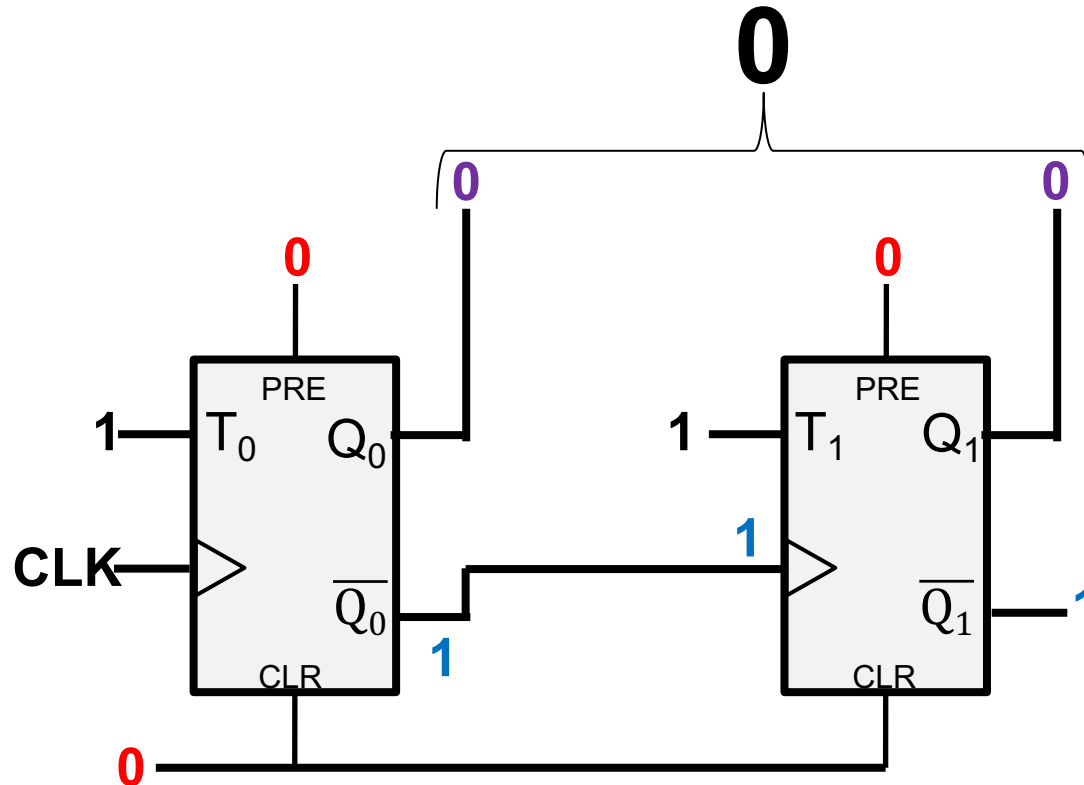
CONTADORES ASSÍNCRONOS

- ❑ Exemplo : Contador de palavras de **2 bits**
- ❑ Antes da contagem → **RESETAR o contador**



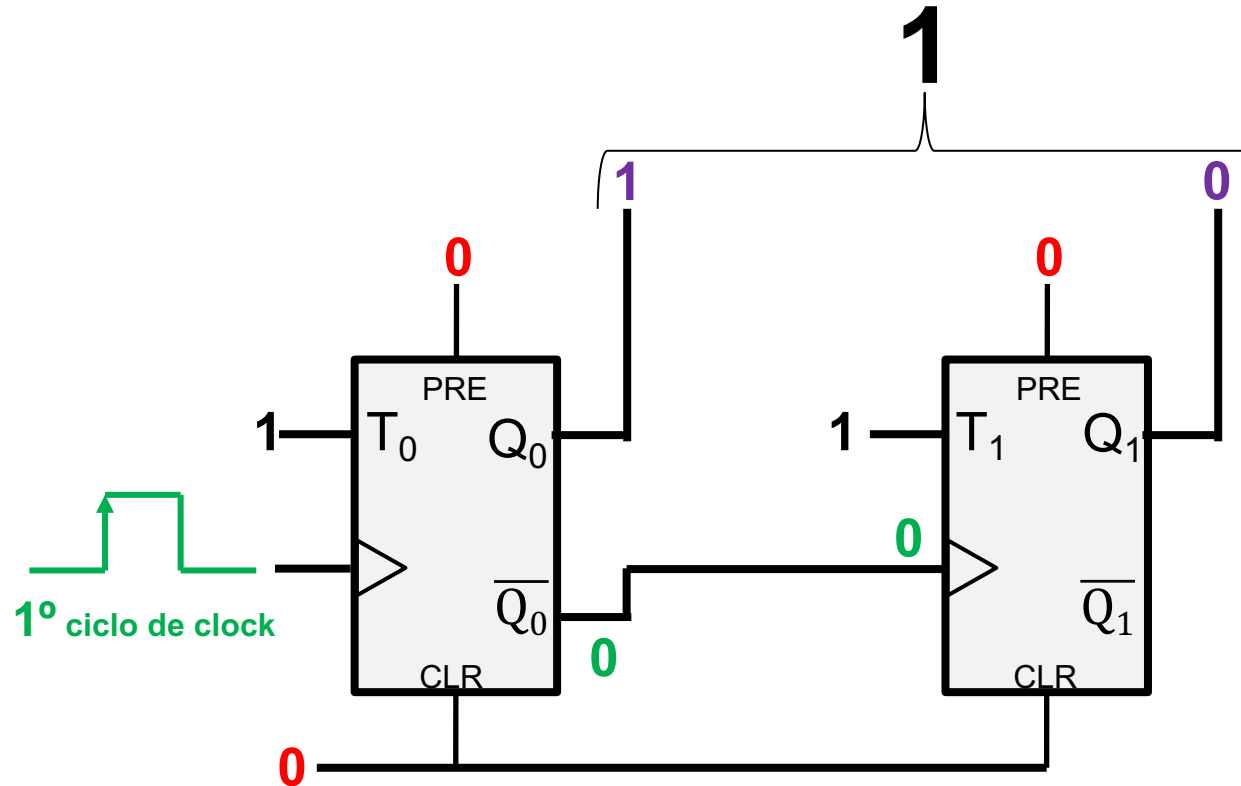
CONTADORES ASSÍNCRONOS

- Exemplo : Contador de palavras de **2 bits**
- PRESET e CLEAR** iguais a **0** → operação normal



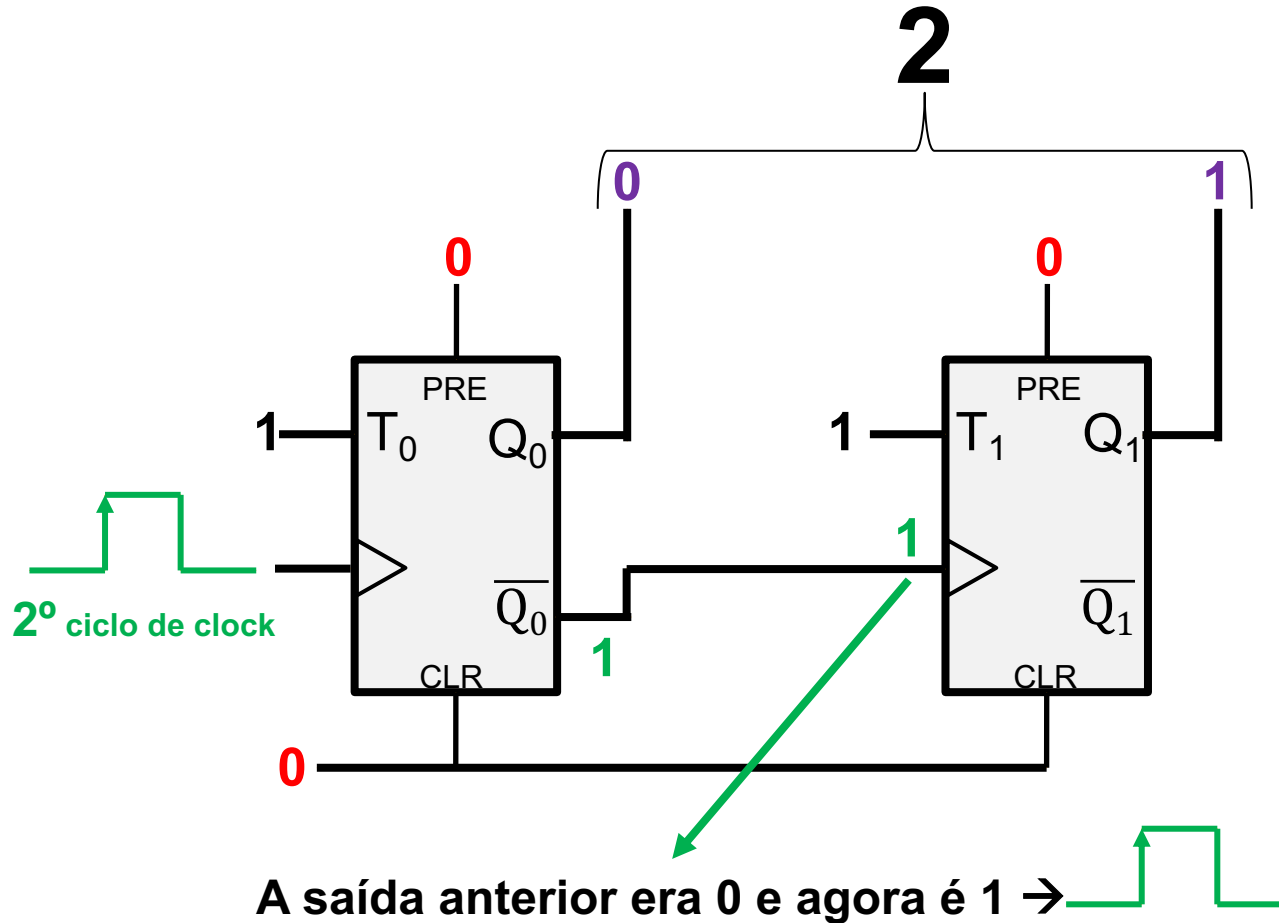
CONTADORES ASSÍNCRONOS

- Exemplo : Contador de palavras de **2 bits**



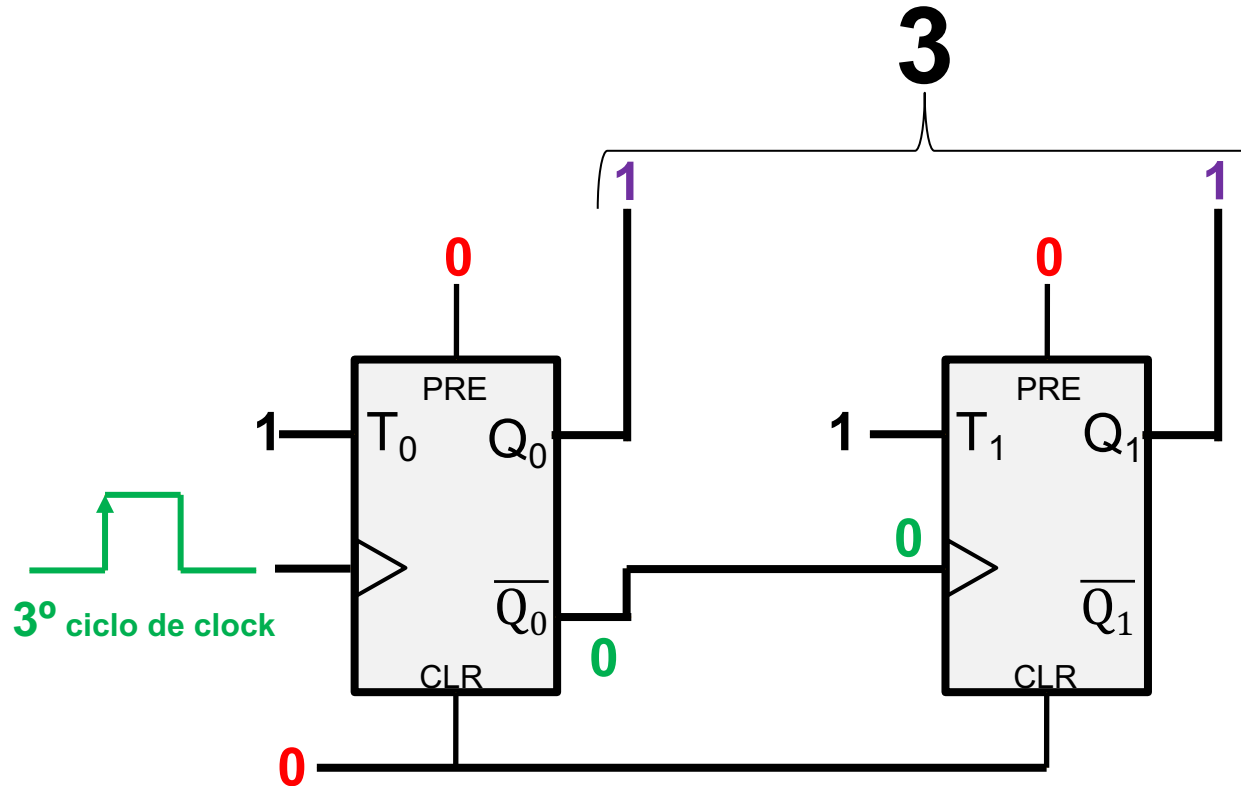
CONTADORES ASSÍNCRONOS

- Exemplo : Contador de palavras de **2 bits**



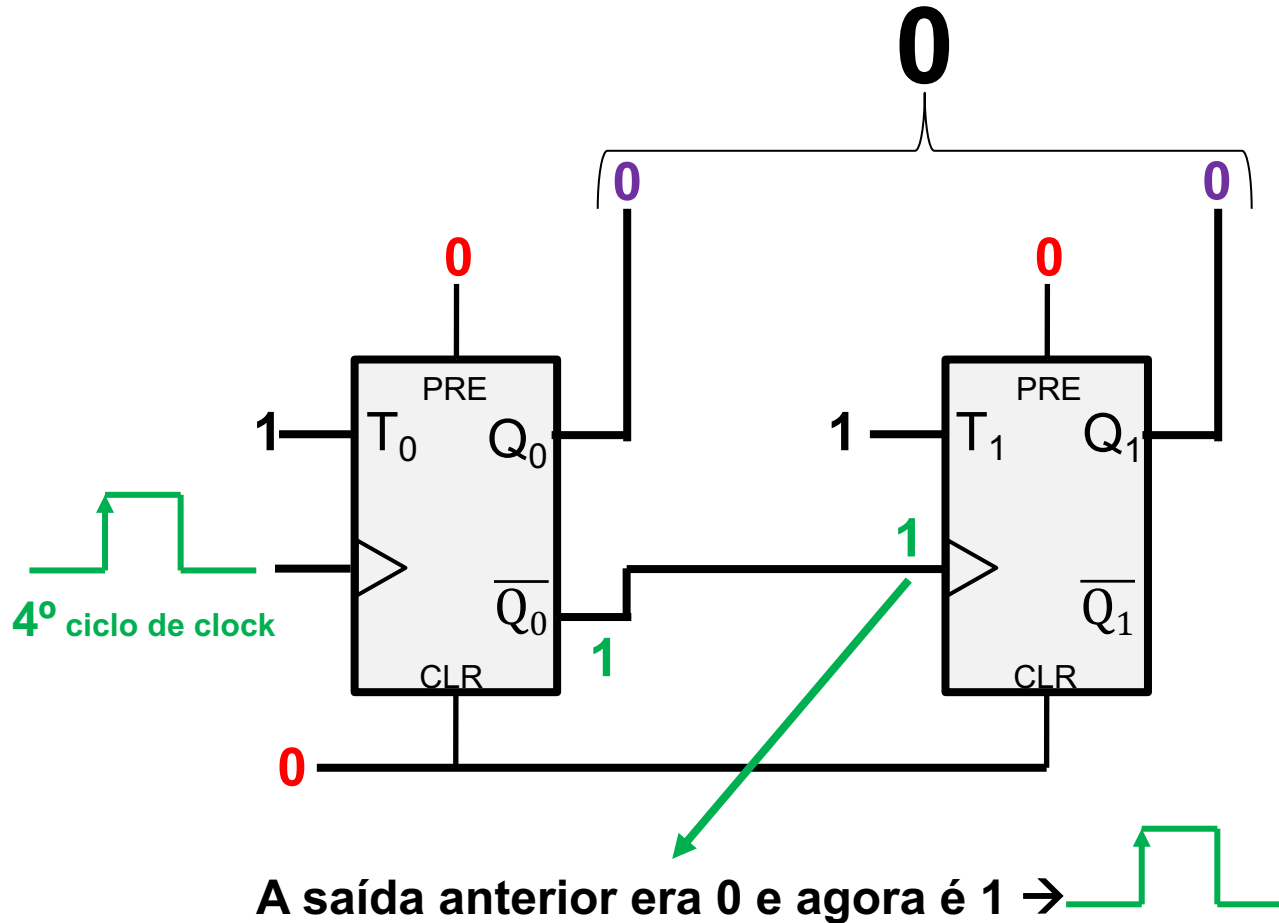
CONTADORES ASSÍNCRONOS

- Exemplo : Contador de palavras de **2 bits**



CONTADORES ASSÍNCRONOS

- Exemplo : Contador de palavras de **2 bits**

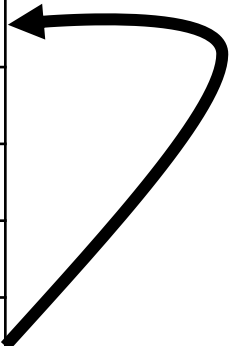


CONTADORES ASSÍNCRONOS

□ Exemplo : Contador de palavras de **2 bits**

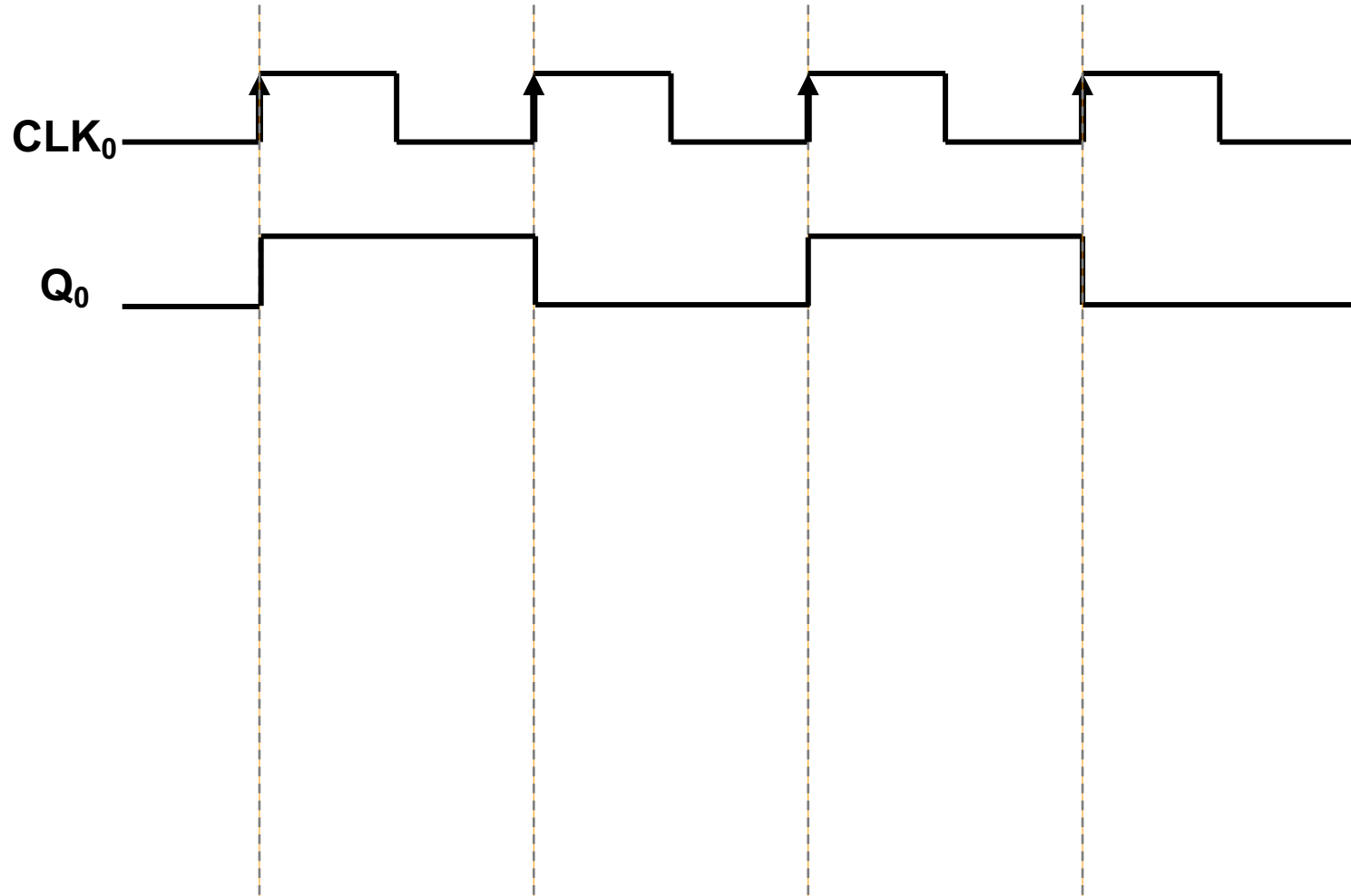
□ **Tabela Verdade :**

Pulso de Clock	Q ₁	Q ₀
Valor inicial	0	0
1º	0	1
2º	1	0
3º	1	1
4º (reciclagem)	0	0



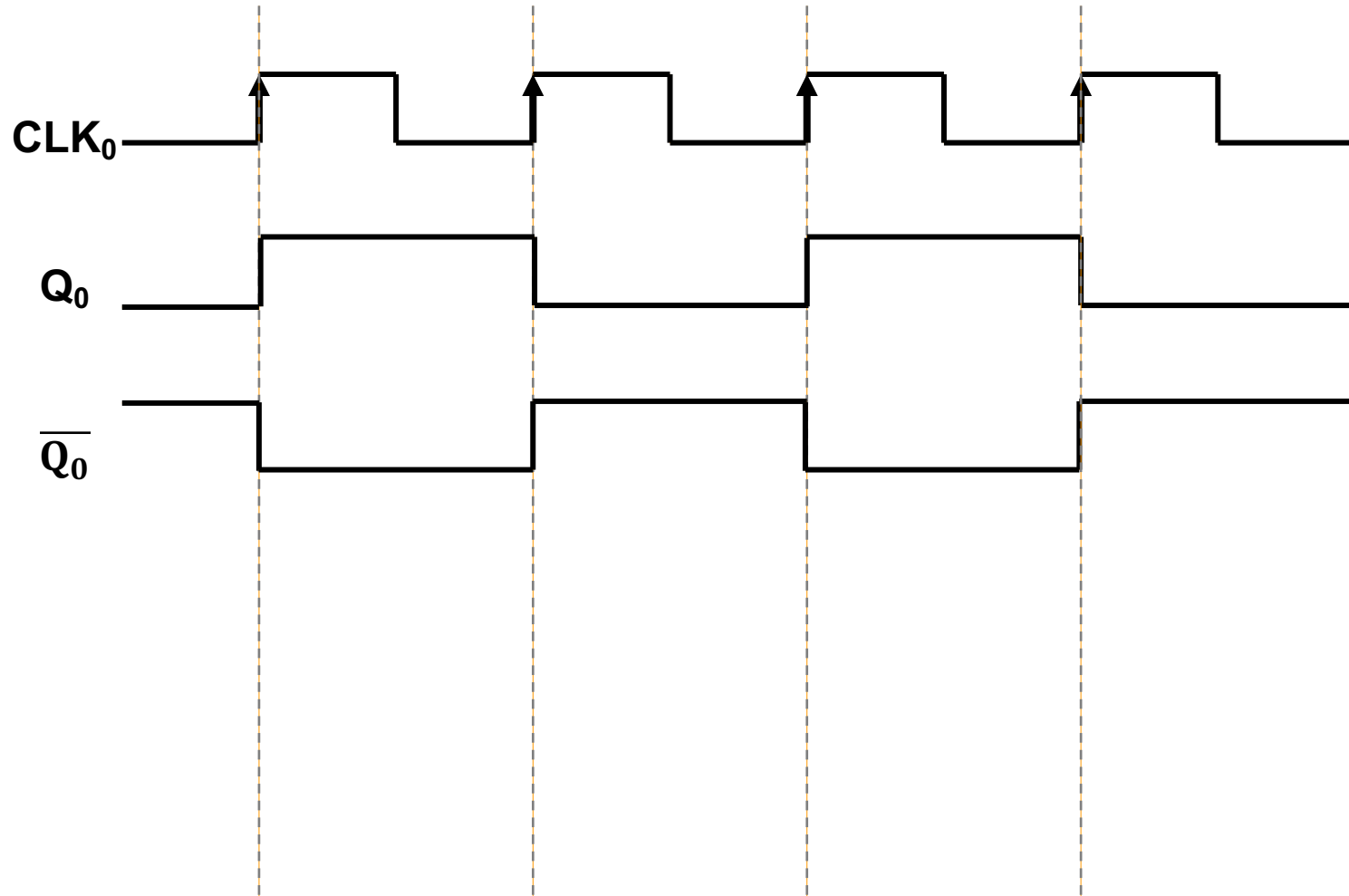
CONTADORES ASSÍNCRONOS

- Exemplo : Contador de palavras de **2 bits**



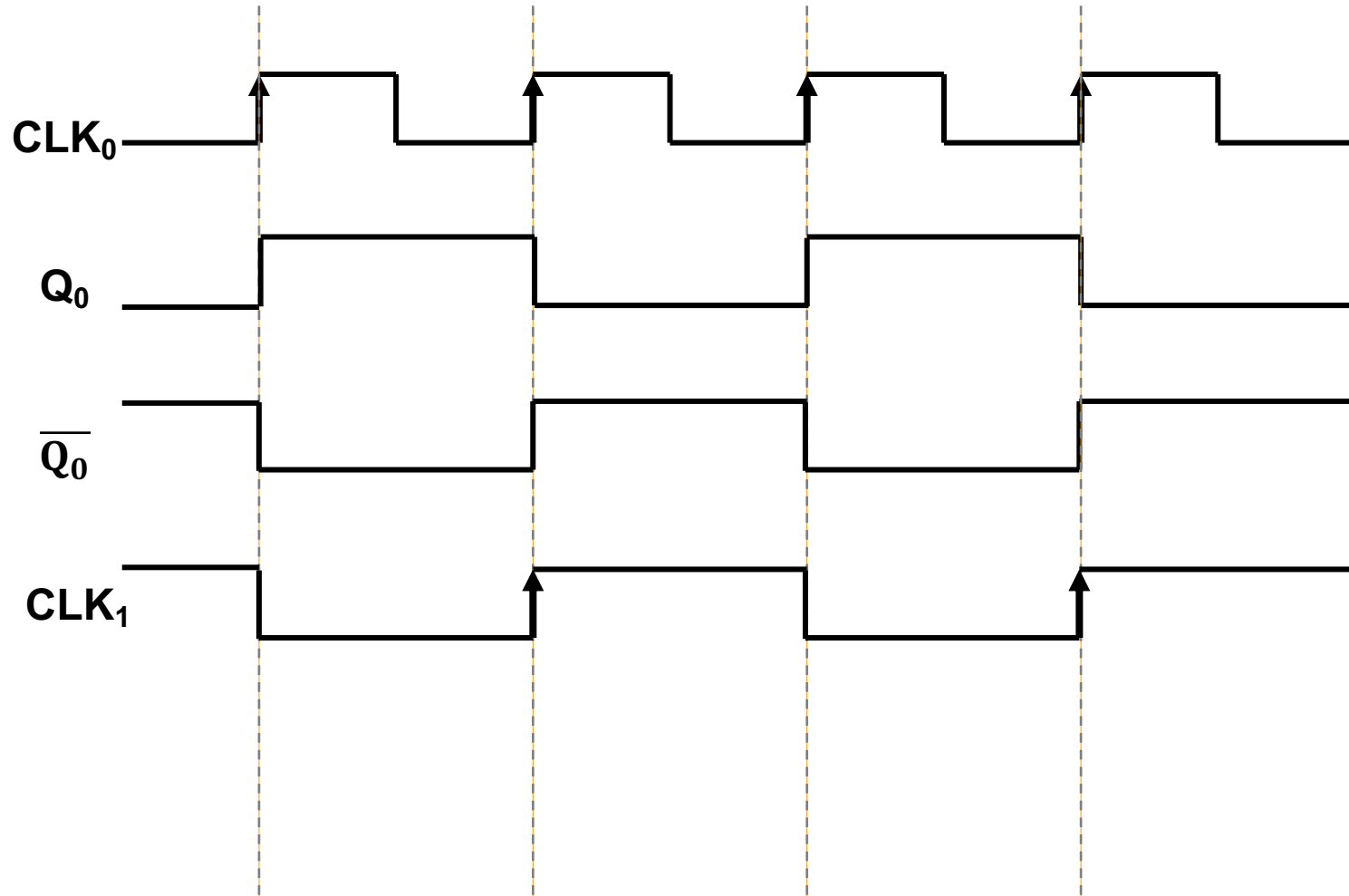
CONTADORES ASSÍNCRONOS

- Exemplo : Contador de palavras de **2 bits**



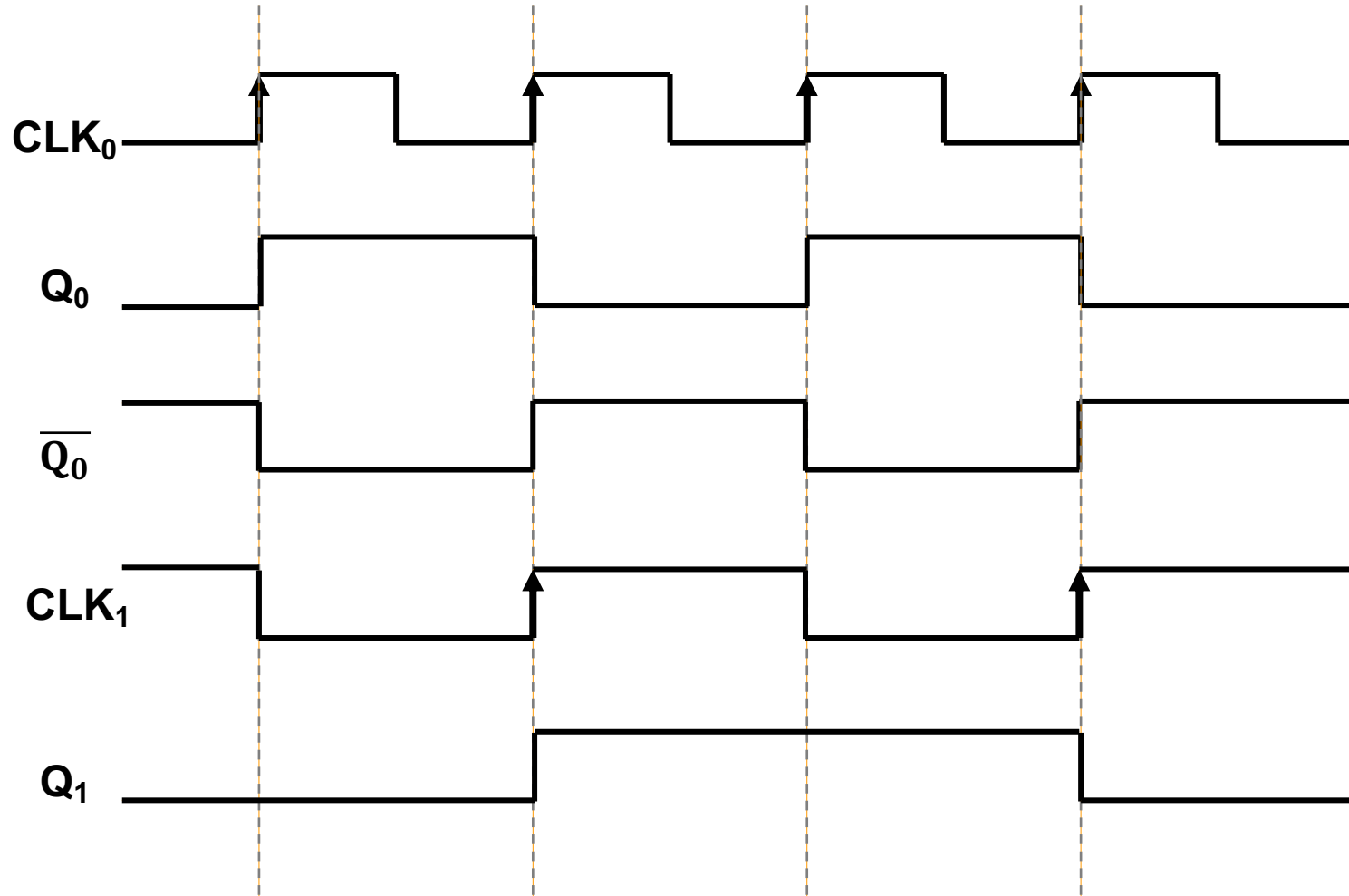
CONTADORES ASSÍNCRONOS

- Exemplo : Contador de palavras de **2 bits**



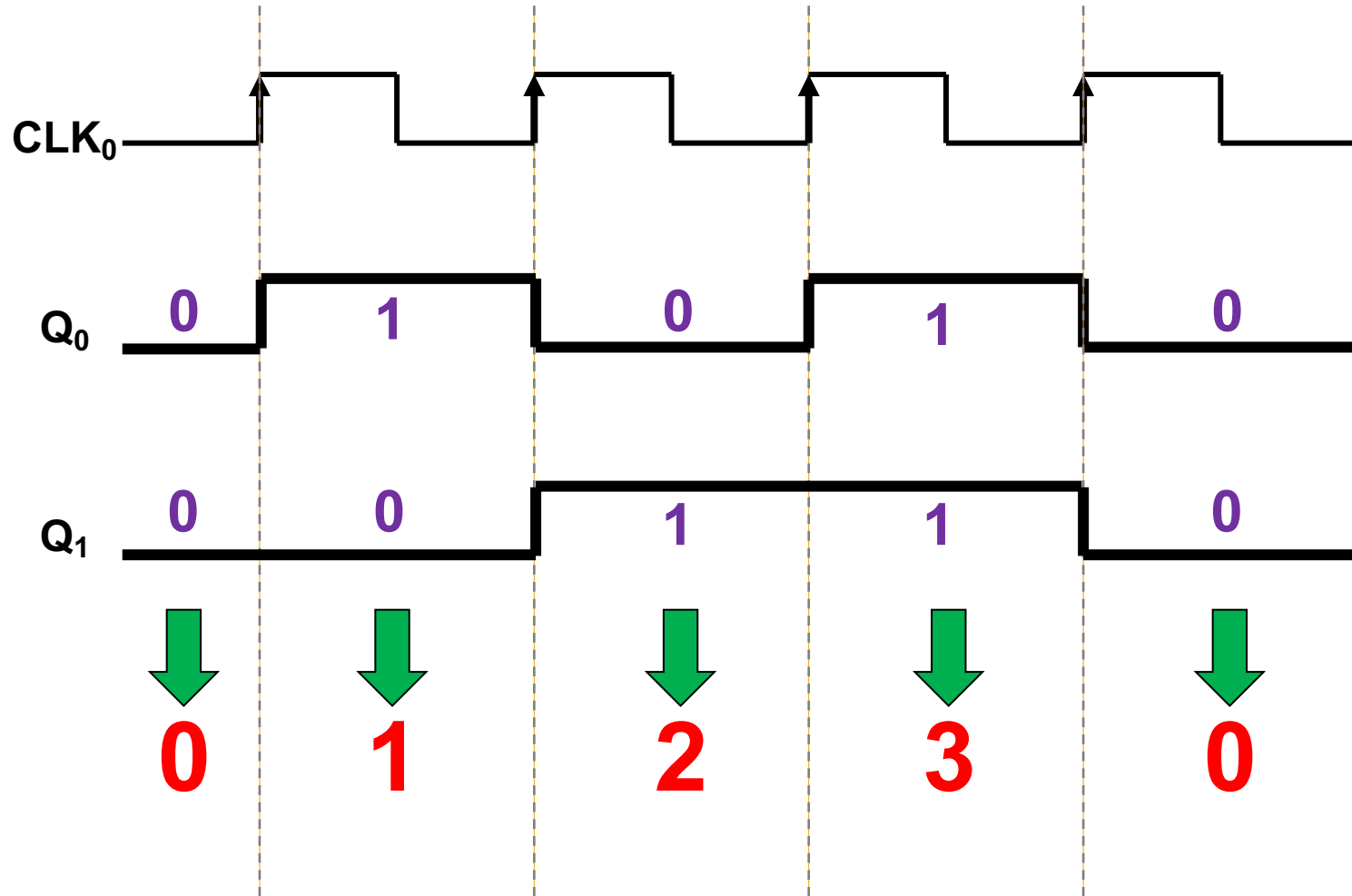
CONTADORES ASSÍNCRONOS

- Exemplo : Contador de palavras de **2 bits**

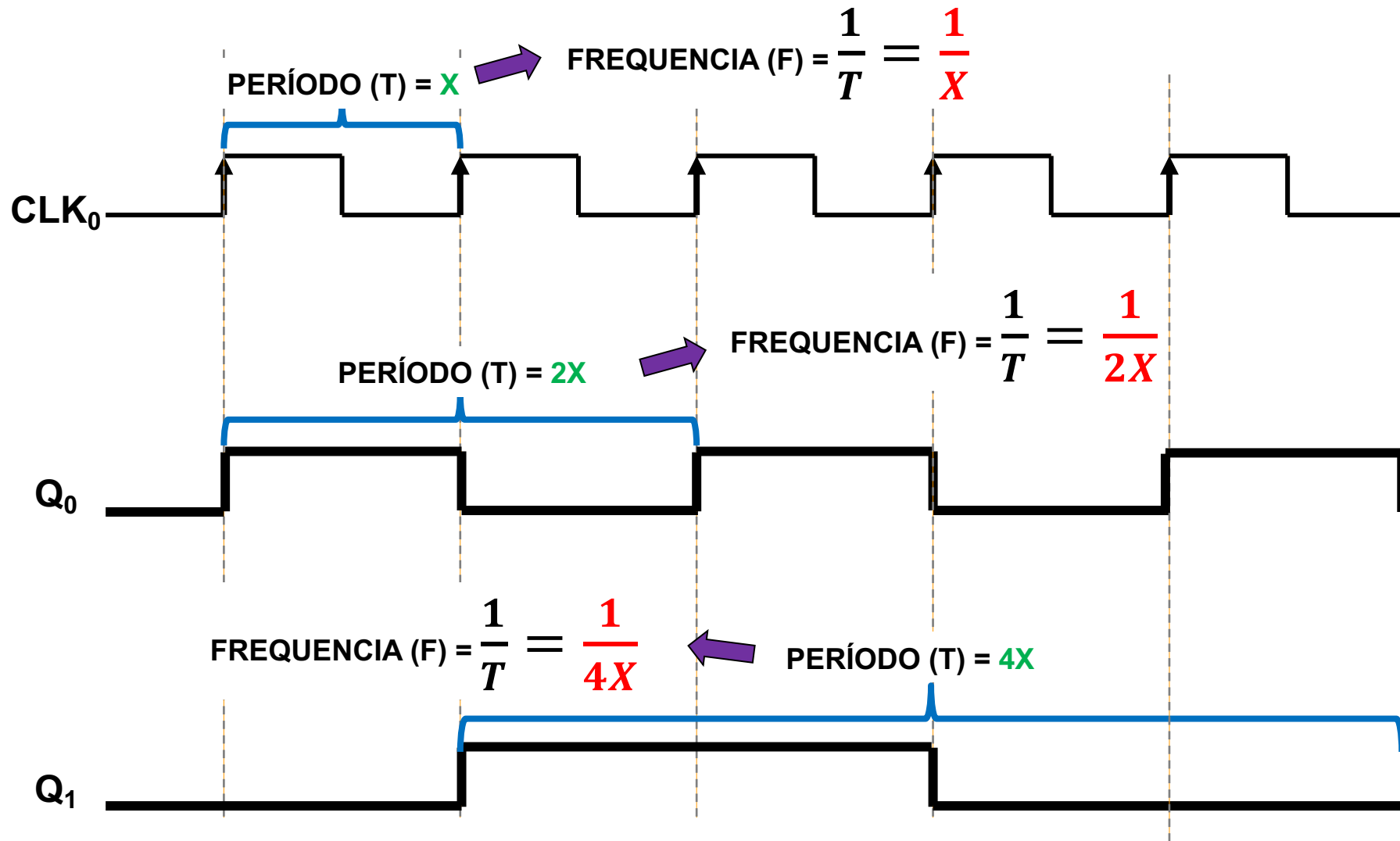


CONTADORES ASSÍNCRONOS

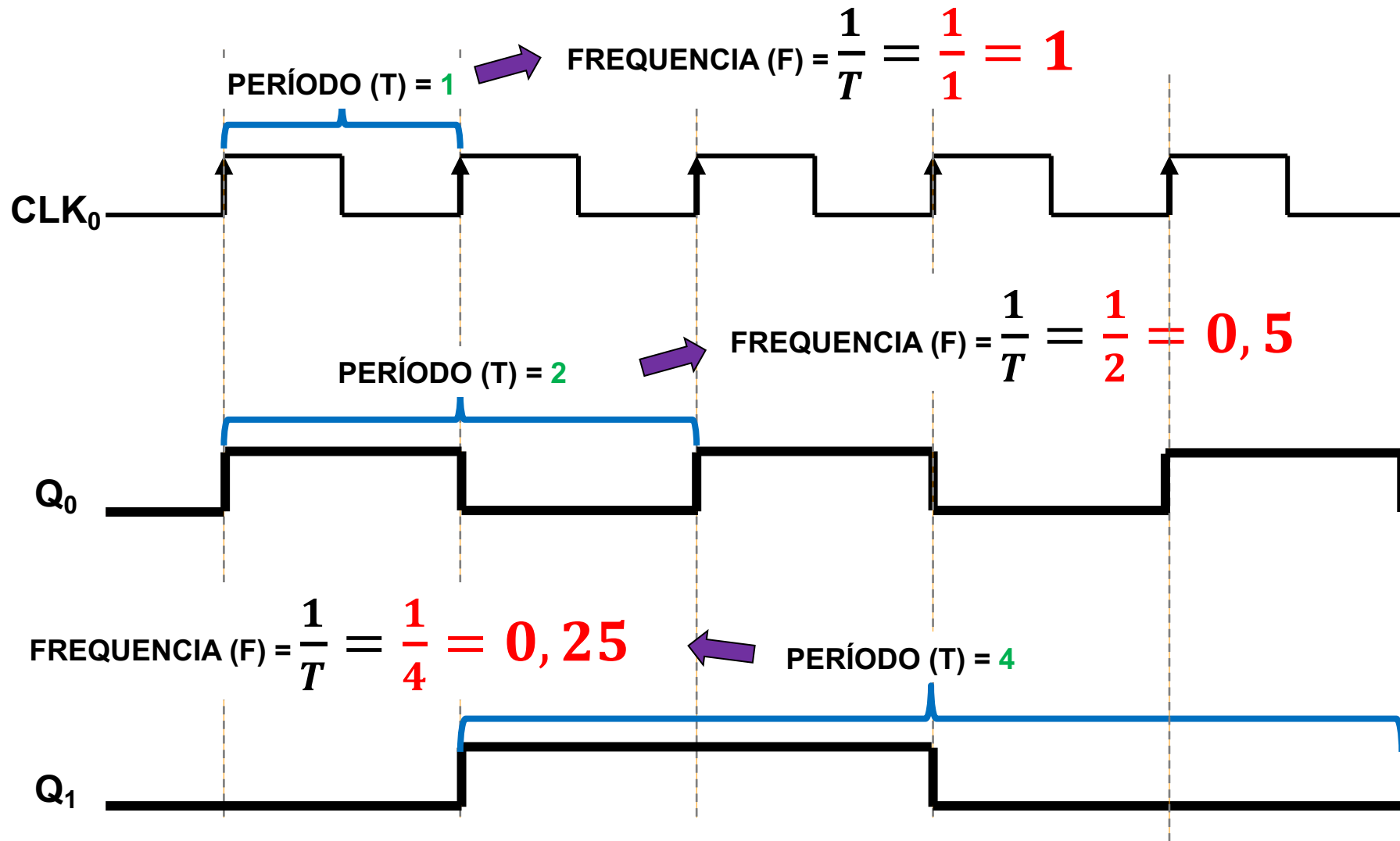
- Exemplo : Contador de palavras de **2 bits**



DIVISOR DE FREQUENCIA



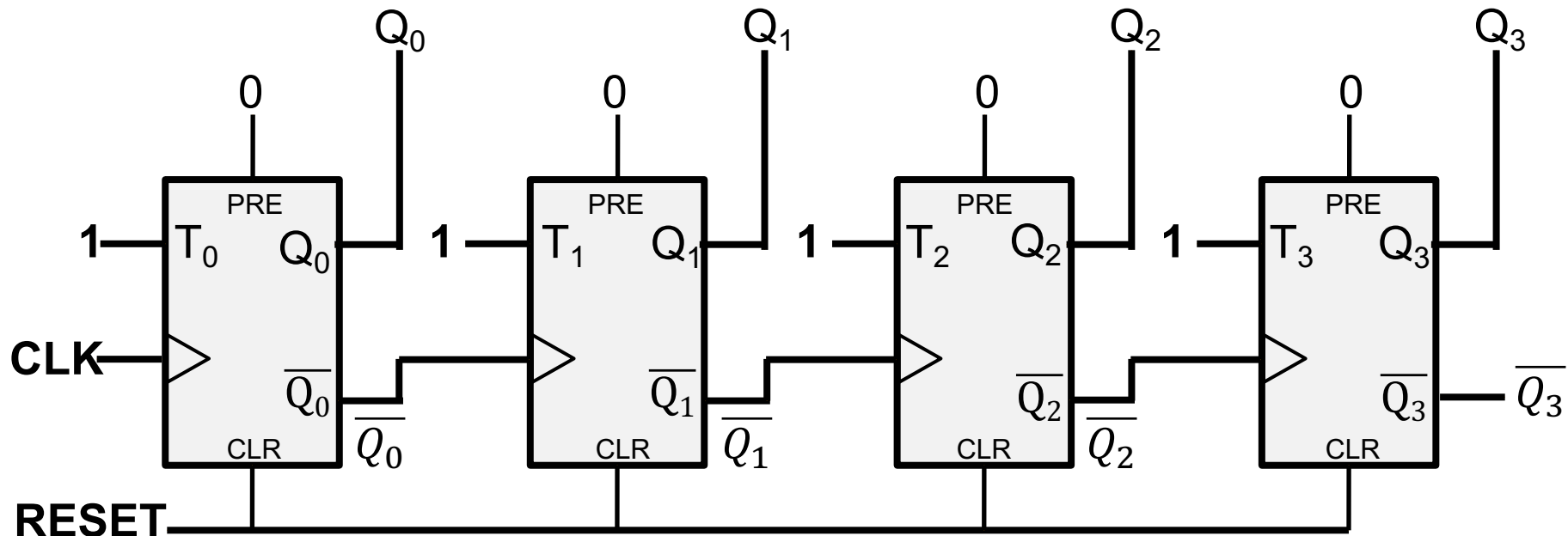
DIVISOR DE FREQUENCIA - EXEMPLO



CONTADORES ASSÍNCRONOS

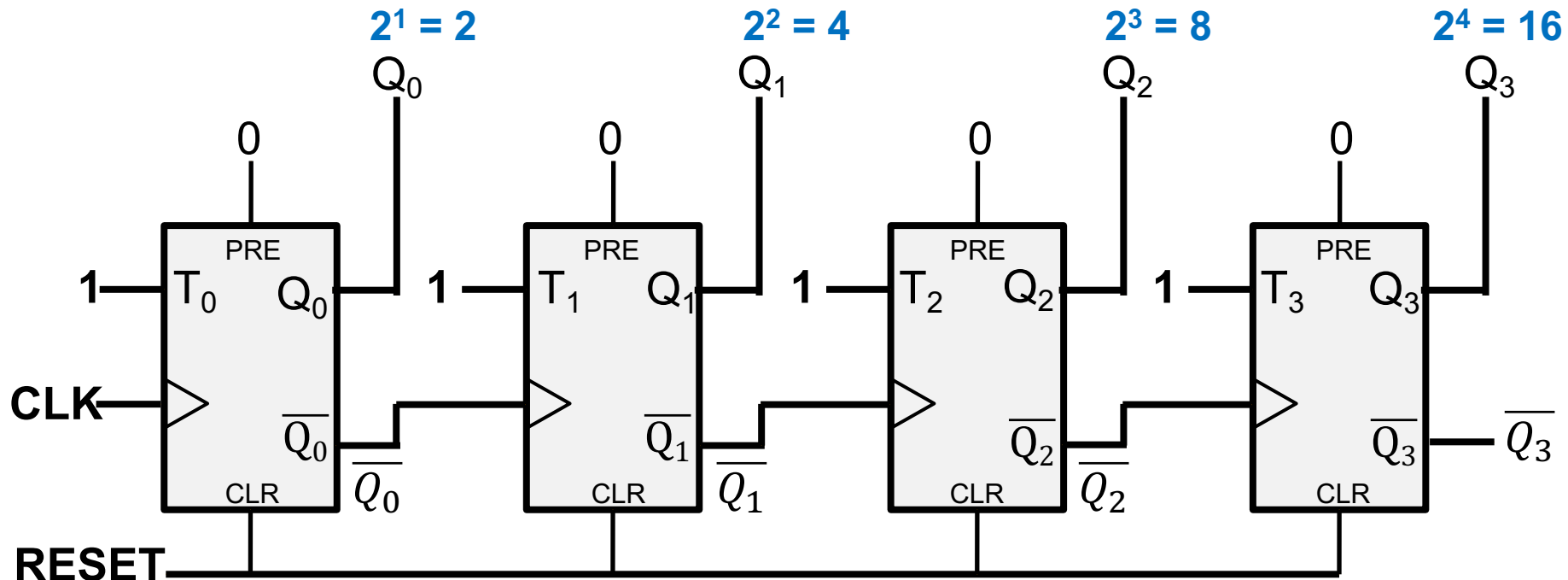
- uma das aplicações do contador → **dividir a frequência**
- Após **n** estágios de flip-flops a frequência de clock será dividida por **2^n**
- Exemplo:
 - Contador de palavras de **8 bits** → **8 flip-flops**
 - Na saída do último flip-flop (Q_7) a frequência do clock de entrada será dividida por **$2^8 = 256$**

CONTADOR ASSÍNCRONO DE 4 BITS

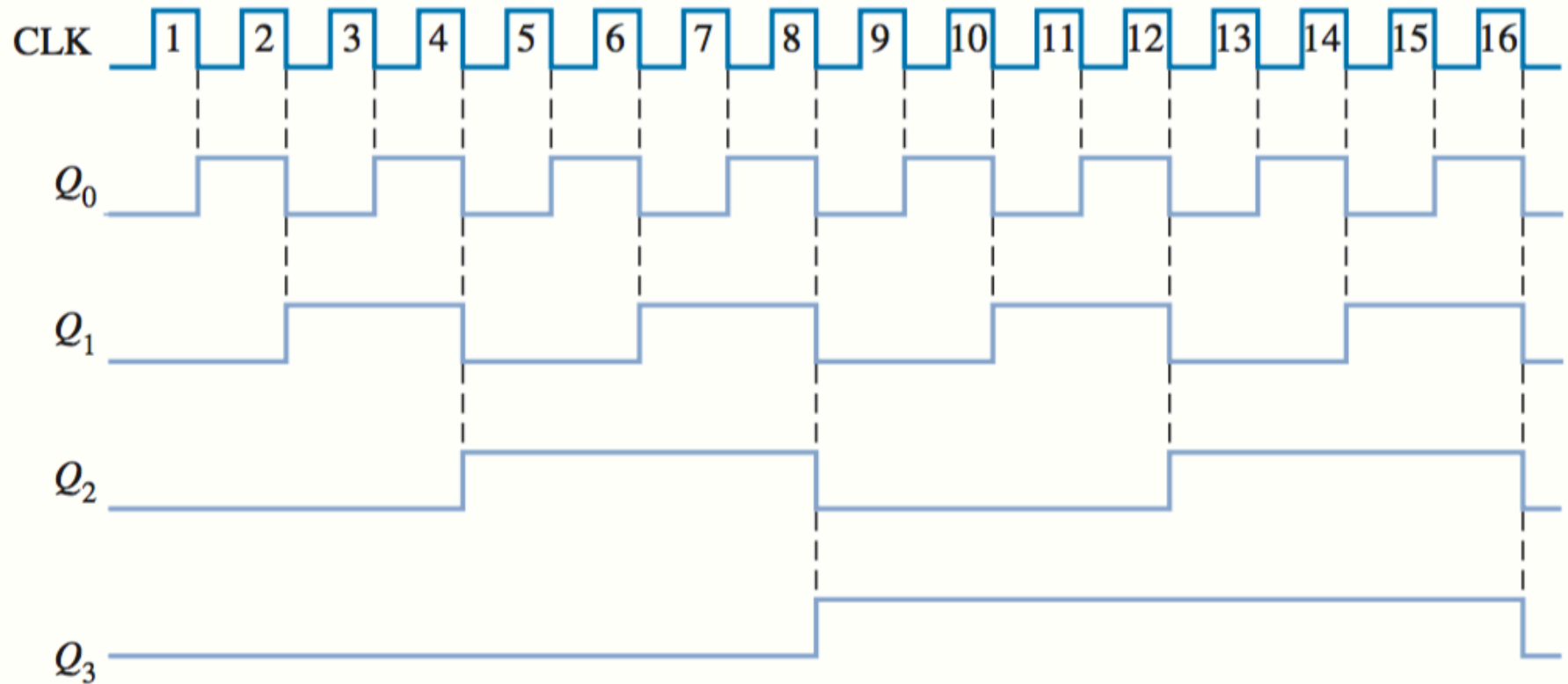


CONTADOR ASSÍNCRONO DE 4 BITS

Divide a frequência do CLK por:



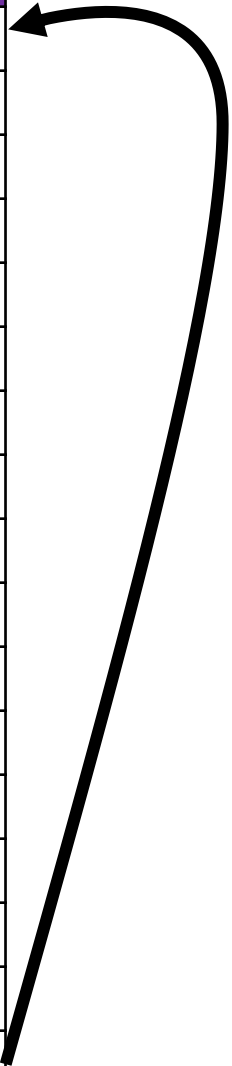
CONTADOR ASSÍNCRONO DE 4 BITS



CONTADOR ASSÍNCRONO DE 4 BITS

□ Tabela Verdade:

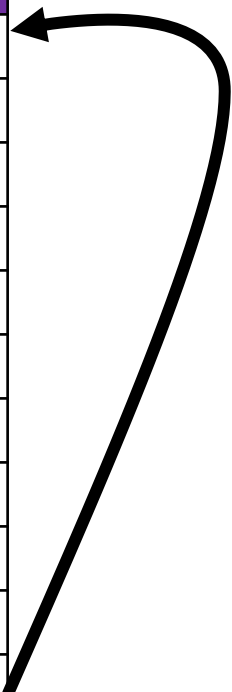
Pulso de Clock	Q ₃	Q ₂	Q ₁	Q ₀
Valor inicial	0	0	0	0
1°	0	0	0	1
2°	0	0	1	0
3°	0	0	1	1
4°	0	1	0	0
5°	0	1	0	1
6°	0	1	1	0
7°	0	1	1	1
8°	1	0	0	0
9°	1	0	0	1
10°	1	0	1	0
11°	1	0	1	1
12°	1	1	0	0
13°	1	1	0	1
14°	1	1	1	0
15°	1	1	1	1
16° (reciclagem)	0	0	0	0



CONTADOR DE DÉCADA ASSÍNCRONO

- Realiza a contagem de zero a nove → código BCD

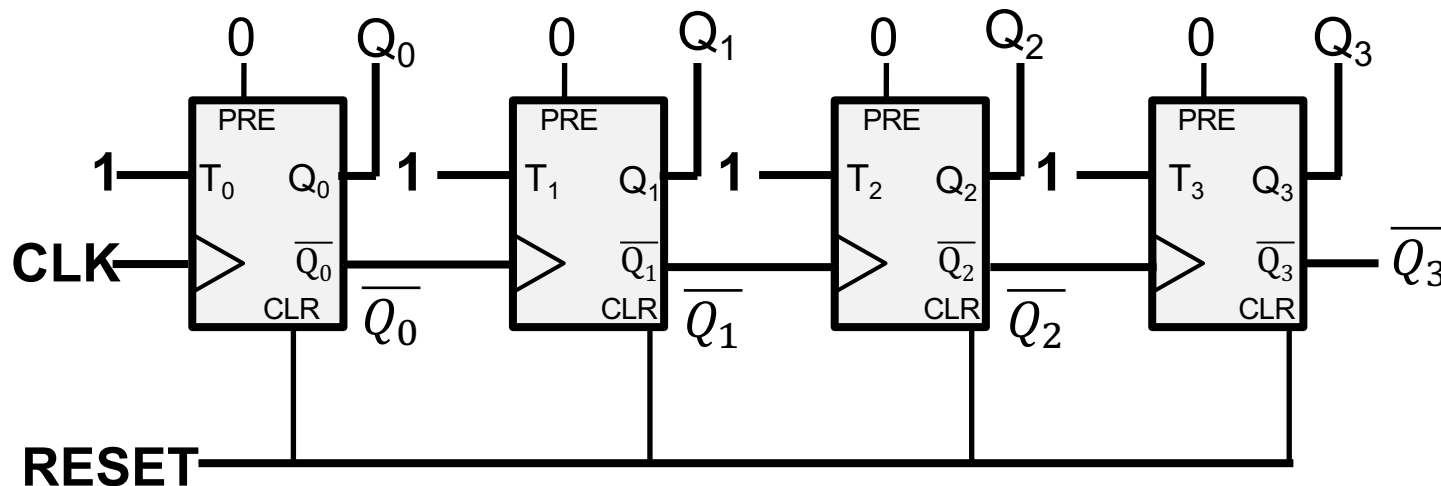
Pulso de Clock	Q ₃	Q ₂	Q ₁	Q ₀
Valor inicial	0	0	0	0
1º	0	0	0	1
2º	0	0	1	0
3º	0	0	1	1
4º	0	1	0	0
5º	0	1	0	1
6º	0	1	1	0
7º	0	1	1	1
8º	1	0	0	0
9º	1	0	0	1
10º (reciclagem)	0	0	0	0



- No contador binário de 4 bits o 10º pulso de clock retornaria 1010 (10 em decimal)

CONTADOR DE DÉCADA ASSÍNCRONO

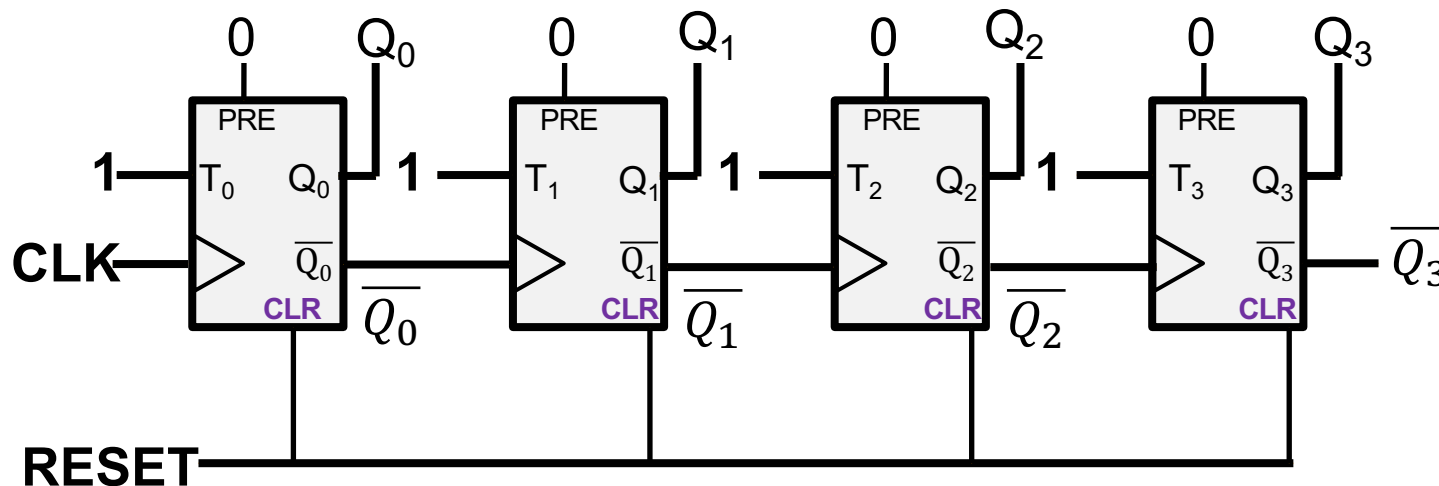
- Utilizamos um contador binário assíncrono de 4 bits
- O contador é resetado quando chega ao valor **1010**



- Como resetar quando chegar a 1010?**

CONTADOR DE DÉCADA ASSÍNCRONO

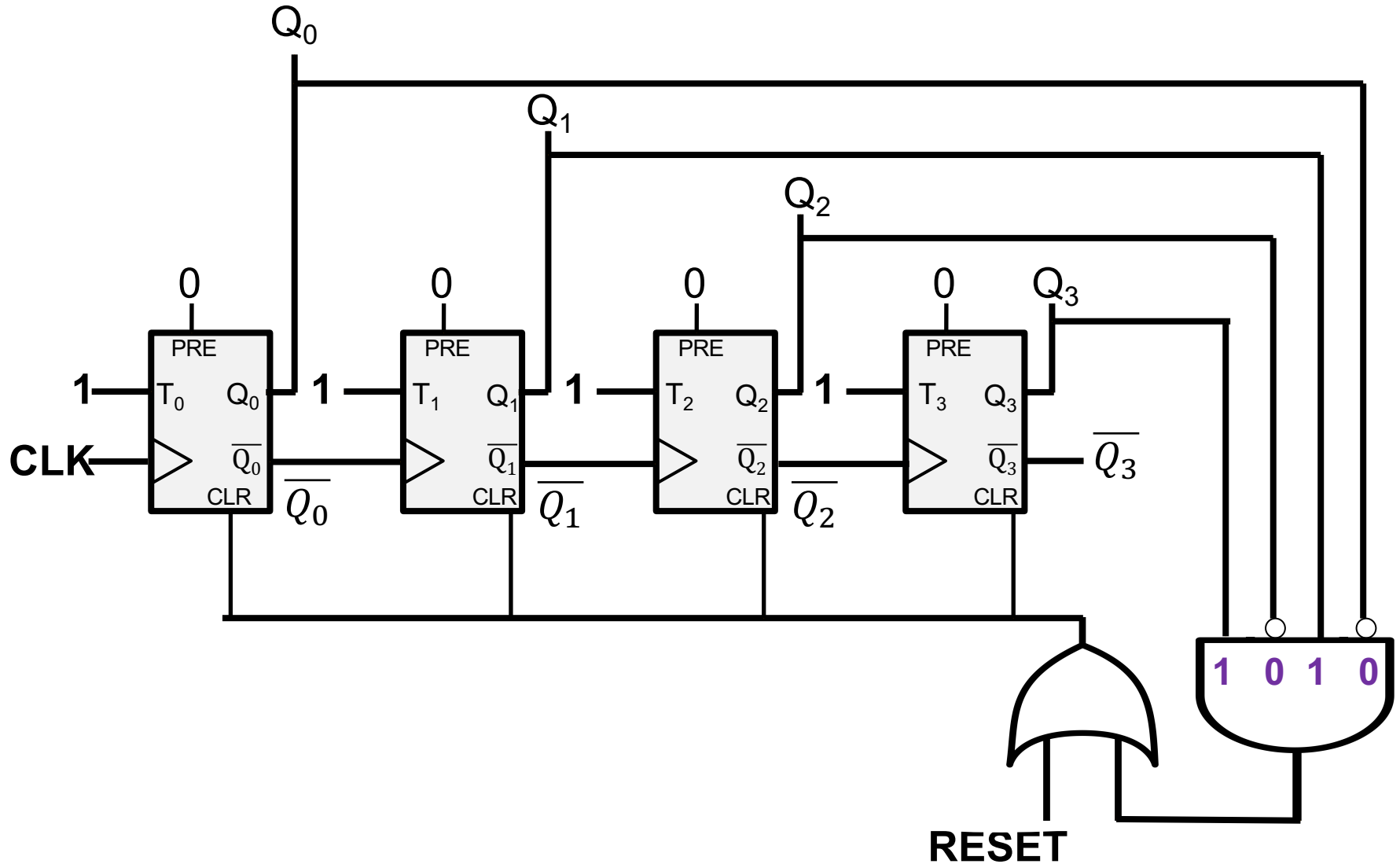
- Utilizamos um contador binário assíncrono de 4 bits
- O contador é resetado quando chega ao valor **1010**



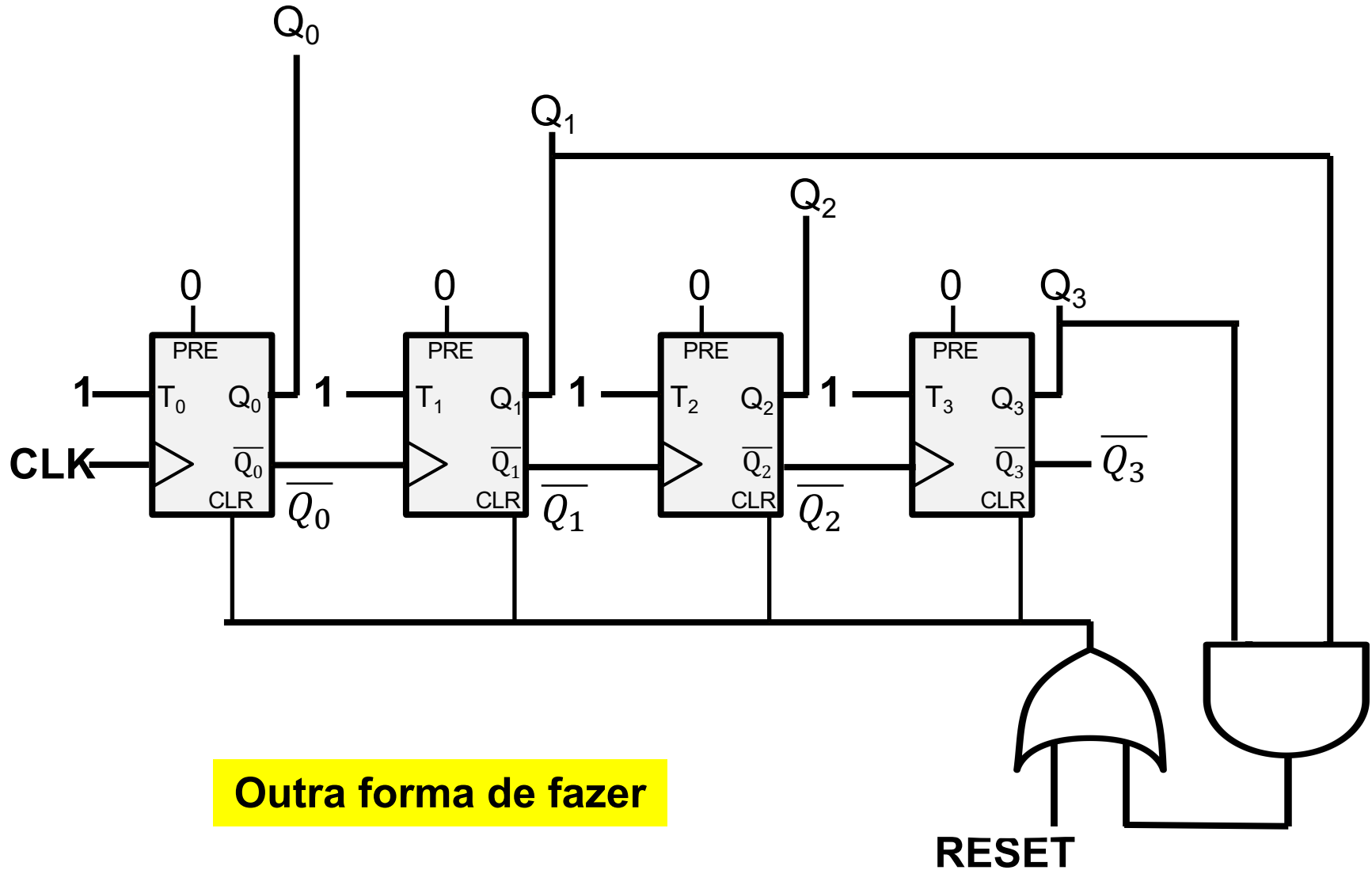
- Como resetar quando chegar a 1010?

→ Utilizar CLEAR

CONTADOR DE DÉCADA ASSÍNCRONO



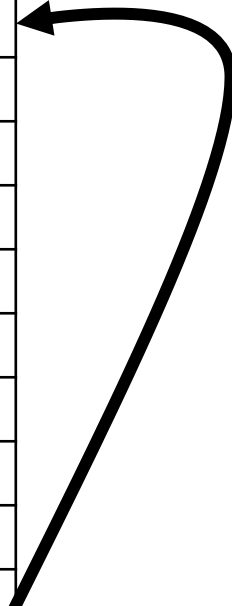
CONTADOR DE DÉCADA ASSÍNCRONO



CONTADOR 0 até N

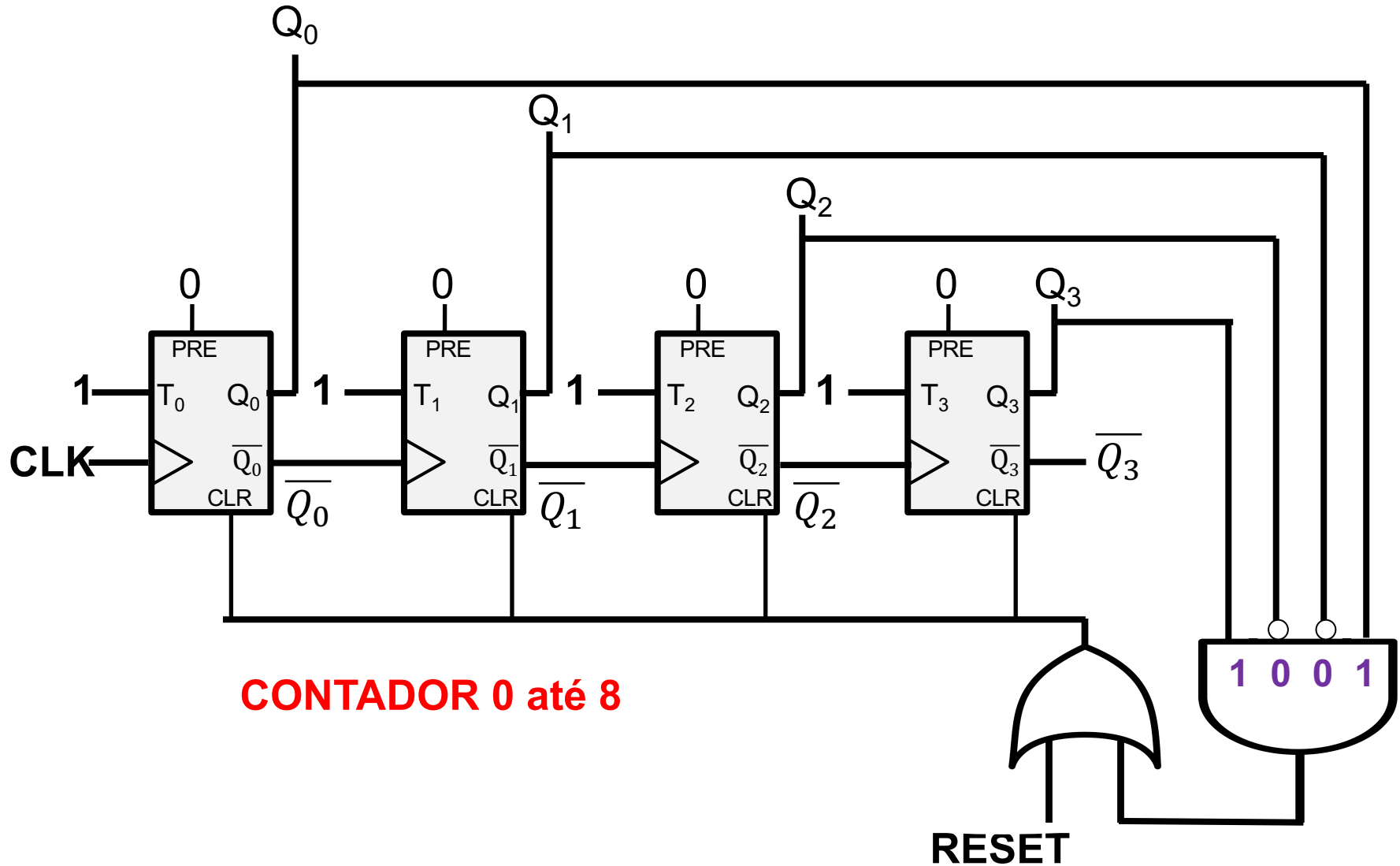
□ EXEMPLO → 0 até 8

Pulso de Clock	Q ₃	Q ₂	Q ₁	Q ₀
Valor inicial	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° (reciclagem)	0	0	0	0



- No contador binário de 4 bits o 9° pulso de clock retornaria 1001 (9 em decimal)

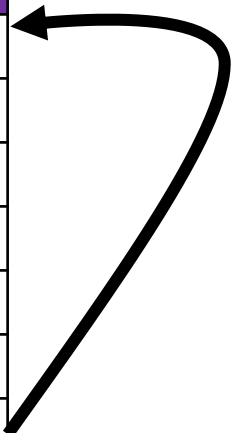
CONTADOR 0 até 8



Exemplo

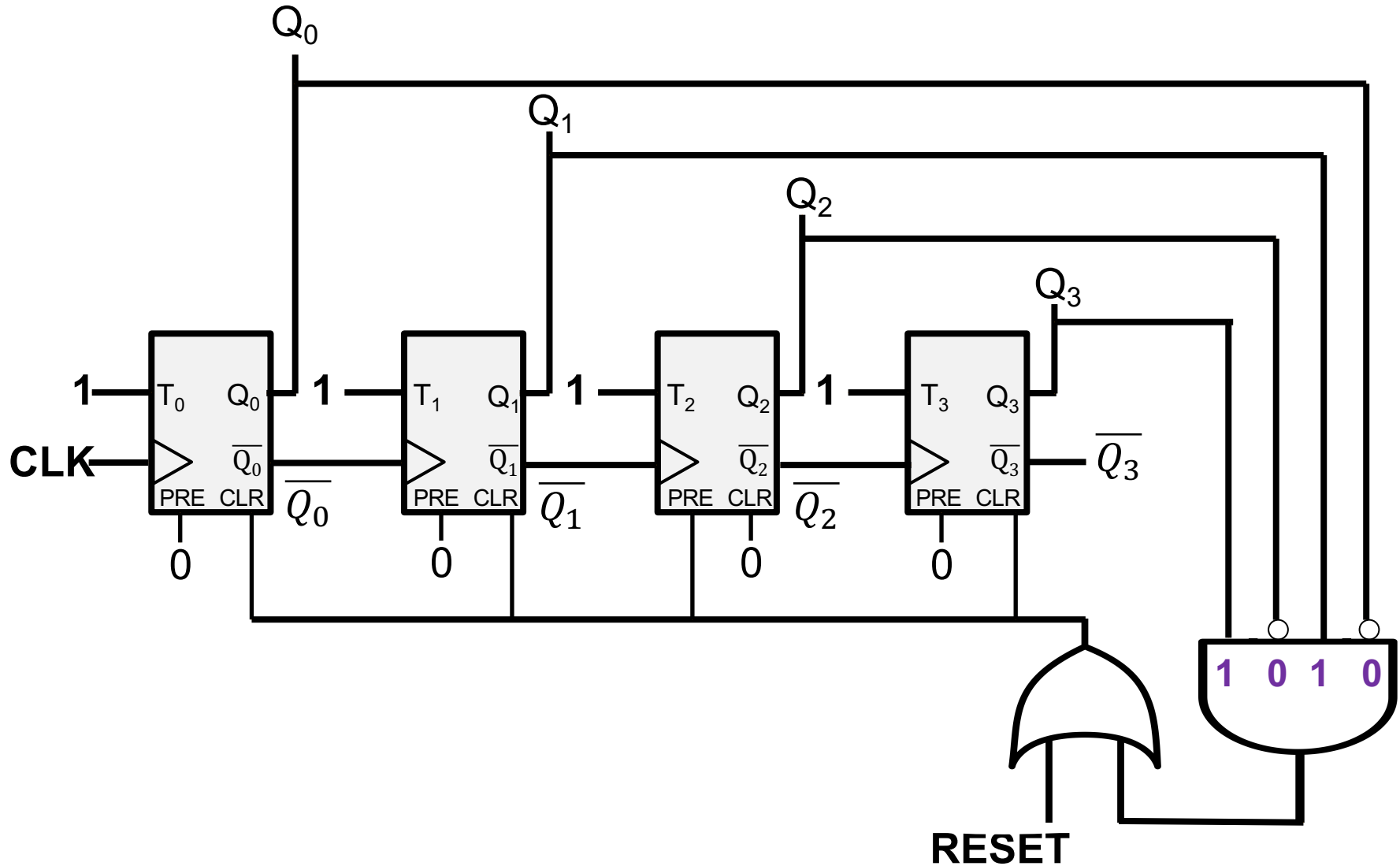
□ CONTADOR DE 4 A 9

Pulso de Clock	Q ₃	Q ₂	Q ₁	Q ₀
Valor inicial	0	1	0	0
1º	0	1	0	1
2º	0	1	1	0
3º	0	1	1	1
4º	1	0	0	0
5º	1	0	0	1
6º (reciclagem)	0	1	0	0

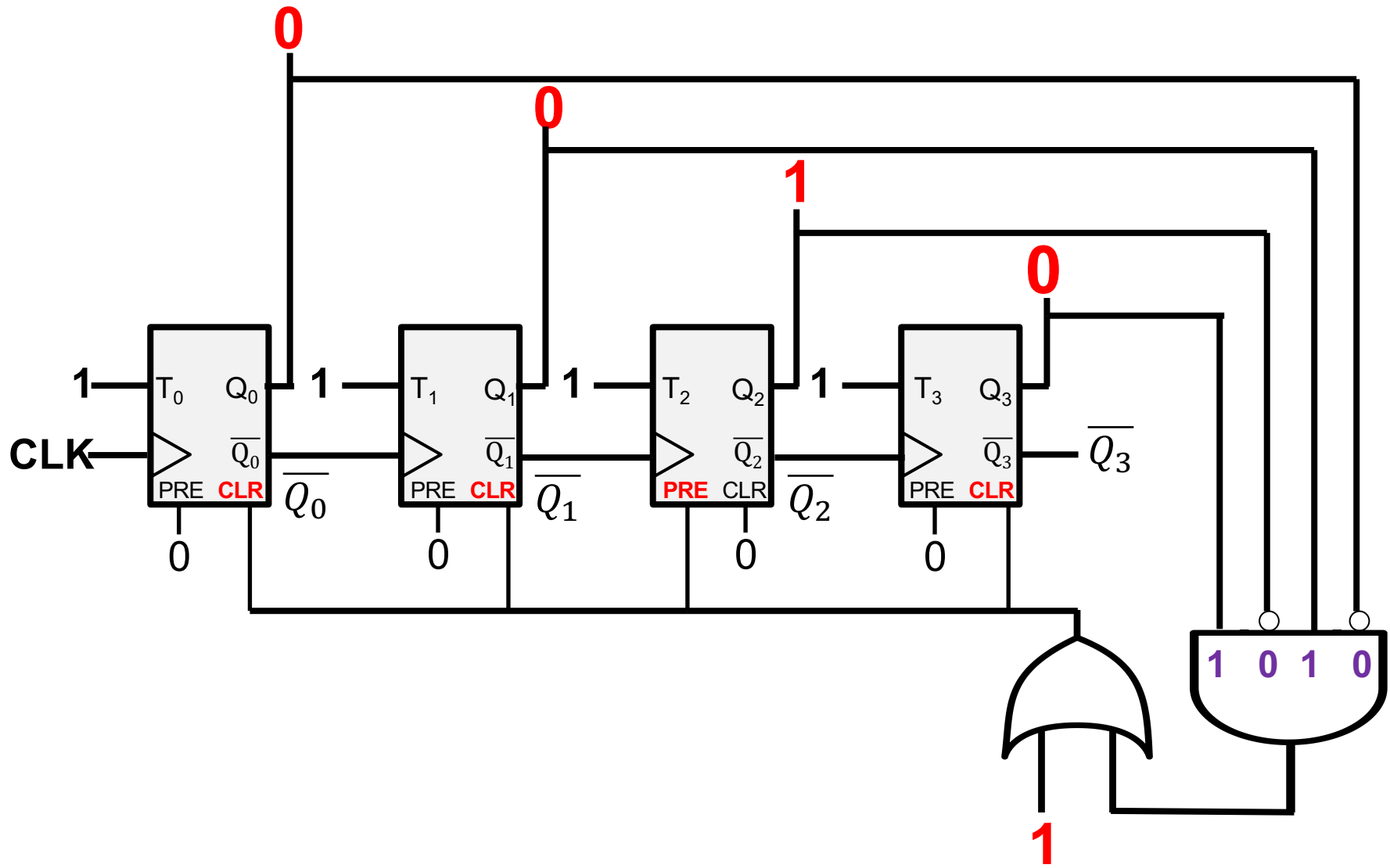


■ COMO IMPLEMENTAR ESSE CONTADOR?

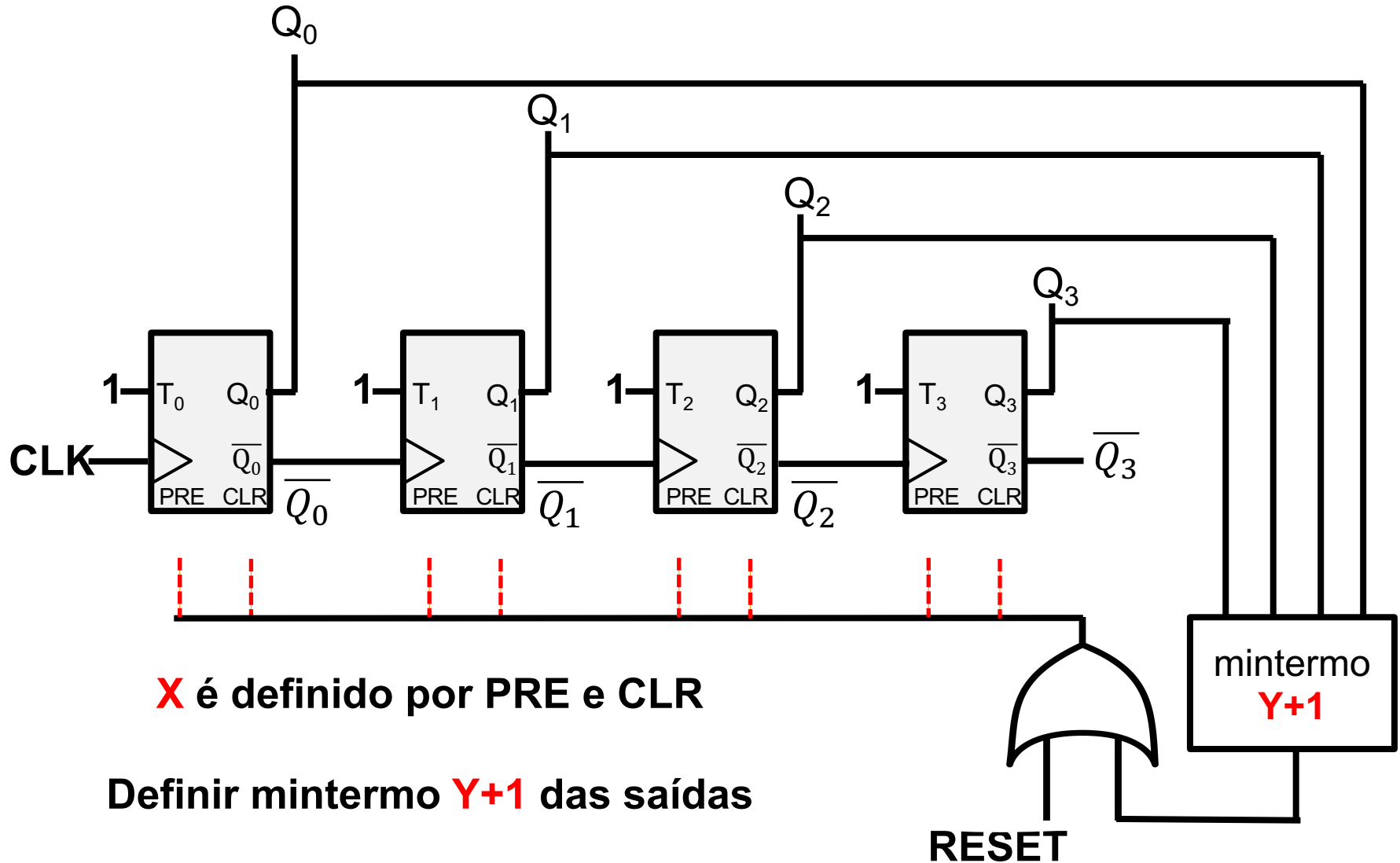
EXEMPLO: CONTADOR DE 4 A 9



EXEMPLO: CONTADOR DE 4 A 9



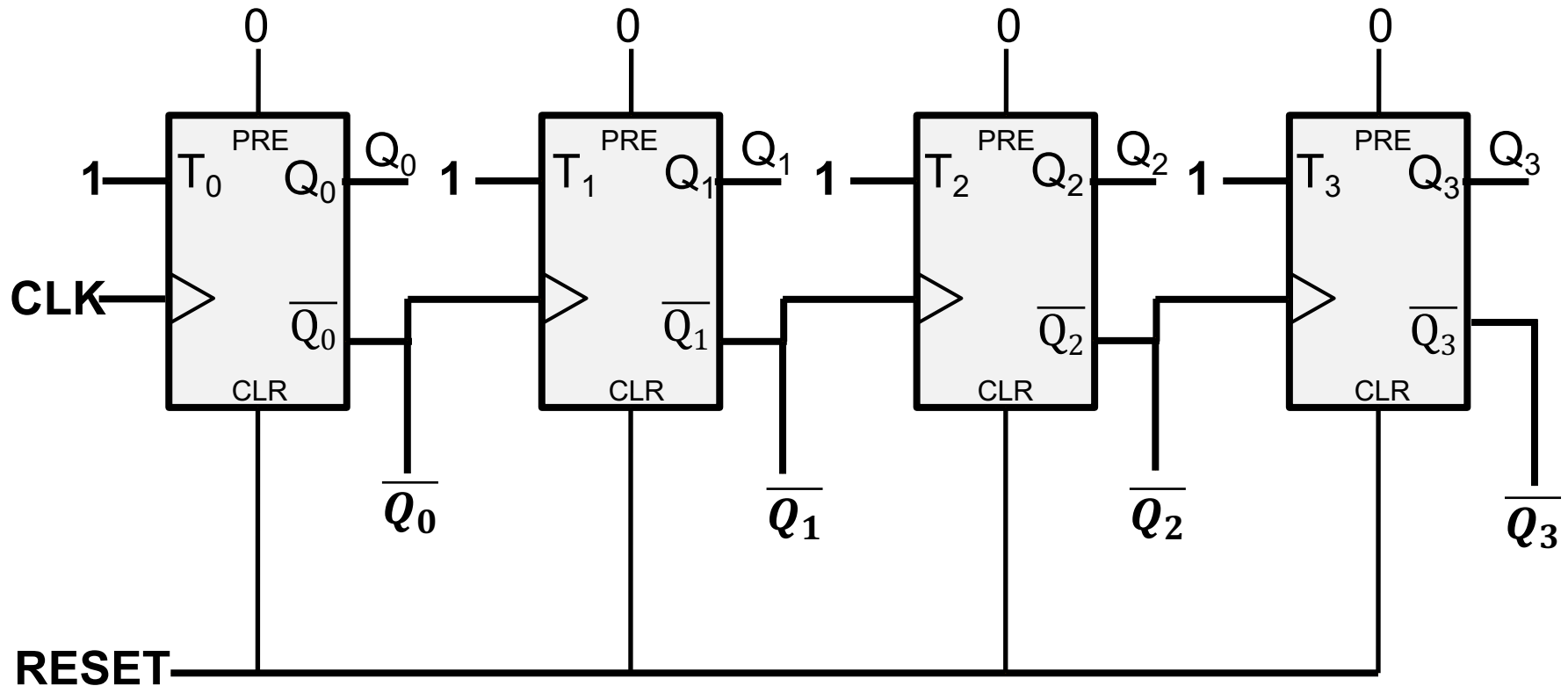
CONTADOR CRESCENTE DE X A Y



CONTADOR ASSÍNCRONO DECRESCENTE

□ ALTERNATIVA 1

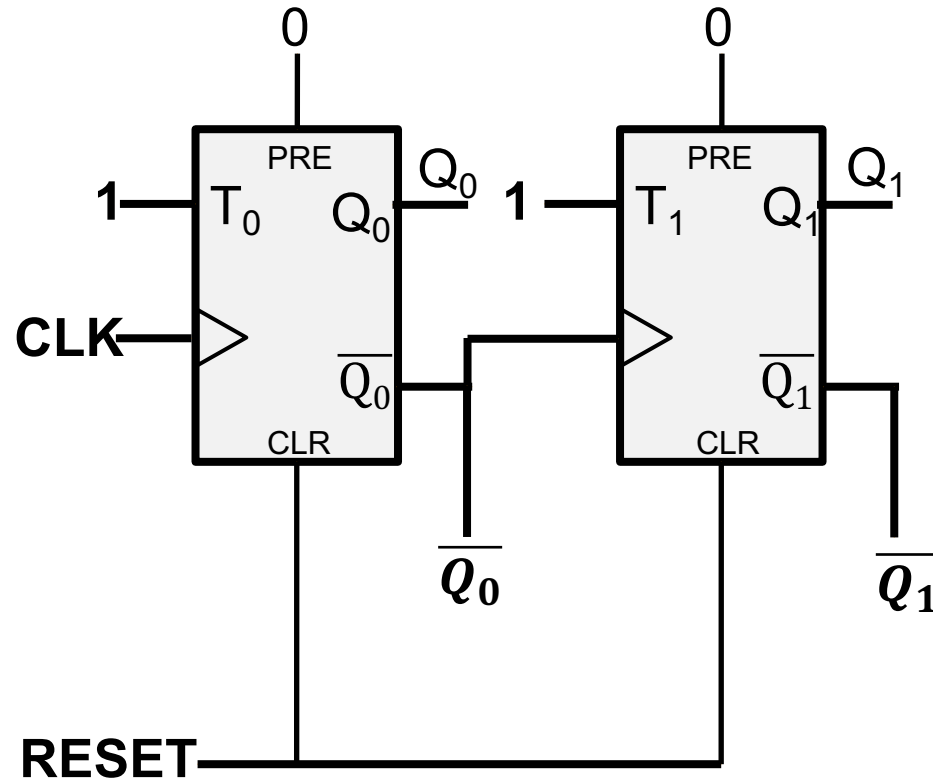
- Utilizar as saídas negadas dos FF $\rightarrow \overline{Q}$



CONTADOR ASSÍNCRONO DECRESCENTE

■ ALTERNATIVA 1

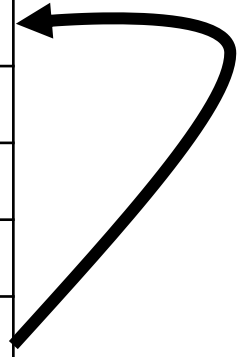
- Exemplo → Contador assíncrono binário de 2 bits



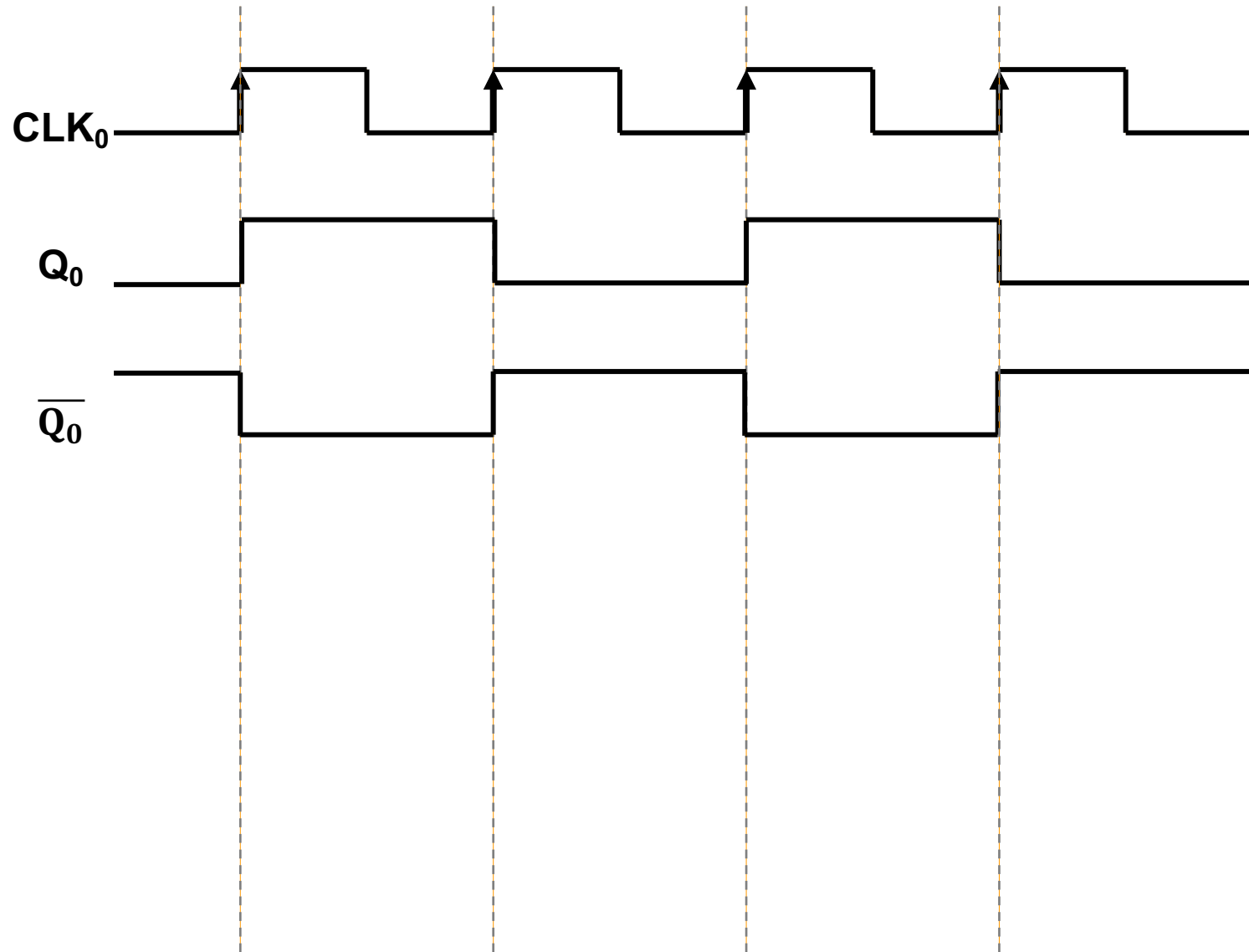
CONTADOR ASSÍNCRONO DECRESCENTE

- Exemplo → Contador assíncrono binário de 2 bits
- Tabela Verdade :**

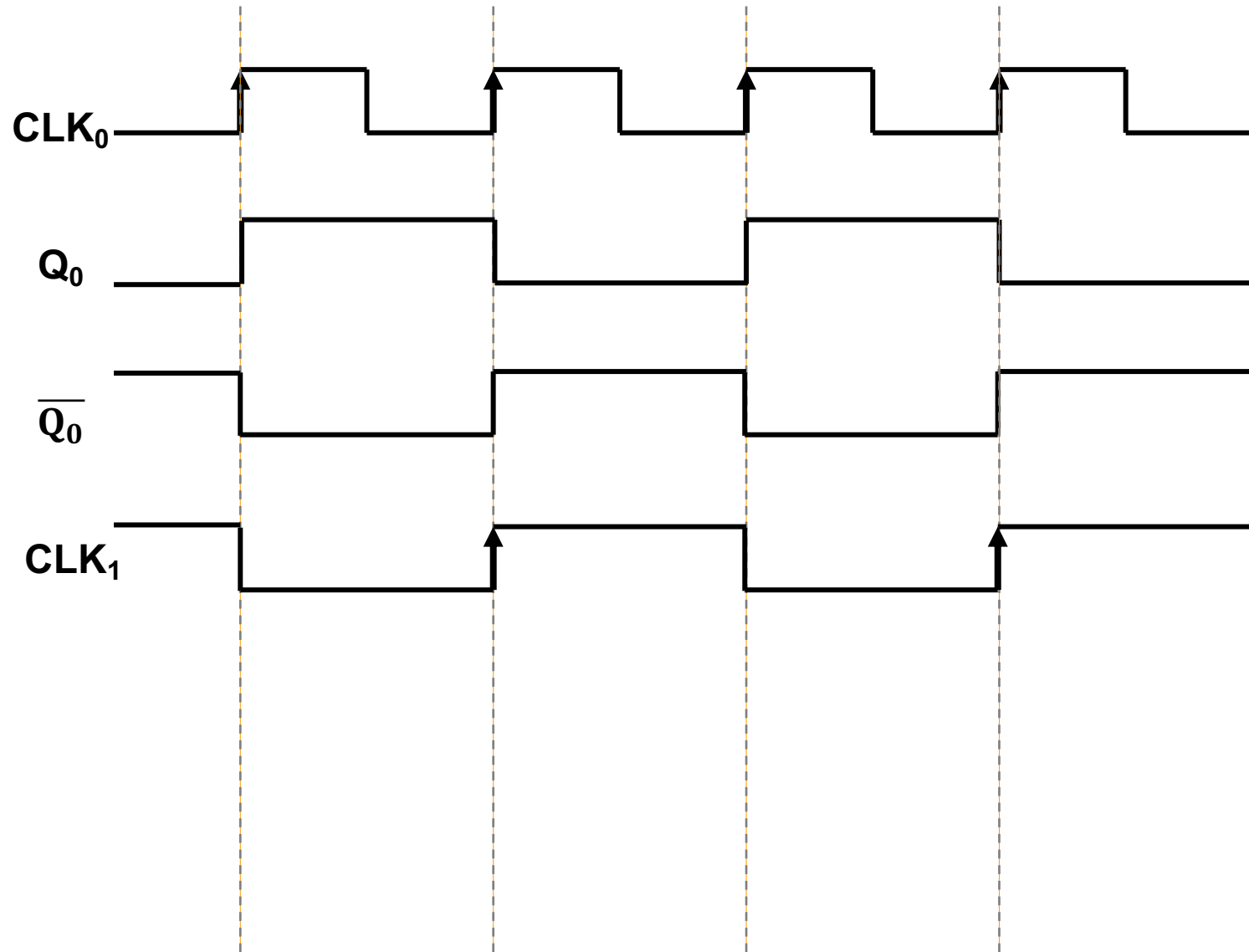
Pulso de Clock	Q ₁	Q ₀
Valor inicial	1	1
1º	1	0
2º	0	1
3º	0	0
4º (reciclagem)	1	1



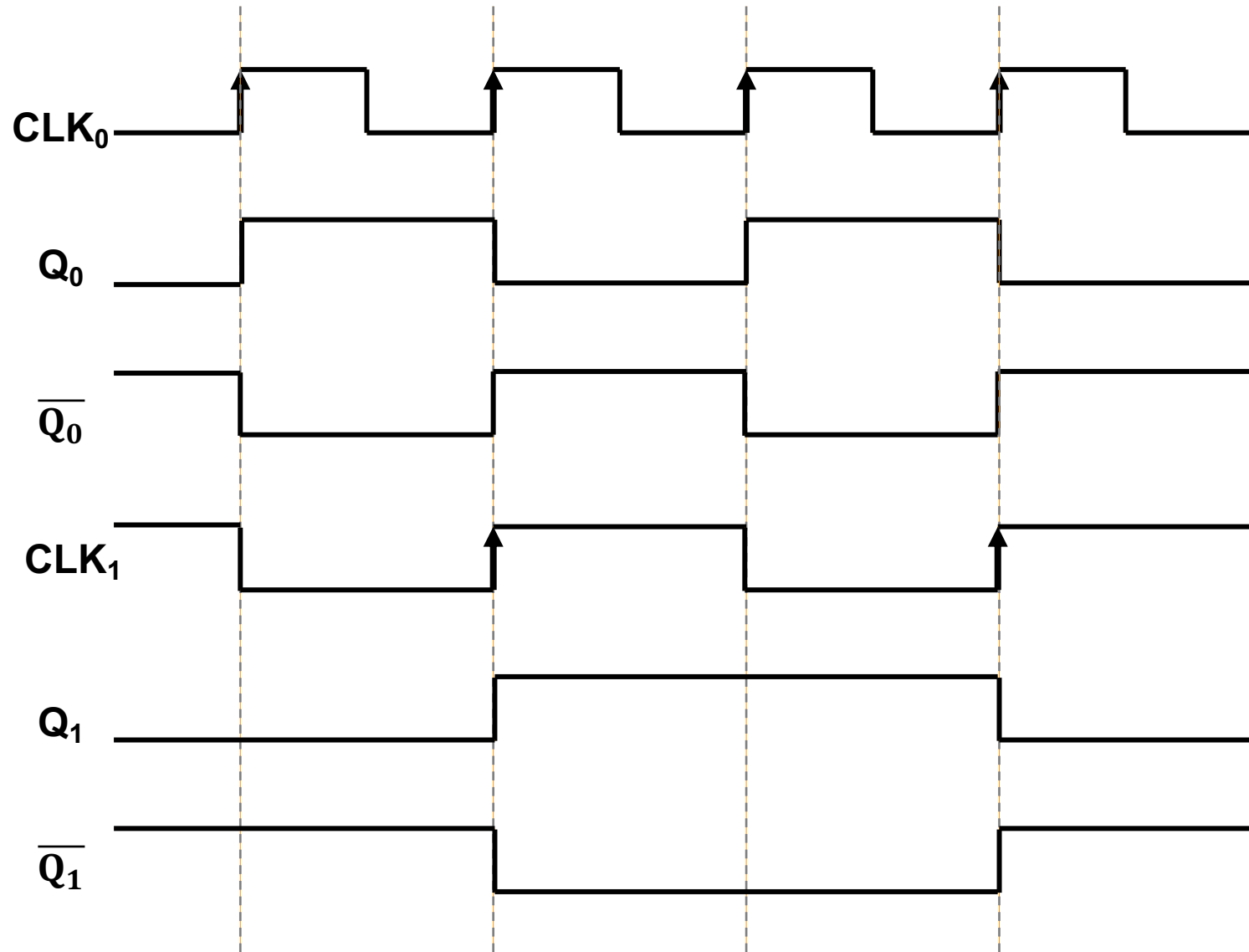
CONTADOR ASSÍNCRONO DECRESCENTE



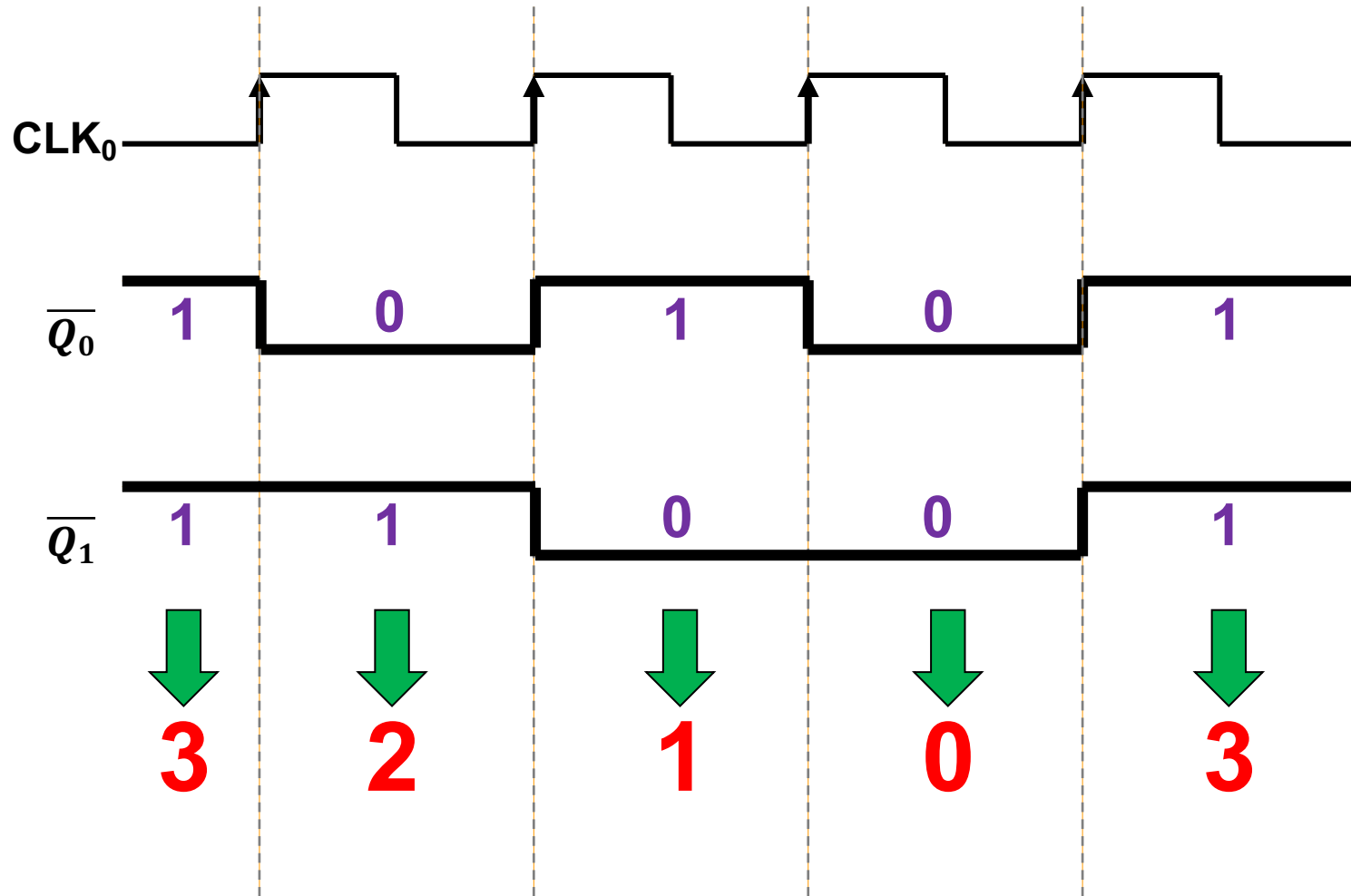
CONTADOR ASSÍNCRONO DECRESCENTE



CONTADOR ASSÍNCRONO DECRESCENTE



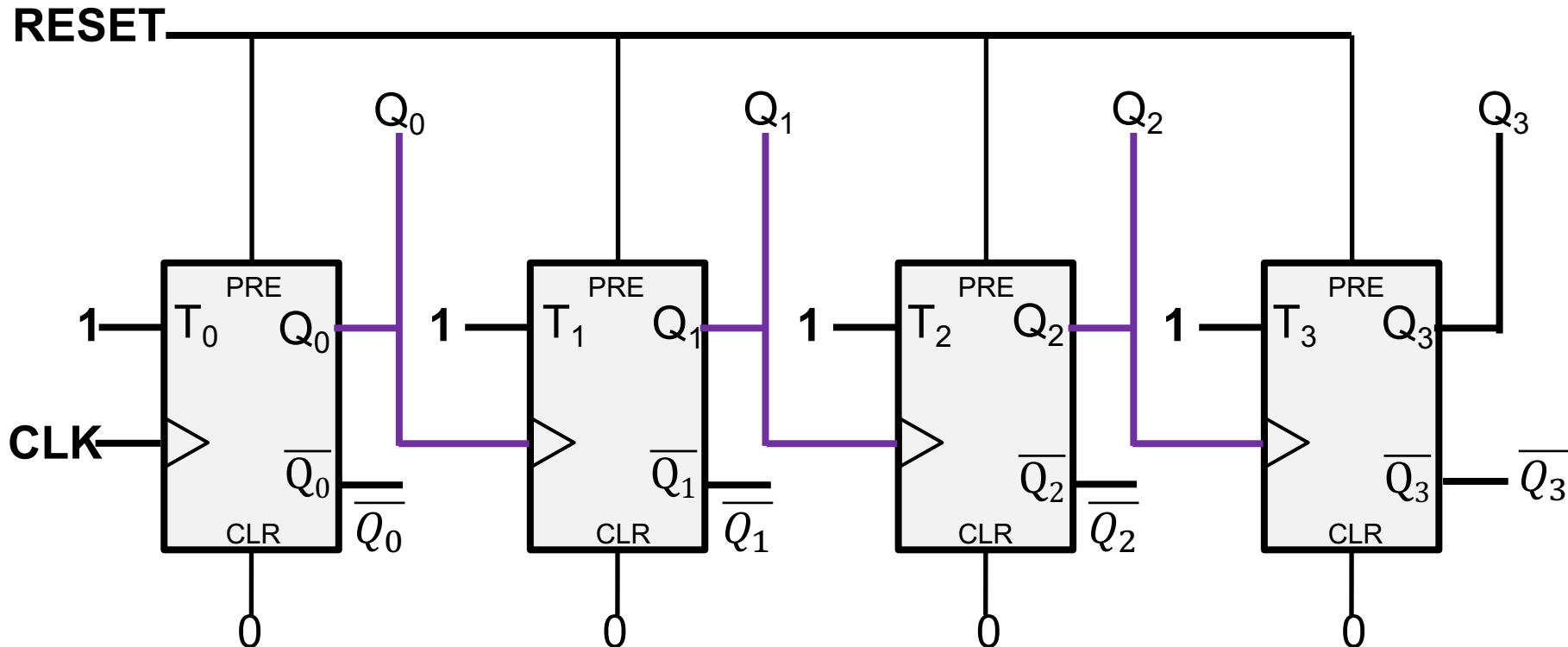
CONTADOR ASSÍNCRONO DECRESCENTE



CONTADOR ASSÍNCRONO DECRESCENTE

■ ALTERNATIVA 2

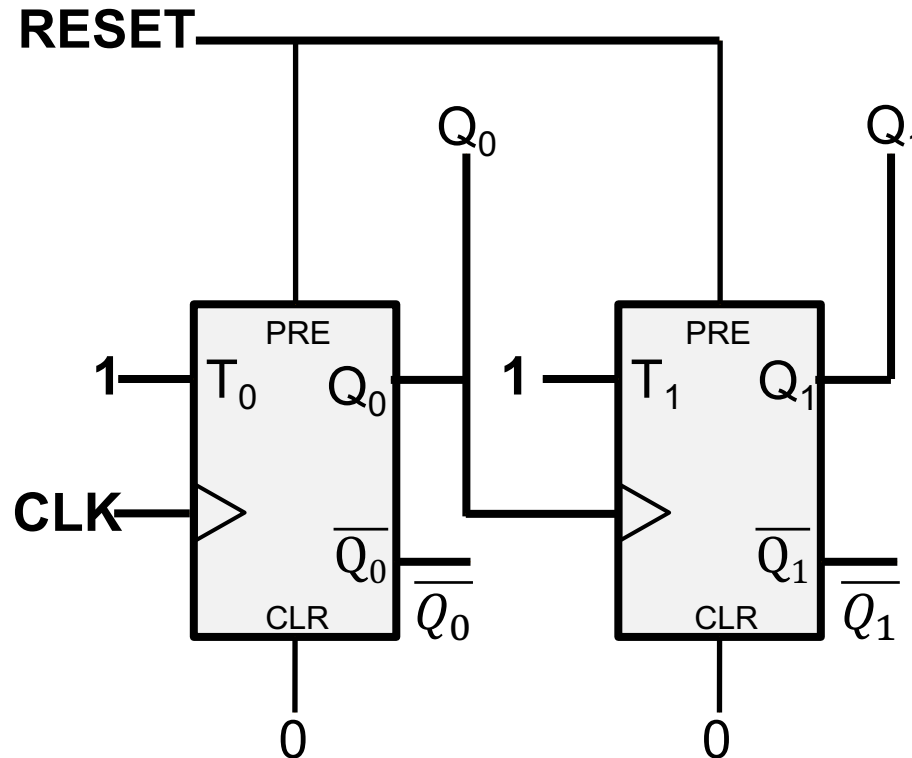
- Conectar a saída Q de cada flip-flop na entrada de clock do flip-flop seguinte
- RESET é conectado nos sinais de PRESET
- CLEAR fica desabilitado (CLEAR = 0)



CONTADOR ASSÍNCRONO DECRESCENTE

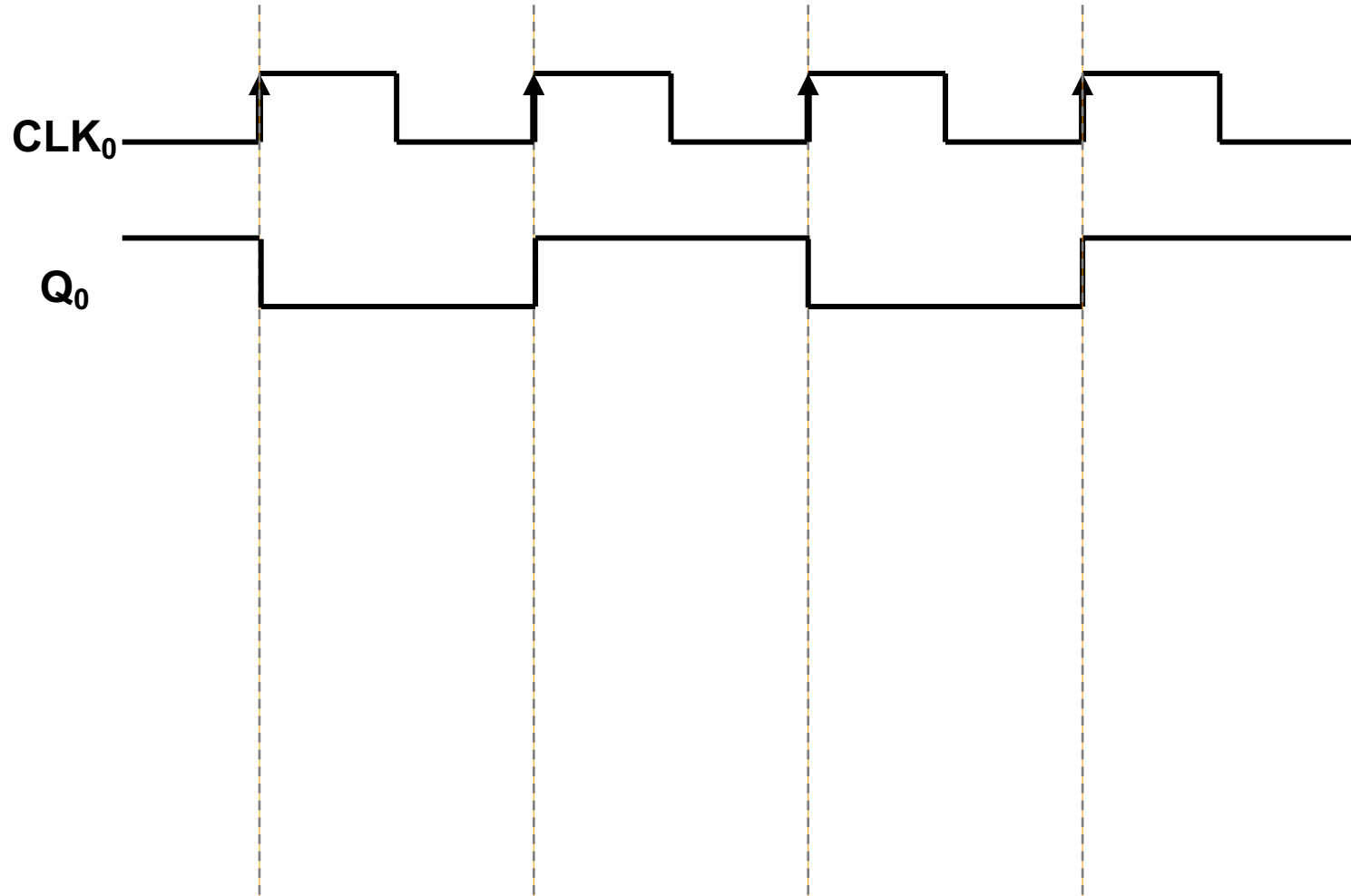
□ ALTERNATIVA 2

- Exemplo → Contador assíncrono binário de 2 bits



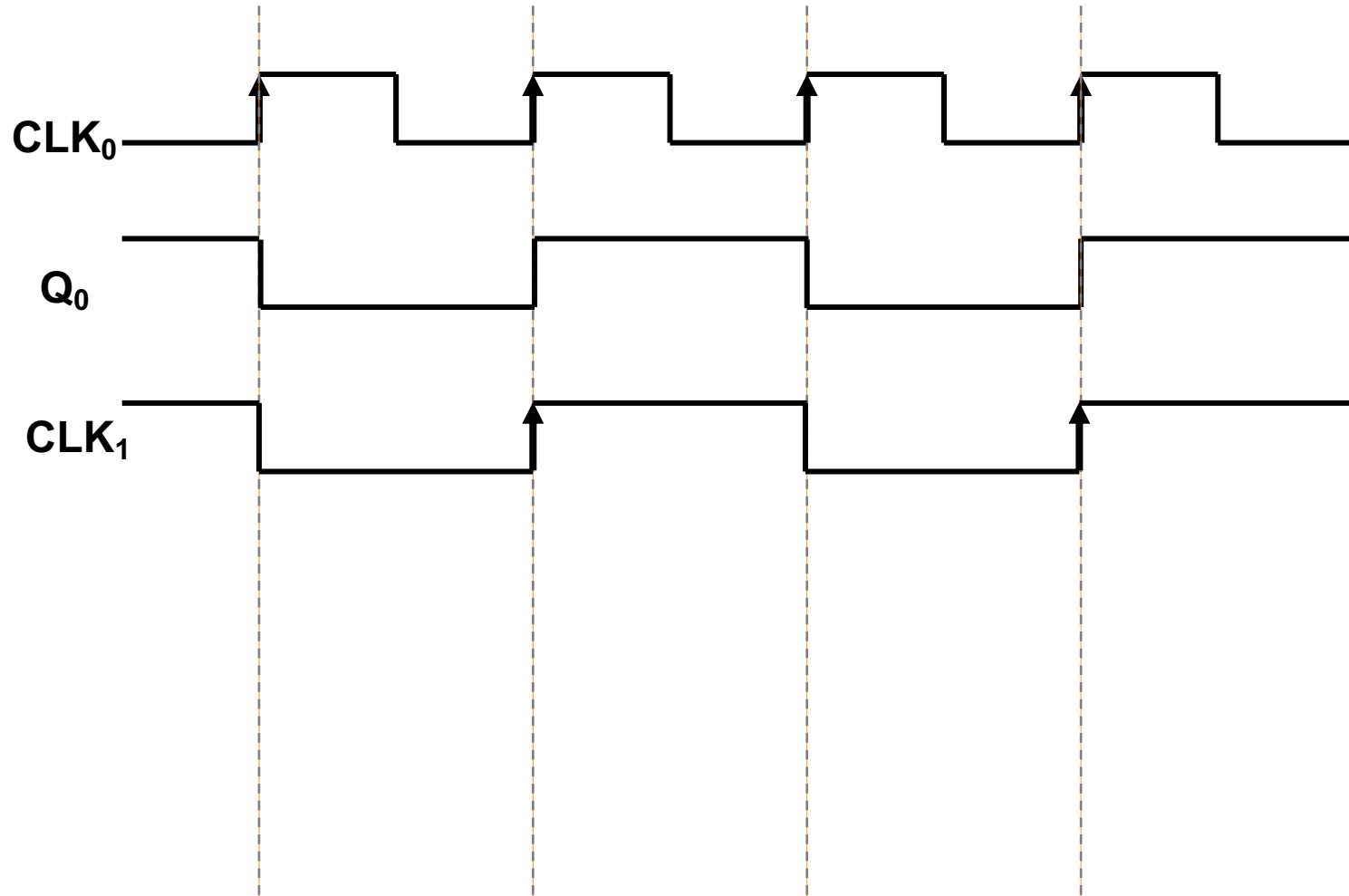
CONTADOR ASSÍNCRONO DECRESCENTE

- Exemplo : Contador de palavras de **2 bits**



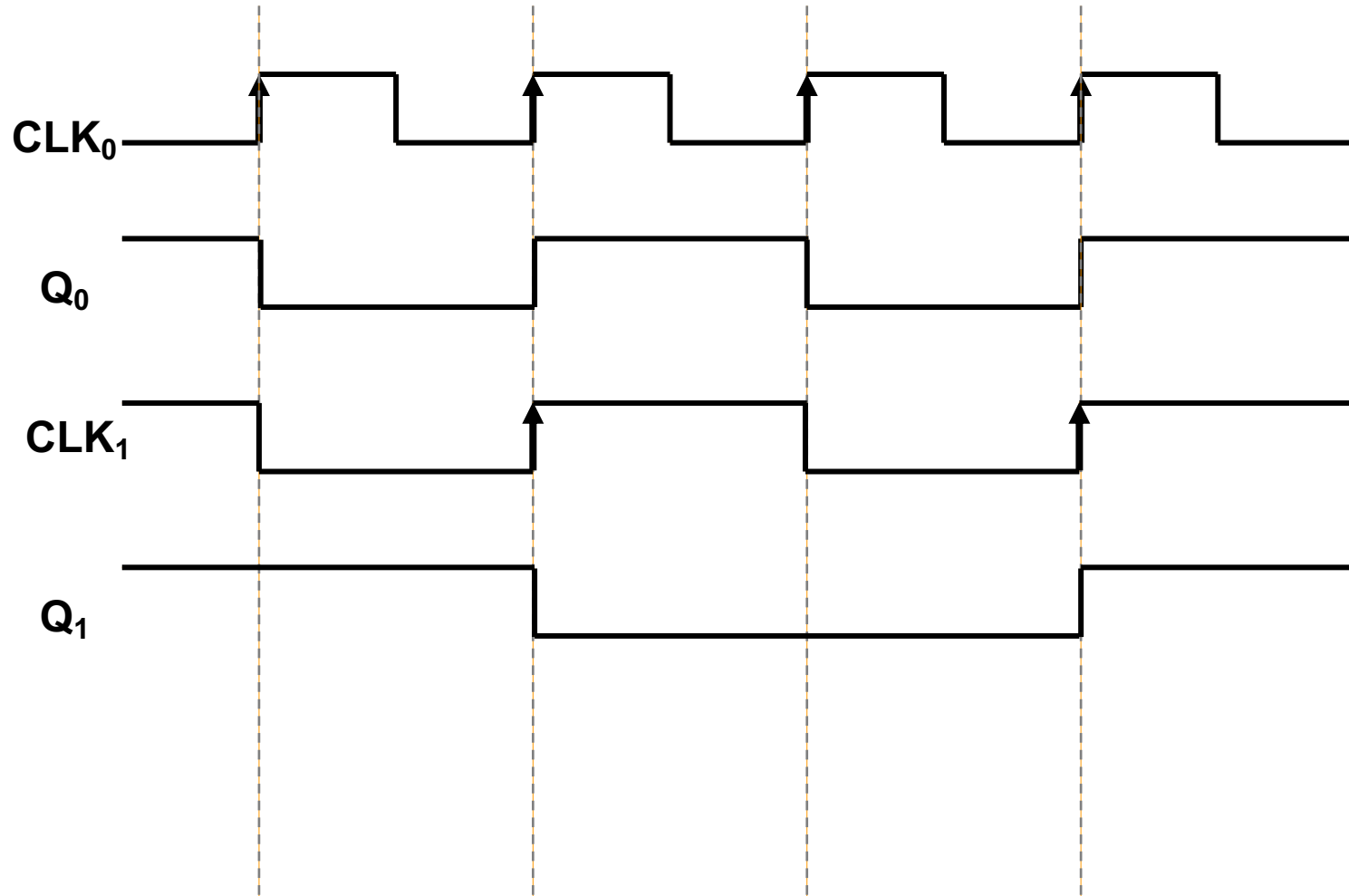
CONTADOR ASSÍNCRONO DECRESCENTE

- Exemplo : Contador de palavras de **2 bits**

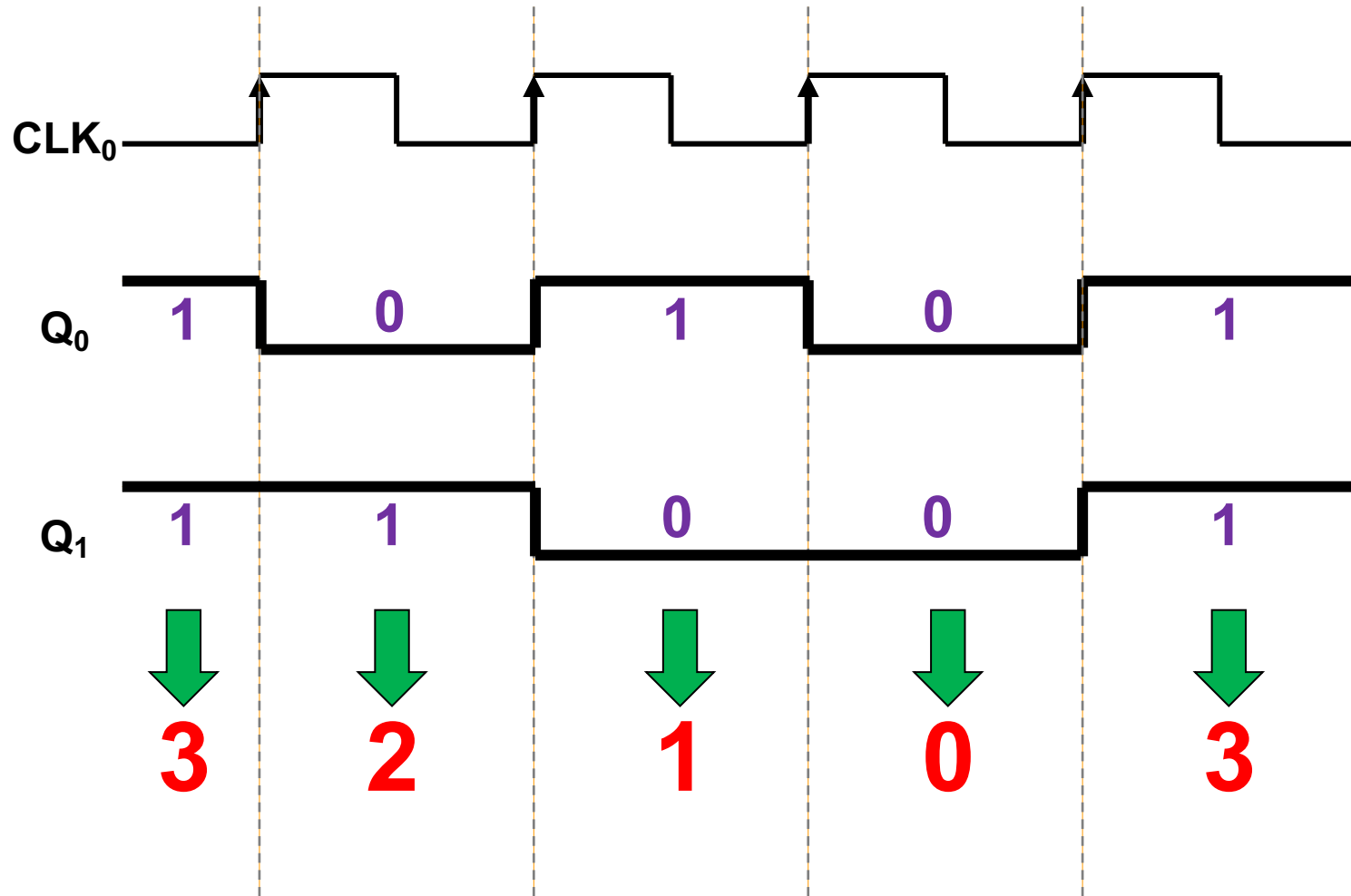


CONTADOR ASSÍNCRONO DECRESCENTE

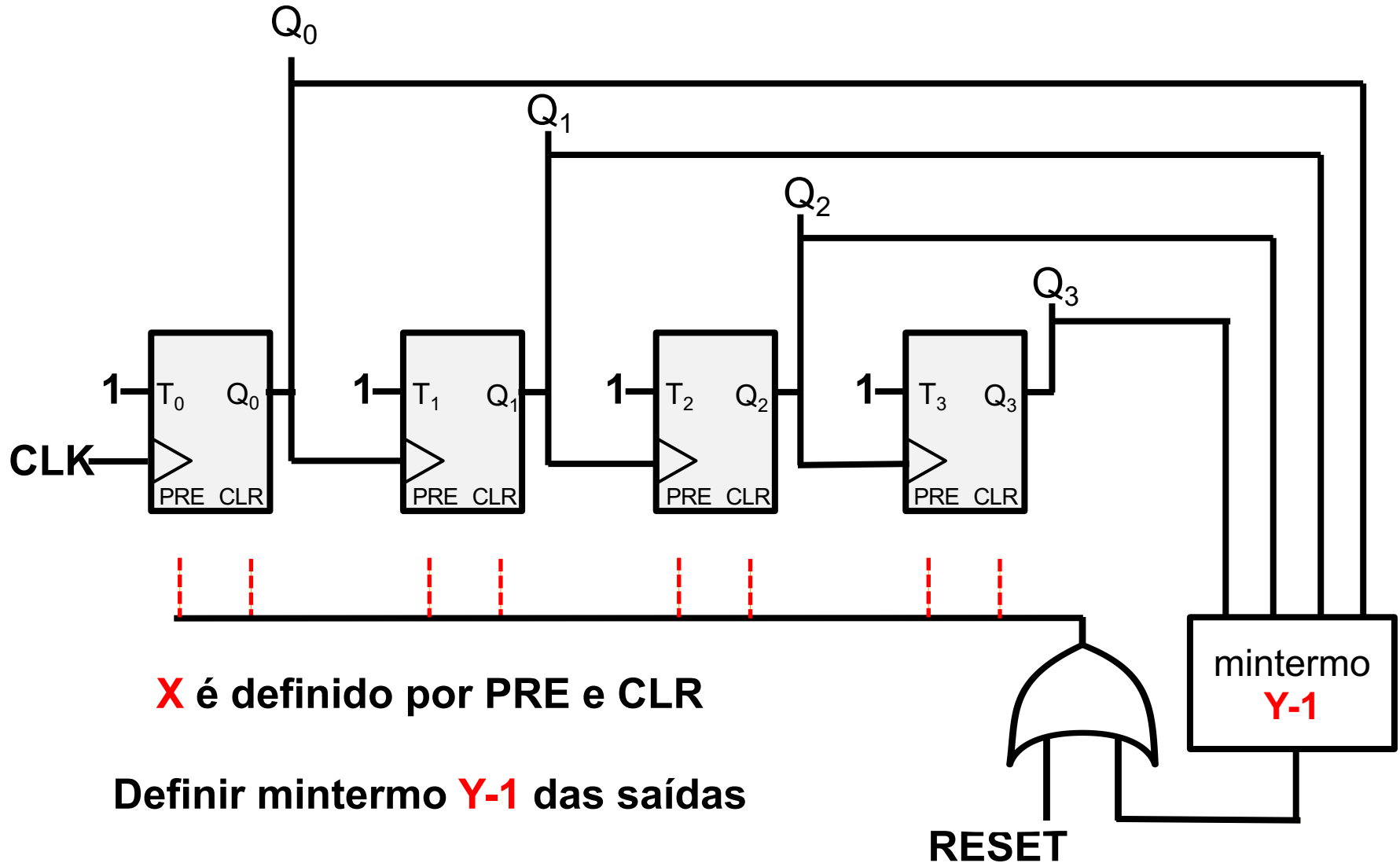
- Exemplo : Contador de palavras de **2 bits**



CONTADOR ASSÍNCRONO DECRESCENTE



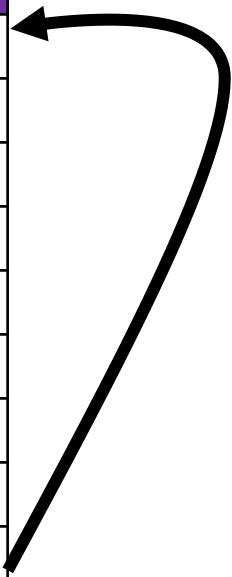
CONTADOR DECRESCENTE X ATÉ Y



Exemplo

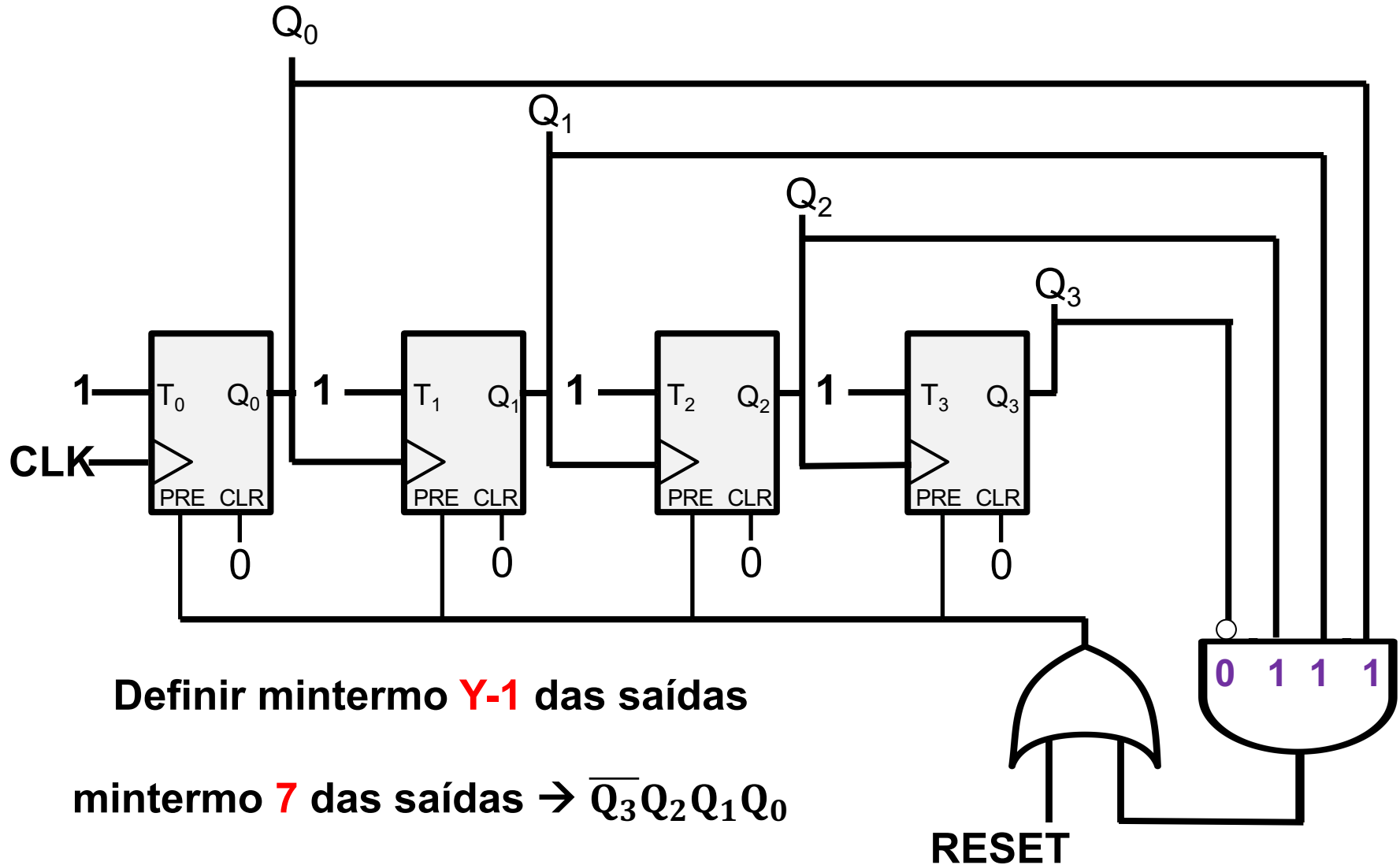
□ CONTADOR DE 15 A 8

Pulso de Clock	Q ₃	Q ₂	Q ₁	Q ₀
Valor inicial	1	1	1	1
1°	1	1	1	0
2°	1	1	0	1
3°	1	1	0	0
4°	1	0	1	1
5°	1	0	1	0
6°	1	0	0	1
7°	1	0	0	0
7° (reciclagem)	1	1	1	1



■ COMO IMPLEMENTAR ESSE CONTADOR?

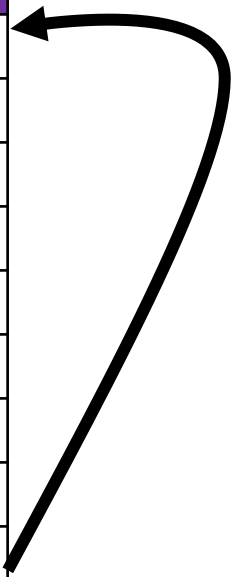
EXEMPLO: CONTADOR DE 15 A 8



Exemplo

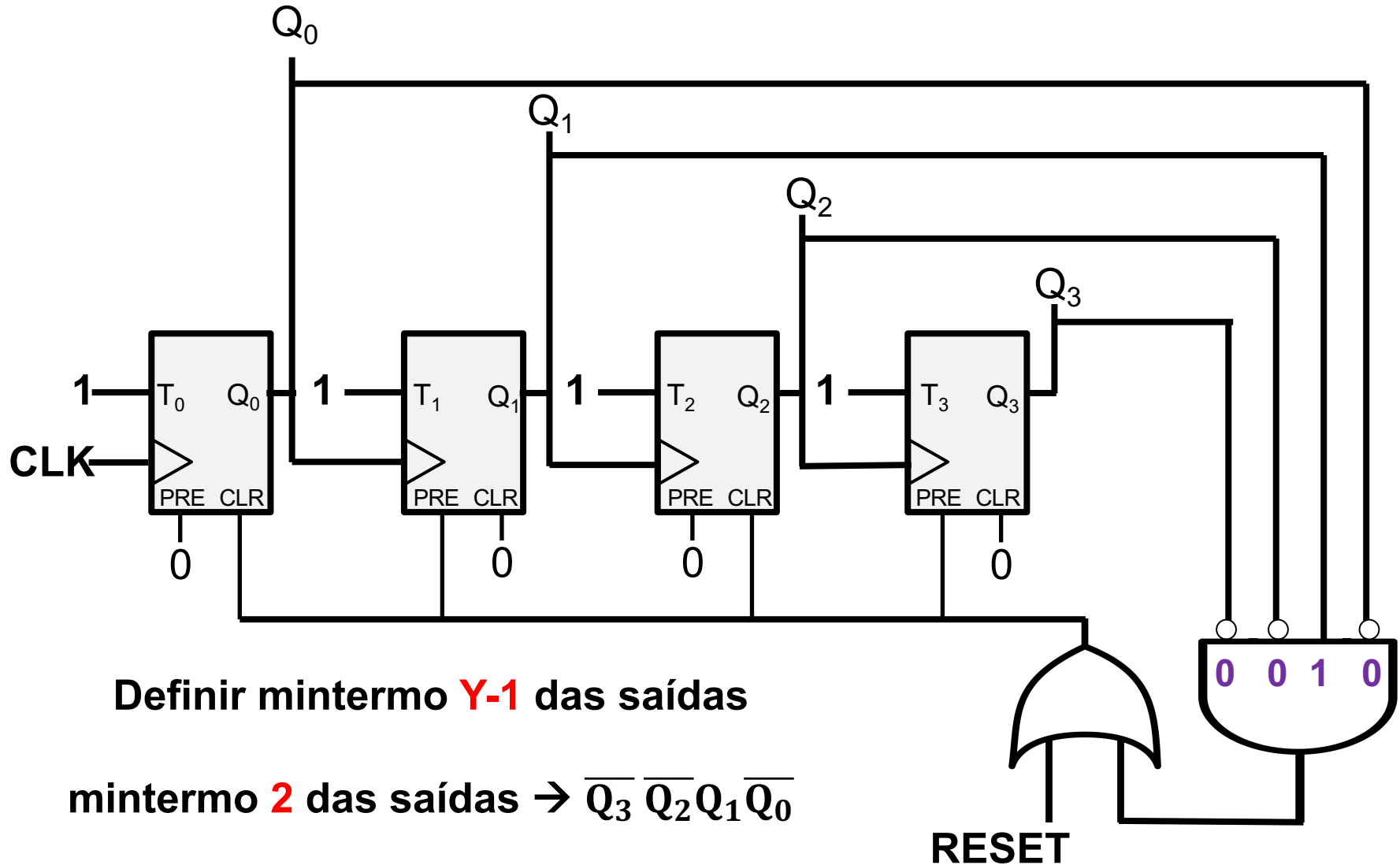
□ CONTADOR DE 10 A 3

Pulso de Clock	Q ₃	Q ₂	Q ₁	Q ₀
Valor inicial	1	0	1	0
1°	1	0	0	1
2°	1	0	0	0
3°	0	1	1	1
4°	0	1	1	0
5°	0	1	0	1
6°	0	1	0	0
7°	0	0	1	1
7° (reciclagem)	1	0	1	0

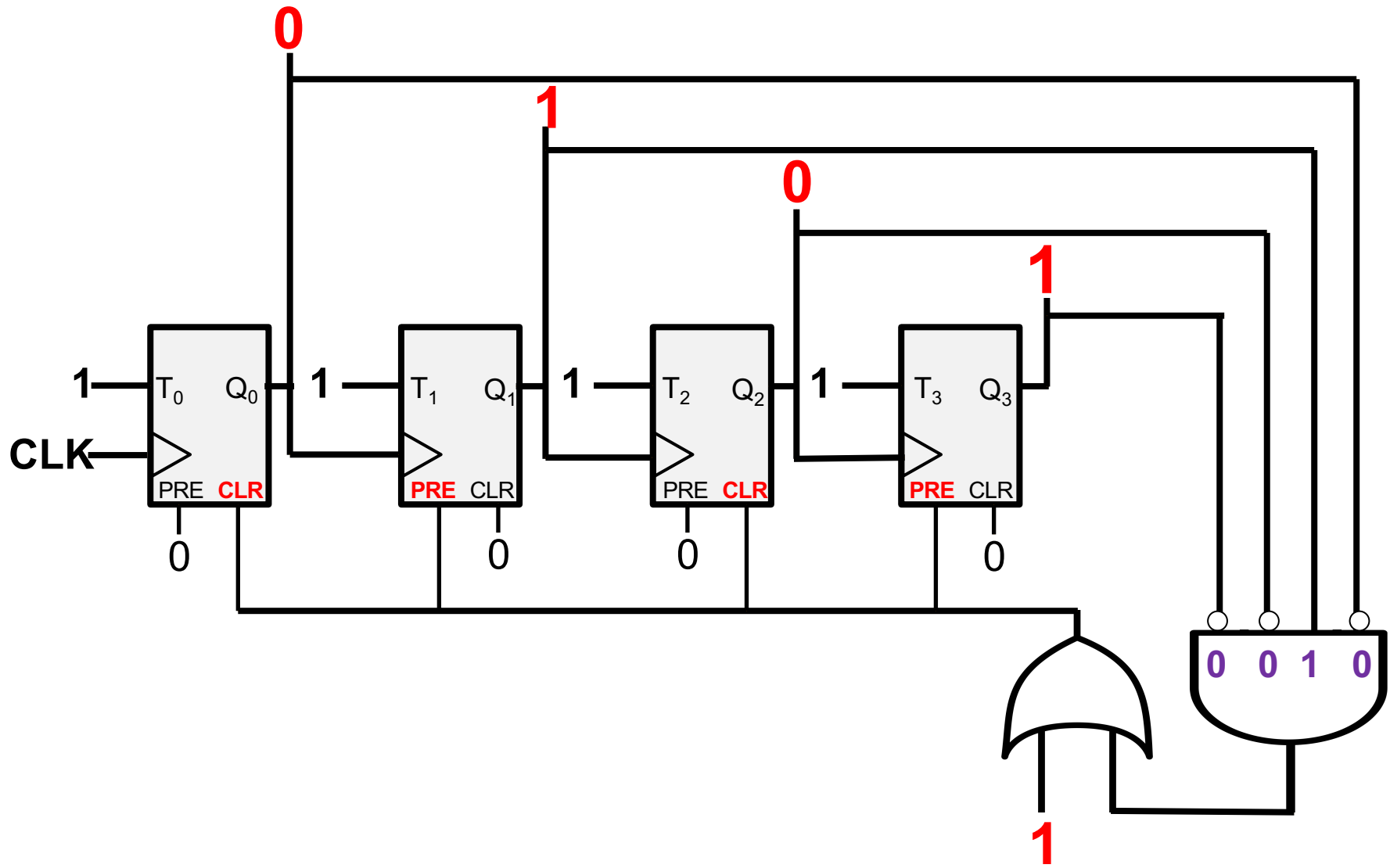


■ COMO IMPLEMENTAR ESSE CONTADOR?

EXEMPLO: CONTADOR DE 10 A 3

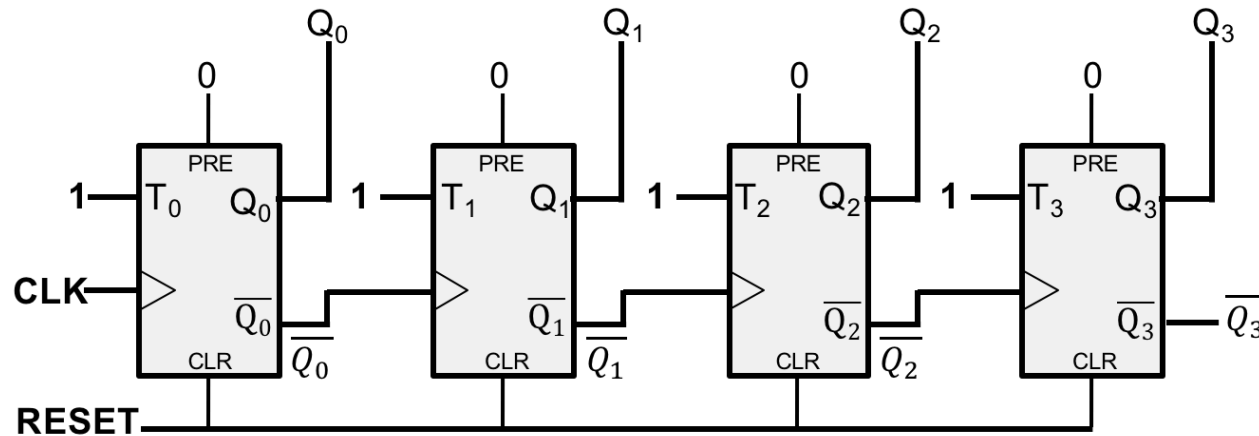


EXEMPLO: CONTADOR DE 10 A 3

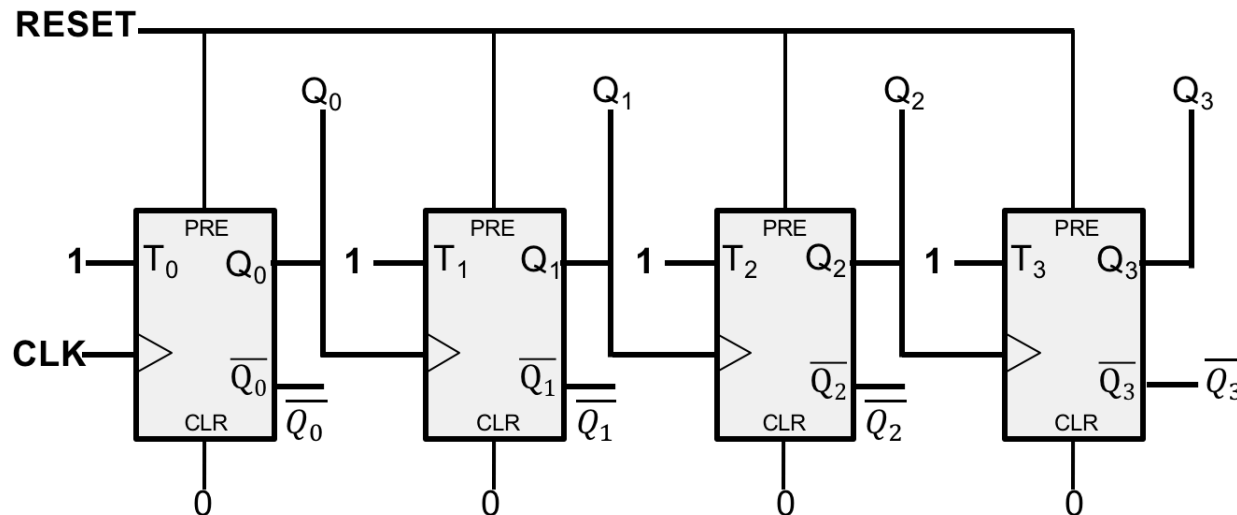


CONTADORES ASSÍNCRONOS

□ CRESCENTE



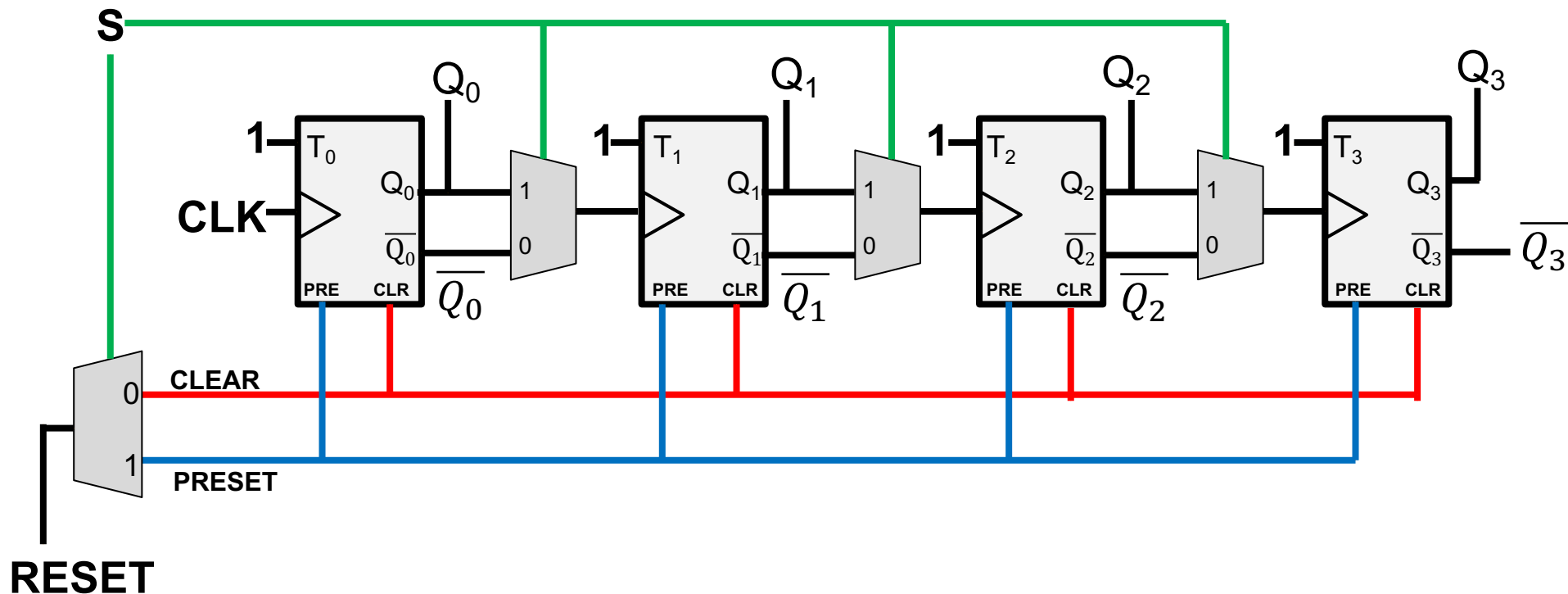
□ DECRESCENTE



CONTADORES ASSÍNCRONOS

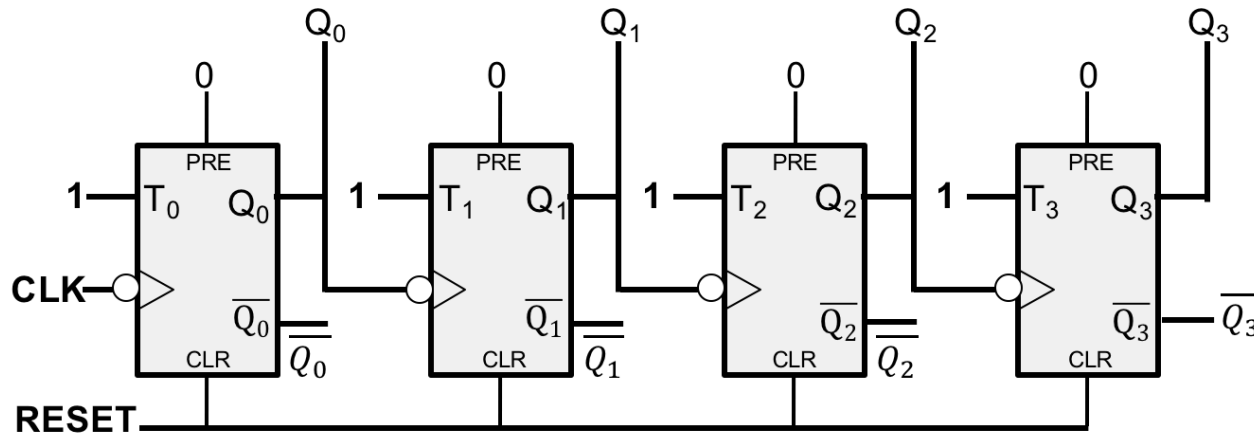
□ O controle da contagem é feito pela entrada de seleção S do MUX:

- $S = 0 \rightarrow$ a contagem é crescente
- $S = 1 \rightarrow$ a contagem é decrescente



Utilizando FF T ativo por **borda de descida**

□ CRESCENTE



□ DECRESCENTE

