

Circuitos Sequenciais

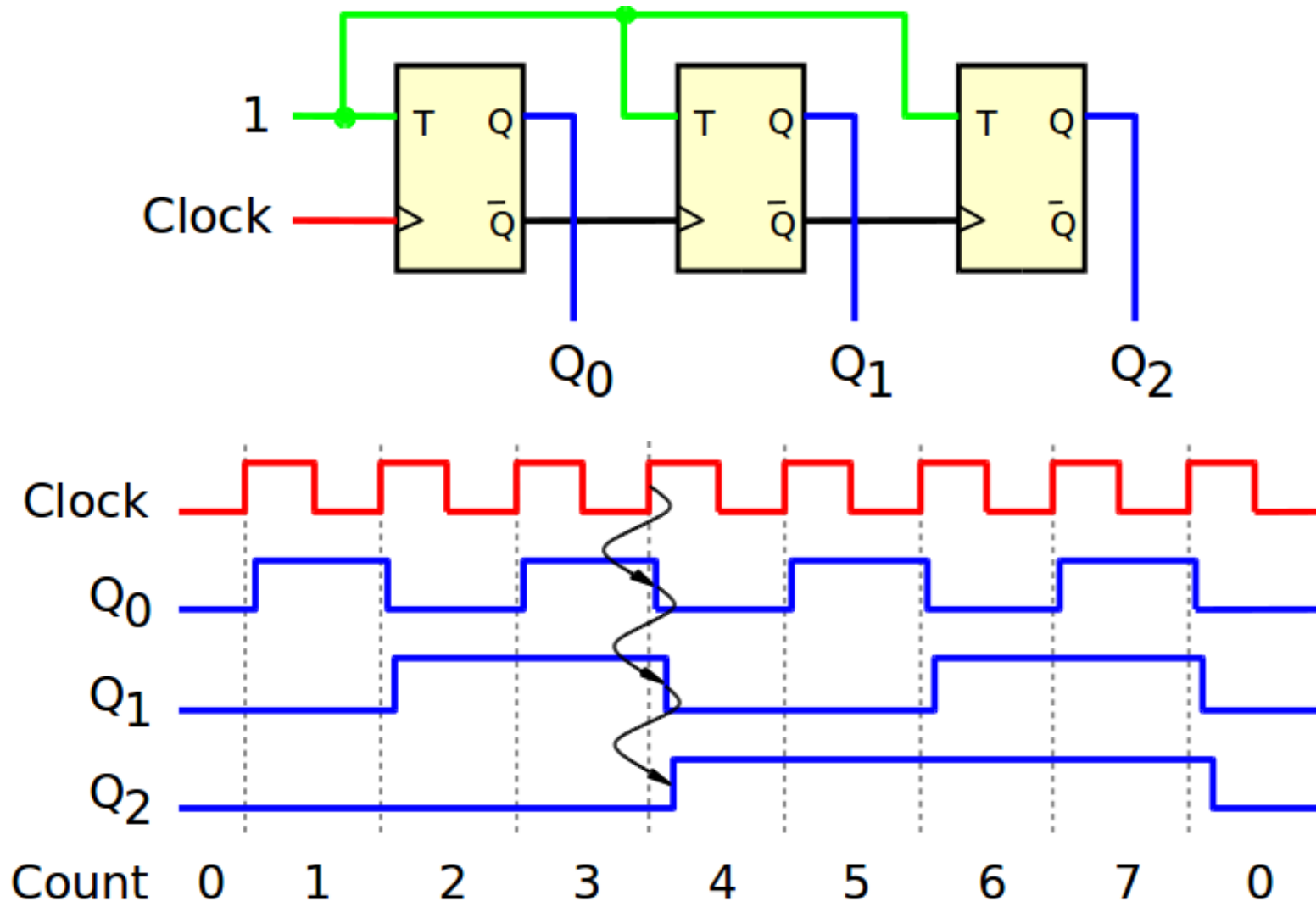
- **Elementos de estado** ou elementos de memória
- **Exemplos de circuitos sequenciais:**
 - **Latch:**
 - Latch Set-Reset
 - Latch tipo D
 - ...
 - **Flip-flop:**
 - Flip-flop tipo D
 - Flip-flop tipo T
 - ...
 - **Registrador:**
 - Registrador de deslocamento (shift register)
 - Registrador contador
 - **Conjunto de registradores**
 - **Memória**

Contadores

- Circuitos que contam de 1 em 1, de forma crescente ou decrescente
- Aplicação de contadores:
 - Contar o n^o de ocorrências de determinados eventos
 - Gerar intervalos de tempo para controle de operações
 - Determinar o intervalo de tempo decorrido entre dois eventos específicos
- Construídos com flip-flops
- Podem ser:
 - Contador assíncrono:
 - Circuito mais simples
 - Sinal do clock é ligado diretamente apenas ao primeiro flip-flop do contador
 - Novo valor do contador é produzido com atraso de propagação dos sinais
 - Contador síncrono:
 - Sinal do clock é ligado diretamente a todos os flip-flops do contador
 - Adequado para contadores de muitos bits

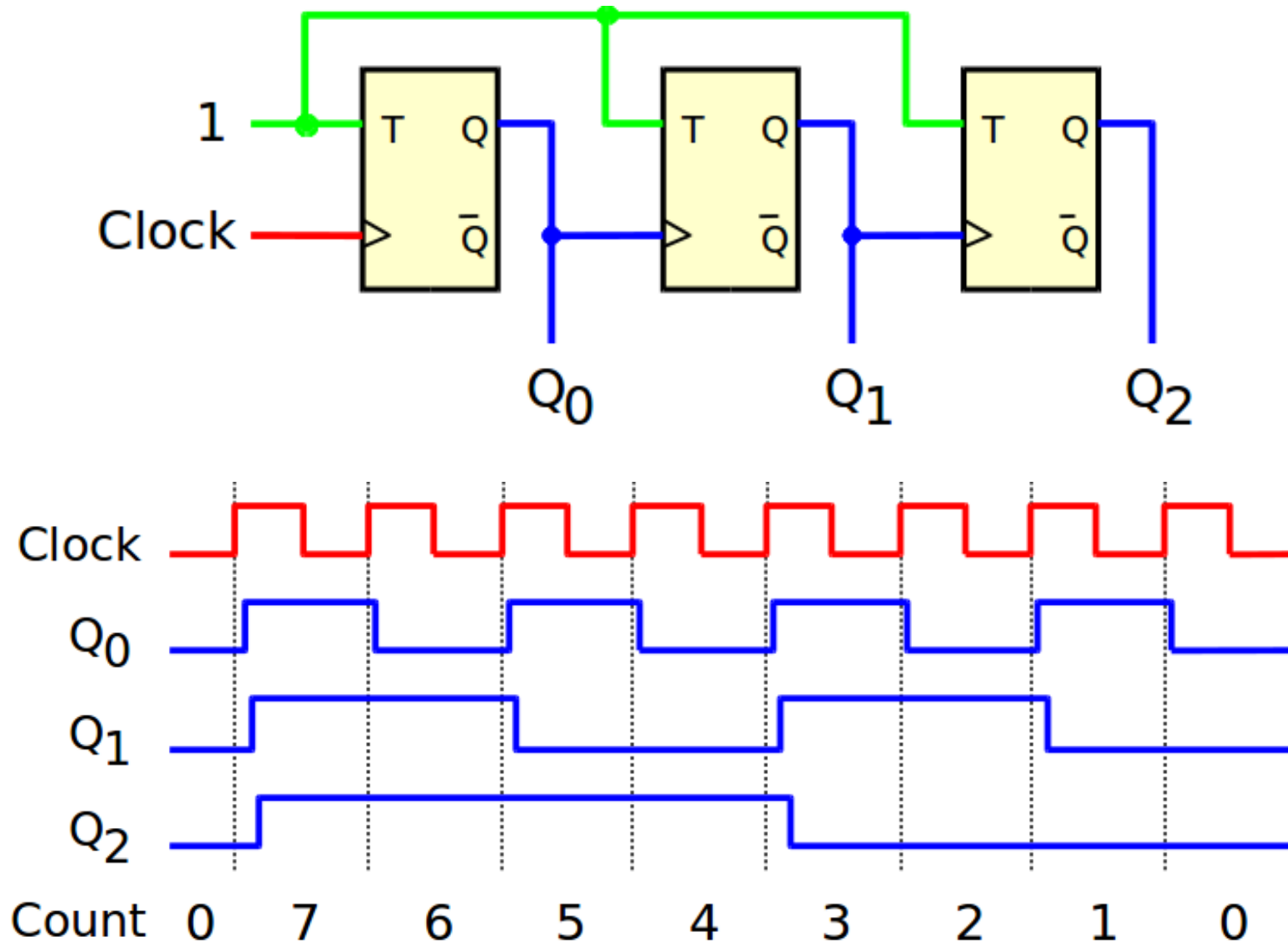
Contador Assíncrono Crescente Módulo 8

- Usa 3 flip-flops tipo T, sensíveis à transição de subida
- Conta de 0 a 7 \Rightarrow 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 0, 1, 2, ...
- Conta número de ciclos do sinal clock



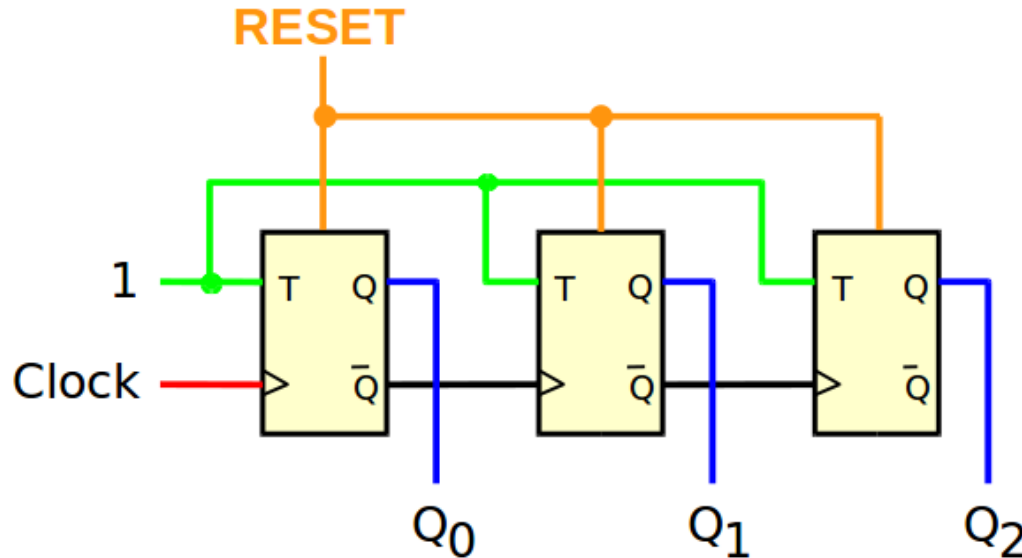
Contador Assíncrono Decrescente Módulo 8

- Usa 3 flip-flops tipo T, sensíveis à transição de subida
- Conta de 7 a 0 \Rightarrow 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0, 7, 6, ...

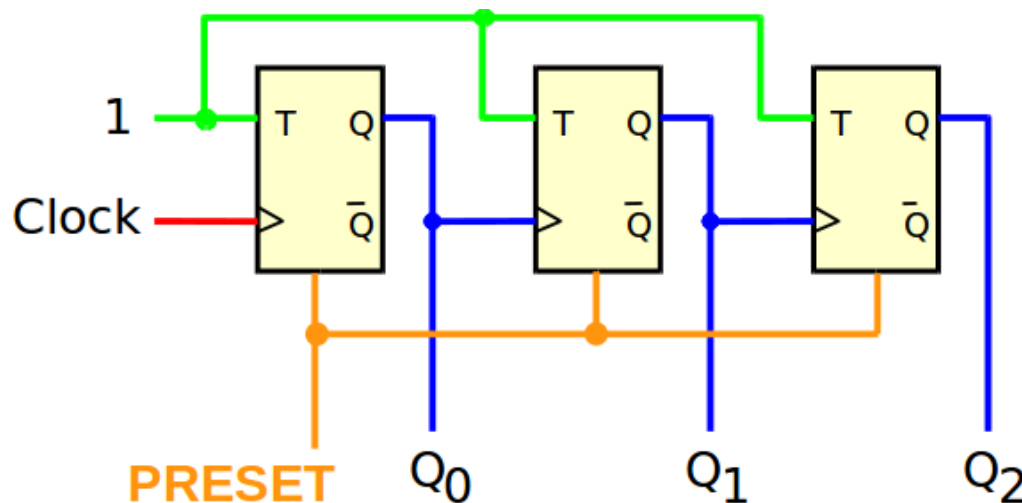


Contador Assíncrono com RESET ou PRESET Assíncrono

- Contador assíncrono crescente módulo 8 com RESET assíncrono:

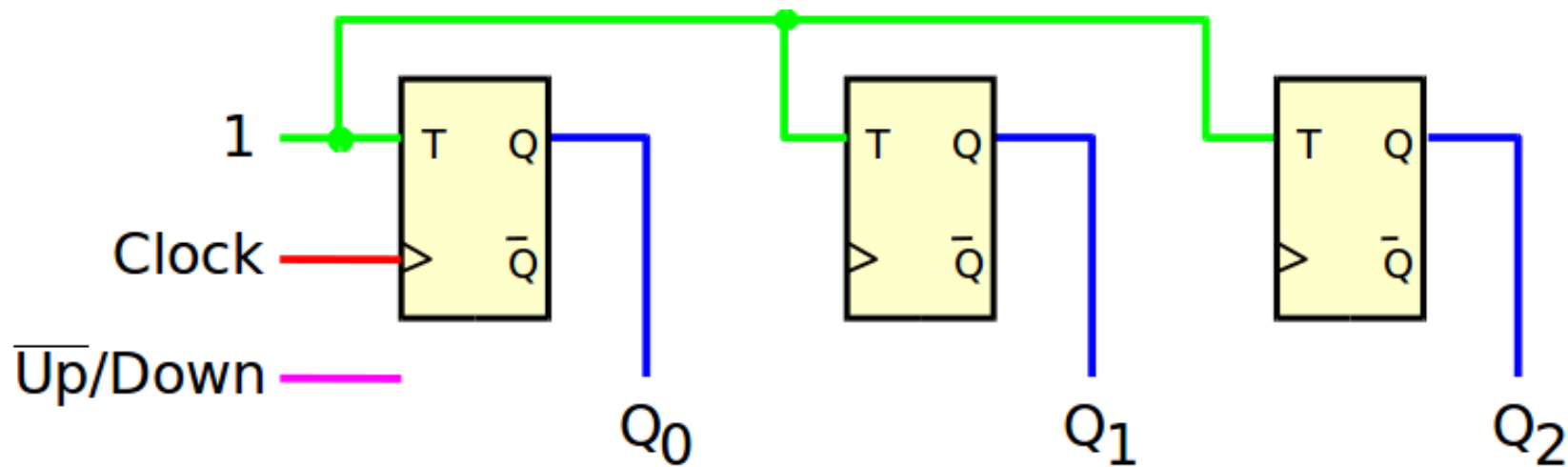


- Contador assíncrono decrescente módulo 8 com PRESET assíncrono:



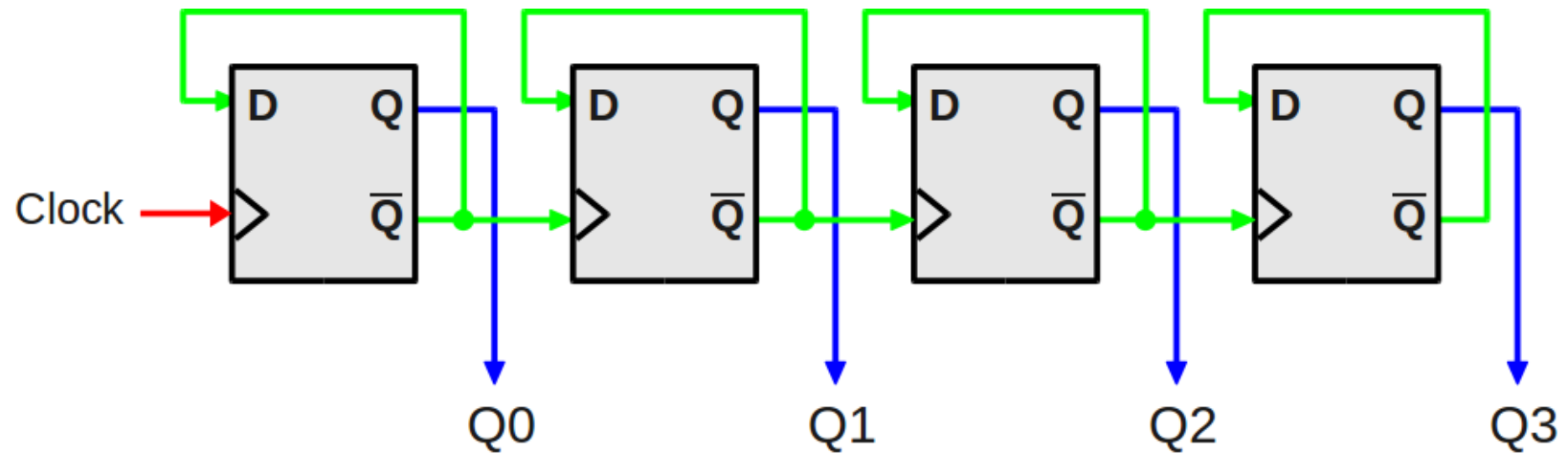
Contador Assíncrono Crescente/Decrescente Módulo 8

- Usa 3 flip-flops tipo T, sensíveis à transição de subida
- Conta de 0 a 7 ou de 7 a 0
- **Sinal de entrada** $\overline{Up}/Down$:
 - Se $\overline{Up}/Down = 0$, contar de forma crescente
 - Se $\overline{Up}/Down = 1$, contar de forma decrescente
- Como construir?



Contador Assíncrono com Flip-flops Tipo D

- Usa 4 flip-flops tipo D, sensíveis à transição de subida
- Contador assíncrono crescente módulo 16



Contador Síncrono com Flip-flops Tipo T

- Contador síncrono crescente módulo 8
- Usa 3 flip-flops Tipo T, sensíveis à transição de subida
- Sinal Clock ligado diretamente a todos os flip-flops
- Sinal T dos flip-flops:

$$T_0 = 1$$

$$T_1 = Q_0$$

$$T_2 = Q_0 \bullet Q_1$$

$$T_3 = Q_0 \bullet Q_1 \bullet Q_2$$

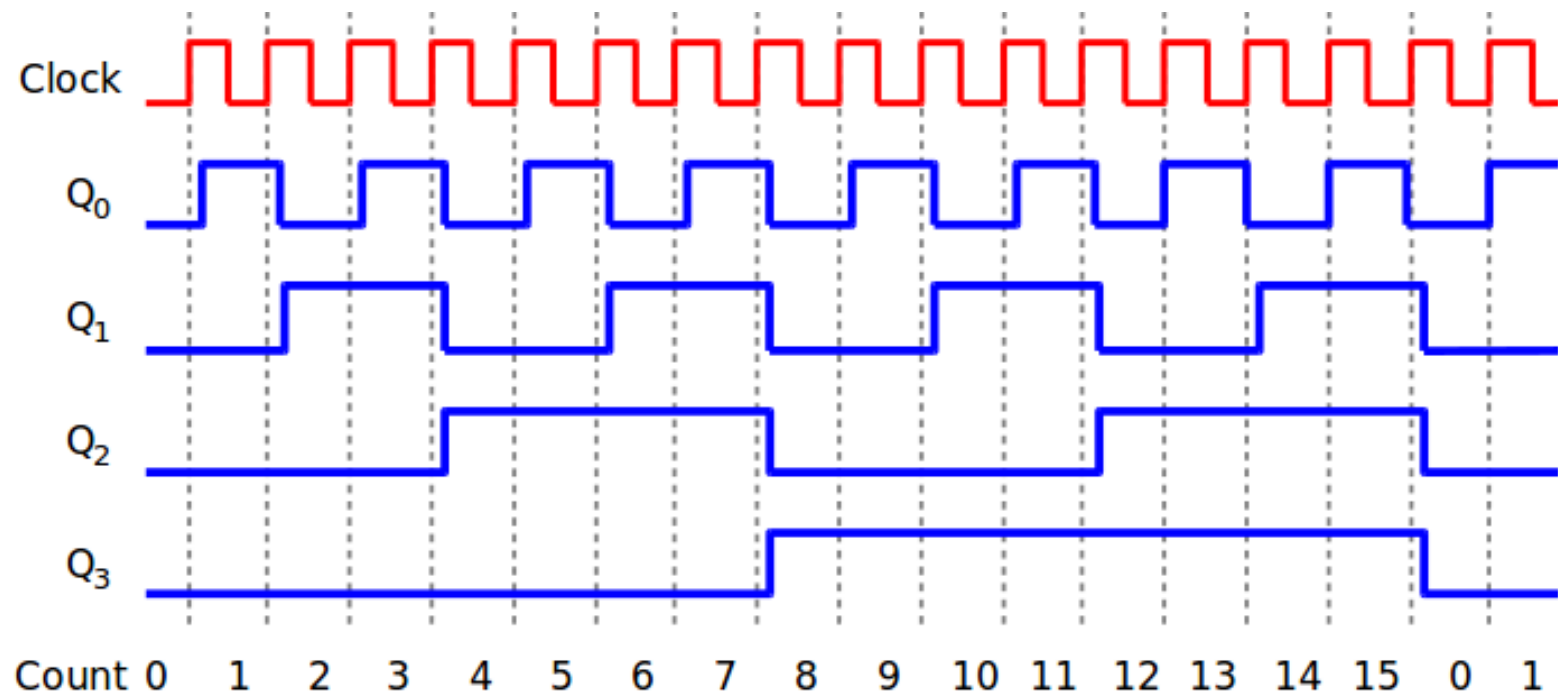
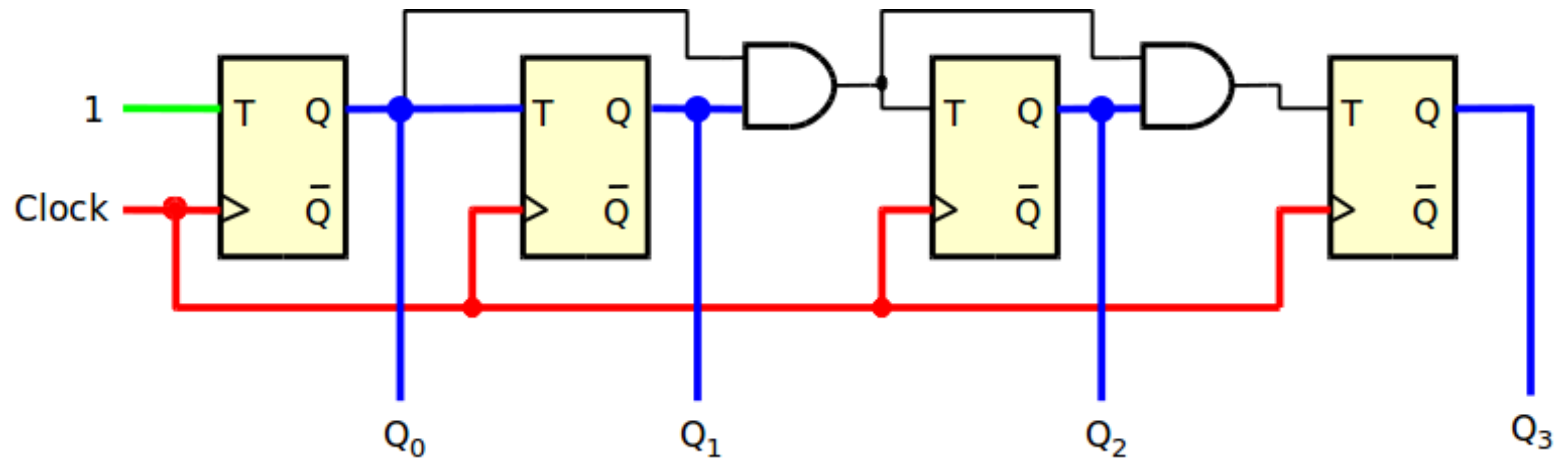
\vdots

$$T_n = Q_0 \bullet Q_1 \bullet \dots \bullet Q_{n-1}$$

Ciclo do Clock	Q ₂	Q ₁	Q ₀	
0	0	0	0	
1	0	0	1	
2	0	1	0	← Q ₁ changes
3	0	1	1	
4	1	0	0	← Q ₂ changes
5	1	0	1	
6	1	1	0	← Q ₁ changes
7	1	1	1	
8	0	0	0	← Q ₂ changes

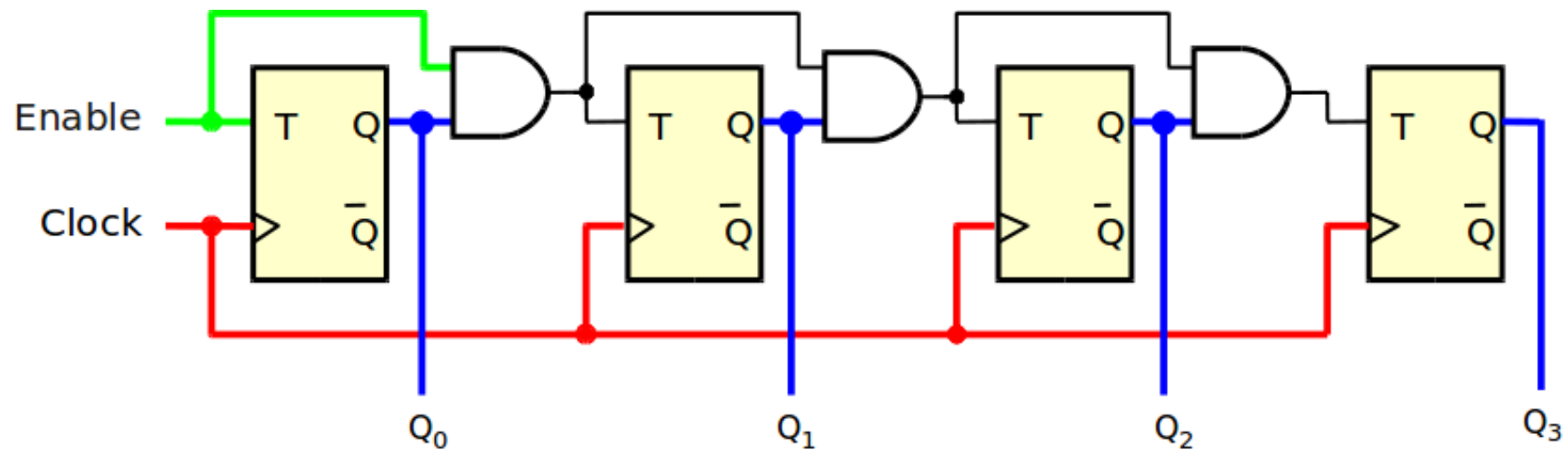
Contador Síncrono Crescente Módulo 16

- Usa 4 flip-flops Tipo T, sensíveis à transição de subida



Contador Síncrono Crescente Módulo 16 com Enable

- Usa 4 flip-flops Tipo T, sensíveis à transição de subida
- **Sinal de entrada Enable:**
 - Se Enable = 0, contagem desabilitada
 - Se Enable = 1, contagem habilitada



Contador Síncrono com Flip-flops Tipo D

- Usa 4 flip-flops tipo D, sensíveis à transição de subida
- Contador síncrono crescente módulo 16

Ciclo do clock	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0
0	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

