

1. Circuitos seqüenciais - conceito

2. Flip-flops

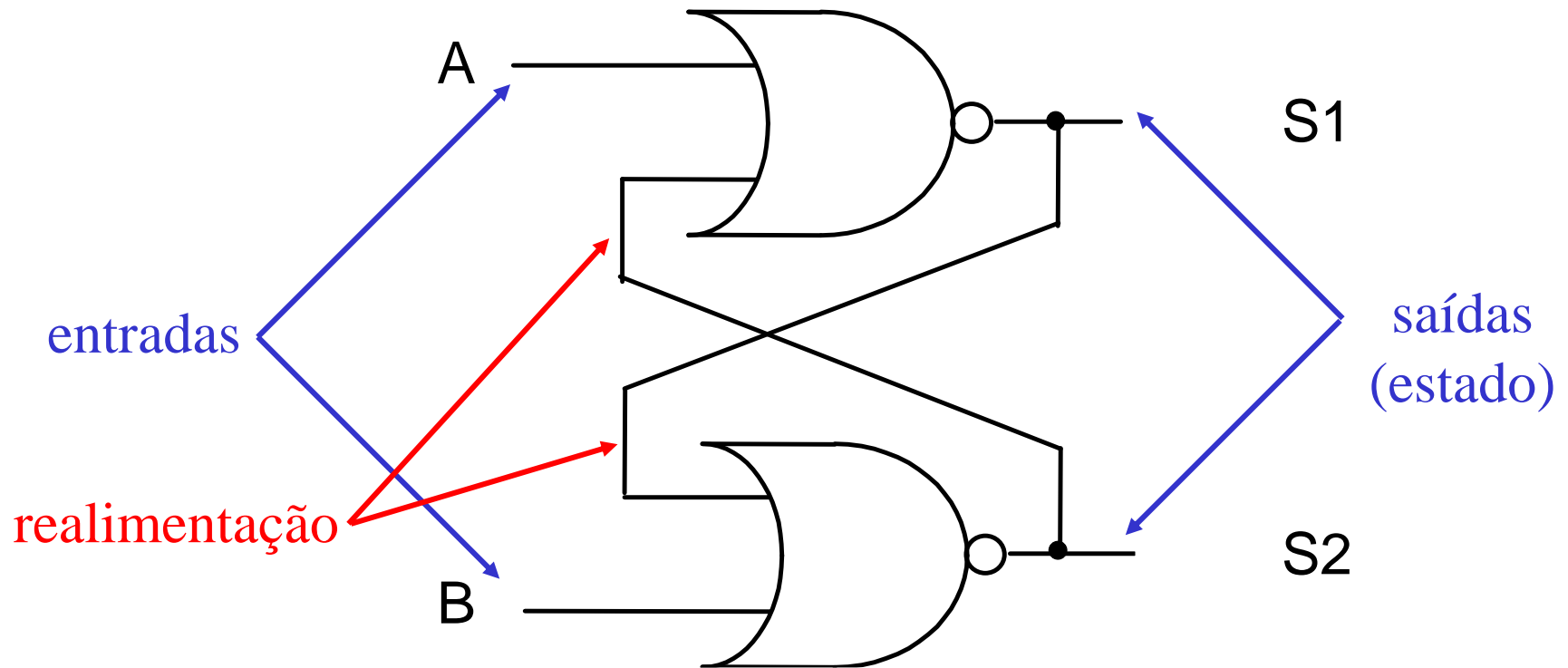
3. Registradores

4. Contadores

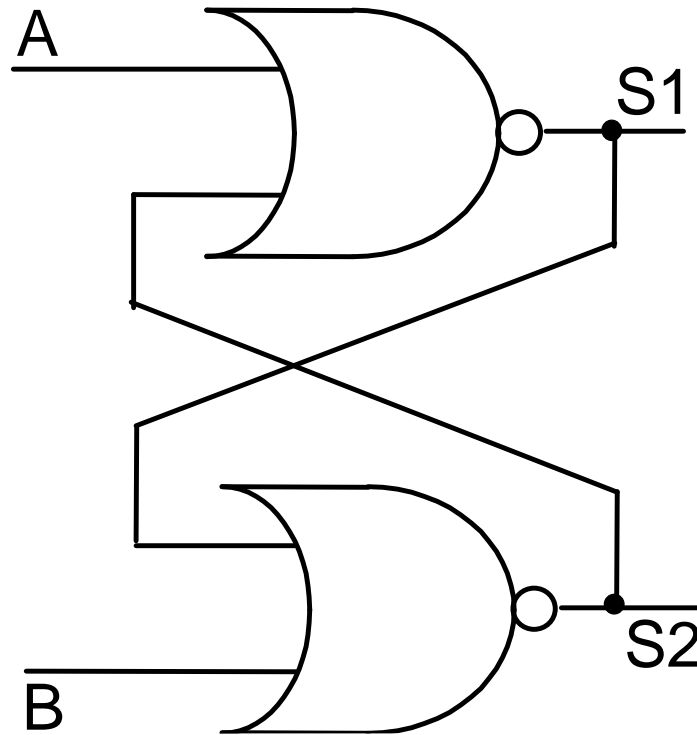
# Circuitos Seqüenciais

- saídas são função tanto das entradas quanto dos valores de saída (estado atual)
- são construídos com portas lógicas com realimentação
- possuem elementos de armazenamento (memórias)
- exemplos:
  - flip-flop
  - registrador
  - contador

# Exemplo de Circuito Seqüencial



# Exemplo de Funcionamento



(Simular a partir de  $A = B = S1 = 0$  e  $S2 = 1$ )

# Flip-flops e Latches

- são circuitos que podem assumir apenas dois estados diferentes, que se convencionam corresponderem aos valores binários 0 e 1
- podem se manter no estado em que se encontram (0 ou 1) enquanto não receberem sinais de entrada e/ou de controle que os façam mudar de estado
- portanto, na prática são “memórias” com capacidade de armazenar o valor de 1 bit (0 ou 1)

# Tipos de flip-flops

Quanto à forma de operação:

- tipo RS
- tipo JK
- tipo D
- tipo T (*toggle*)

Quanto a sinais de controle (clock):

- sem sinal de controle (pouco usados)
- com sinal de controle

- ◇ resposta à borda

- > borda positiva ( $0 \rightarrow 1$ )

- > borda negativa ( $1 \rightarrow 0$ )

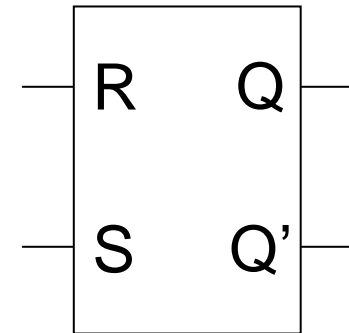
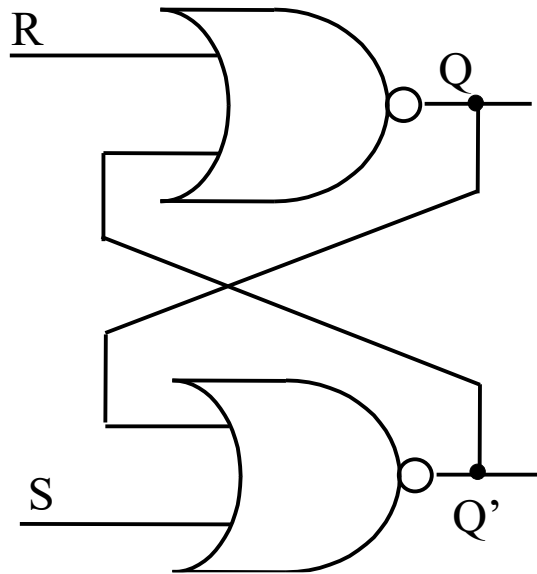
- ◇ resposta ao nível

- > nível 0

- > nível 1

# Flip-flop Tipo RS

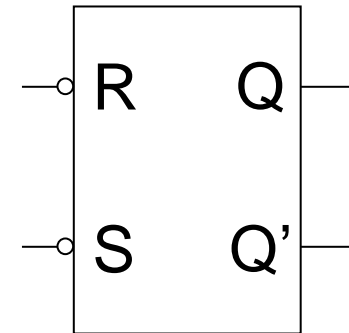
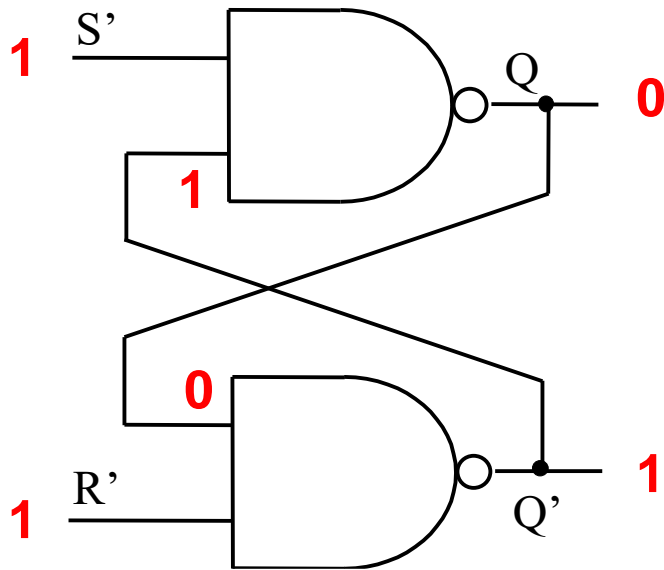
(implementação 1 - com portas NOR)



| R(eset) | S(et) | $Q_{t+1}$     | Resultado               |
|---------|-------|---------------|-------------------------|
| 0       | 0     | $Q_t$         | Estado fica inalterado  |
| 0       | 1     | 1             | Estado passa para 1     |
| 1       | 0     | 0             | Estado passa para 0     |
| 1       | 1     | Indeterminado | <b>Condição de erro</b> |

# Flip-flop Tipo RS

(implementação 2 - com portas NAND)

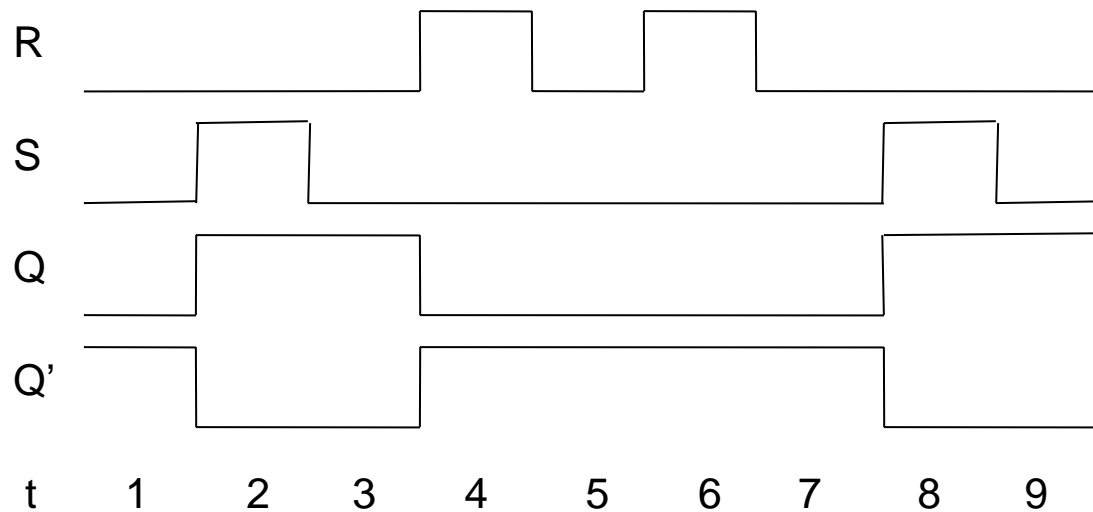


| R' | S' | $Q_{t+1}$     | Resultado               |
|----|----|---------------|-------------------------|
| 1  | 1  | $Q_t$         | Estado fica inalterado  |
| 1  | 0  | 1             | Estado passa para 1     |
| 0  | 1  | 0             | Estado passa para 0     |
| 0  | 0  | Indeterminado | <b>Condição de erro</b> |

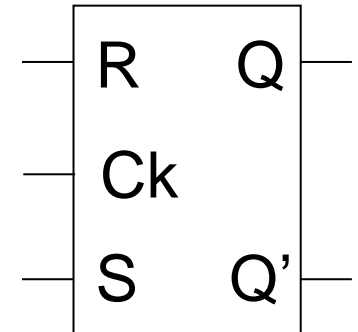
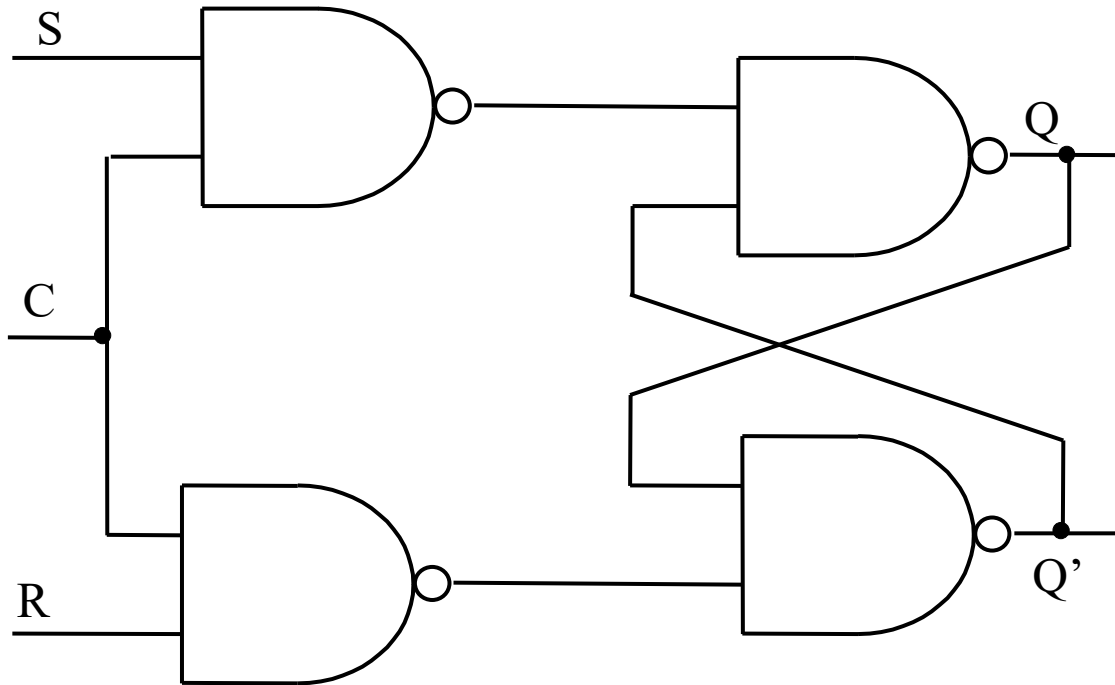


# Comportamento de um FF tipo RS

| t | R | S | Q | Q' |
|---|---|---|---|----|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1  |
| 2 | 0 | 1 | 1 | 0  |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 0  |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 1  |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 1  |
| 6 | 1 | 0 | 0 | 1  |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 1  |
| 8 | 0 | 1 | 1 | 0  |
| 9 | 0 | 0 | 1 | 0  |

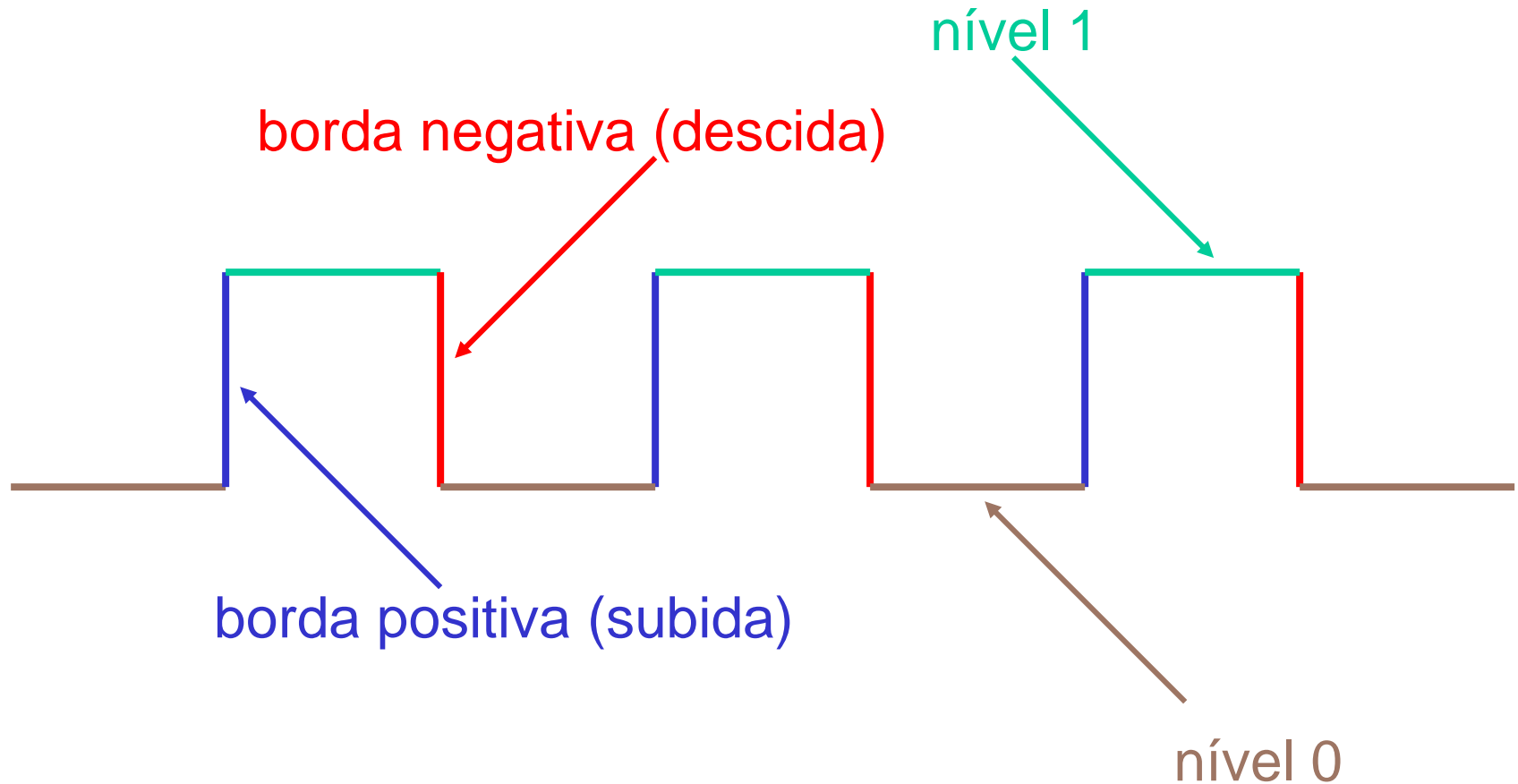


# Flip-flop Tipo RS com controle



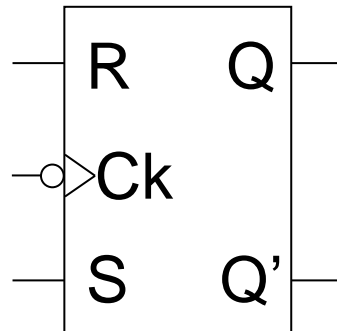
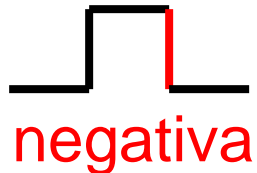
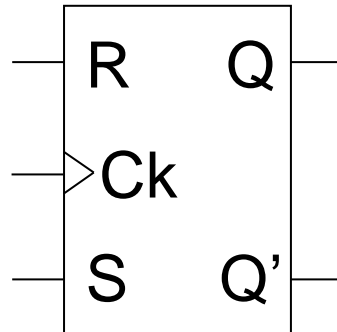
| Controle | R | S | $Q_{t+1}$     | Resultado              |
|----------|---|---|---------------|------------------------|
| Inativo  | X | X | $Q_t$         | Estado fica inalterado |
| Ativo    | 0 | 0 | $Q_t$         | Estado fica inalterado |
| Ativo    | 0 | 1 | 1             | Estado passa para 1    |
| Ativo    | 1 | 0 | 0             | Estado passa para 0    |
| Ativo    | 1 | 1 | Indeterminado | Condição de erro       |

# Sinal de Controle (Clock)

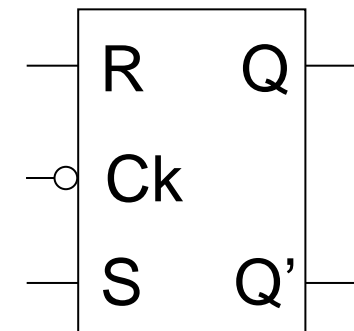
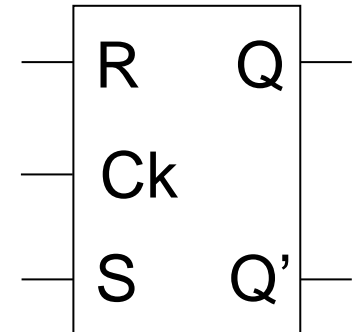


# Tipos de flip-flop x controle - notação

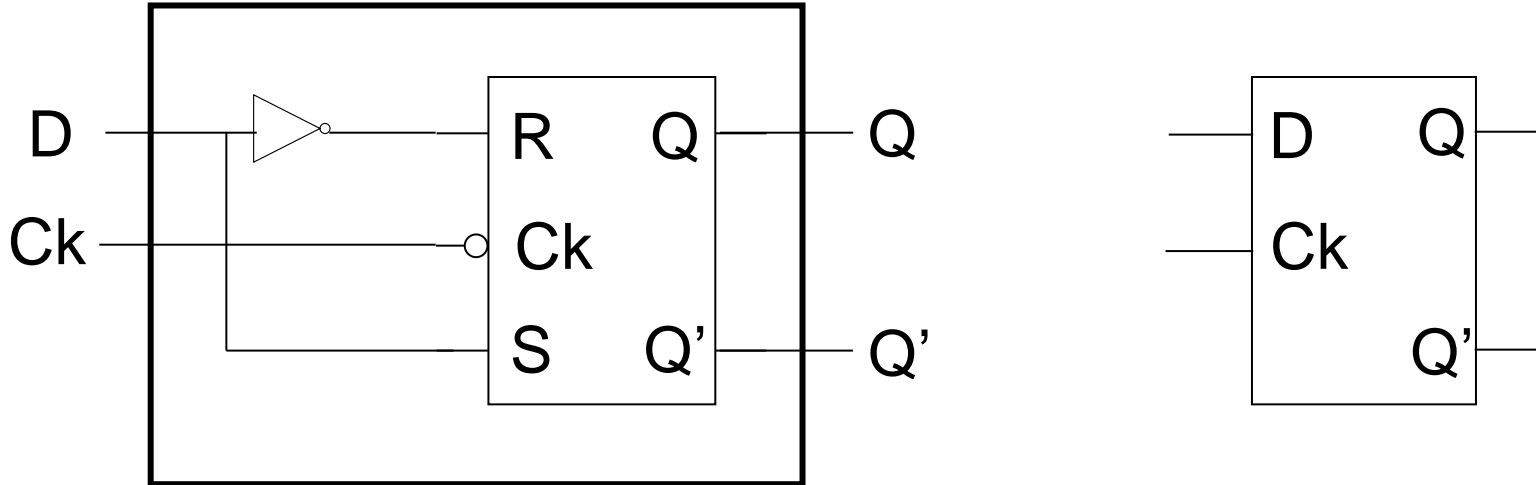
Sensível à borda (flip-flop)



Sensível ao nível (latch)

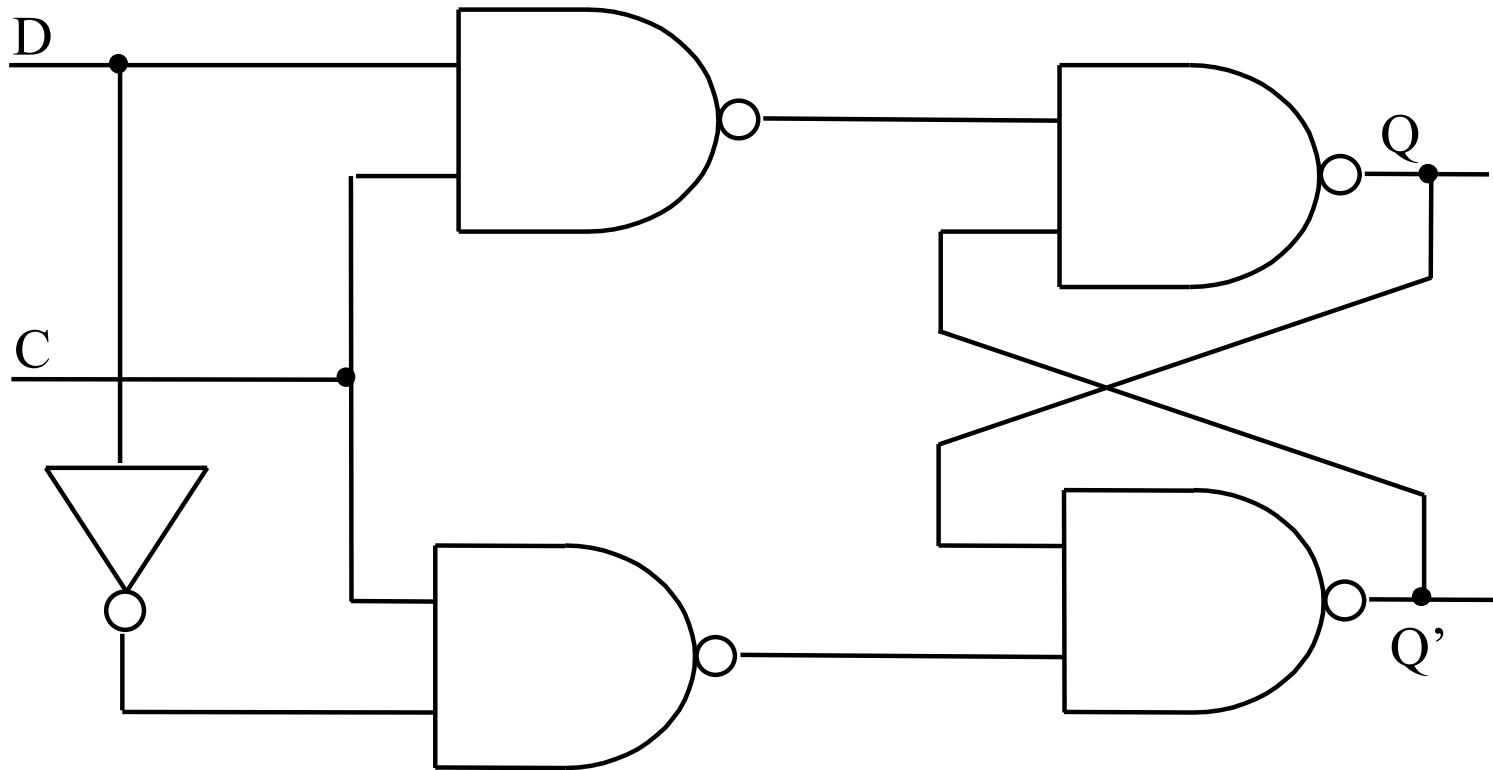


# Flip-flop tipo D (dado)

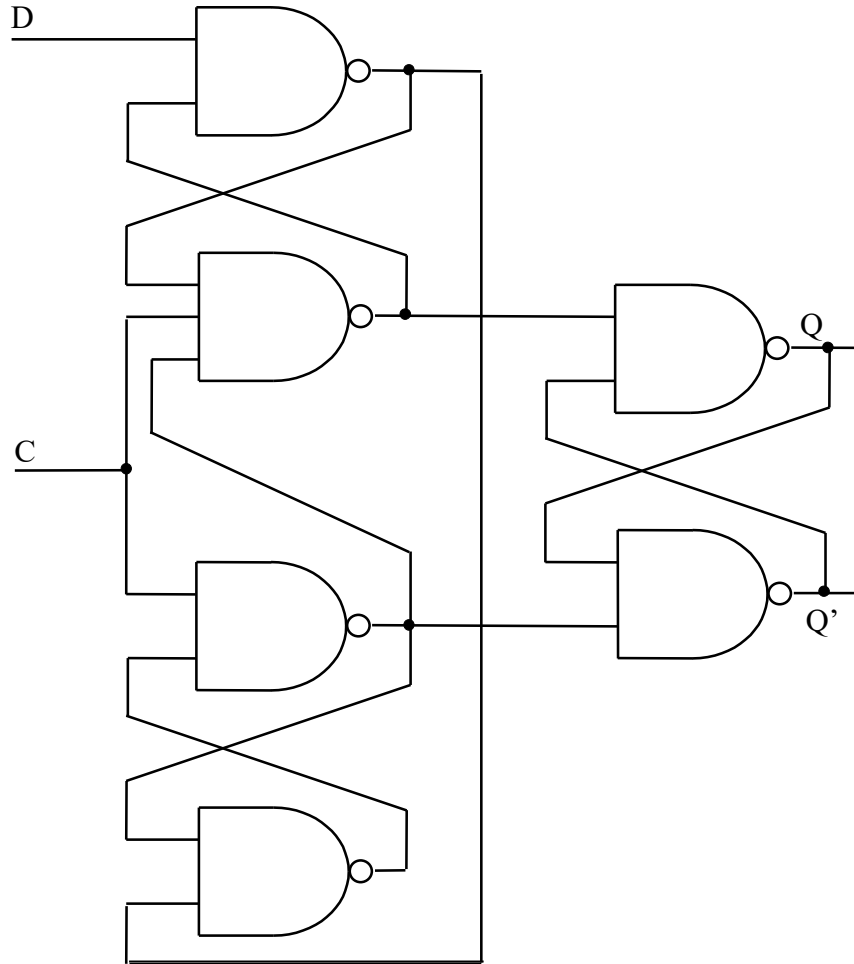


| D | C       | $Q_{t+1}$ |
|---|---------|-----------|
| X | inativo | $Q_t$     |
| D | ativo   | D         |

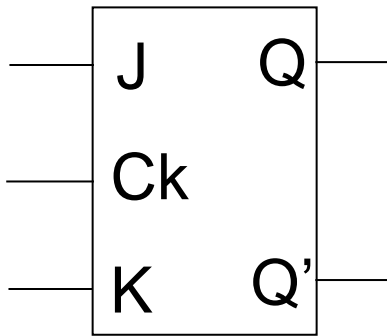
# Flip-flop tipo D sensível ao nível (latch)



# Flip-flop tipo D sensível à borda



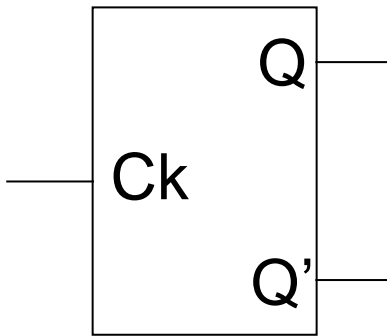
# Flip-flop tipo JK



| J        | K        | C            | $Q_{t+1}$                |
|----------|----------|--------------|--------------------------|
| X        | X        | inativo      | $Q_t$                    |
| 0        | 0        | ativo        | $Q_t$                    |
| 0        | 1        | ativo        | 0                        |
| 1        | 0        | ativo        | 1                        |
| <b>1</b> | <b>1</b> | <b>ativo</b> | <b><math>Q_t'</math></b> |

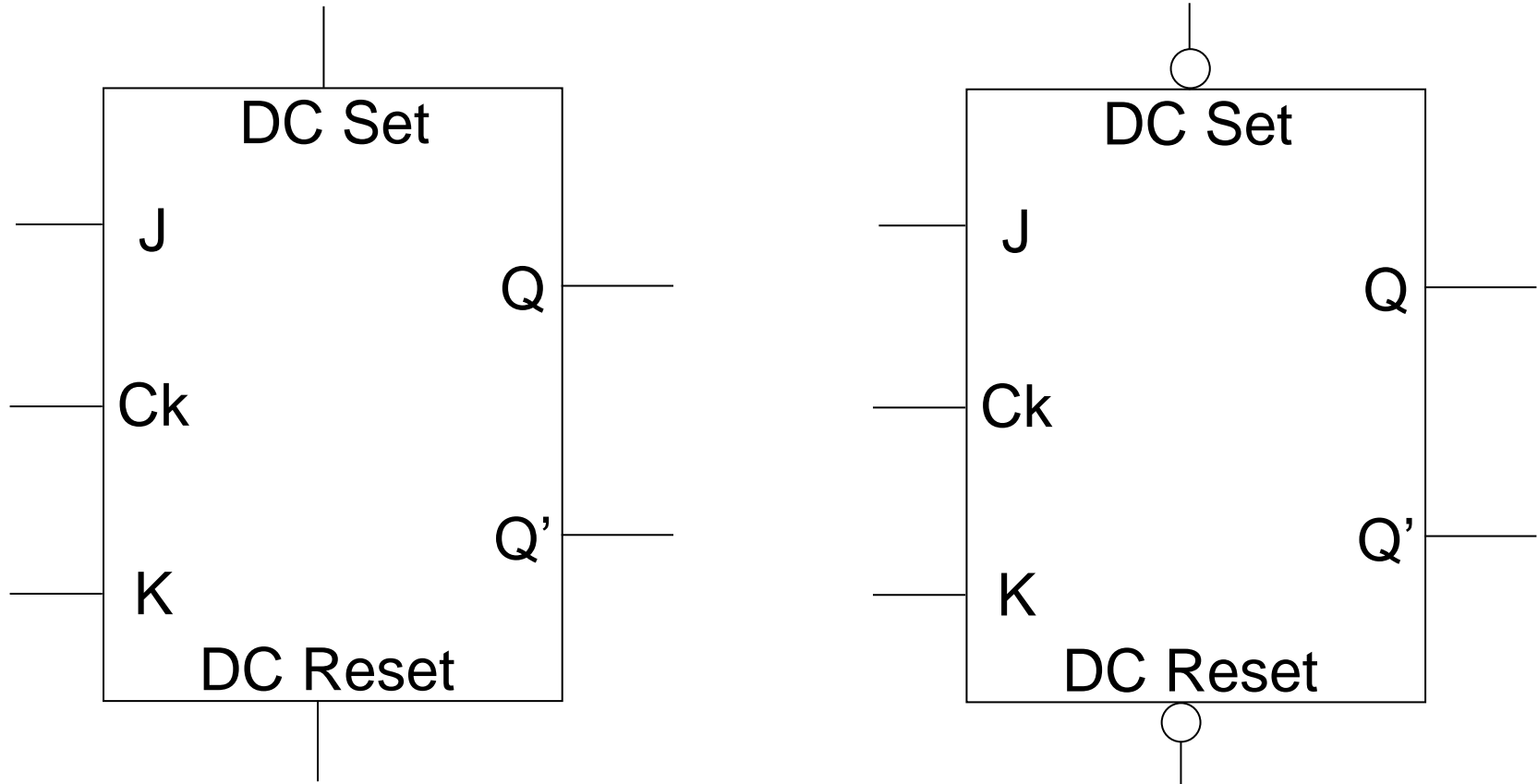


# Flip-flop tipo T (*toggle*)



| C       | $Q_{t+1}$ |
|---------|-----------|
| inativo | $Q_t$     |
| ativo   | $Q_t'$    |

# Sinais de Controle Adicionais



- DC Set (ou Preset) - coloca FF no estado 1
- DC Reset (ou Clear) - coloca FF no estado 0
- ambos independem das demais entradas e do controle

# Exercício

Completar o diagrama de tempos (teórico) abaixo com os valores de Q e Q', considerando os valores dos demais sinais e o funcionamento do flip-flop mostrado no desenho

