

INF01 118

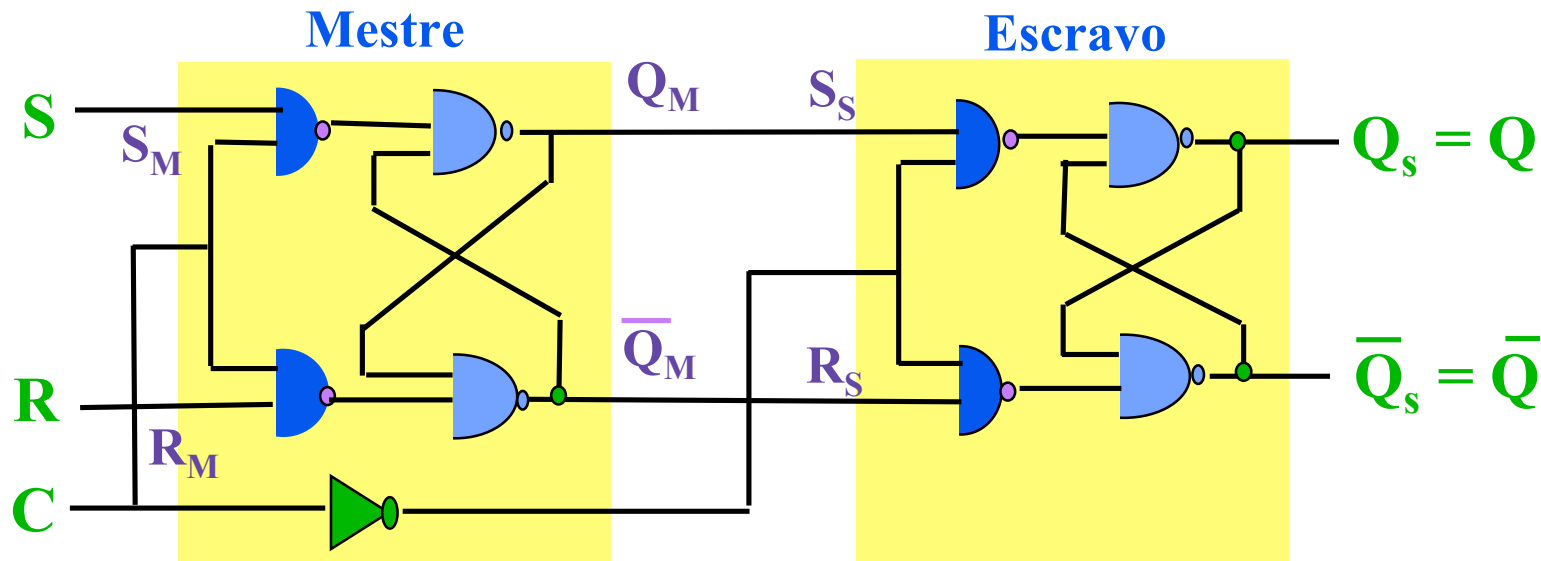


Técnicas Digitais para Computação

Flip-Flops

Aula 20

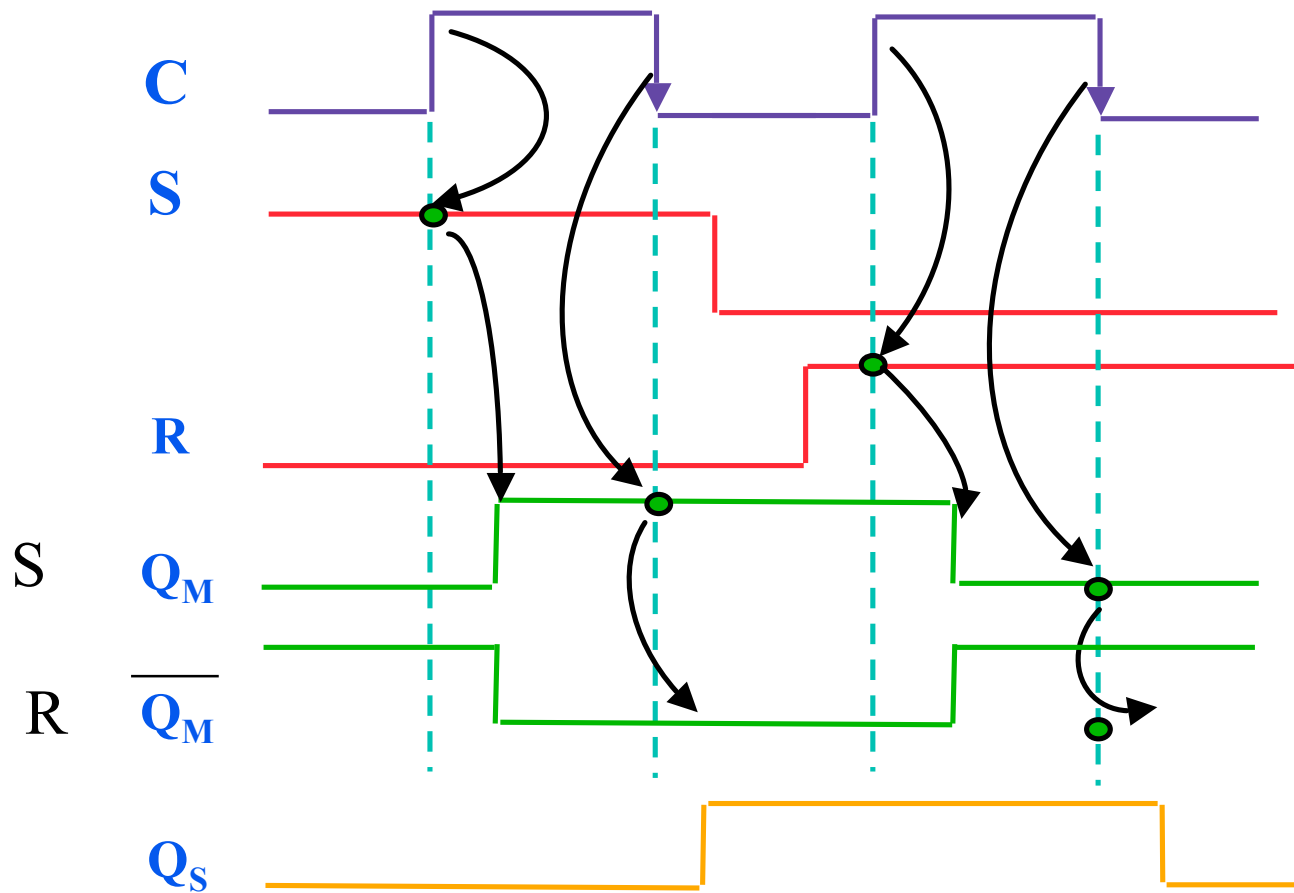
1. Flip-flop mestre-escravo tipo RS



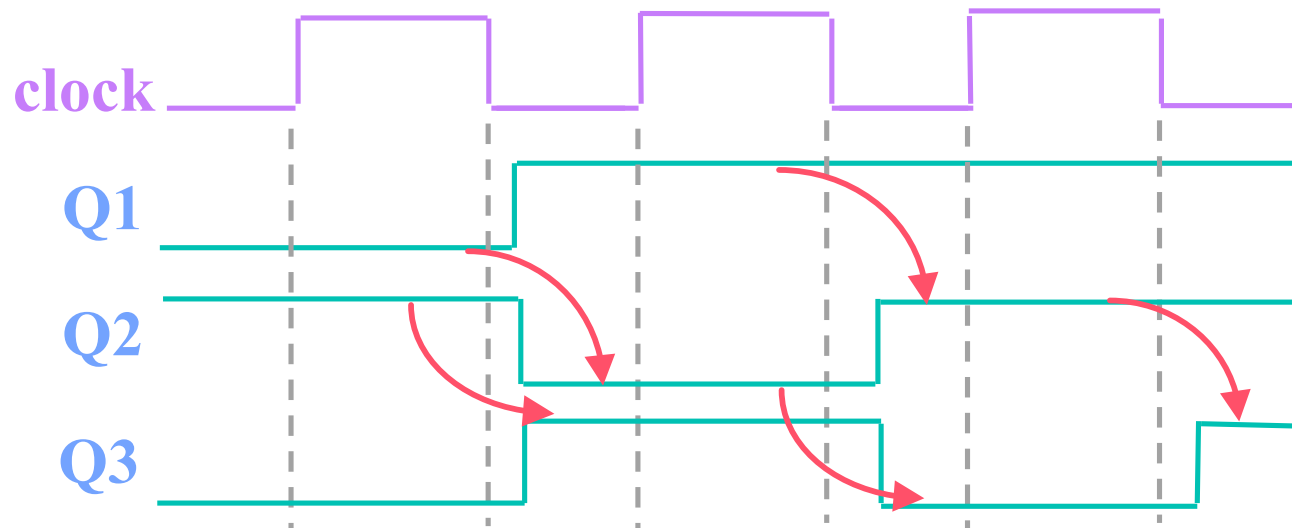
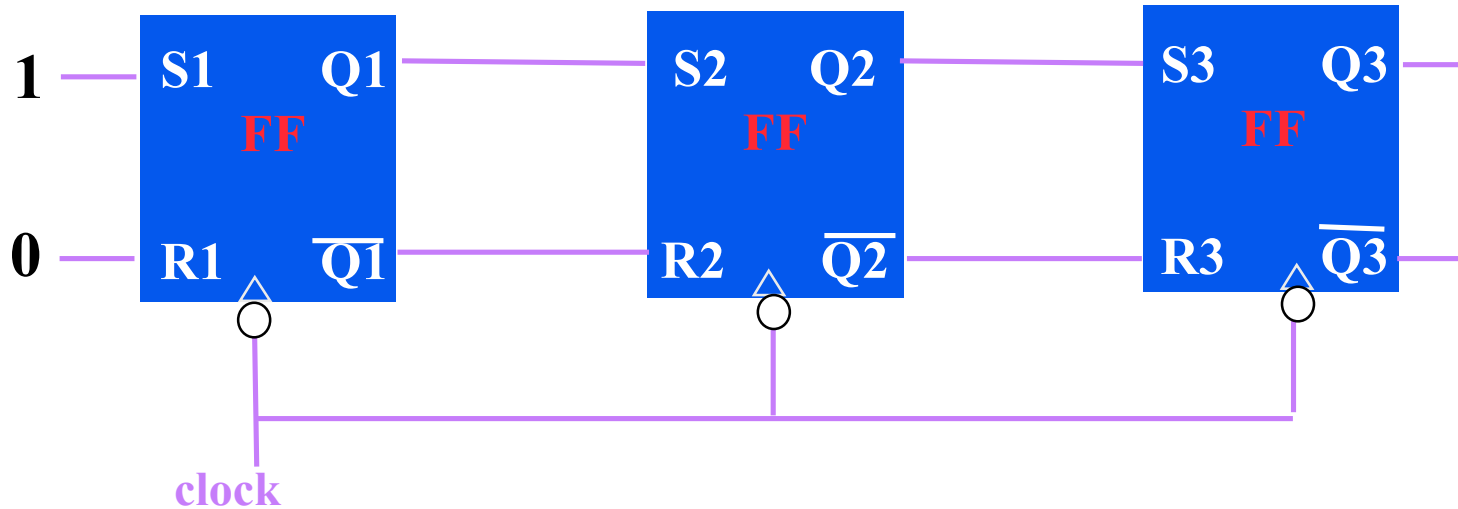
Modo de operação

- C=1** → **Mestre habilitado** → Q_M segue $S_M = S$ e $R_M = R$
Escravo desabilitado → Q_M e \bar{Q}_M podem variar à vontade sem causar efeito em $Q = Q_s$
- C=0** → **Mestre desabilitado** → S_M e R_M podem variar à vontade sem causar efeito em Q_M → S_S → Q_s
Escravo habilitado → Q_s copia valor de Q_M

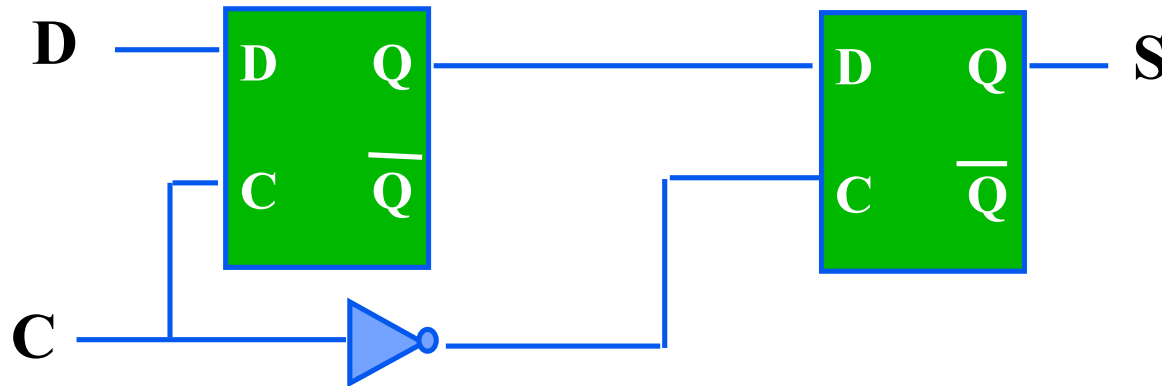
Exemplo de sequência de eventos



Cascadeando FF's mestre-escravo



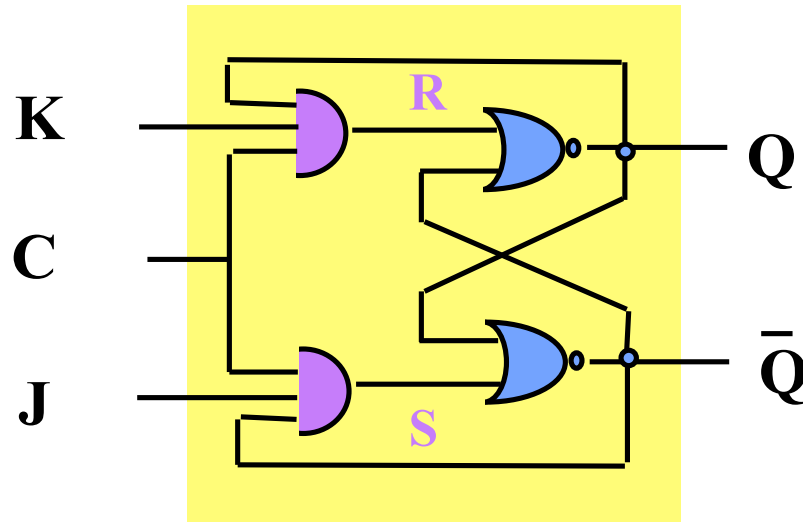
2. Flip-flop mestre-escravo tipo D



3. Flip-flop mestre-escravo tipo JK

- Problema com FF RS: $R=1$ e $S=1$ não pode ser usado
- Flip-Flop JK : $R=1$ e $S=1$ é usado para complementar o Flip-Flop

LATCH JK = Latch RS + portas na entrada



Operação FF JK

Se $J = K = 1$

a) Se $Q = 1$, então

$\bar{Q} = 0$ e a entrada J fica desabilitada

$K = 1$ faz $R = 1 \Rightarrow Q = 0$ complementa

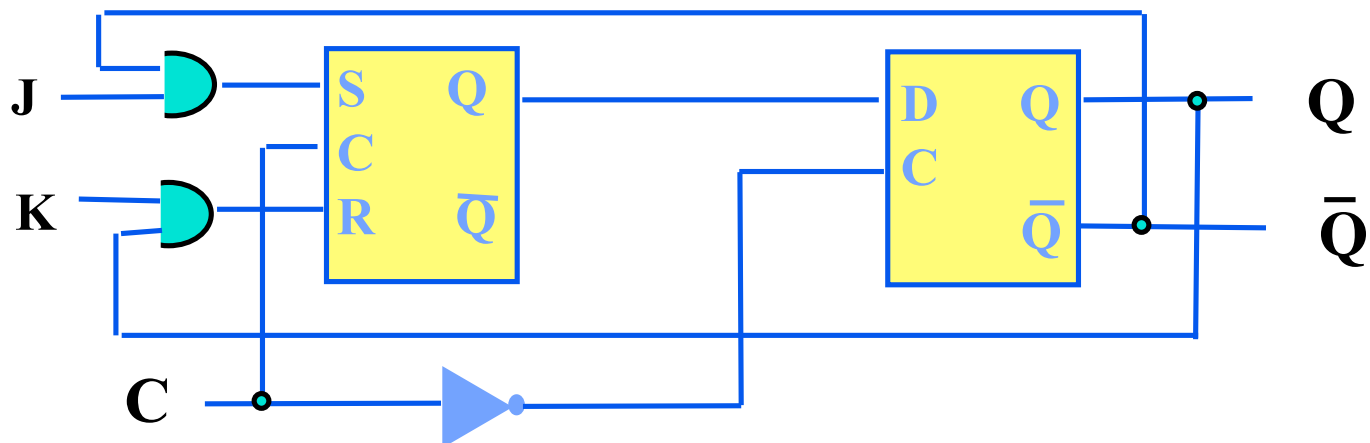
b) Se $Q = 0$, então

a entrada K fica desabilitada

$J = 1$ faz $S = 1 \Rightarrow Q = 1$ complementa
 $\bar{Q} = 0$

Mestre-Escravo JK

supondo latch RS controlado, com NAND's



Se $J = K = 1$

a) se $Q = 1, \bar{Q} = 0$



entrada J desabilitada

$K = 1$ faz $R = 1 \Rightarrow Q = 0$ complementa

b) se $Q = 0, \bar{Q} = 1$

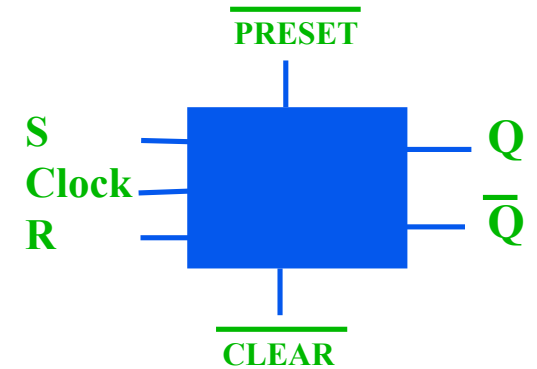


entrada K desabilitada

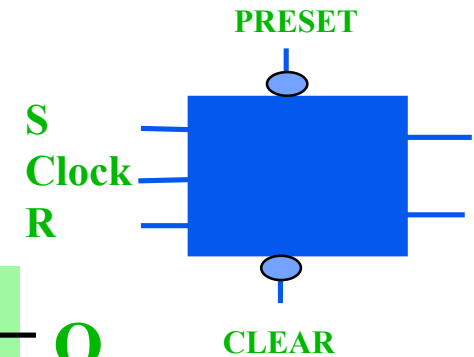
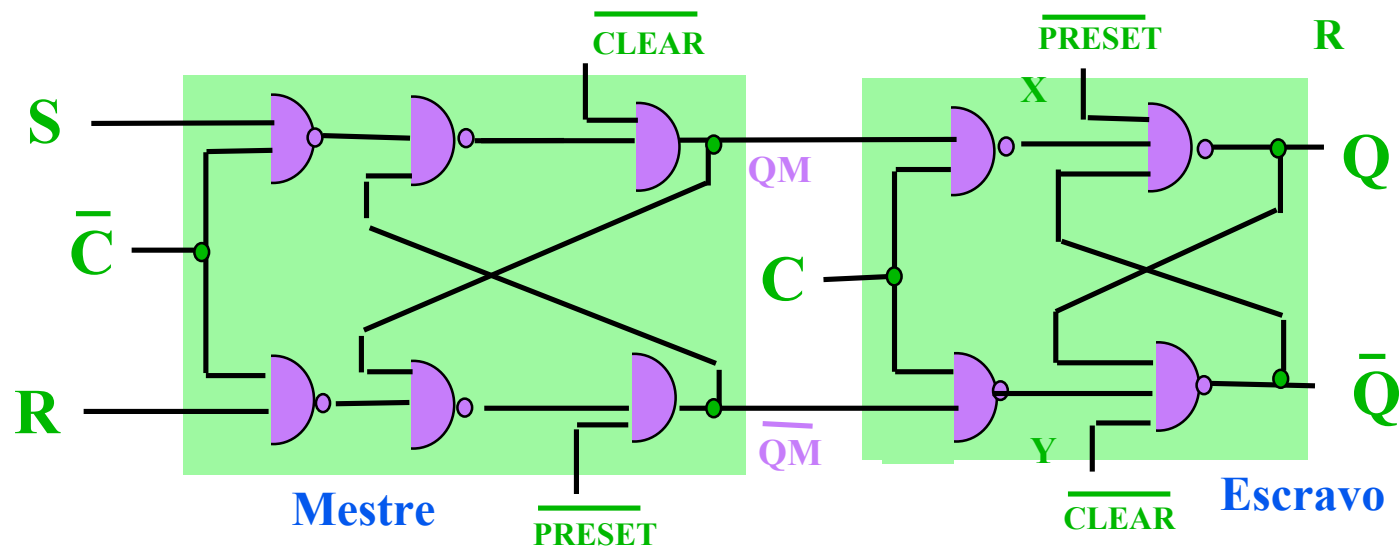
$J = 1$ faz $S = 1 \Rightarrow Q = 1$ complementa

4. Entradas diretas (não controladas, assíncronas)

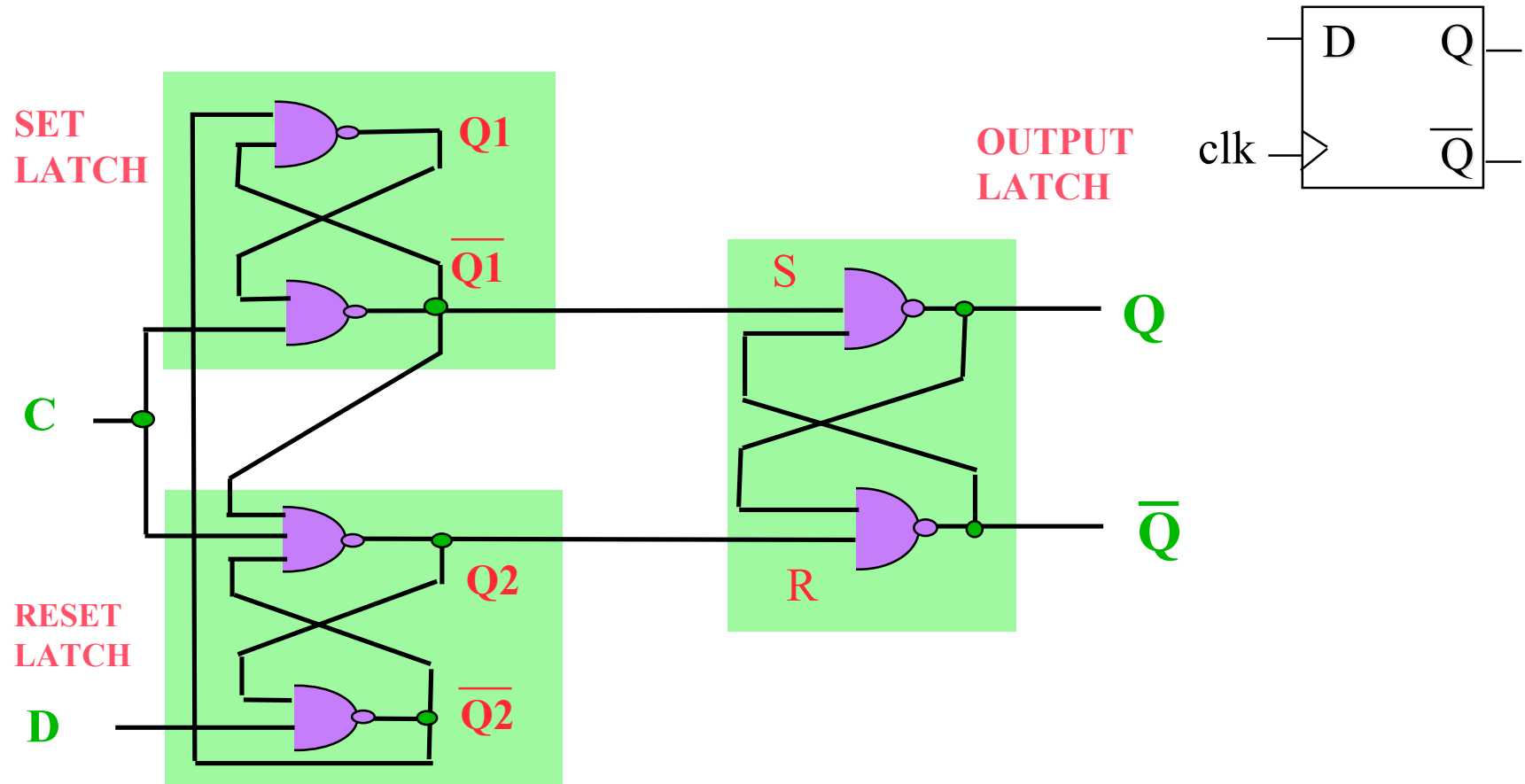
Preset (ou SET)
Clear (ou RESET) → assíncronas com o relógio



Exemplo supondo mestre-escravo RS



5. Flip-flop D sensível à borda (“edge-triggered”)



$C = 0 \Rightarrow S = 1, R = 1 \Rightarrow Q \text{ e } \bar{Q} \text{ mantêm estado atual}$

Supondo $D = 0$ e $C = 0$

$D = 0 \rightarrow \overline{Q2} = 1$
 $C = 0 \rightarrow Q2 = 1$
 $\overline{Q1} = 1$

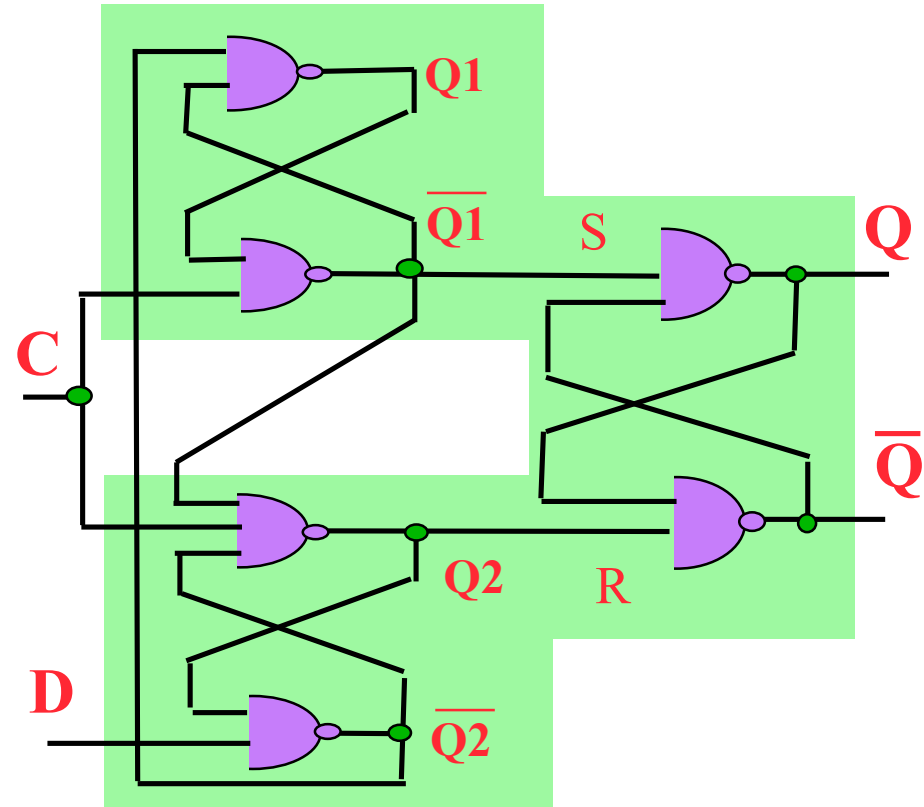
$Q1 = 0$

**Q2 fica “armado”,
esperando variação em C**

C tem uma transição $0 \rightarrow 1$

$C = 1 \rightarrow Q2 = 0 (=R)$
 $\rightarrow \overline{Q} = 1, Q = 0$ (Q copiou D),

enquanto $C = 1$, qualquer alteração em D não afeta $\overline{Q2}$, pois $Q2 = 0$, e portanto não afeta R.



Supondo $D = 1$ e $C = 0$

$C = 0 \rightarrow Q_2 = 1$
 $D = 1 \rightarrow \overline{Q_1} = 1$

$\overline{Q_2} = 0 \rightarrow Q_1 = 1$

$\overline{Q_1}$ fica “armado”,
esperando variação em C

C tem uma transição $0 \rightarrow 1$

$C = 1 \rightarrow \overline{Q_1} = 0 (=S)$
 $\rightarrow Q = 1, \overline{Q} = 0$ (Q copiou D),

enquanto $C = 1$, qualquer alteração
 em D pode afetar $\overline{Q_2}$,
 mas não afeta Q_1 ,
 e portanto não afeta $\overline{Q_1} (=S)$.

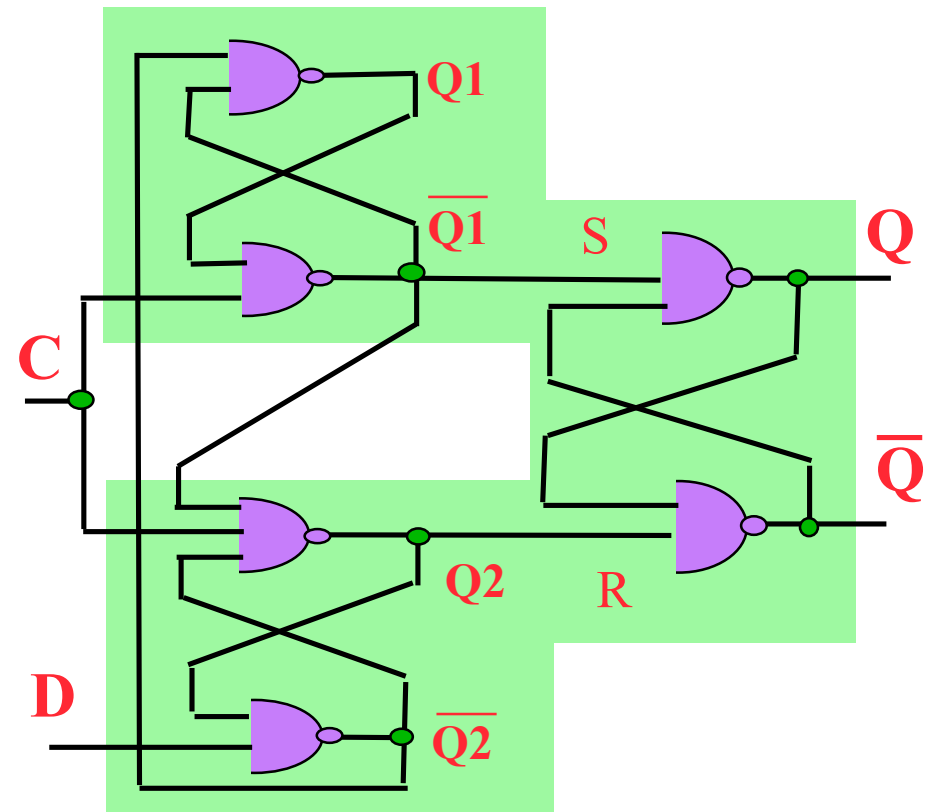
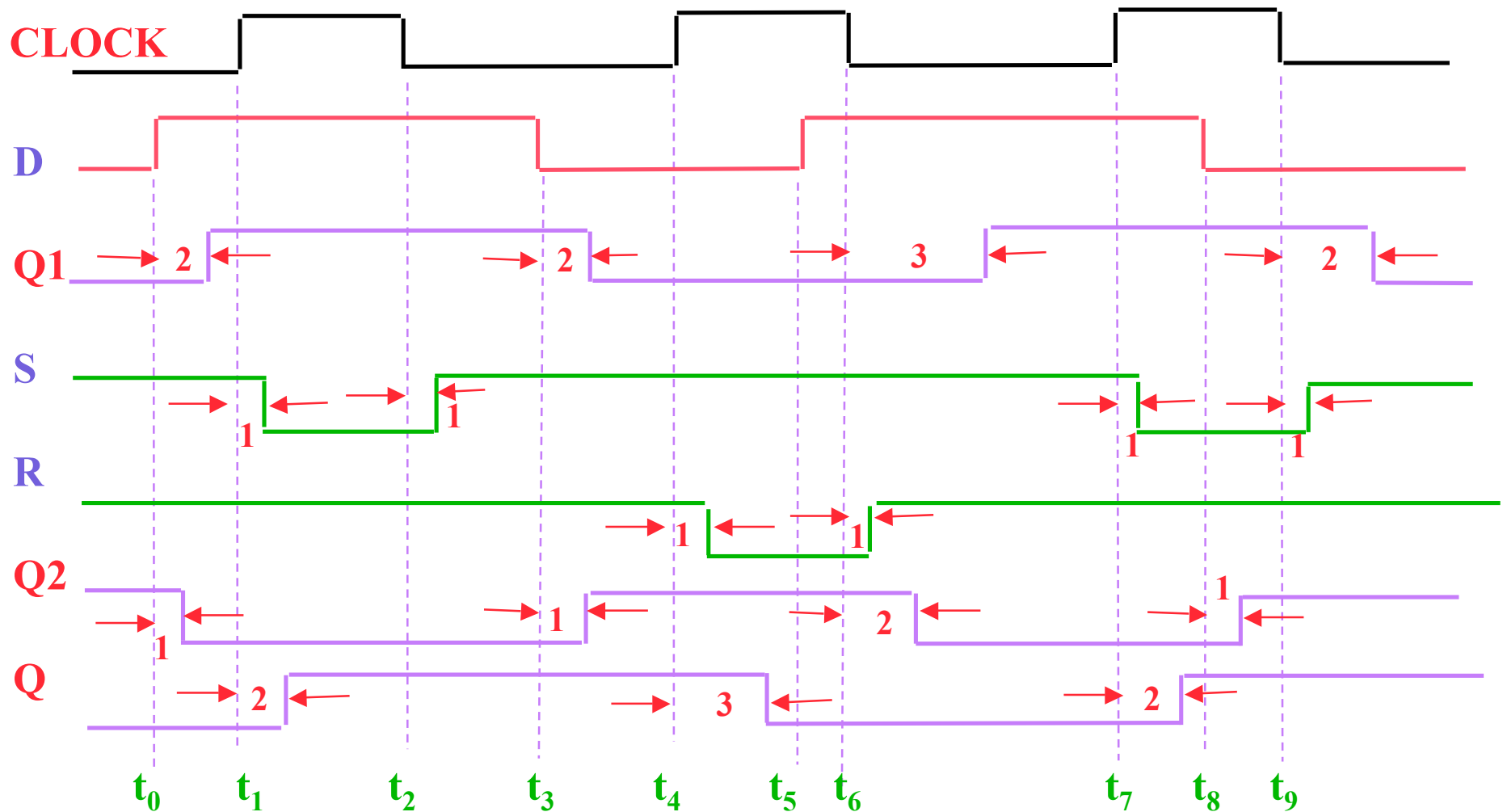


Diagrama de tempos: flip-flop sensível à borda



OBS: considerando como 1,0 ns o atraso de cada NAND

6. Classificação de FF's e latches

Classificação segundo 2 critérios ortogonais

1. Classificação segundo resposta ao pulso de relógio

- sensível ao nível (latch)
- sensível à borda
- mestre-escravo

2. Classificação segundo funções das entradas de dados

RS (ou SR)

D

JK

T (TOGGLE) : JK com as 2 entradas ligadas juntas

$T = J = K = 0$ → nenhum efeito

$T = J = K = 1$ → complementa estado

7. Aspectos temporais

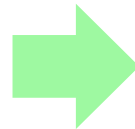
7.1 Tempos de SETUP e HOLD

Considerar FF D sensível à borda

Para que transição C: 0 \rightarrow 1 tenha efeito ($Q \leftarrow D$), valor de $\bar{Q}2$ (no caso de $D = 0$) ou $Q1$ (no caso de $D = 1$) já deve estar estável em 1

$D \rightarrow \bar{Q}2 = 1$ atraso de 1 porta

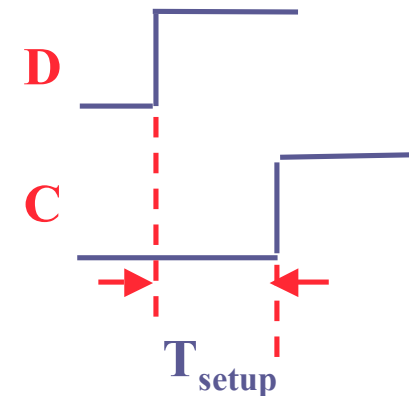
$D \rightarrow Q1 = 1$ atraso de 2 portas



Este atraso é chamado

de tempo de SETUP

Após transição de C, D deve manter-se estável pelo tempo de HOLD



7.2 Ciclo de relógio

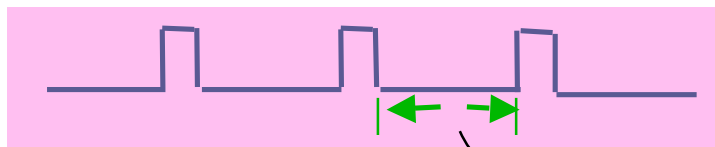
Considerando FF's mestre-escravo

Circuito seqüencial

Quando $CK = 0$  saída recebe valor do mestre

Saídas dos diversos FF's devem se propagar através da lógica combinacional e retornar às entradas dos FF's com valores estáveis antes que $CK = 1$

Usa-se pulso de relógio estreito (mais tempo em 0)



tempo para a lógica combinacional
estabilizar

Exercício: mostre as implementações a seguir:

