



# Eletrônica Digital I

## Capítulo VI Flip- Flop

Aula D – Elementos de memória  
Tipos de Flip-flop, funcionamento

**Prof. MSc. Bruno de Oliveira Monteiro**  
**Engenheiro de Telecomunicações**

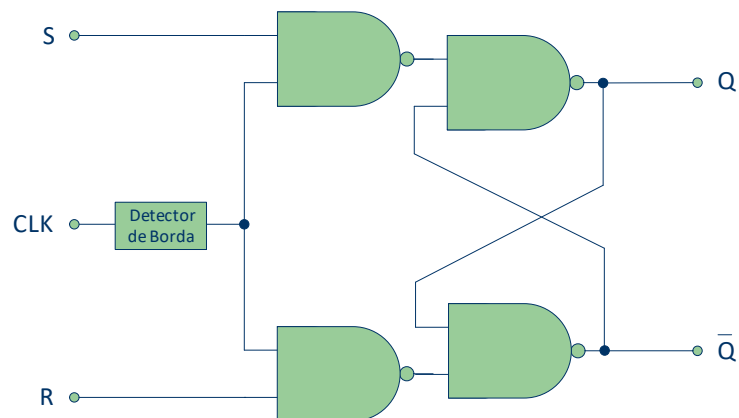
***Inatel***

# Tipos de Flip-flop

## Flip-flop RS:

Vimos que um flip-flop difere de um latch por ser disparado por borda, enquanto o latch é disparado por nível.

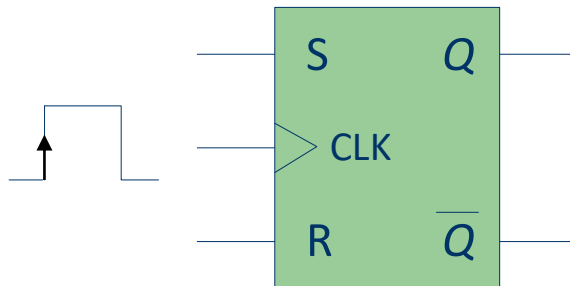
O circuito interno, o bloco lógico e a tabela verdade de um Flip-flop RS são mostrados a seguir:



**Circuito Interno de um Flip-flop RS**

# Tipos de Flip-flop

## Flip-flop RS:



Bloco Lógico

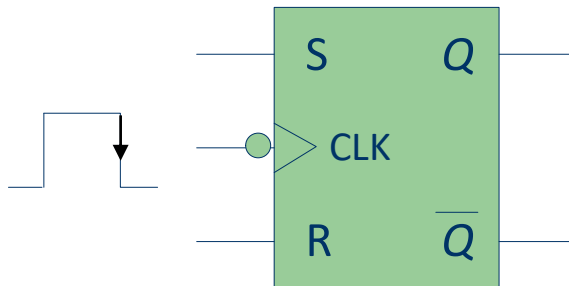
S	R	CLK	$Q_f$
0	0	↑	$Q_a$
0	1	↑	0
1	0	↑	1
1	1	↑	X

Tabela Verdade

**Flip-flop RS disparado na borda de subida do clock**

# Tipos de Flip-flop

## Flip-flop RS:



Bloco Lógico

S	R	CLK	$Q_f$
0	0	↓	$Q_a$
0	1	↓	0
1	0	↓	1
1	1	↓	X

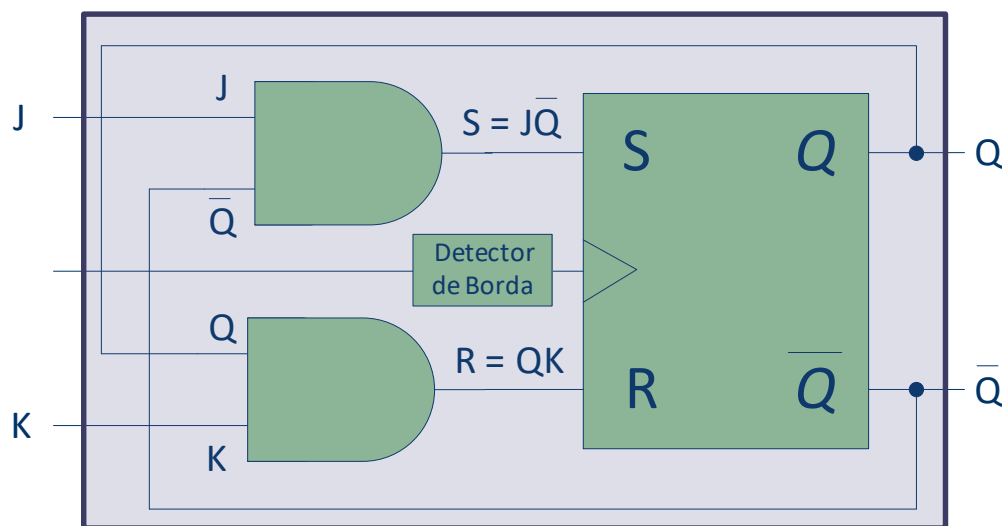
Tabela Verdade

**Flip-flop RS disparado na borda de descida do clock**

# Tipos de Flip-flop

## Flip-flop JK:

O Flip-flop JK utiliza um flip-flop RS realimentado com na figura abaixo.



**Flip-flop JK**

# Tipos de Flip-flop

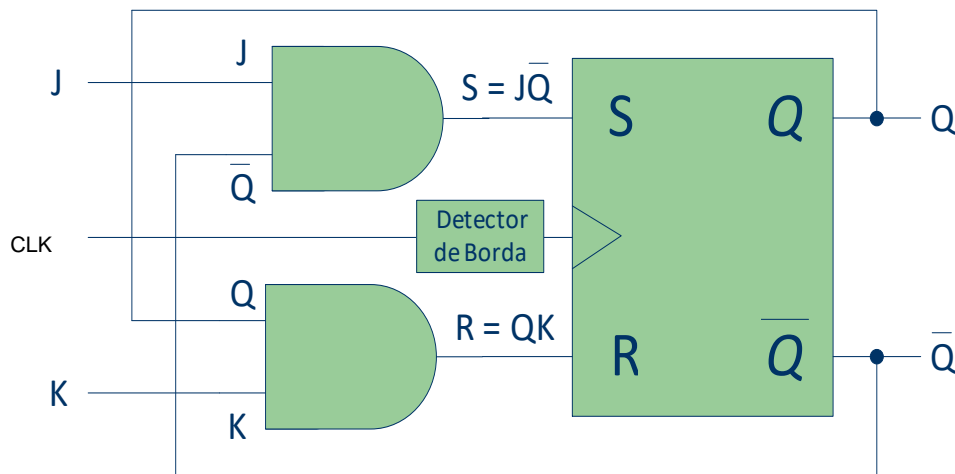
## Flip-flop JK:

No Flip-flop JK, as entradas “J” e “K” controlam o estado lógico do FF, de maneira análoga às entradas “S” e “R” de um flip-flop RS. Entretanto, no FF JK a condição  $J = K = 1$  não gera uma saída ambígua como ocorre para o FF RS quando  $S = R = 1$ . Como veremos a seguir, no FF JK a condição de  $J = K = 1$  provoca uma comutação no seu estado lógico no instante em que ocorre a borda de transição do sinal de clock. Esse modo de operação, denominado **modo de comutação** (*toggle mode*) torna o FF JK muito mais versátil que o FF RS.

Um FF JK faz tudo o que um FF RS pode fazer, além de operar no modo comutação.

# Tipos de Flip-flop

## Flip-flop JK:

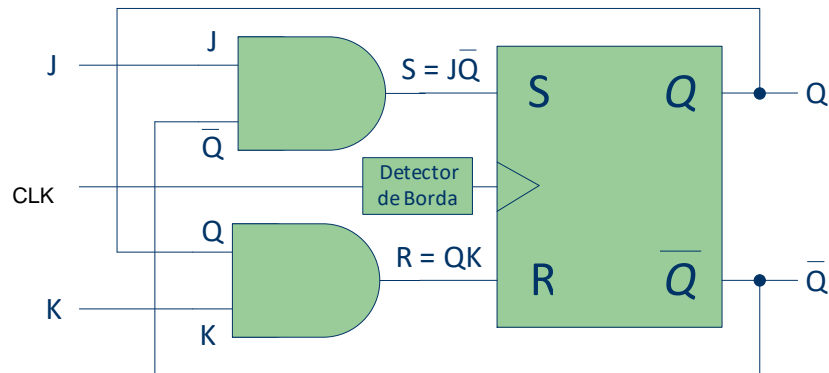


J	K	$Q_a$	$\bar{Q}_a$	S	R	$Q_f$
0	0	0				
0	0	1				
0	1	0				
0	1	1				
1	0	0				
1	0	1				
1	1	0				
1	1	1				

**Circuito Interno de um Flip-flop JK**

# Tipos de Flip-flop

## Flip-flop JK:



Flip-flop JK

J	K	$Q_a$	$\overline{Q}_a$	S	R	$Q_f$	
0	0	0	1	0	0	$Q_a$	$Q_a$
0	0	1	0	0	0	$Q_a$	
0	1	0	1	0	0	$Q_a (Q_a = 0)$	0
0	1	1	0	0	1	0	
1	0	0	1	1	0	1	1
1	0	1	0	0	0	$Q_a (Q_a = 1)$	
1	1	0	1	1	0	$\overline{Q}_a$	$\overline{Q}_a$
1	1	1	0	0	1	$\overline{Q}_a$	

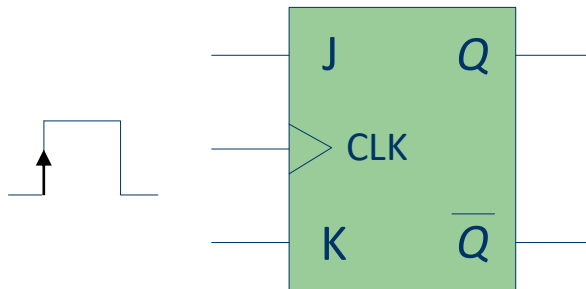
Tabela Verdade

(CLK = 1)



# Tipos de Flip-flop

## Flip-flop JK:



Bloco Lógico

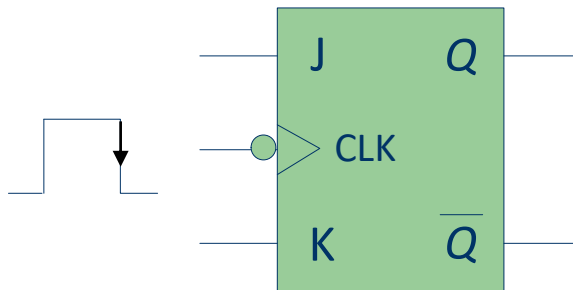
J	K	CLK	$Q_f$
0	0	↑	$Q_a$
0	1	↑	0
1	0	↑	1
1	1	↑	$\overline{Q}_a$

Tabela Verdade

Flip-flop JK disparado na borda de subida do clock

# Tipos de Flip-flop

## Flip-flop JK:



Bloco Lógico

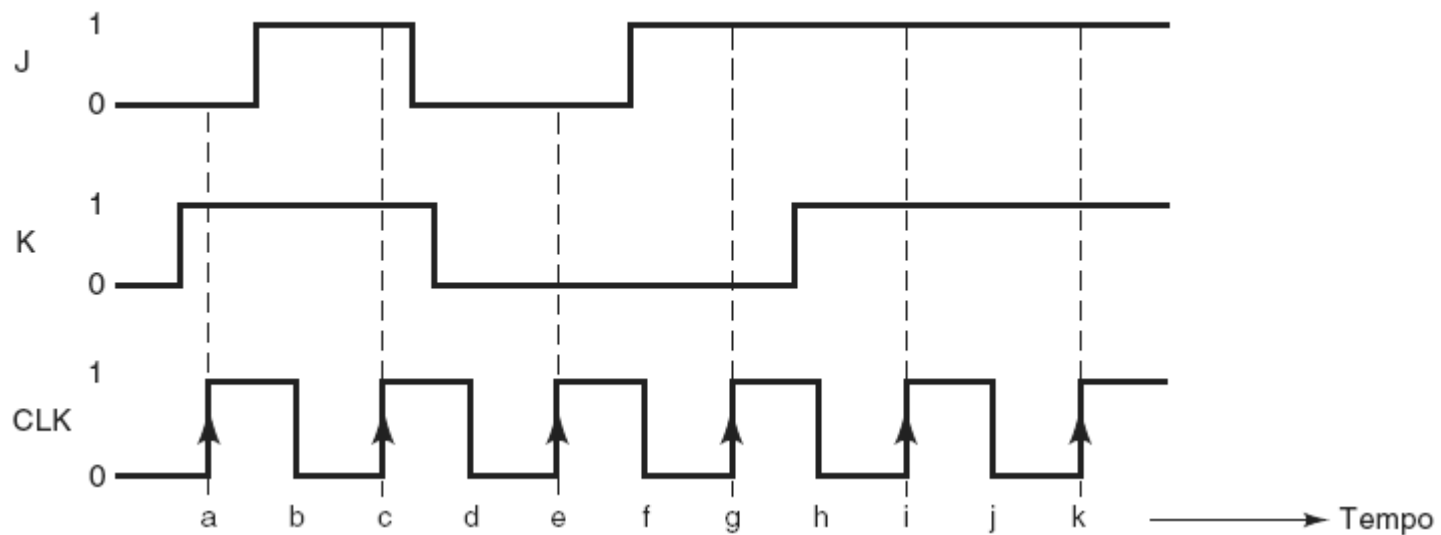
J	K	CLK	$Q_f$
0	0	↓	$Q_a$
0	1	↓	0
1	0	↓	1
1	1	↓	$\overline{Q_a}$

Tabela Verdade

**Flip-flop JK disparado na borda de descida do clock**

# Tipos de Flip-flop

**Exercício 1:** Determine a forma de onda na saída de um FF JK disparado pela borda de subida, considerando que em suas entradas sejam aplicadas os sinais abaixo. Adote inicialmente que a saída  $Q=1$ .

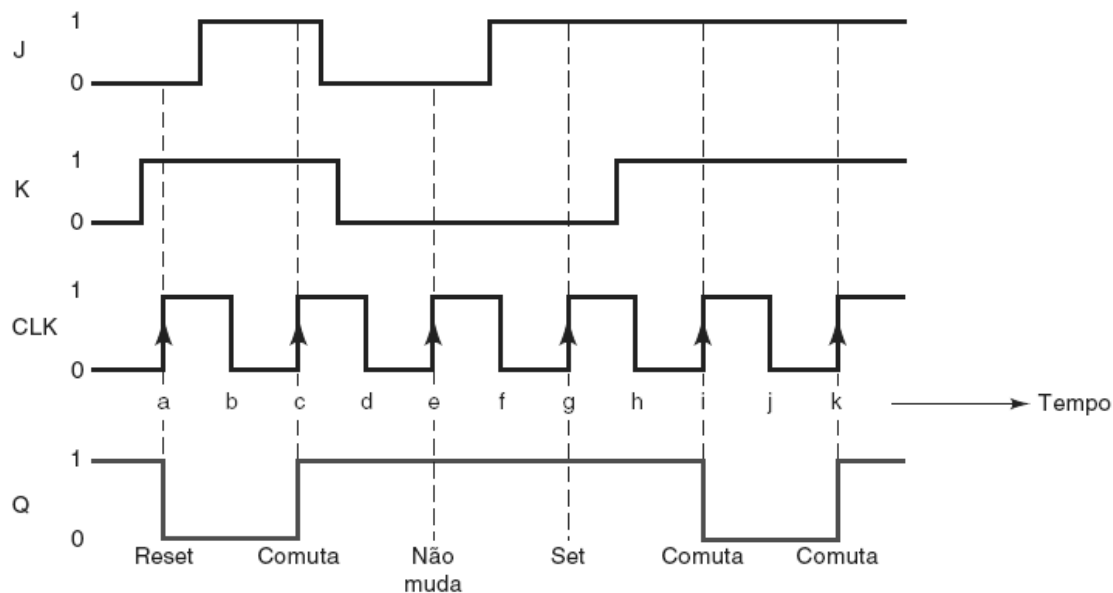


# Tipos de Flip-flop

## Resposta Exercício 1

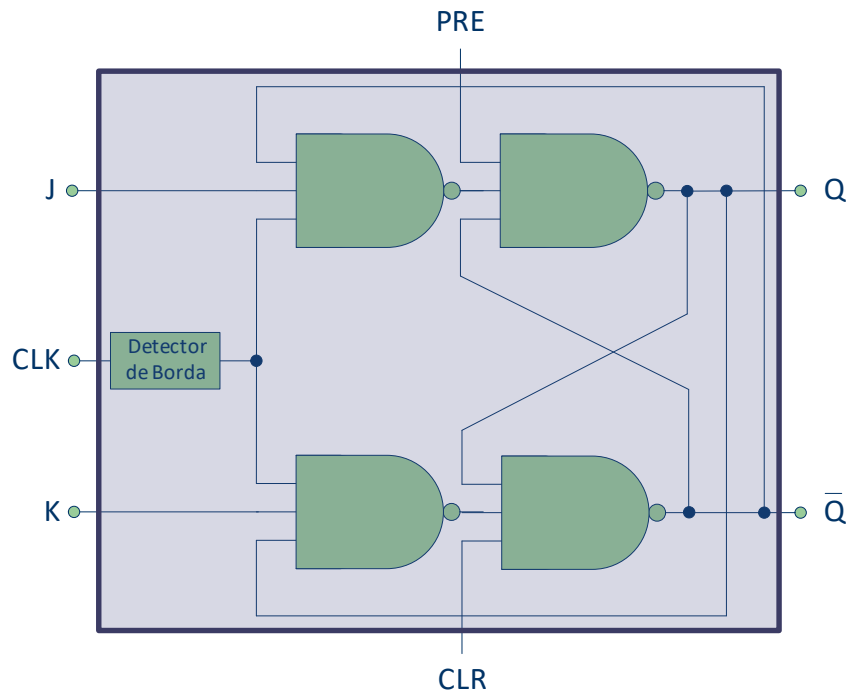
J	K	CLK	$Q_f$
0	0	↑	$Q_a$
0	1	↑	0
1	0	↑	1
1	1	↑	$\overline{Q_a}$

Tabela Verdade



# Tipos de Flip-flop

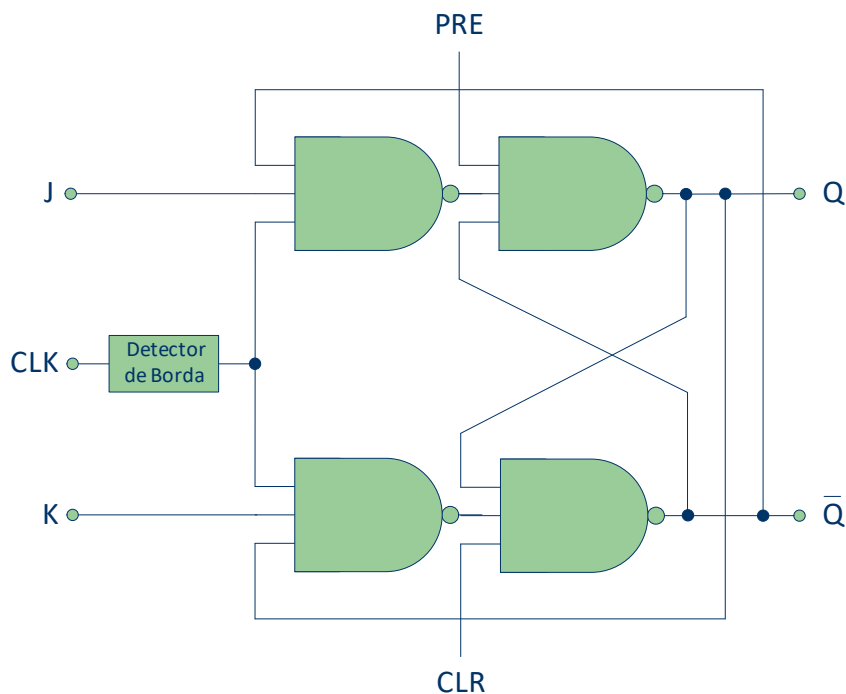
Flip-flop JK com Entradas *Preset* e *Clear* :



# Tipos de Flip-flop



## Flip-flop JK com Entradas *Preset* e *Clear* :



CLR	PRE	$Q_f$
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

# Tipos de Flip-flop

## Flip-flop JK com Entradas *Preset* e *Clear* :

As entradas **Preset** (**PRE**) e **Clear** (**CLR**) são utilizadas para colocar o FF no estado “1” ou “0”, em qualquer instante, independentemente das condições das outras entradas.

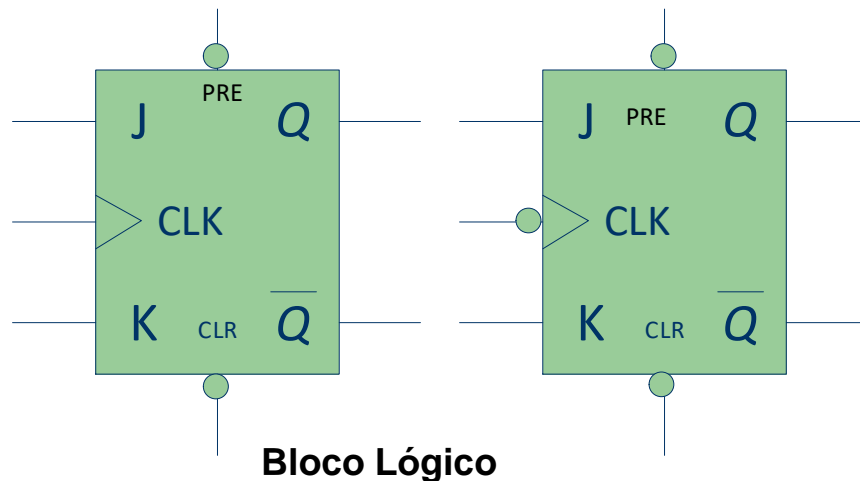
Vemos que se **PRE** = 0, **Q** = 1 e se **CLR** = 0,  $\overline{\mathbf{Q}} = 1$ , logo,

**Q** = 0. Para **PRE** = **CLR** = 1, o FF funciona normalmente e para **PRE** = **CLR** = 0 a resposta será ambígua, pois teremos  $\mathbf{Q} = \overline{\mathbf{Q}} = 1$ .

Portanto, as entradas Preset e Clear não podem assumir valor “0” simultaneamente.

# Tipos de Flip-flop

## Flip-flop JK com Entradas *Preset* e *Clear* :



CLR	PRE	$Q_f$
0	0	Não Permitido
0	1	0
1	0	1
1	1	Funcionamento Normal

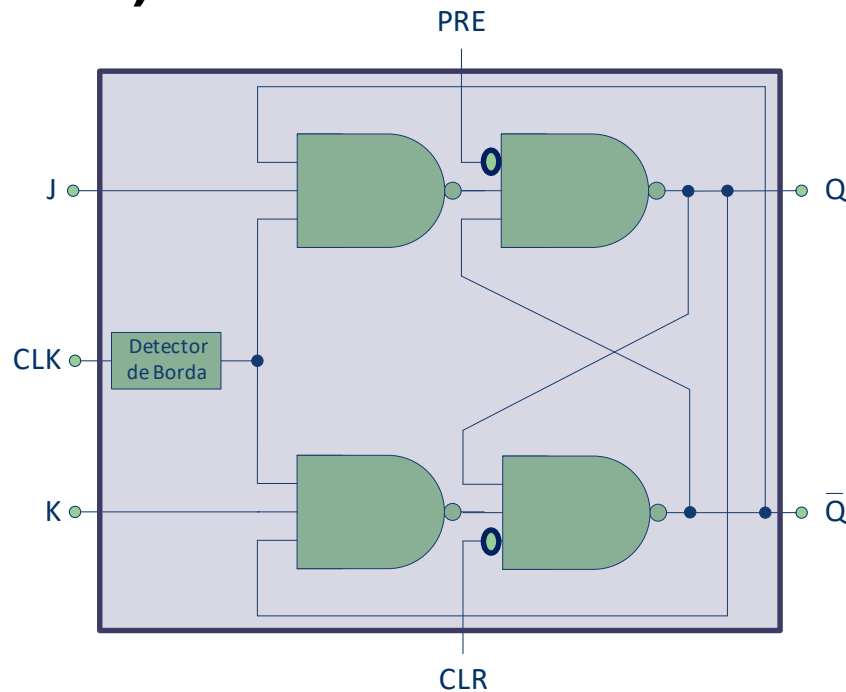
Tabela Verdade

Os círculos na simbologia do bloco indicam que as entradas PRE e CLR são ativas em "0". Para que elas se tornem ativas em '1', basta introduzir inversores no circuito interno do FF e eliminar os círculos da simbologia do bloco lógico.



# Tipos de Flip-flop

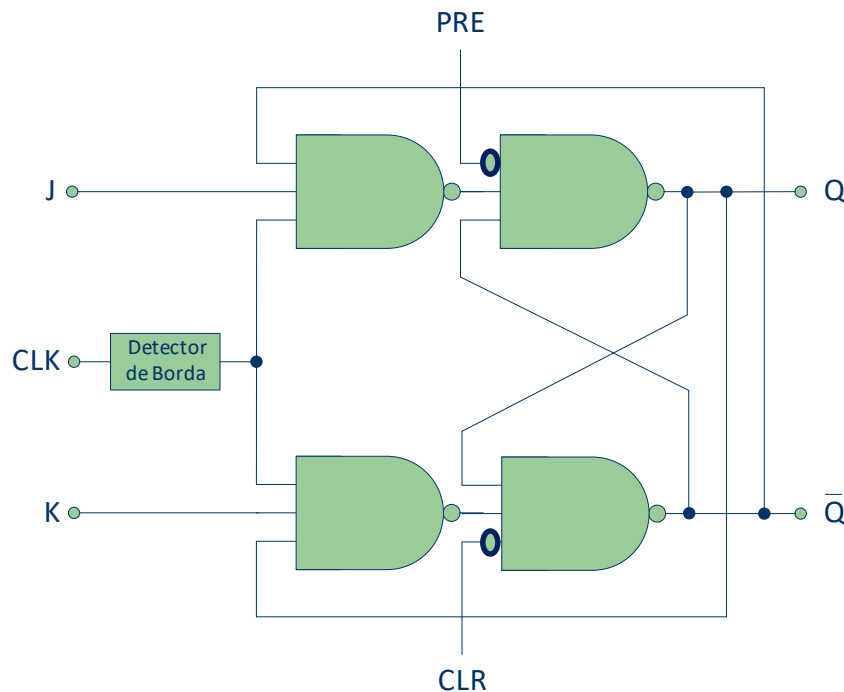
Flip-flop JK com Entradas *Preset* e *Clear* (invertadas):



# Tipos de Flip-flop



## Flip-flop JK com Entradas *Preset* e *Clear* (*invertidas*) :



CLR	PRE	$Q_f$
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

# Tipos de Flip-flop

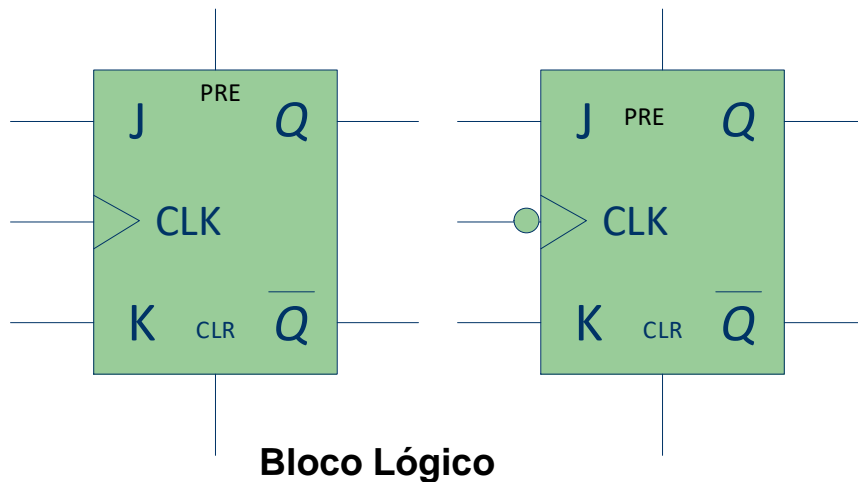
## Flip-flop JK com Entradas *Preset* e *Clear* (invertidas):

Vemos que se  $\text{PRE} = 1$ ,  $Q = 1$  e se  $\text{CLR} = 1$ ,  $\overline{Q} = 1$ , logo,  $Q = 0$ . Para  $\text{PRE} = \text{CLR} = 0$ , o FF funciona normalmente e para  $\text{PRE} = \text{CLR} = 1$  a resposta será ambígua, pois teremos  $Q = \overline{Q} = 1$ .

Portanto, as entradas Preset e Clear não podem assumir valor “1” simultaneamente.

# Tipos de Flip-flop

## Flip-flop JK com Entradas *Preset* e *Clear* :

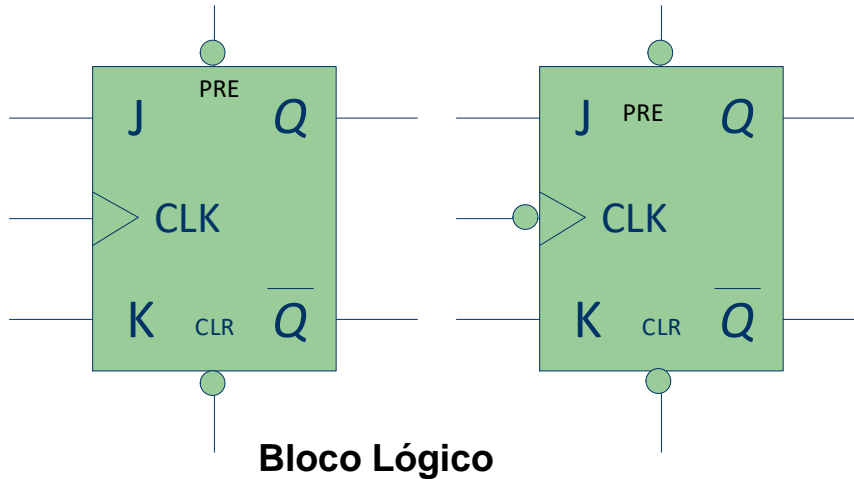


CLR	PRE	$Q_f$
0	0	Funcionamento Normal
0	1	1
1	0	0
1	1	Não Permitido

**Tabela Verdade**

Na simbologia do bloco indicam que as entradas PRE e CLR são ativas em “1”.

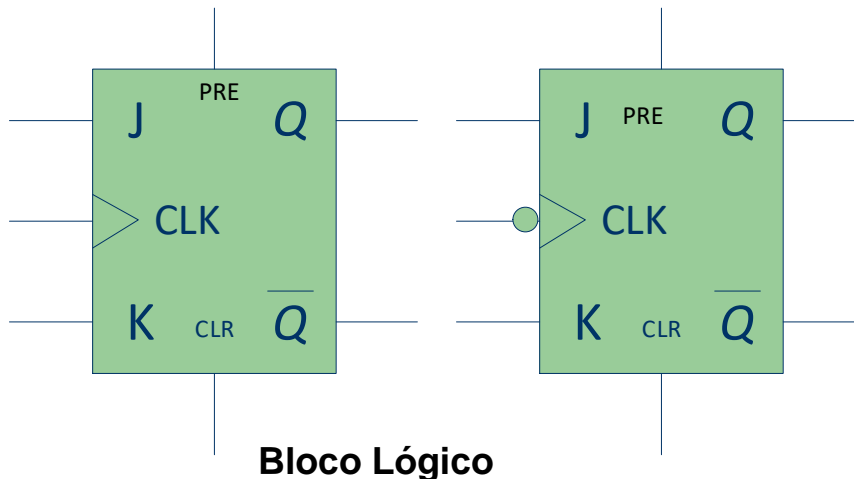
## Resumo das entradas Preset e Clear



Bloco Lógico

CLR	PRE	$Q_f$
0	0	Não Permitido
0	1	0
1	0	1
1	1	Funcionamento Normal

Tabela Verdade



Bloco Lógico

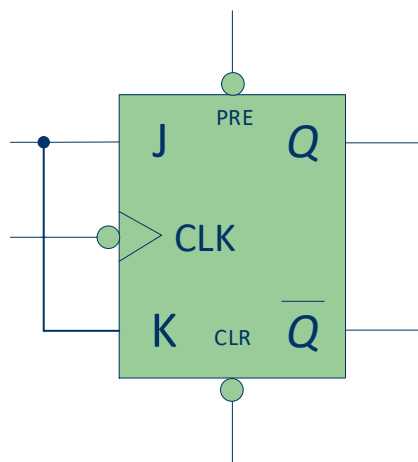
CLR	PRE	$Q_f$
0	0	Funcionamento Normal
0	1	1
1	0	0
1	1	Não Permitido

Tabela Verdade

# Tipos de Flip-flop

## Flip-flop T (*Toggle*):

O Flip-flop T é obtido a partir do FF JK Mestre-Escravo, bastando, para tal, curto-circuitar as entradas “J” e “K”, como ilustrado abaixo.

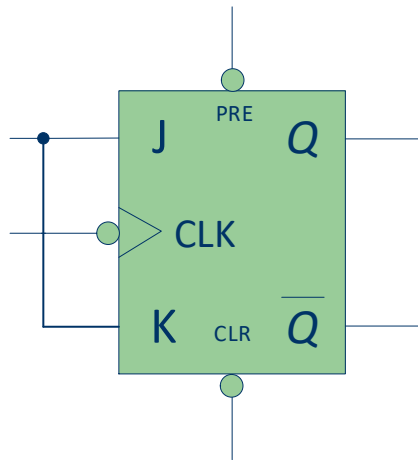


J	K	T	$Q_f$
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		$\overline{Q_a}$

**Flip-flop JK Mestre-Escravo funcionando como Flip-flop T**

# Tipos de Flip-flop

**Flip-flop T (*Toggle*):** Característica:  $T = 1$  complementa a saída. Usado em contadores assíncronos.



J	K	T	$Q_f$
0	0	0	$Q_a$
0	1	Não Existe	-
1	0	Não Existe	-
1	1	1	$\overline{Q_a}$

T	$Q_f$
0	$Q_a$
1	$\overline{Q_a}$

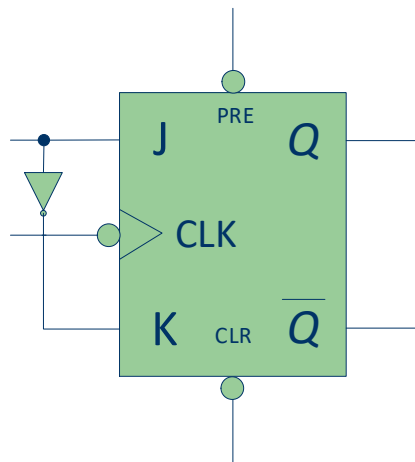
**Flip-flop JK Mestre-Escravo funcionando como Flip-flop T**



# Tipos de Flip-flop

## Flip-flop D (*Data*):

O Flip-flop D é obtido a partir do FF JK Mestre-Escravo com a entrada “K” invertida em relação à entrada “J”, como ilustrado abaixo.



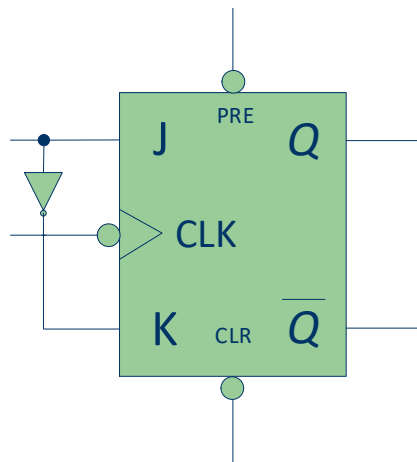
J	K	D	Q <sub>f</sub>
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

**Flip-flop JK Mestre-Escravo funcionando como Flip-flop D**



# Tipos de Flip-flop

**Flip-flop D (*Data*):** Característica: armazena o dado aplicado à entrada D. Usado em registradores de deslocamento e em outros sistemas de memória.



J	K	D	Q <sub>f</sub>
0	0	Não Existe	-
0	1	0	0
1	0	1	1
1	1	Não Existe	-

D	Q <sub>f</sub>
0	0
1	1

**Flip-flop JK Mestre-Escravo funcionando como Flip-flop D**

## Resumo dos tipos de FFs

J	K	$Q_f$
0	0	$Q_a$
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q_a}$

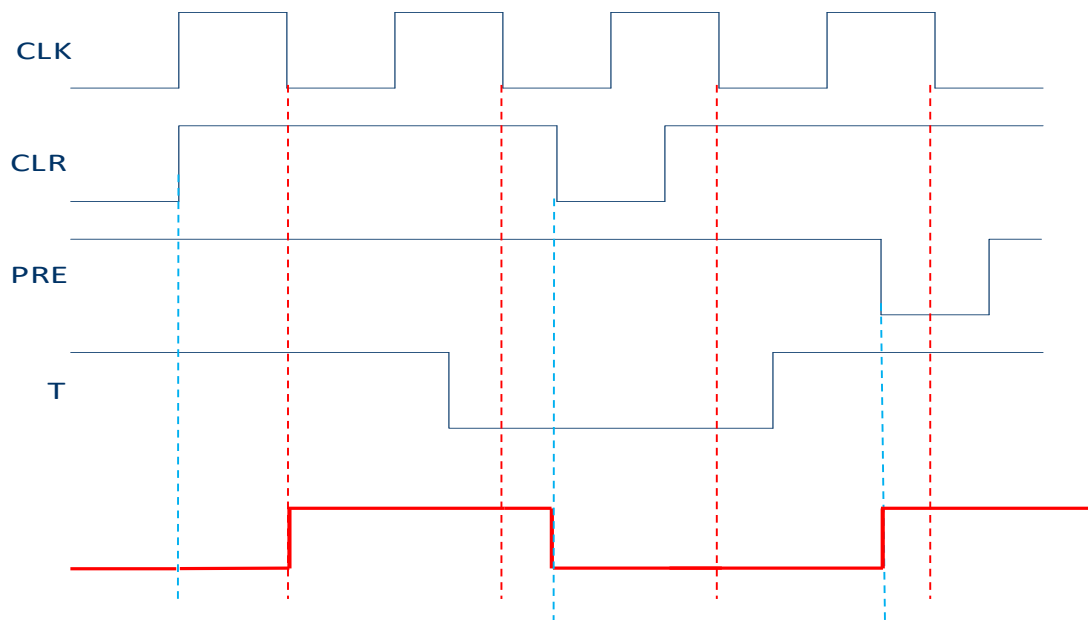
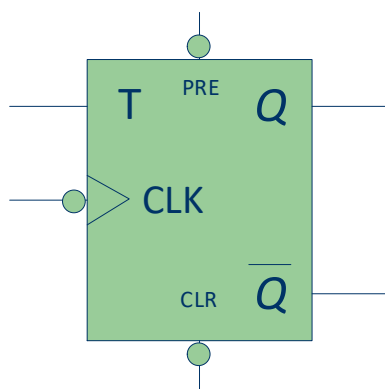
S	R	$Q_f$
0	0	$Q_a$
0	1	0
1	0	1
1	1	X

T	$Q_f$
0	$Q_a$
1	$\overline{Q_a}$

D	$Q_f$
0	0
1	1

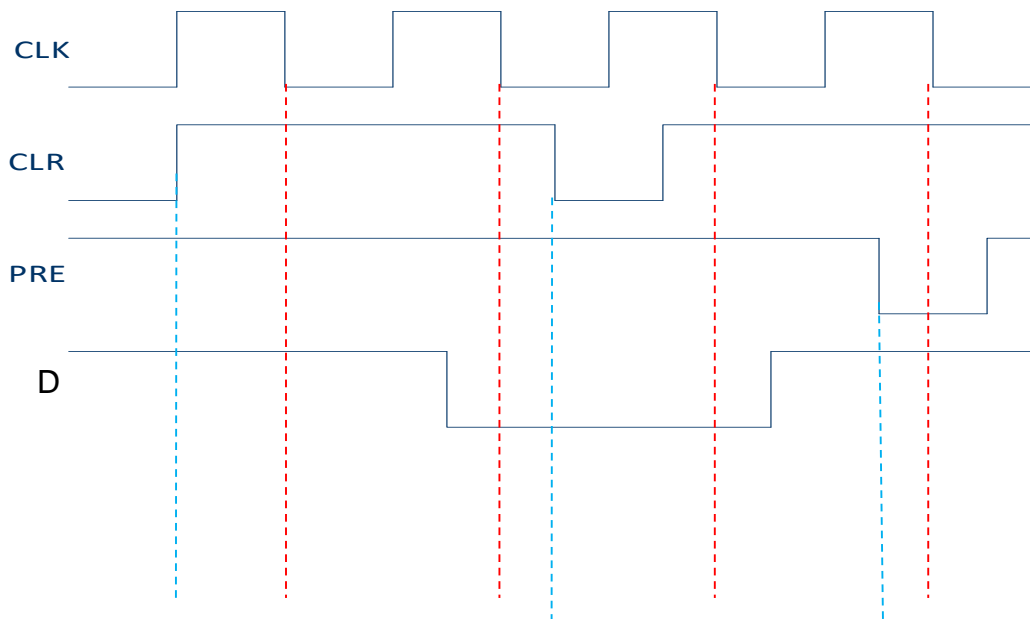
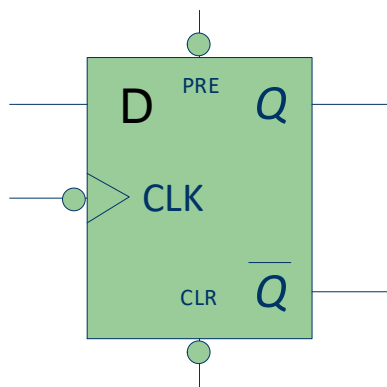
# Tipos de Flip-flop

**Exercício 1:** Dadas as formas de onda de entrada de um flip-flop T, mostradas abaixo, determine as formas de onda em suas saídas.



# Tipos de Flip-flop

**Exercício 2:** Dadas as formas de onda de entrada de um flip-flop D, mostradas abaixo, determine as formas de onda em suas saídas.





# Bons Estudos

**Prof. MSc. Bruno de Oliveira Monteiro**  
**Engenheiro de Telecomunicações**

***Inatel***