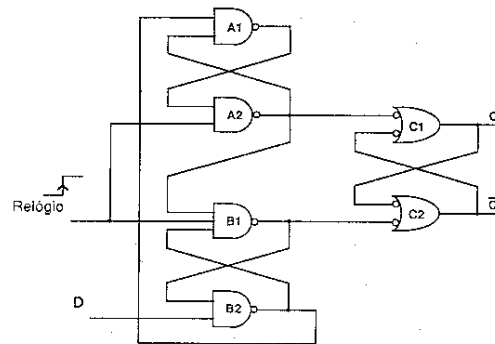




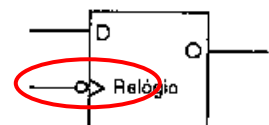
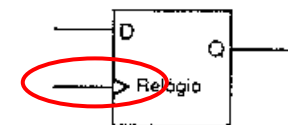
Flip-Flop D

O **Flip-Flop D** (cuja designação provém de *Delay* = *atraso*), tem uma constituição mais complexa do que o SR:



Fabricam-se *Flip-Flops* D de dois tipos:

- Os **sensíveis ao bordo ascendente** do relógio (transições **0→1**): apresentam na saída Q o valor que a entrada D tinha no momento em que o relógio mudou de **0** para **1**;
- Os **sensíveis ao bordo descendente** do relógio (transições **1→0**): apresentam na saída Q o valor que a entrada D tinha no momento em que o relógio mudou de **1** para **0**.





Concluindo, a função de um *Flip-Flop* D é simplesmente **memorizar o estado da entrada D**.

As Tabelas Funcional e de Excitação deste *Flip-Flop*, são as seguintes:

D	Q_n	Q_{n+1}
0	X	0
1	X	1

Tabela Funcional

Q_n	Q_{n+1}	D
X	1	1
X	0	0

Tabela de Excitação

O importante é que o estado da saída Q se mantém, até que haja nova transição do relógio (**0→1** ou **1→0** consoante o tipo de *FF*).

Os *Flip-Flops* sensíveis apenas às transições **0→1** ou **1→0** do relógio, são designados por ***Edge-Triggered Flip-Flops***.

A vertente do relógio a que o *Flip-Flop* reage designa-se por **vertente activa**.



Flip-Flop JK

O **Flip-Flop JK** é uma extensão do SR. Neste *Flip-Flop*, se as entradas **J** e **K** forem ambas **1**, o estado seguinte é o complemento do estado actual (em vez de ser indefinido, como acontecia no SR).

Tabela funcional do **FF SR**:

S	R	Q_{n+1}
0	0	Q_n
0	1	0
1	0	1
1	1	"indefinido"

Tabela funcional do **FF JK**:

J	K	Q_{n+1}
0	0	Q_n
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q_n}$



A Tabela de Excitação do *Flip-Flop* JK pode obter-se de forma equivalente à utilizada para obter a do *Flip-Flop* SR.

Por exemplo, se actualmente $Q_n=0$, como obter $Q_{n+1}=1$?

J	K	Q_{n+1}
0	0	Q_n
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q_n}$

Resposta:

- $J=1$ e $K=0$ porque $Q_{n+1}=1$ qualquer que seja Q_n
- $J=1$ e $K=1$ porque $Q_{n+1}=\overline{Q_n}$ e portanto $Q_{n+1}=1$

Concluindo, $J=1$ e $K=X$:

Q_n	Q_{n+1}	J	K
0	1	1	X



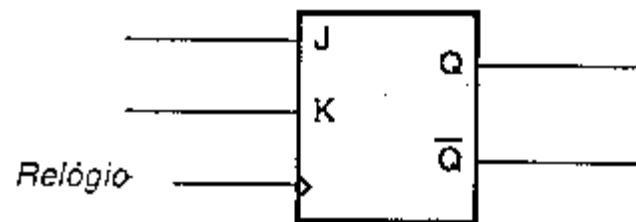
Procedendo de modo análogo para as restantes hipóteses, obtém-se:

J	K	Q_{n+1}		$Q_n \rightarrow Q_{n+1}$	J	K
0	0	Q_n		0 \rightarrow 0	0	X
0	1	0		0 \rightarrow 1	1	X
1	0	1		1 \rightarrow 0	X	1
1	1	\bar{Q}_n		1 \rightarrow 1	X	0

Tabela Funcional *Tabela de Excitação*

Esta linha foi deduzida na página anterior

Os **Flip-Flops JK síncronos** são de longe os mais utilizados. Estes possuem uma entrada de relógio (para além da J e da K):





Estes *Flip-Flops* também existem em duas versões: uma sensível ao bordo ascendente do relógio e outra sensível ao bordo descendente do relógio.

Como um *Flip-Flop* JK implementa todas as funções importantes de um *Flip-Flop* SR (a indefinida, correspondente a $S=R=1$, não interessa), na prática utilizam-se sempre *Flip-Flops* JK (os SR são raros nos CIs comercialmente disponíveis).



Flip-Flop T

O **Flip-Flop T** (cuja designação provém de *toggle* = comutação), possui apenas uma entrada, **T**, e o seu funcionamento é o seguinte:

- Se **T=0**, o *Flip-Flop* mantém o estado anterior;
- Se **T=1**, o *Flip-Flop* complementa o estado anterior.

T	Q_{n+1}
0	Q_n
1	\bar{Q}_n



$Q_n \rightarrow Q_{n+1}$	T
0 \rightarrow 0	0
0 \rightarrow 1	1
1 \rightarrow 0	1
1 \rightarrow 1	0

Tabela Funcional

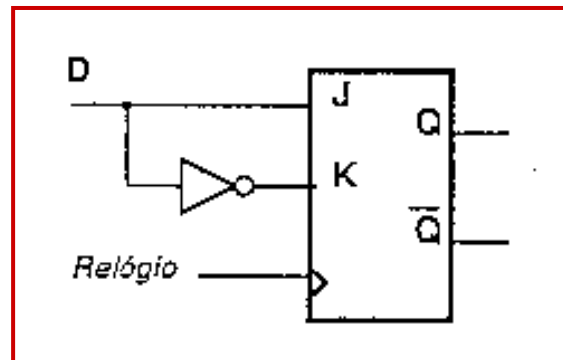
Tabela de Excitação

O *Flip-Flop* T não existe comercialmente disponível porque se implementa com facilidade a partir do JK.



Obtenção de *Flip-Flops* T e D a partir de JK

Um **Flip-Flop D** pode obter-se a partir de um **JK** da seguinte forma:



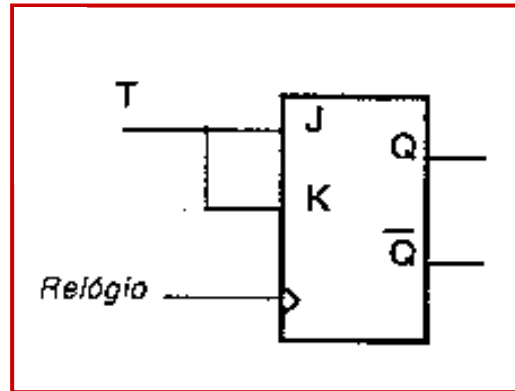
☞ De facto, como $J = \bar{K}$, o Flip-Flop trabalha apenas na zona assinalada da tabela ao lado;

J	K	Q _{n+1}
0	0	Q _n
0	1	0
1	0	1
1	1	\bar{Q}_n

☞ Ou seja, a saída Q_{n+1} é sempre igual à entrada J (equivalente à entrada D, nesta montagem).



Por seu lado, um **Flip-Flop T** pode obter-se a partir de um **JK** da seguinte forma:



J	K	Q _{n+1}
0	0	Q _n
0	1	0
1	0	1
1	1	\bar{Q}_n

☞ De facto, como $J=K$, o *Flip-Flop* trabalha apenas nas zonas assinaladas da tabela ao lado;

☞ Portanto, a saída Q_{n+1} é igual ao estado actual Q_n , se $J=0$, ou igual ao seu complemento, se $J=1$.

Só se procede à realização de um *Flip-Flop* JK à custa dos outros tipos de *Flip-Flops*, como exercício didáctico (na prática, a complexidade não o justifica).



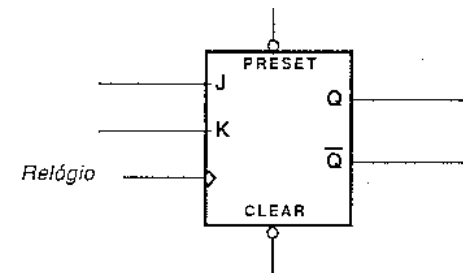
Entradas **PRESET** e **CLEAR**

É vulgar que os **CI**s comerciais tenham entradas **PRESET** e **CLEAR**:

- **PRESET** (às vezes também designada por **SET**), coloca a saída Q do *Flip-Flop* a **1**, incondicional e assincronamente;
- **CLEAR** (às vezes também designada por **RESET**), coloca a saída Q do *Flip-Flop* a **0**, incondicional e assincronamente.

As entradas **PRESET** e **CLEAR** sobrepõem-se à funcionalidade das entradas do *Flip-Flop*.

Por exemplo, no caso do *Flip-Flop* JK, este atinge o estado **1** ou **0** quaisquer que sejam os valores de J e K nesse momento.





Por outro lado, as entradas **PRESET** e **CLEAR** actuam independentemente do relógio: são assíncronas e por isso actuam logo que activadas.

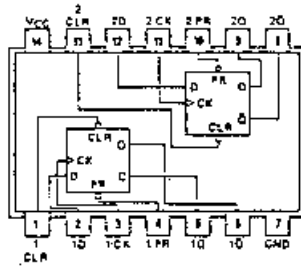
A importância destas entradas reside na possibilidade de **inicialização simultânea de vários *Flip-Flops***.

Por exemplo, se num circuito constituído por diversos *Flip-Flops* se pretender que comecem todos no estado **0** (ou **1**), basta, para tal, activar uma única linha de **CLEAR** (ou **PRESET**) ligada a todos eles.



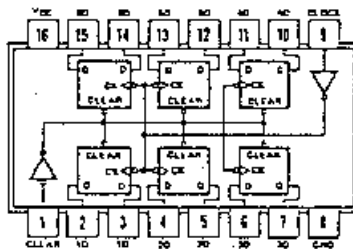
Exemplos de *FFs* disponíveis sob a forma de *ICs*

- **7474**: *Dual D-Type positive-edge-triggered Flip-Flops with Preset and Clear*



Dois *FFs* D com saídas Q e /Q, e Preset e Clear independentes para cada um deles

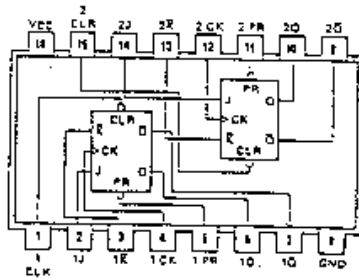
- **74174**: *Hex D-Type Flip-Flops with single-rail output and common Clear*



Seis *FFs* D apenas com saídas Q e um único Clear comum a todos



- **74109:** *Dual JK positive-edge-triggered Flip-Flops with Preset and Clear*



Dois FFs JK com saídas Q e /Q, e Preset e Clear independentes para cada um deles