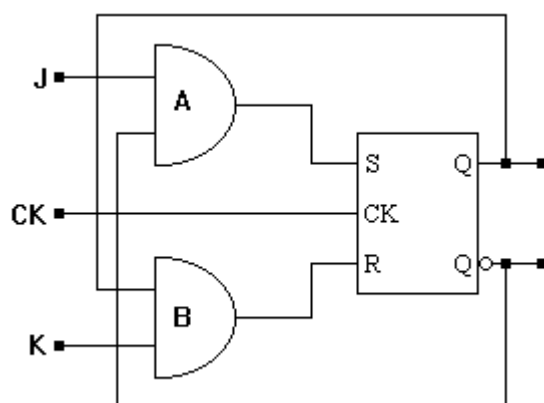


FLIP-FLOPS "JK" e "T"

O FF JK é um dos mais versáteis utilizados em circuitos lógicos, sendo por isso considerado como *FF Universal*.

A figura abaixo mostra um FF JK implementado a partir de um FF RS sincronizado básico:



Na saída da porta A, temos $J.Q'$ e na saída da porta B temos $K.Q$

No FF JK não existe modo proibido. Em função das entradas o FF JK possui os seguintes modos de operação:

J	K	Modo de operação
0	0	Hold
0	1	Reset
1	0	Set
1	1	Toggle

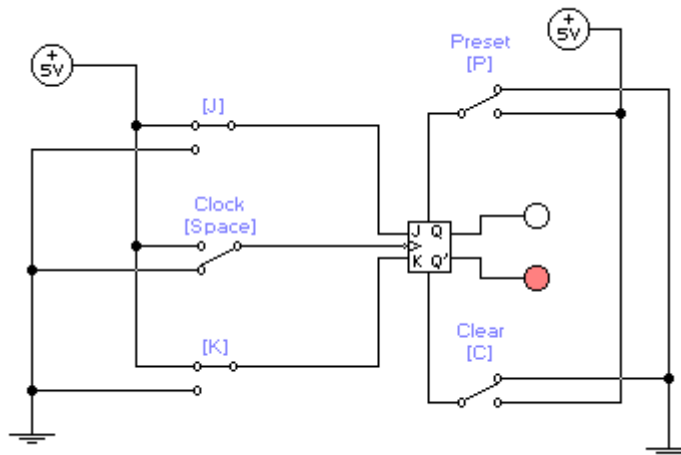
O modo de operação TOGGLE é exclusivo do FF JK e só ocorre quando $J = 1$ e $K = 1$. Neste caso as saídas se auto complementam.

Por exemplo, se $Q = 1$ e $Q' = 0$, ao se aplicar nas entradas $J = 1$ e $K = 1$ as saídas passam a ser $Q = 0$ e $Q' = 1$.

Qn = 1 (set)				
Entradas		Saídas		Modo de operação
J	K	Qn+1	Qn+1'	
0	0	1	0	Hold
0	1	0	1	Reset
1	0	1	0	Set
1	1	0	1	Toggle

O FF JK é sincronizado, sendo ativado somente em transição do pulso de clock, ou seja L-H ou H-L.

SIMULAÇÃO NO EWB



A implementação acima mostra um FF JK com entradas PR e CLR ativas em 1 e CK ativo na transição H-L.

O modo de operação é Toggle, pois $J = 1$ e $K = 1$. Como $PR = 0$ e $CLR = 0$ o FF está liberado.

Todas as vezes que a barra de espaço for acionada, a chave comutará de H para L (+5V para a terra) e vice-versa.

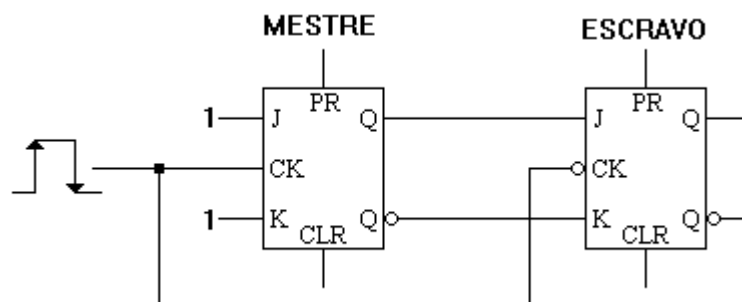
Nestas condições pode-se observar a auto complementação quando ocorrer a transição H-L.

FF JK MESTRE-ESCRAVO (MASTER-SLAVE)

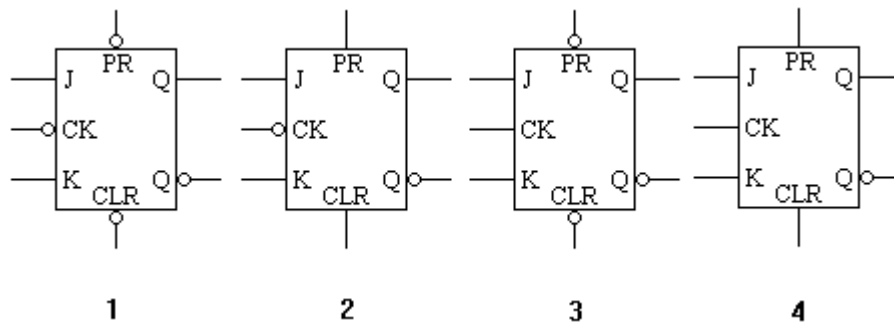
O FF JK mestre-escravo (MS – do inglês Master-Slave) nada mais é do que a interligação de dois FFs comuns, onde o primeiro é denominado Mestre (master) e o segundo Escravo (slave).

A característica importante desse tipo de FF é que o Mestre é acionado pela borda positiva do pulso de clock, ou seja transição L-H, enquanto que o Escravo copia o mestre na borda negativa do pulso de clock, ou seja, transição H-L.

Conclui-se portanto, que isto provoca um funcionamento efetivo do FF durante a duração do pulso de clock e desta forma, as saídas do Mestre e do Escravo estarão defasadas em um tempo que é igual a largura do pulso de clock.



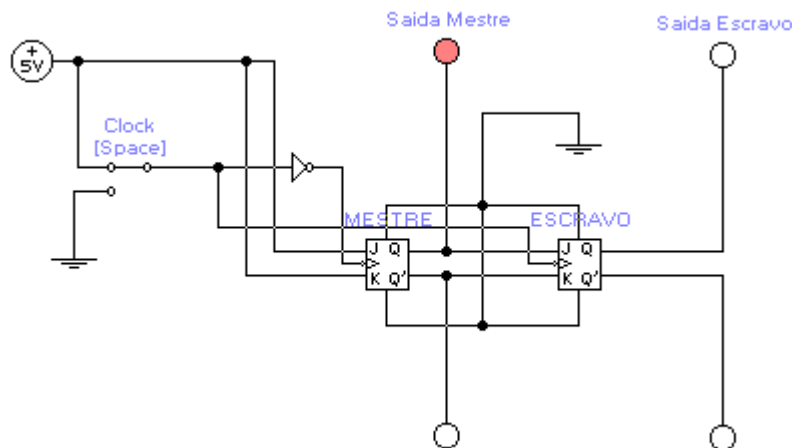
Normalmente os FFs JK MS vêm encerrados dentro de um único invólucro e a simbologia usada para representá-los é mostrada abaixo:



- CIRCUITO 1: PR e CLR ativos em 0 e CK na transição H-L
- CIRCUITO 2: PR e CLR ativos em 1 e CK na transição H-L
- CIRCUITO 3: PR e CLR ativos em 0 e CK na transição L-H
- CIRCUITO 4: PR e CLR ativos em 1 e CK na transição L-H

SIMULAÇÃO NO EWB

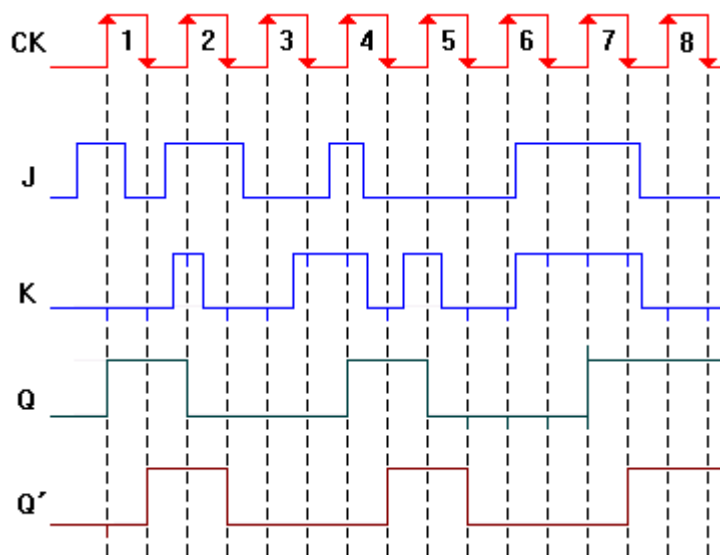
FF JK MS com entradas PR e CLR ativos em 1
 Nestas condições, para liberar o FF devemos Ter:
 $PR = CLR = 0$



Quando a barra de espaço é acionada por várias vezes, observa-se que na transição L-H o FF Mestre é ativado e na transição H-L o FF Escravo copia o FF Mestre.

Observe que o FF Mestre está no modo de operação Toggle, ou seja $J = K = 1$ e que todas as informações da saída do FF Mestre serão enviadas para o FF escravo na descida do pulso.

A figura a seguir mostra uma análise gráfica desse tipo de FF, onde se pode observar claramente que a defasagem entre a saída do Mestre (Q) e a saída do Escravo (Q') é correspondente a largura de um pulso de clock.



A tabela abaixo é um exemplo de um FF JK MS (Master Slave, do inglês) com entradas PR e CLR ativas em 0 e o clock ativa o FF nas duas transições (LH e HL).

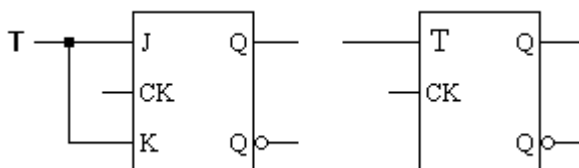
Qn = RESET

ENTRADAS					SAÍDAS		Modo de operação
PR	CLR	CK	J	K	Q _{n+1}	Q _{n+1} '	
0	1	X	X	X	1	0	Set
1	0	X	X	X	0	1	Reset
0	0	X	X	X	1	1	Proibido
1	1	↑↓	0	0	Q _n	Q _n '	Hold
1	1	↑↓	0	1	0	1	Reset
1	1	↑↓	1	0	1	0	Set
1	1	↑↓	1	1	0	1	Toggle

Observa-se que, a única situação em que o FF entra no modo de operação PROIBIDO, é por conta das entradas PR e CLR (PR = 0 e CLR = 0).

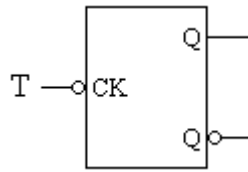
FF TIPO T

Esse FF é obtido normalmente a partir de um FF JK, onde as entradas J e K são interligadas, passando então a receber o nome de FF tipo T, conforme ilustram as figuras abaixo:

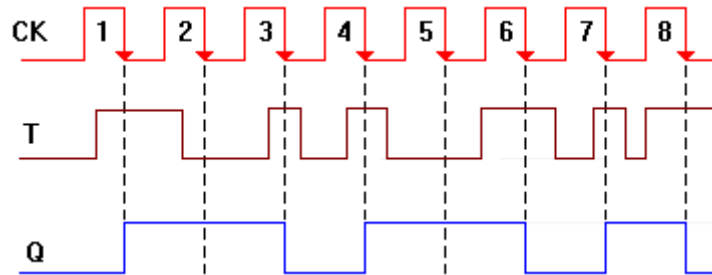


Deduz-se então que o FF tipo T não possui os modos de operação SET e RESET, possuindo apenas os modos de operação HOLD e TOGGLE.

Em vista disso, é muito comum utilizar-se da simbologia abaixo para um FF do tipo T.



A figura abaixo mostra as formas de onda de um FF T com entradas de clock e T separadas:



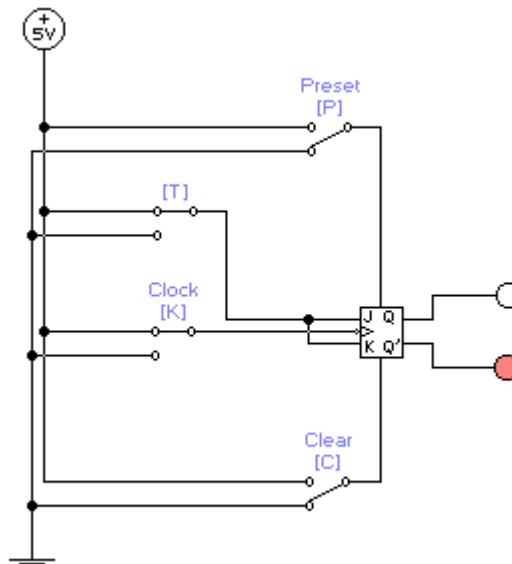
No exemplo mostrado, os pulsos de clock ativam o FF na transição negativa, ou seja, H-L.

SIMULAÇÃO NO EWB

FF do tipo T a partir de um FF JK

PR e CLR ativos em 1

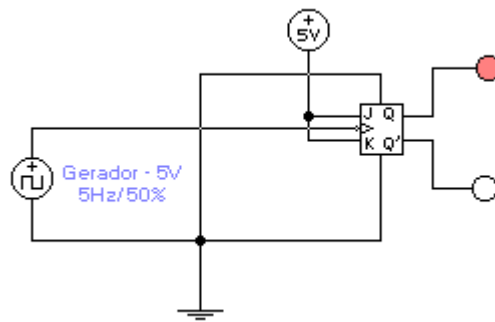
Clock sensível a borda negativa (H-L)



À medida que a tecla K (clock) for acionada, as saídas se complementarão na velocidade de acionamento da chave, pois $T = 1$ (modo de operação Toggle no FF JK).

Observa-se que PR e CLR estão em 0, liberando assim o FF.

A figura abaixo mostra a implementação no EWB de um FF tipo T, onde a entrada de dados é aplicada diretamente na entrada de clock.



Foi utilizado um gerador de onda quadrada, ajustado para a frequência de 5Hz e uma tensão de 5V (compatível TTL).

O efeito final é de um pisca-pisca, cuja alternância obedece a frequência da onda quadrada aplicada na entrada.

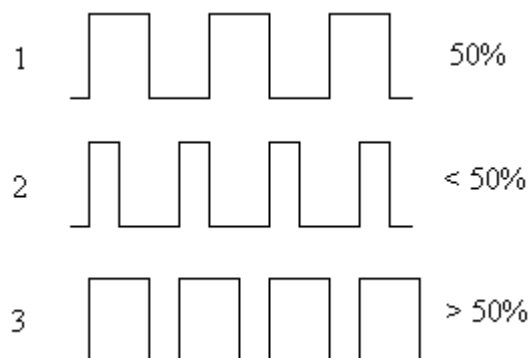
Para que o FF seja liberado nota-se que as entradas PR e CLR estão em nível 0.

Para obter-se o efeito de pisca-pisca é necessário colocar as entradas J e K em nível 1, para que o mesmo opere em TOGGLE.

OBS: O gerador de onda quadrada foi ajustado para Duty cycle = 50%.

Duty cycle é a relação entre os períodos dos níveis 1 e 0 (nível alto e nível baixo) em uma onda quadrada.

Um duty cycle de 50% proporciona em uma onda quadrada períodos iguais para nível 1 e para nível 0. Veja as figuras abaixo:



CONCLUSÕES:

Forma de onda 1 - duty cycle = 50%: observa-se que os períodos no nível 1 e nível zero são iguais.

Forma de onda 2 - duty cycle < (menor) do que 50%: nestas condições, observa-se que o período no nível 1 é menor do que no nível 0. O período no nível 1 ficará tão menor quando menor for essa percentagem.

Forma de onda 3 - duty cycle > (maior) do que 50%: nestas condições observa-se exatamente o contrário, ou seja, o período no nível 0 tenderá a diminuir quanto maior for essa percentagem.