

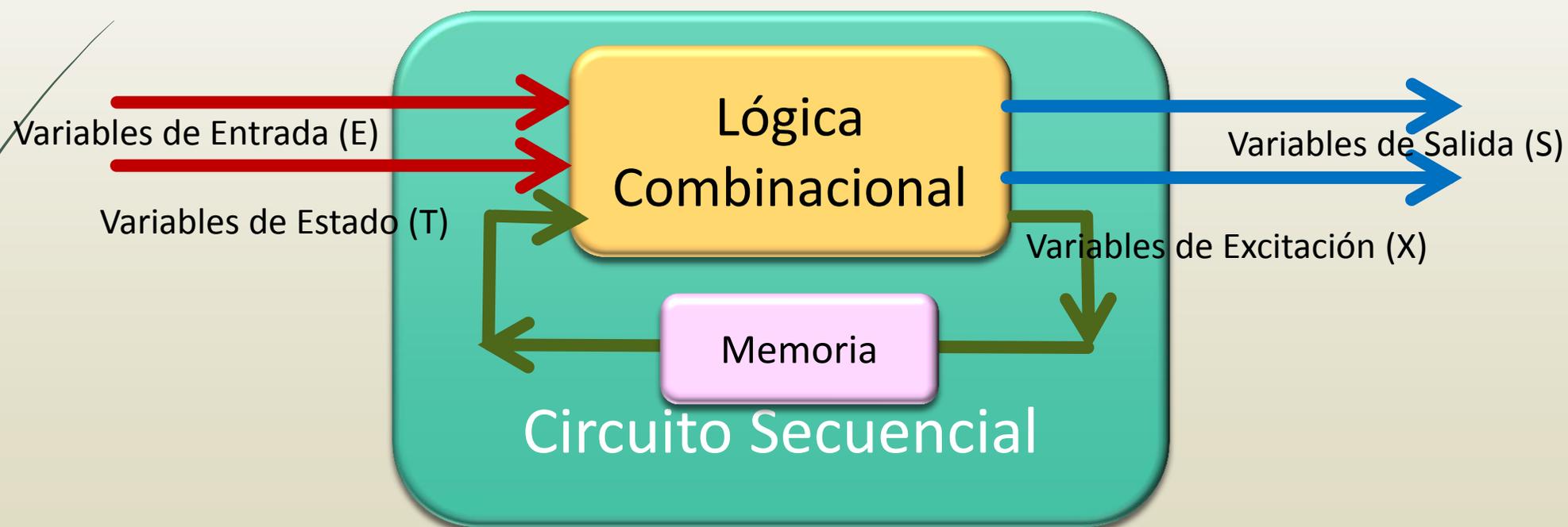


# TÉCNICAS Y ESTRUCTURAS DIGITALES

Práctica de Circuitos Secuenciales

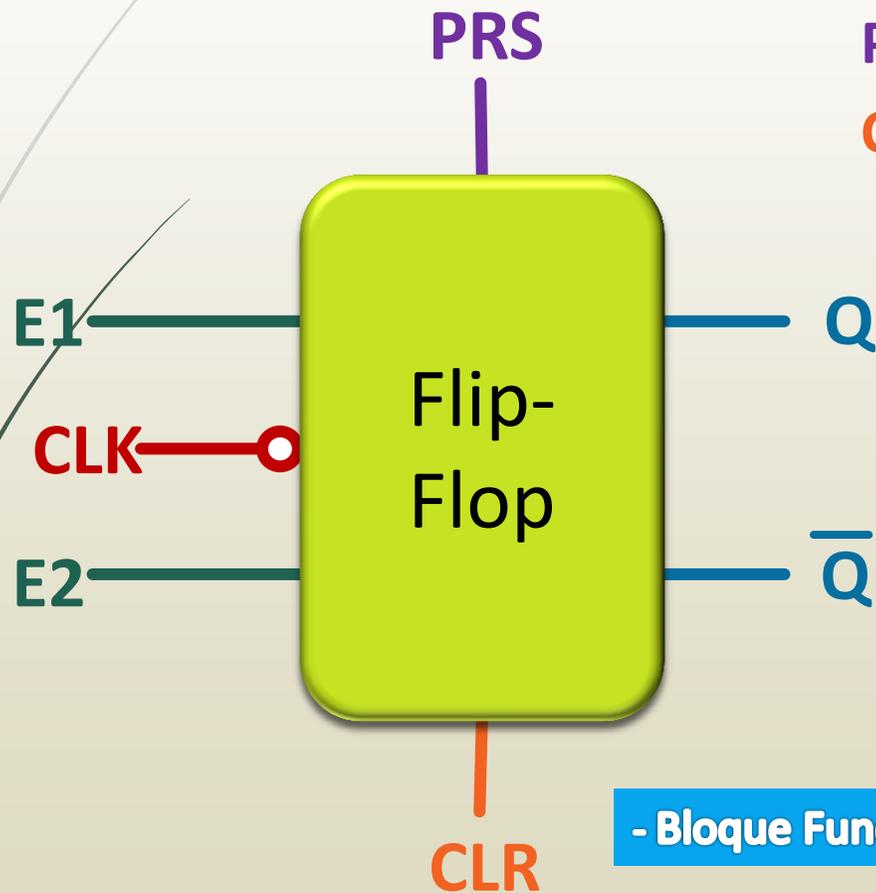
## Circuitos Secuenciales

- Son circuitos lógicos cuya salidas dependen tanto del valor de las **variables de entrada** como del **estado anterior** del mismo circuito (sus variables de salida)



# Flip-Flop

➤ Unidad básica de información.



PRS = 1 => Q = 1

CLR = 1 => Q = 0

- Bloque Funcional

- Circuito

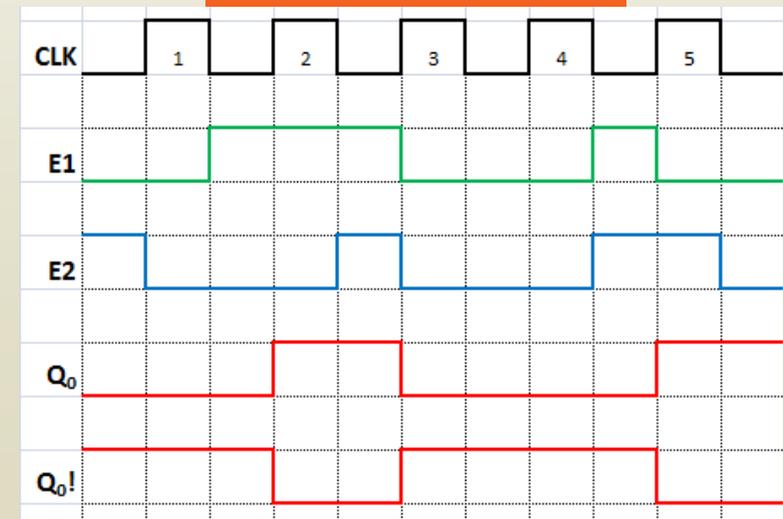
- TV detallada  
- TV reducida

- Ecuación característica

$$Q = f(E1, E2, Q, \bar{Q})$$

$$Q_0 = f(E1, E2, Q_{-1}, \bar{Q}_{-1})$$

- Diagrama Temporal



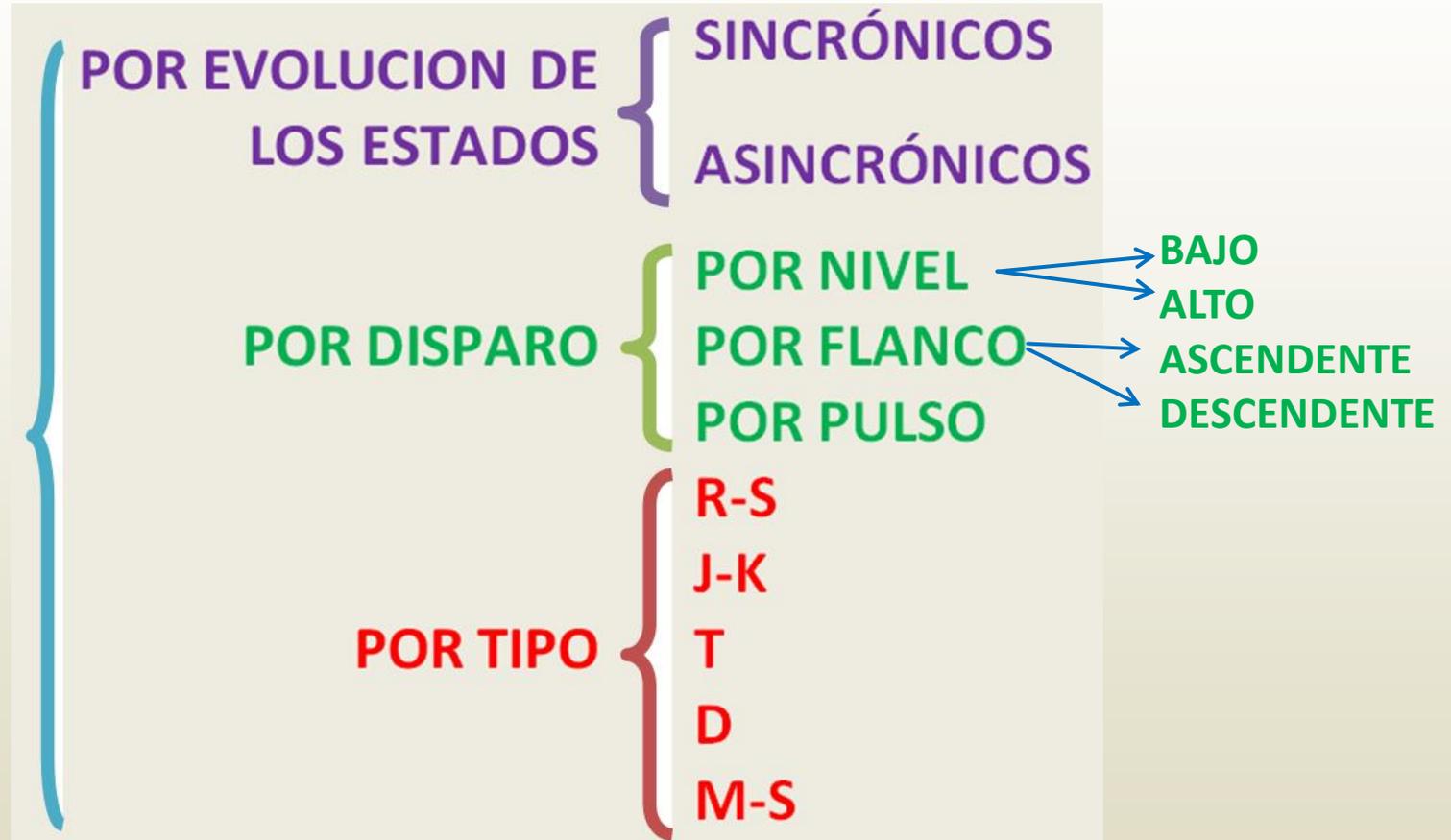
# Disparo de los Flip Flop

Tren de pulsos regulares: 1, 2, 3,...(sucesión de pulsos ideales)

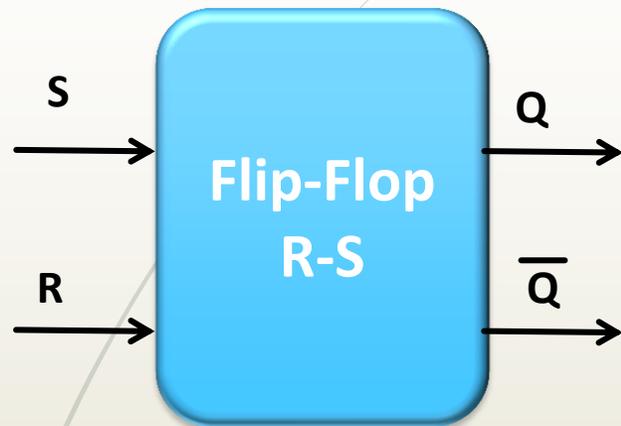


# Clasificación de los Flip – Flop

Flip-Flop

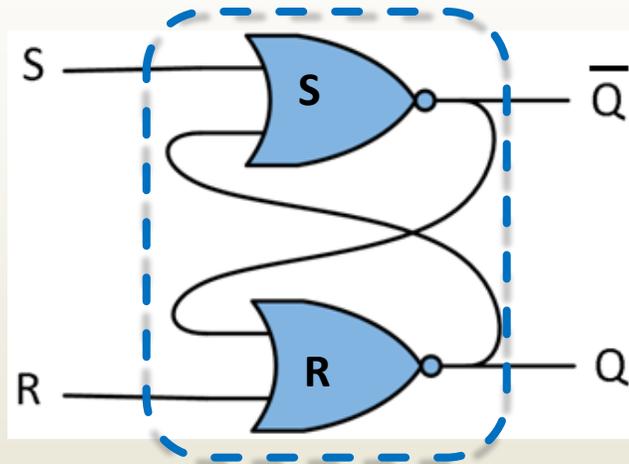


# Flip – Flop R-S



SET Enciende

RESET Apaga



## Ecuación Característica

Para NOR S  $\overline{S + Q_{-1}} = \overline{Q_0}$

Para NOR R  $\overline{\overline{Q_{-1}} + R} = Q_0$

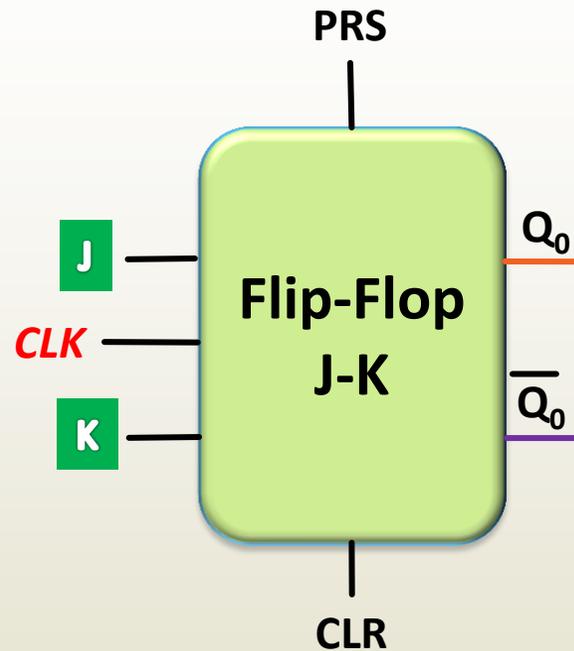
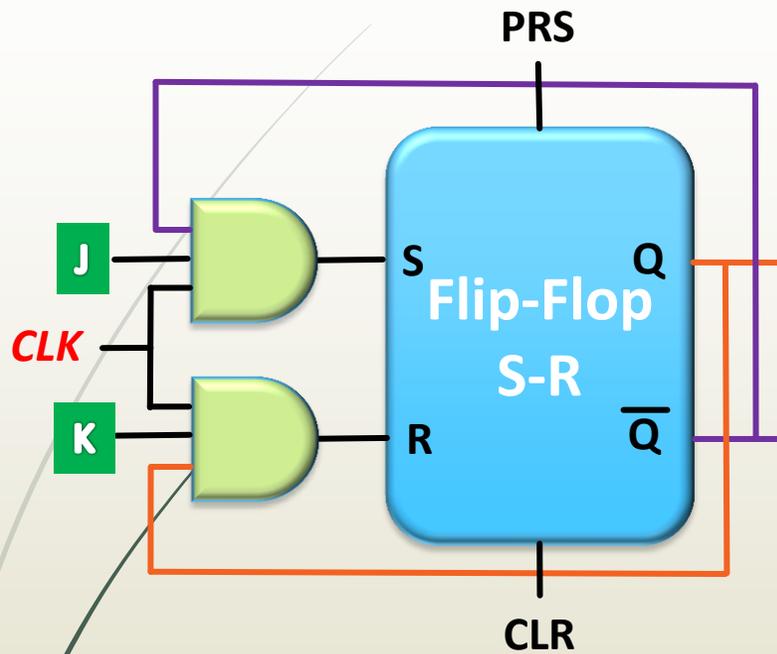
Reemplazando la 1ª en la 2ª, se obtiene

$$Q_0 = S + \overline{R} \cdot Q_{-1}$$

S	R	Q <sub>-1</sub>	Q <sub>0</sub>
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	X
1	1	1	X

S	R	Q <sub>0</sub>
0	0	Q <sub>-1</sub>
0	1	0
1	0	1
1	1	X

# Flip – Flop J-K



J	K	Q <sub>-1</sub>	Q <sub>0</sub>
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

J	K	Q <sub>0</sub>
0	0	Q <sub>-1</sub>
0	1	0
1	0	1
1	1	Q <sub>-1</sub> !

**J Enciende**

**K Apaga**

## Ecuación Característica

Para flip-flop R-S

$$Q_0 = S + \bar{R} \cdot Q_{-1} *$$

Pero

$$S = J \cdot \bar{Q}_{-1}$$

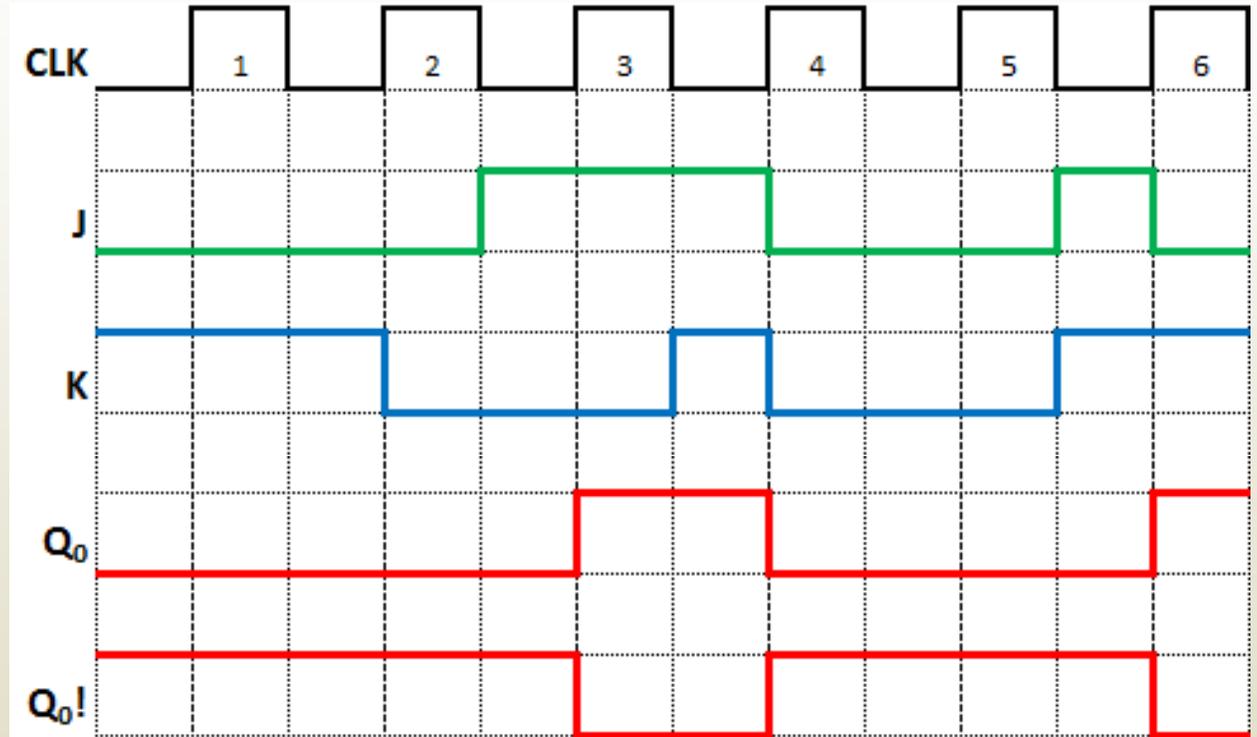
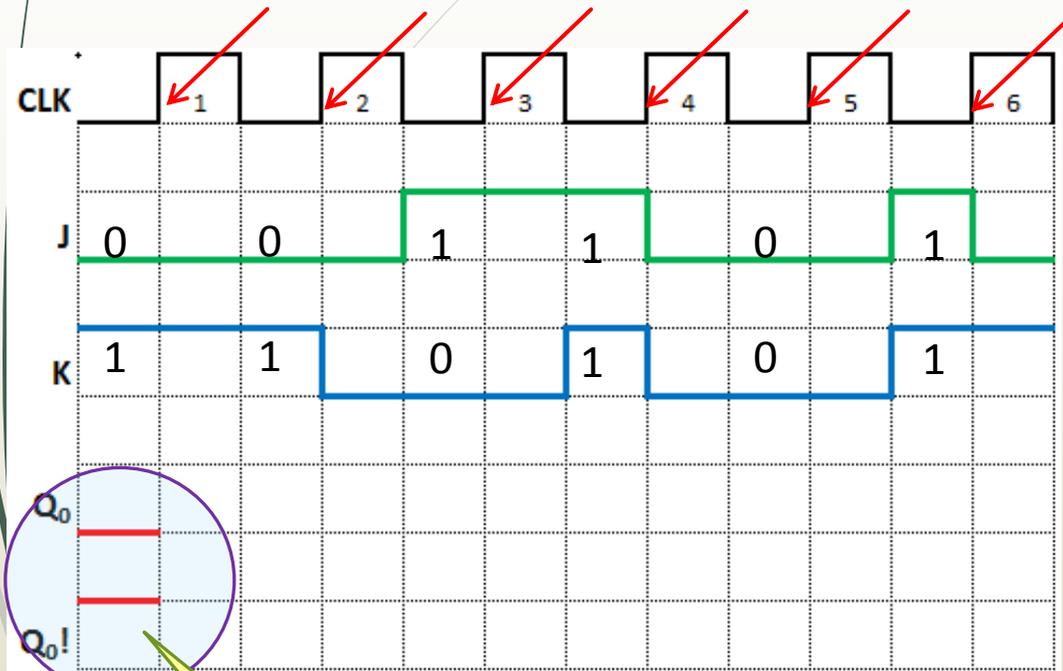
$$R = K \cdot Q_{-1}$$

Reemplazando S y R en \*  
se obtiene

$$Q_0 = J \cdot \bar{Q}_{-1} + \bar{K} \cdot Q_{-1}$$

# Diagrama Temporal de un Flip-Flop J-K

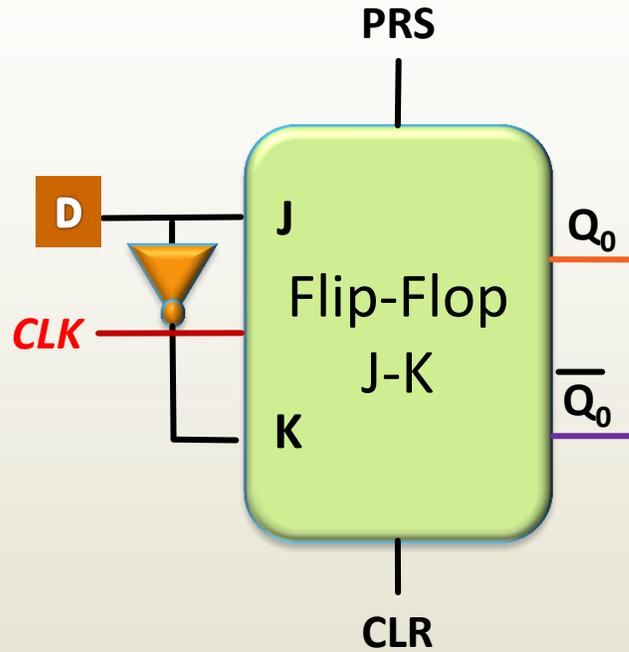
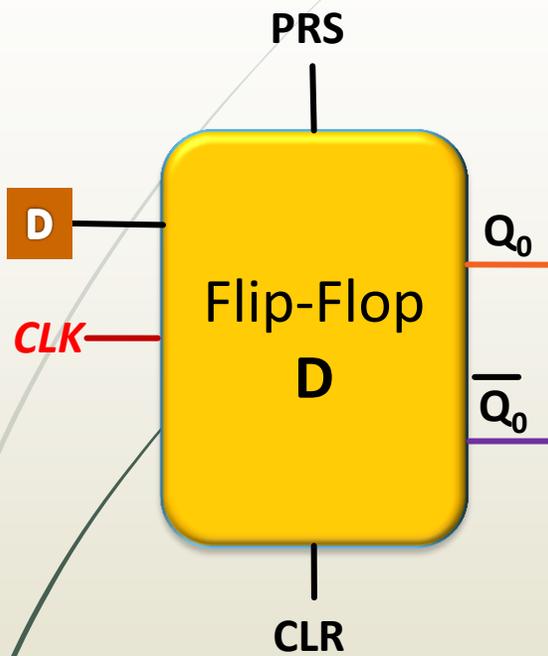
Disparo por Flanco Ascendente



**ESTADO INICIAL**

J	K	Q <sub>0</sub>
0	0	Q <sub>-1</sub>
0	1	0
1	0	1
1	1	Q <sub>-1</sub> !

# Flip – Flop D



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

J	K	Q <sub>0</sub>
0	0	Q <sub>-1</sub>
0	1	0
1	0	1
1	1	Q <sub>-1</sub> !

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

## Ecuación Característica

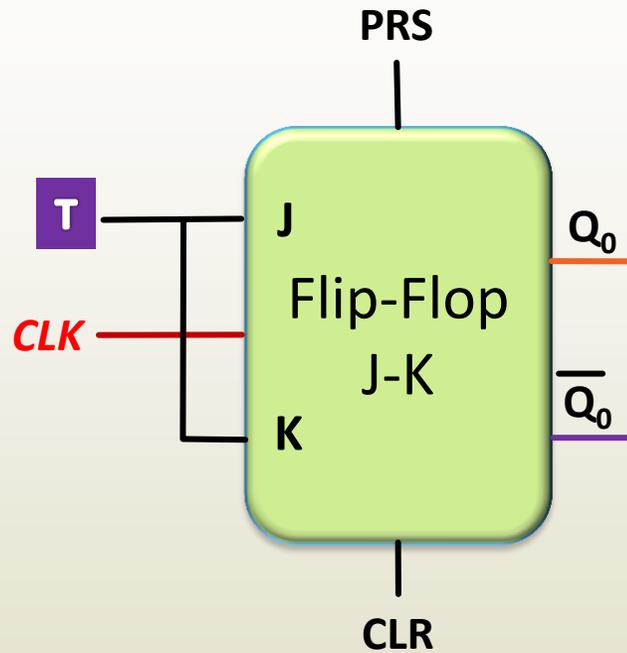
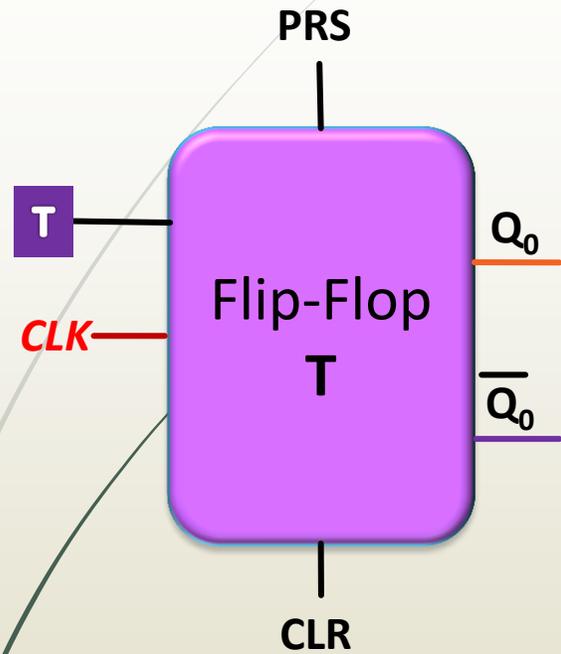
Para flip-flop J-K  $Q_0 = J \cdot \overline{Q_{-1}} + \overline{K} \cdot Q_{-1}$  \*

Pero  $J = D$   
 $K = \overline{D}$

Reemplazando J y K en \*, se obtiene

$$Q_0 = D$$

# Flip – Flop T



T	Q <sub>-1</sub>	Q <sub>0</sub>	J	K	Q <sub>0</sub>
0	0	0	0	0	Q <sub>-1</sub>
0	1	1	0	1	0
1	0	1	1	0	1
1	1	0	1	1	Q <sub>-1</sub> !

T	Q <sub>0</sub>
0	Q <sub>-1</sub>
1	Q <sub>-1</sub> ̄

## Ecuación Característica

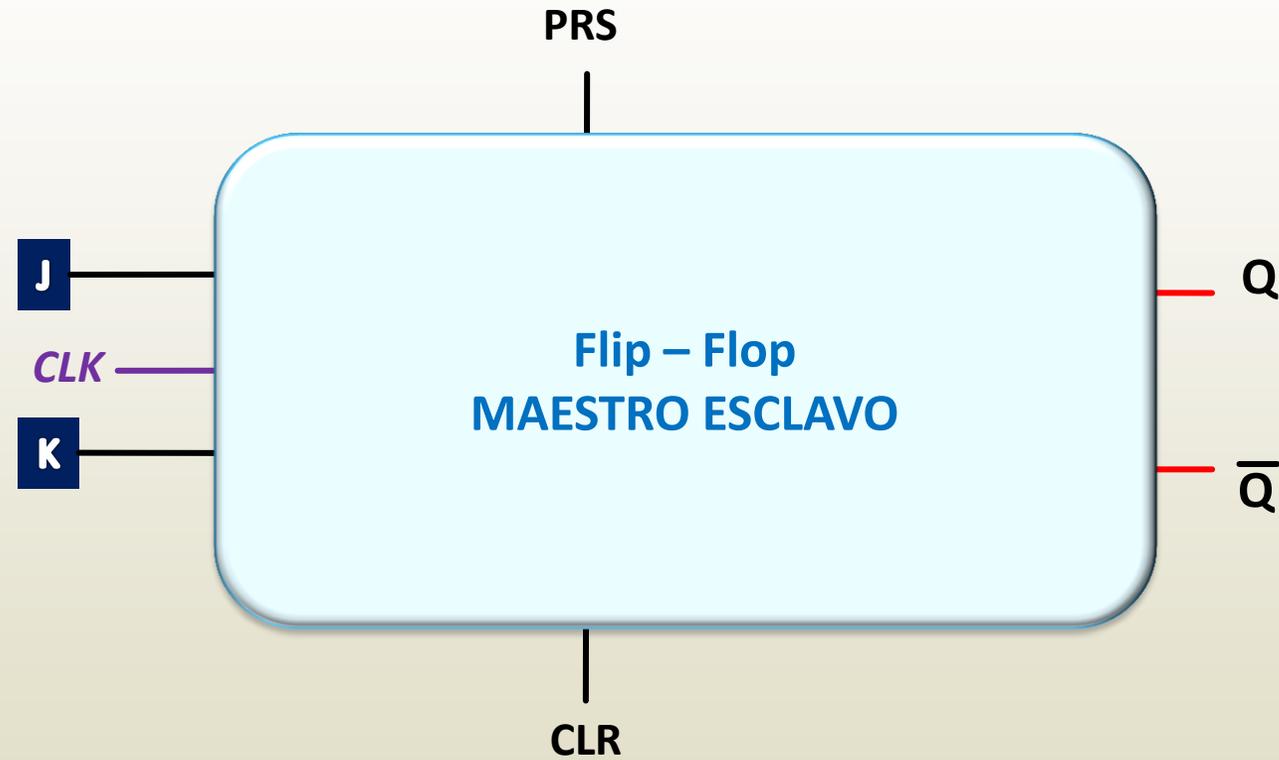
Para flip-flop J-K  $Q_0 = J \cdot \overline{Q_{-1}} + \overline{K} \cdot Q_{-1}$  \*

Pero  $J = K = T$

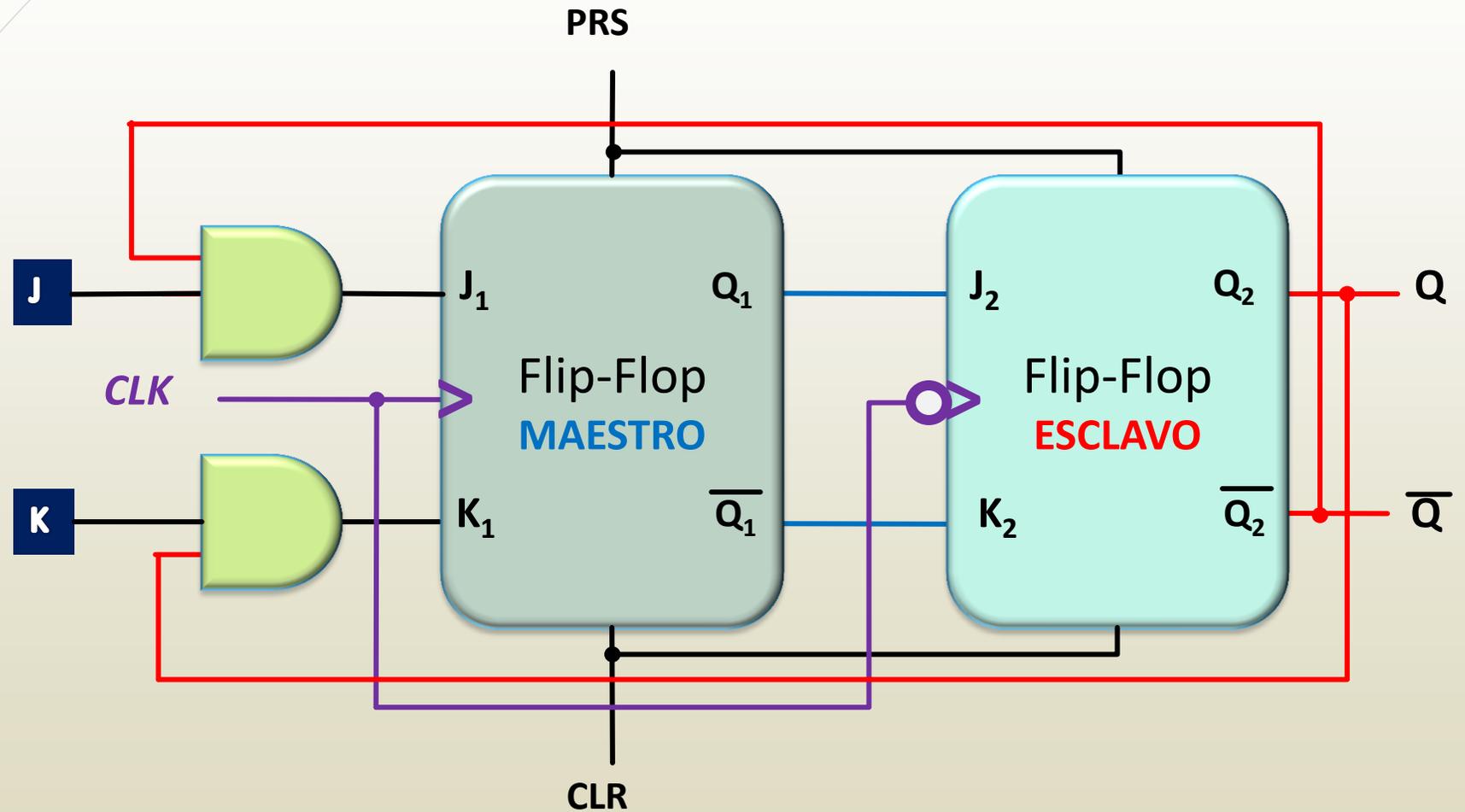
Reemplazando J y K en \*, se obtiene

$$Q_0 = T \cdot \overline{Q_{-1}} + \overline{T} \cdot Q_{-1}$$

# Flip-Flop M-S (Master Slave)



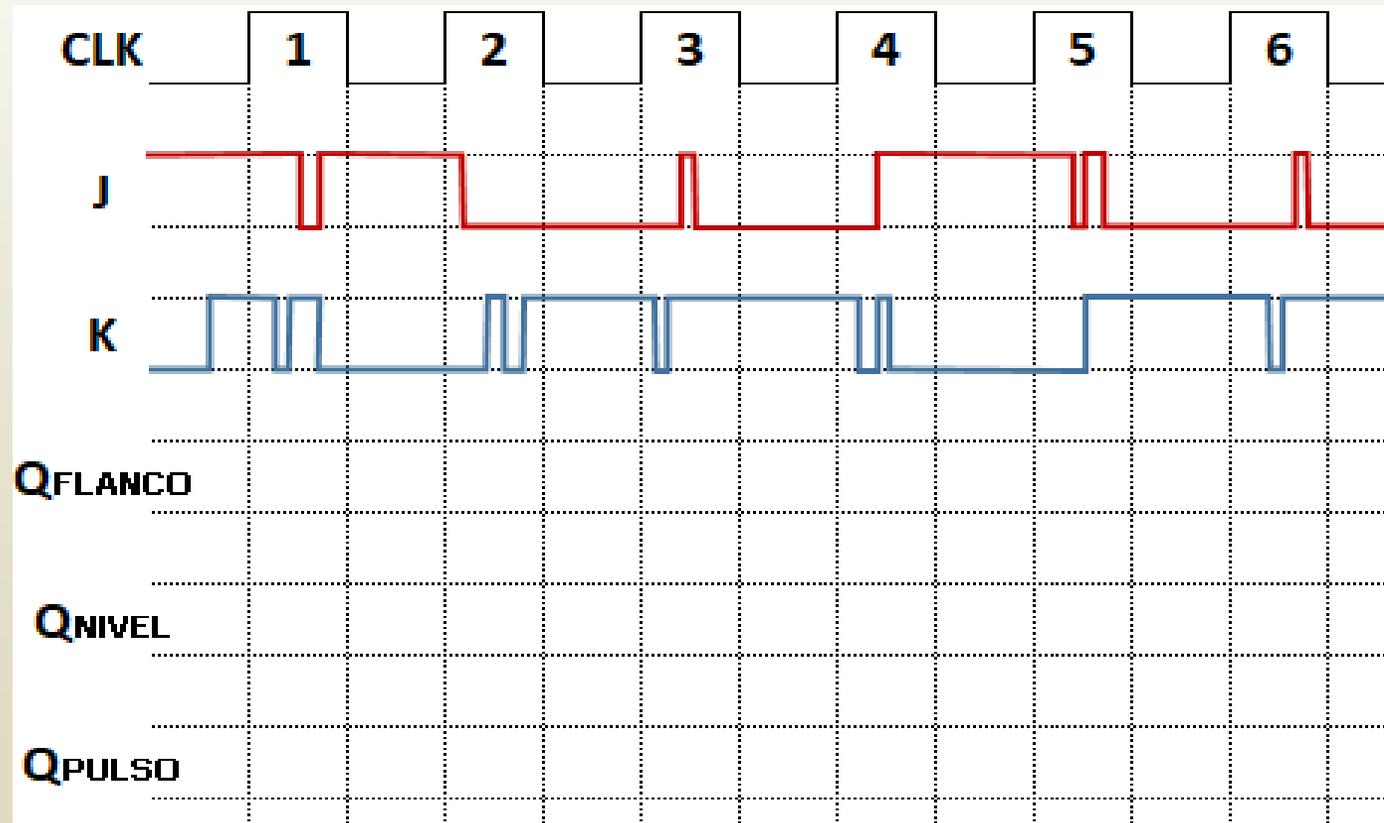
# Flip-Flop M-S (Master Slave)



# Ejemplo 1

- Complete el siguiente diagrama temporal considerando que el flip-flop J-K se activa por flanco ascendente, por nivel alto y por pulso, respectivamente. Considere que el estado inicial del flip-flop es 0.

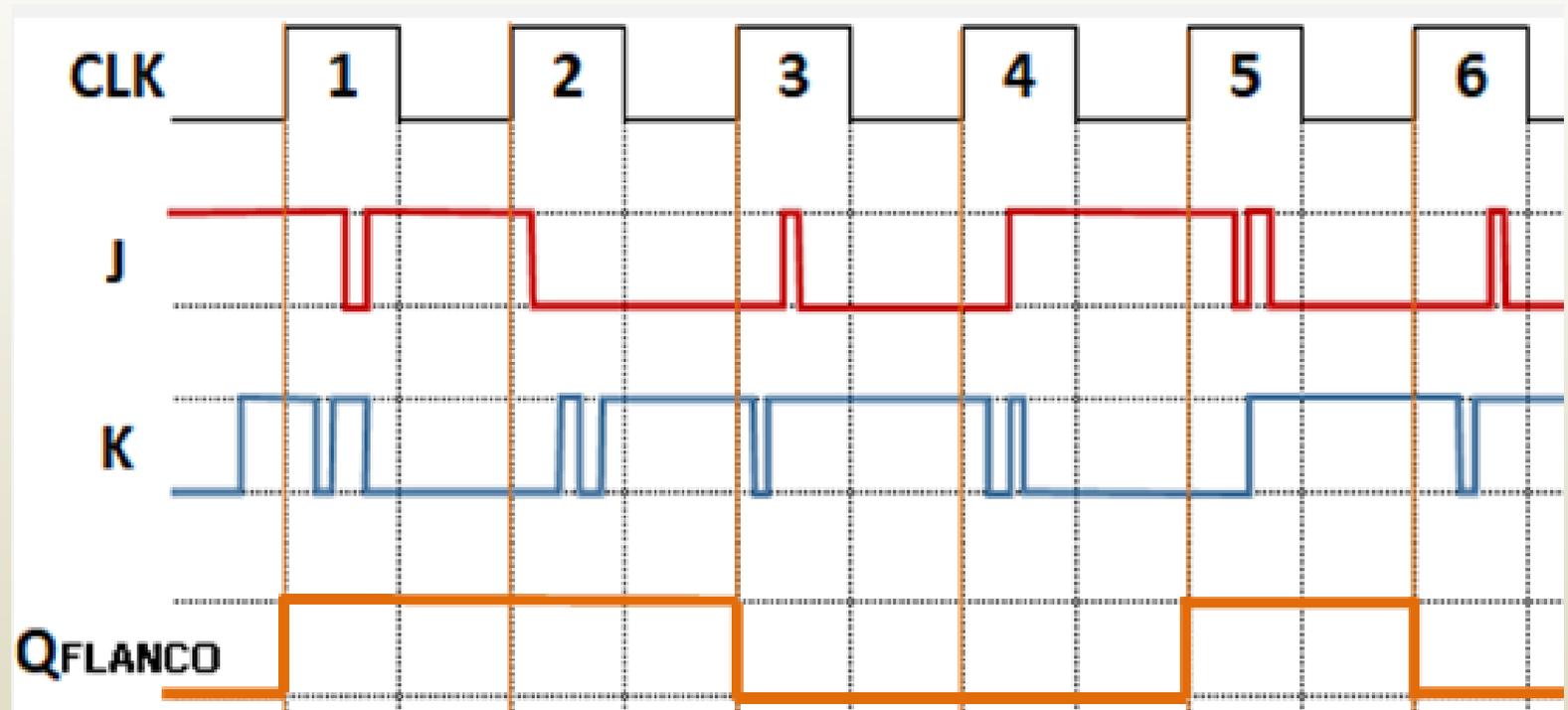
J	K	$Q_0$
0	0	$Q_{-1}$
0	1	0
1	0	1
1	1	$Q_{-1}!$



# Ejemplo 1

- El flip-flop J-K se activa **por flanco ascendente**.

J	K	$Q_0$
0	0	$Q_{-1}$
0	1	0
1	0	1
1	1	$Q_{-1}!$



# Ejemplo 1

- El flip-flop J-K se activa **por nivel alto**.

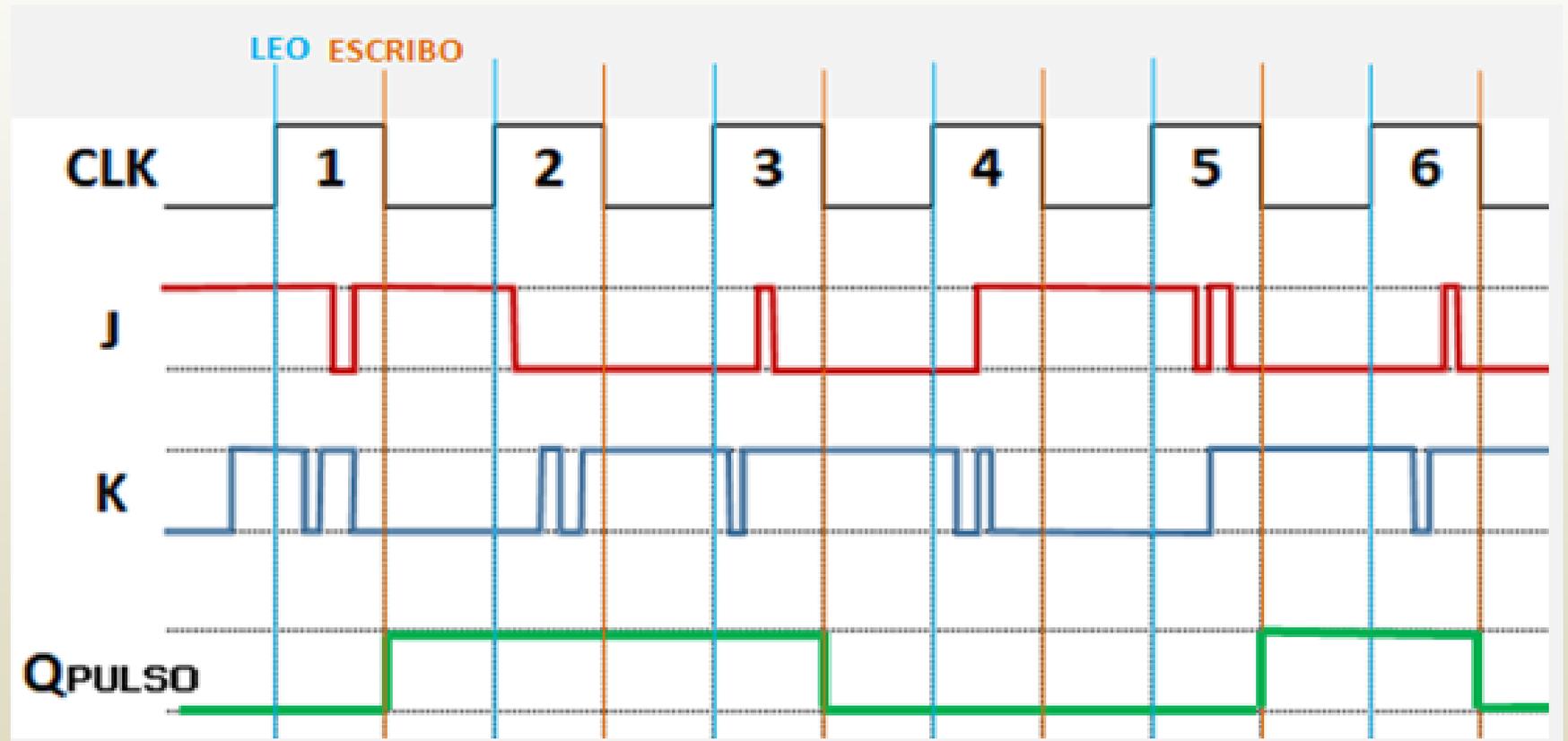
J	K	$Q_0$
0	0	$Q_{-1}$
0	1	0
1	0	1
1	1	$Q_{-1}!$



# Ejemplo 1

- El flip-flop J-K se activa **por pulso**.

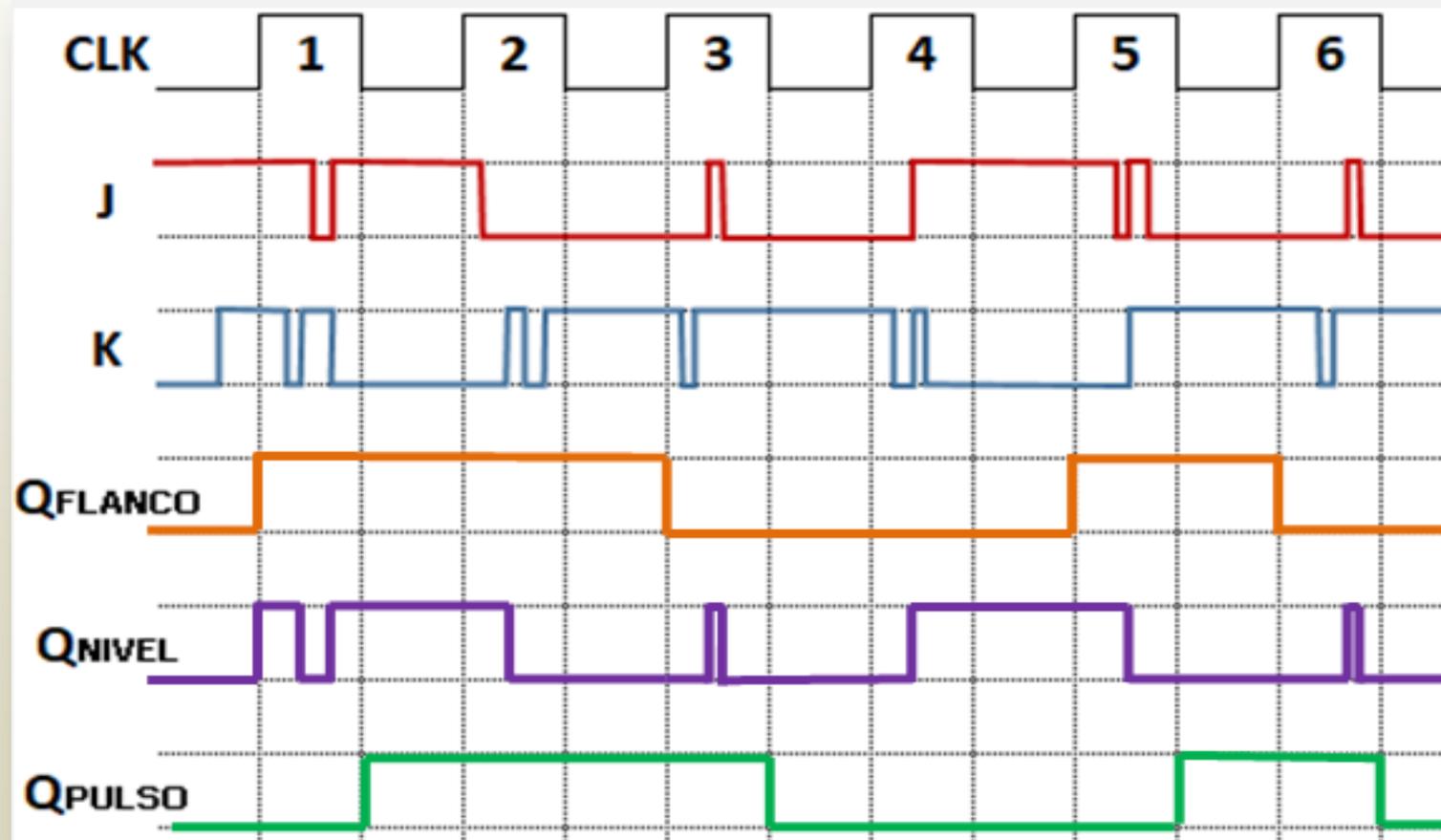
J	K	$Q_0$
0	0	$Q_{-1}$
0	1	0
1	0	1
1	1	$Q_{-1}'$



# Ejemplo 1

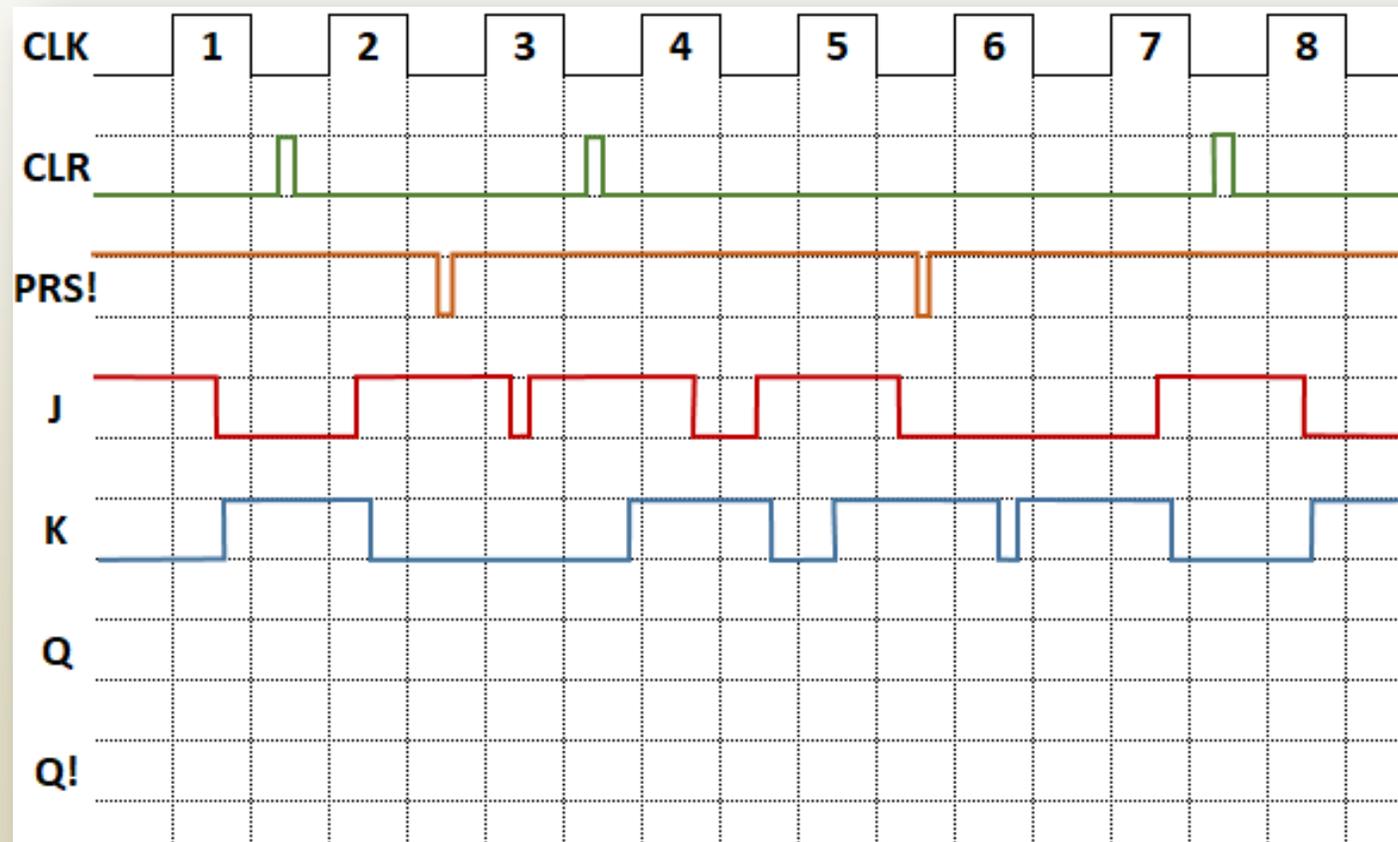
- El flip-flop J-K se activa por flanco ascendente, por nivel alto y por pulso, respectivamente. Considere que el estado inicial del flip-flop es 0.

Solución completa



## Ejemplo 2

- Complete el siguiente diagrama temporal, considerando la acción de las entradas asincrónicas **PRS!** y **CLR** y que la lectura se activa por flanco ascendente.



## Ejemplo 2

- Complete el siguiente diagrama temporal, considerando la acción de las entradas asincrónicas **PRS!** y **CLR** y que la lectura se activa por flanco ascendente.

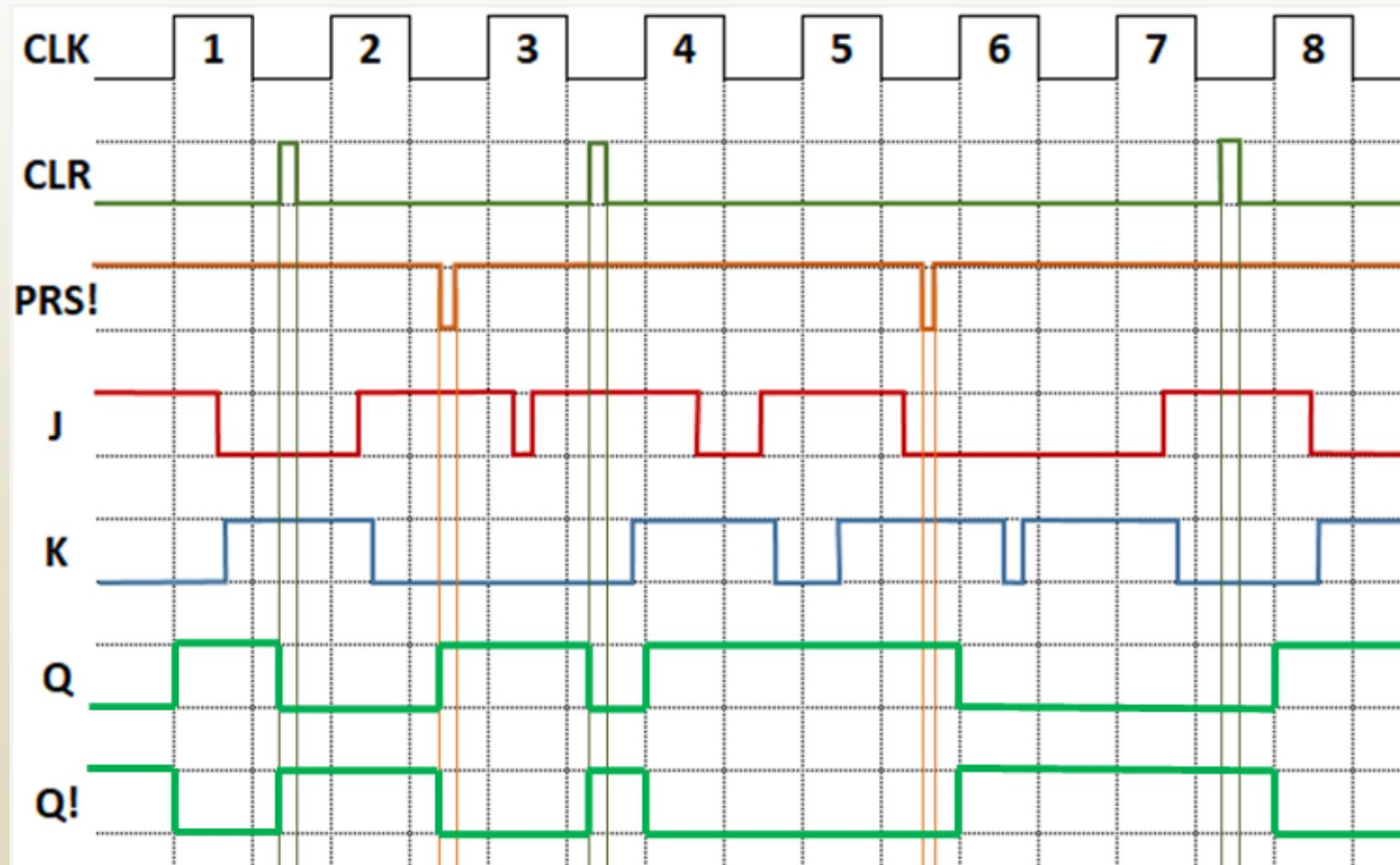
**PRS = 1** => **Q = 1**

En este caso PRS!:

**PRS! = 1** si **PRS = 0**

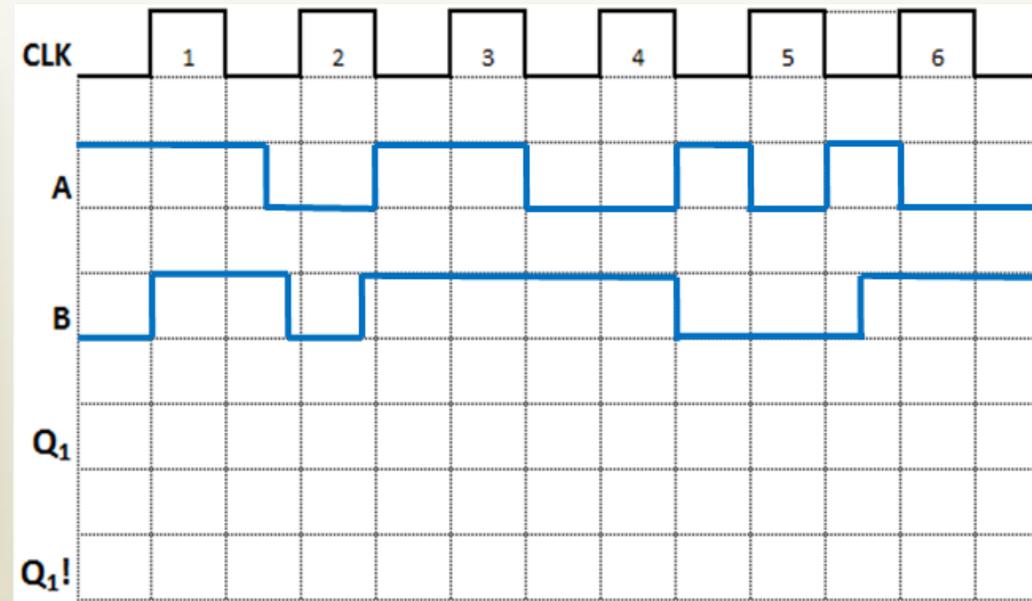
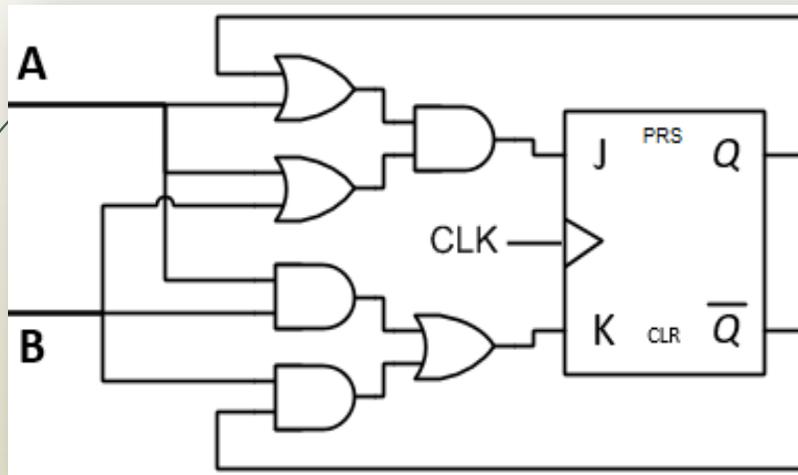
**CLR = 1** => **Q = 0**

J	K	Q <sub>0</sub>
0	0	Q <sub>-1</sub>
0	1	0
1	0	1
1	1	Q <sub>-1</sub> !



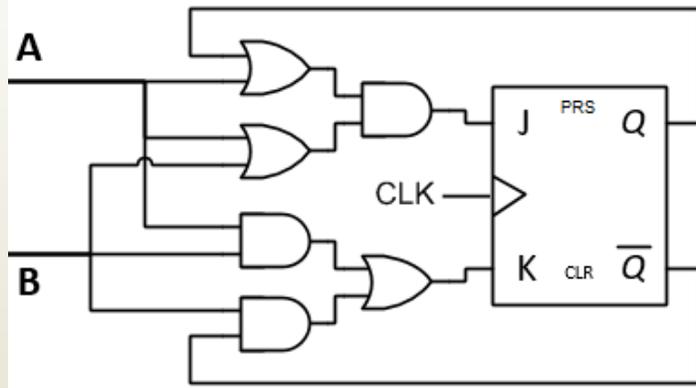
## Ejemplo 3

- ¿Cuál es el comportamiento del siguiente flip-flop modificado? Obtenga su ecuación característica, su TV, y grafique las salidas  $Q$  y  $Q'$  para los 6 pulsos de reloj que aparecen en el diagrama temporal.



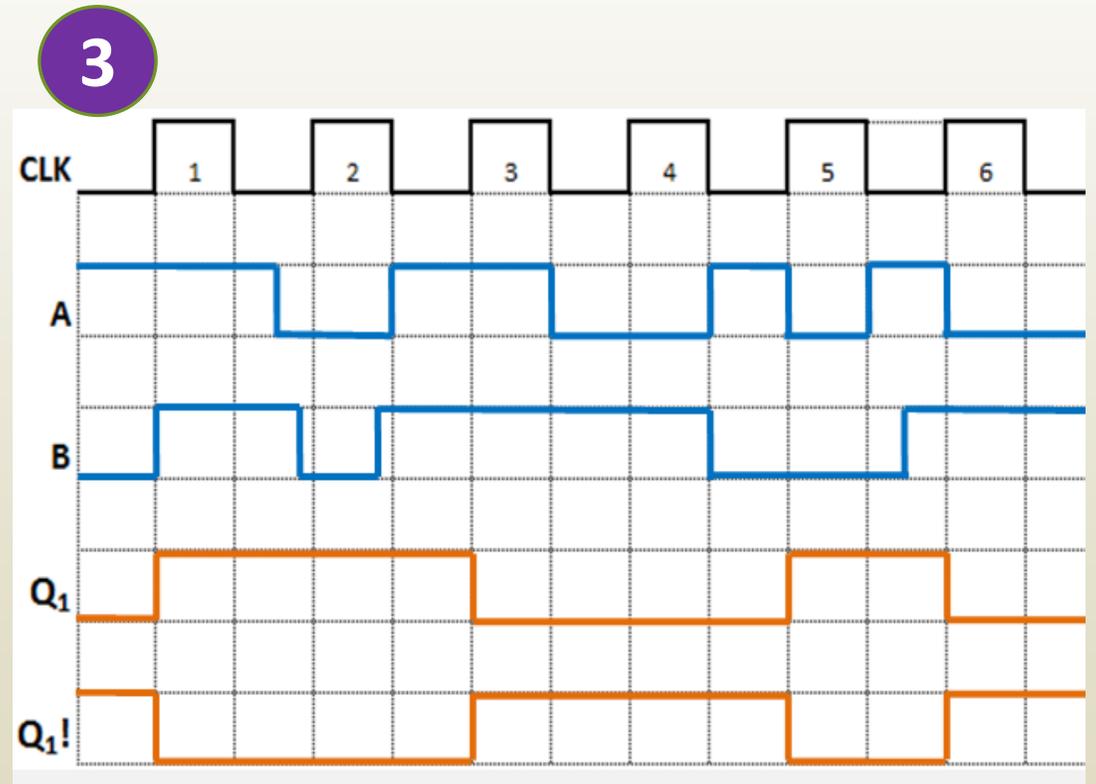
# Ejemplo 3

- ¿Cuál es el comportamiento del siguiente flip-flop modificado? Obtenga su ecuación característica, su TV, y grafique las salidas Q y Q! para los 8 pulsos de reloj que aparecen en el diagrama temporal.



**2**

A	B	$Q_0$
0	0	$Q_{-1}$
0	1	$Q_{-1}$
1	0	1
1	1	$Q_{-1}'$



**1**

$$Q_0 = J \cdot \overline{Q_{-1}} + \overline{K} \cdot Q_{-1} *$$

$J = (Q_{-1} + A) \cdot (A + B)$  Reemplazando J y K en \*  
 $K = A \cdot B + B \cdot \overline{Q_{-1}}$  se obtiene

$$Q_0 = A \cdot \overline{Q_{-1}} + \overline{B} \cdot Q_{-1} + \overline{A} \cdot Q_{-1}$$

## Ejemplo 4

- La siguiente tabla describe el comportamiento de un flip-flop M-N ficticio. Diseñe la lógica combinacional apropiada para construir este circuito a partir de un flip-flop J-K y obtenga la ecuación característica.

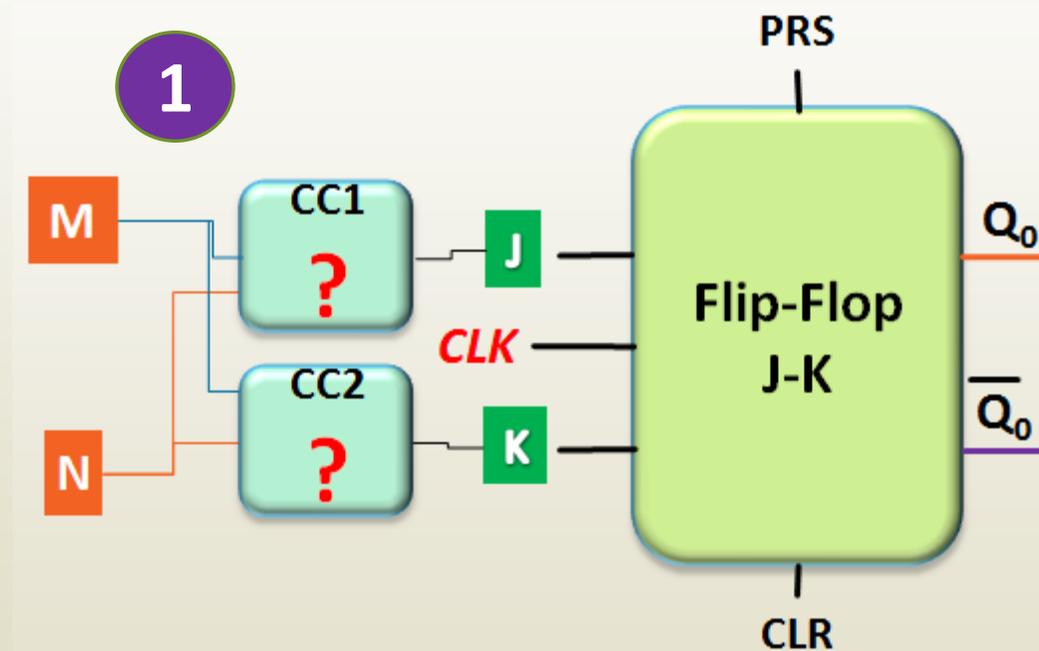
M	N	$Q_0$
0	0	0
0	1	$Q_1!$
1	0	1
1	1	$Q_1$

# Ejemplo 4

- La siguiente tabla describe el comportamiento de un flip-flop M-N ficticio. Diseñe la lógica combinacional apropiada para construir este circuito a partir de un flip-flop J-K y obtenga la ecuación característica.

Planteo:

M	N	$Q_0$
0	0	0
0	1	$Q_0!$
1	0	1
1	1	$Q_0$



M	N	J	K	$Q_0$
0	0	0	1	0
0	1	1	1	$Q_0!$
1	0	1	0	1
1	1	0	0	$Q_0$

3

Minimización de J y de K.

4

Encontrar la ecuación característica.

5

Construir el Circuito.

## Ejemplo 4

- La siguiente tabla describe el comportamiento de un flip-flop M-N ficticio. Diseñe la lógica combinacional apropiada para construir este circuito a partir de un flip-flop J-K y obtenga la ecuación característica.

Solución:

3

$$Q_0 = J \cdot \overline{Q_{-1}} + \overline{K} \cdot Q_{-1}$$

$$J = M \oplus N = M \cdot \overline{N} + \overline{M} \cdot N$$

4

$$K = \overline{M}$$

$$Q_0 = (M \cdot \overline{N} + \overline{M} \cdot N) \cdot \overline{Q_{-1}} + \overline{M} \cdot Q_{-1}$$

$$Q_0 = M \cdot \overline{N} \cdot \overline{Q_{-1}} + \overline{M} \cdot N \cdot \overline{Q_{-1}} + M \cdot Q_{-1}$$

Verificación:

M	N	$Q_0$
0	0	0
0	1	$Q_{-1}'$
1	0	1
1	1	$Q_{-1}$

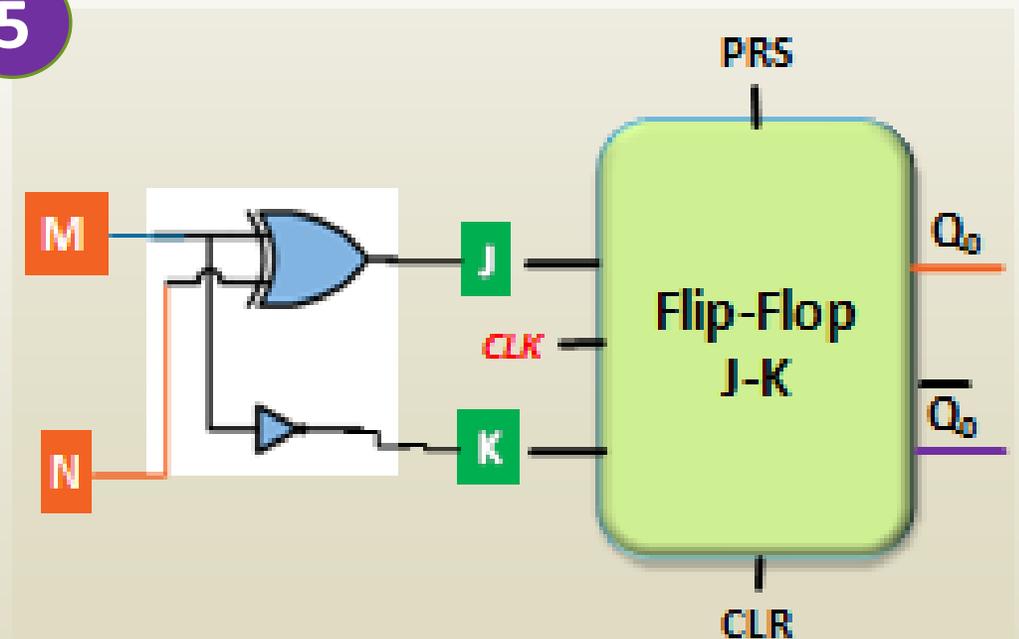
$$Q_0 = 0 \cdot \overline{0} \cdot \overline{Q_{-1}} + \overline{0} \cdot 0 \cdot \overline{Q_{-1}} + 0 \cdot Q_{-1} = 0$$

$$Q_0 = 0 \cdot \overline{1} \cdot \overline{Q_{-1}} + \overline{0} \cdot 1 \cdot \overline{Q_{-1}} + 0 \cdot Q_{-1} = \overline{Q_{-1}}$$

$$Q_0 = 1 \cdot \overline{0} \cdot \overline{Q_{-1}} + \overline{1} \cdot 0 \cdot \overline{Q_{-1}} + 1 \cdot Q_{-1} = \overline{Q_{-1}} + Q_{-1} = 1$$

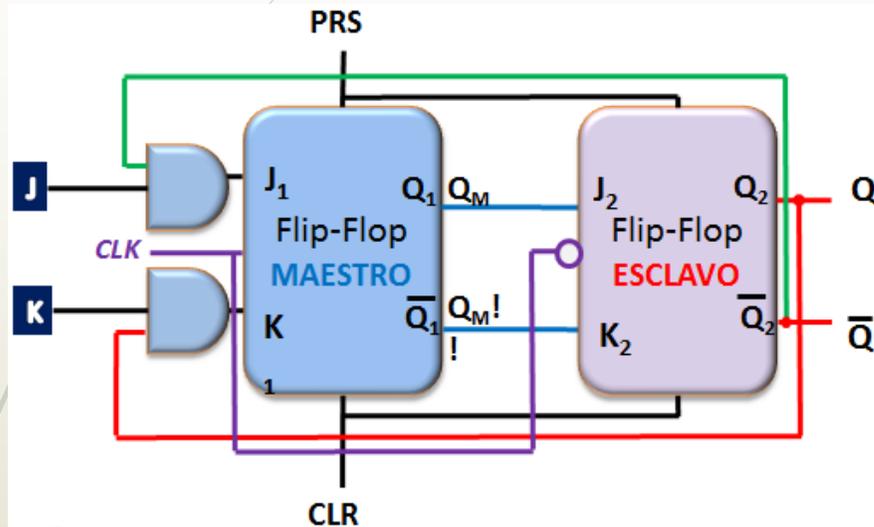
$$Q_0 = 1 \cdot \overline{1} \cdot \overline{Q_{-1}} + \overline{1} \cdot 1 \cdot \overline{Q_{-1}} + 1 \cdot Q_{-1} = Q_{-1}$$

5



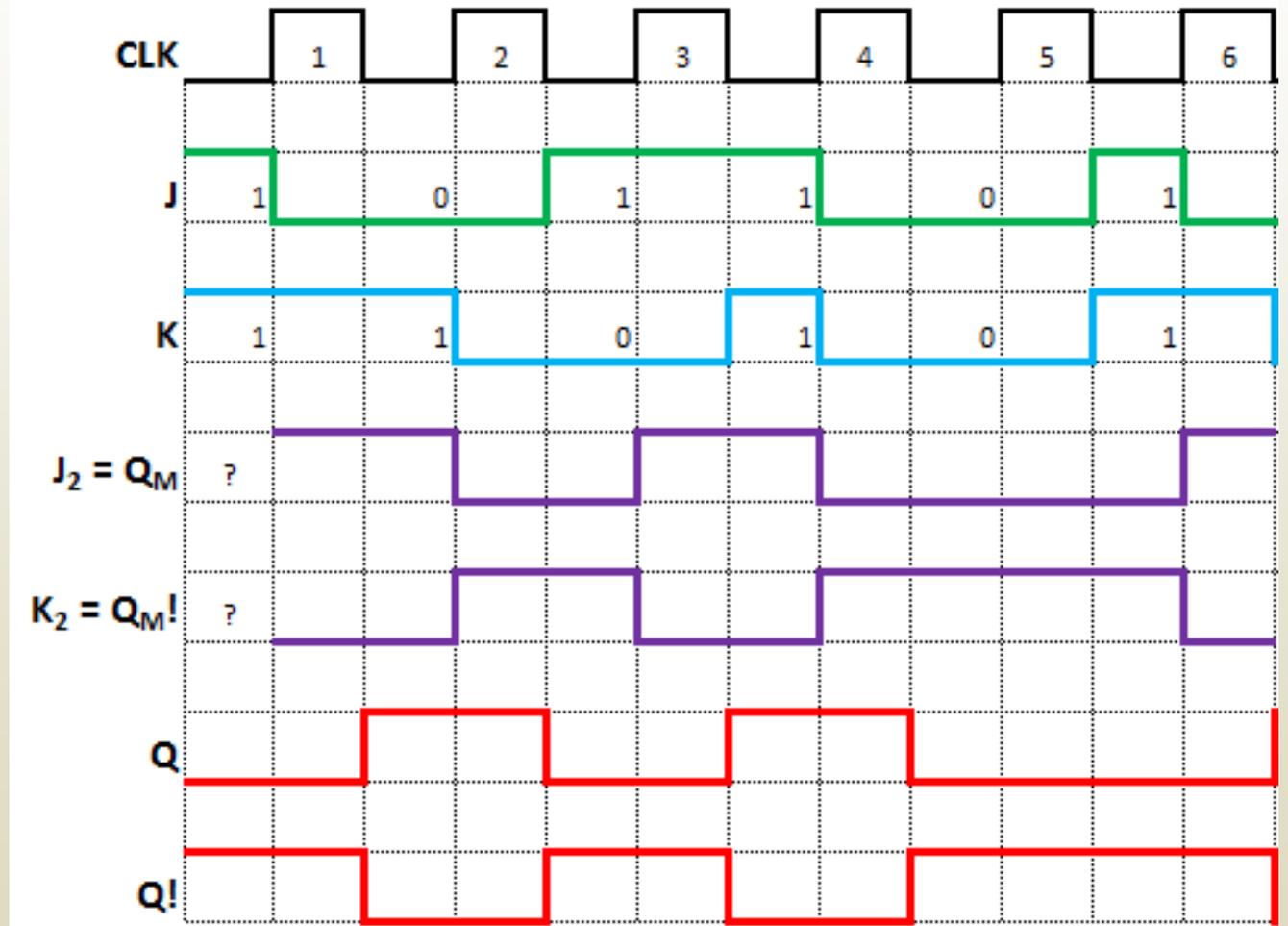
# Ejemplo 5

- Dibuje el diagrama temporal para un flip-flop Master-Slave, para 6 pulsos de reloj, considerando que el disparo del reloj es por flanco ascendente.



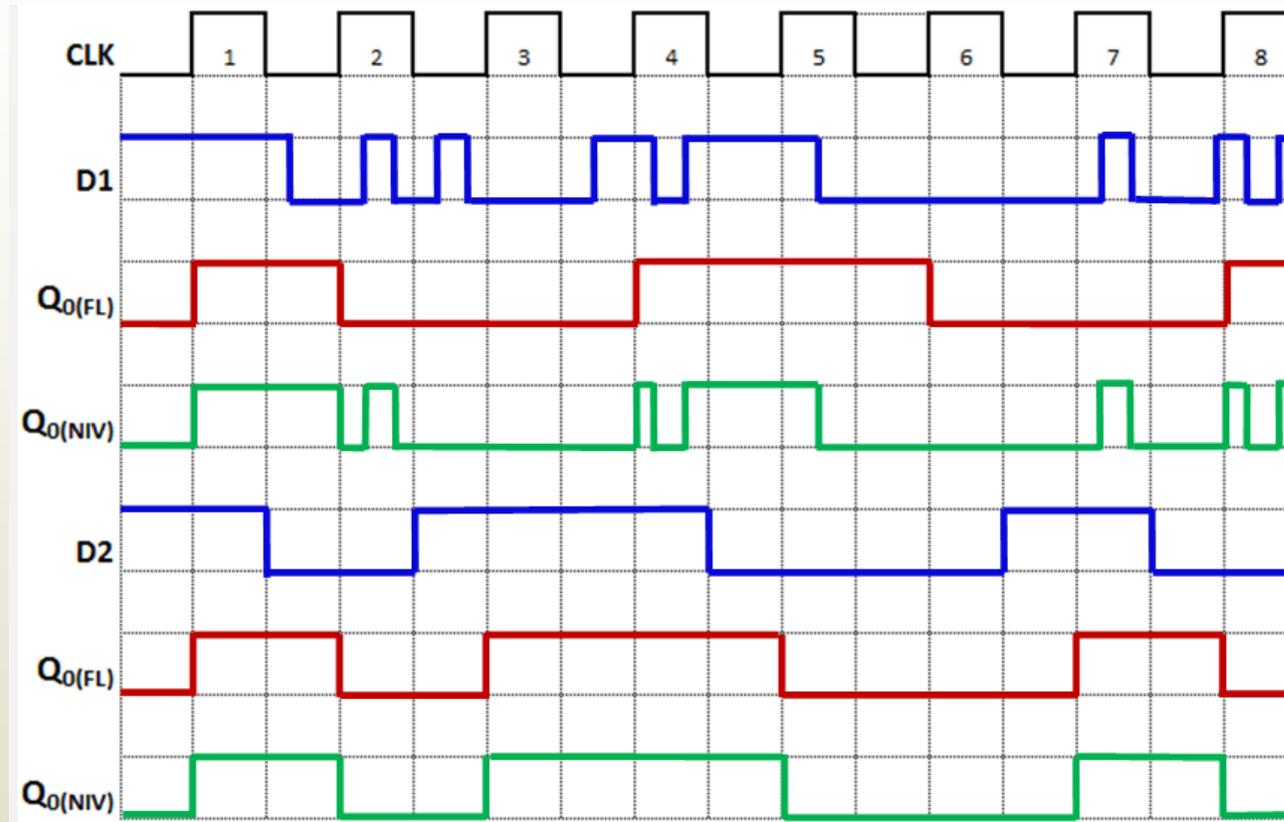
J	K	$Q_0$
0	0	$Q_{-1}$
0	1	0
1	0	1
1	1	$Q_{-1}!$

		J.Q!	K.Q	
Tabla Auxiliar				
Flanco	J1	K1	$Q_M$	
1	1	0	1	1
2	0	1	0	0
3	1	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	0	0	0
6	1	0	1	1





## Ejemplo 6



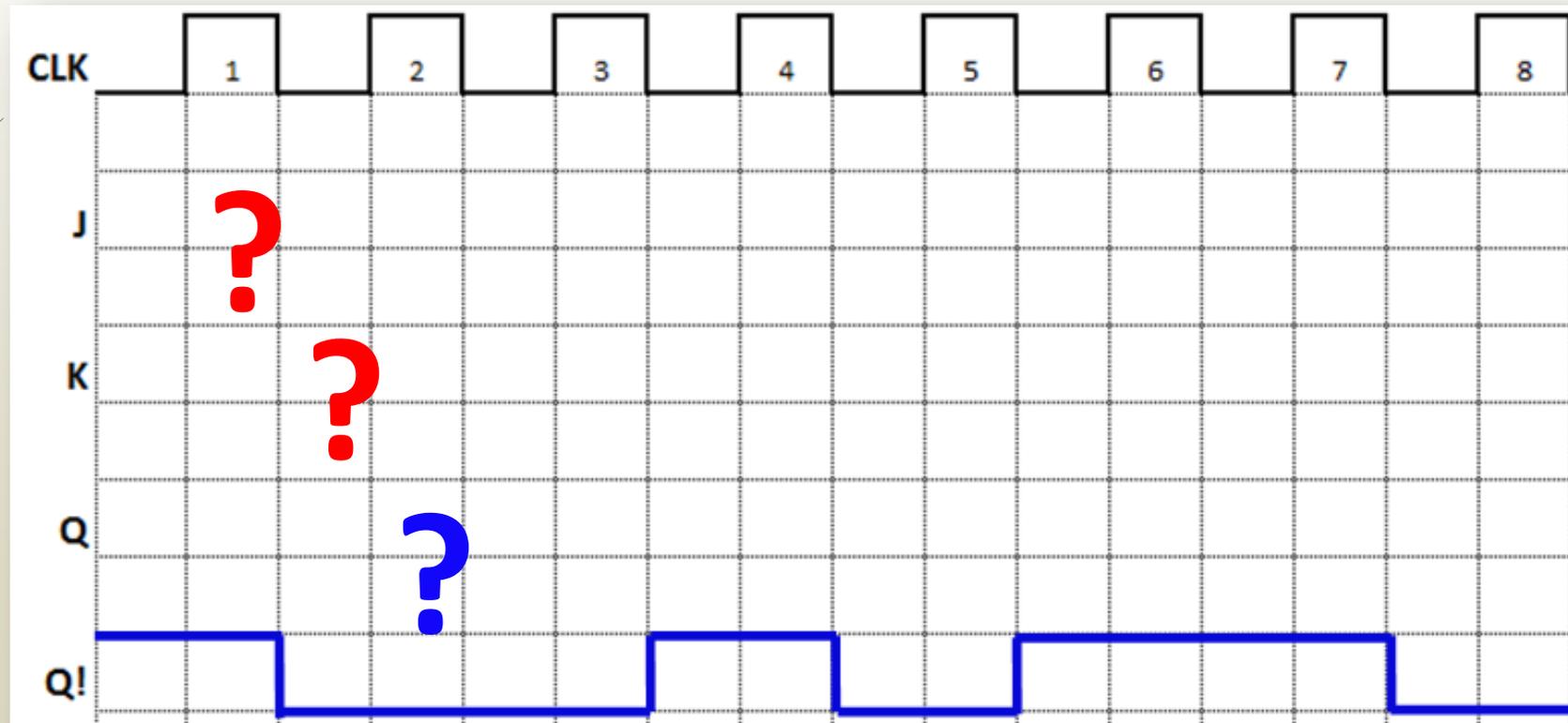
D	Q <sub>0</sub>
0	0
1	1

### ➤ CONCLUSION

- La entrada del flip-flop D1 se reproduce mejor con un disparo por Nivel, ya que por flanco pierde mucho detalle.
- La entrada del flip-flop D2 se reproduce bien con ambos tipos de disparo, esto se debe a que no hay cambios en la entrada durante los niveles altos.

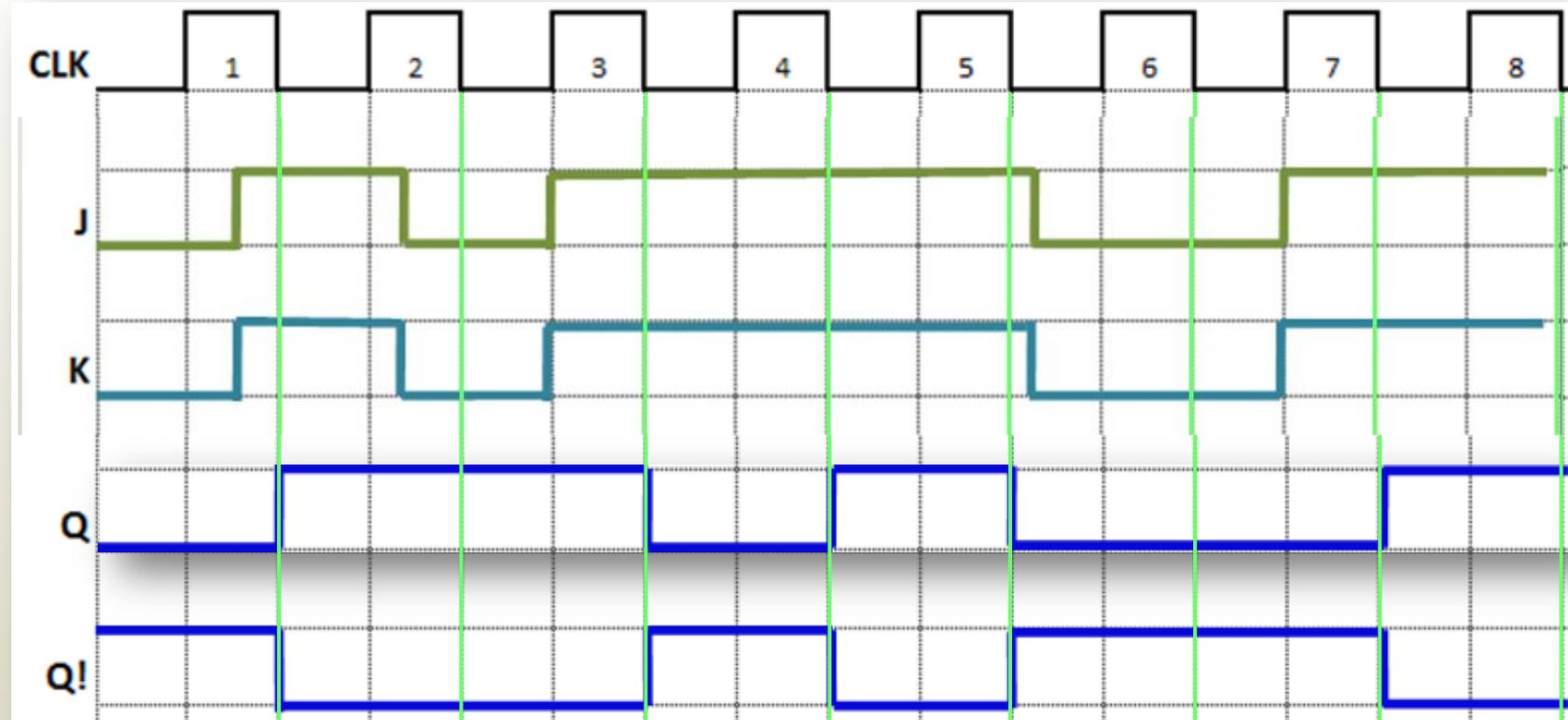
## Ejemplo 7

- En el siguiente diagrama temporal se perdieron las entradas y la salida directa. Sin embargo, se conoce la salida negada y se sabe que se trata de un flip-flop J-K activado por flanco descendente. *¿Podría dibujar las líneas de entrada y la salida directa?*



## Ejemplo 7

J	K	$Q_0$
0	0	$Q_{-1}$
0	1	0
1	0	1
1	1	$Q_{-1}!$



- ▶ **NOTA:** Se presentó una posible solución que se logró considerando las entradas 0 0 y 1 1. Hay otras, que se generan considerando las otras combinaciones de entrada.