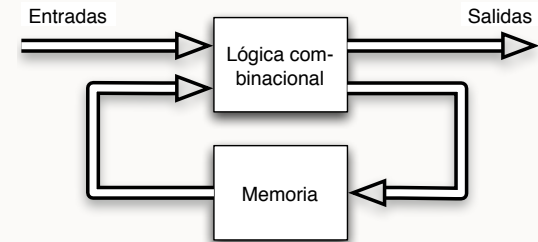


CIRCUITOS SECUENCIALES

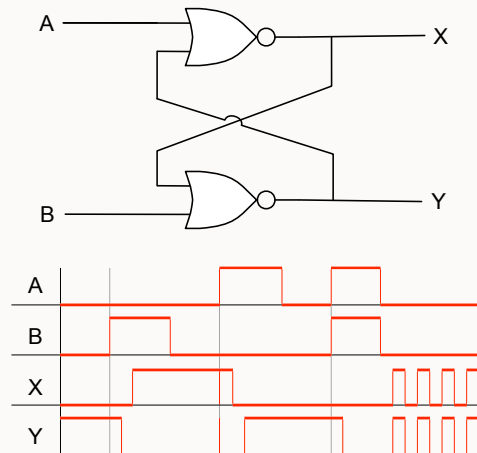
Circuitos Digitales EC1723

Circuitos Secuenciales

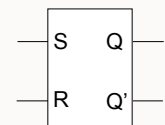
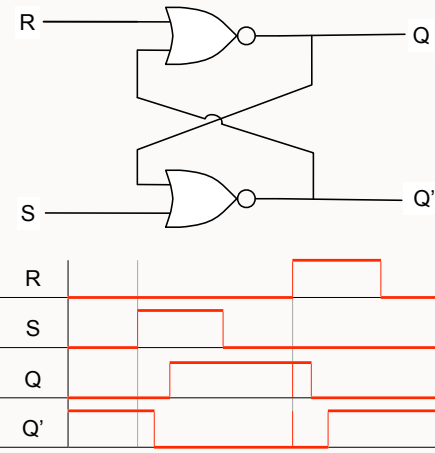
Esquema general



"Latch" NOR

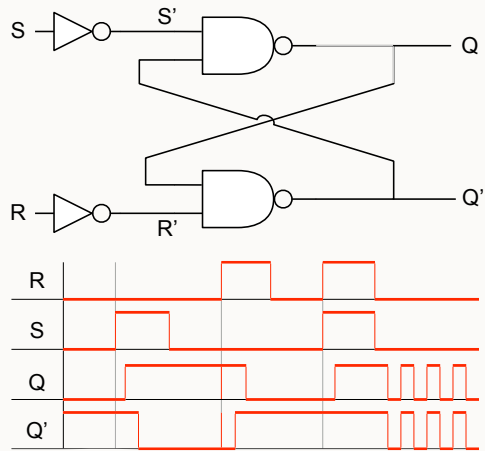


"Latch" S-R (Set-Reset)

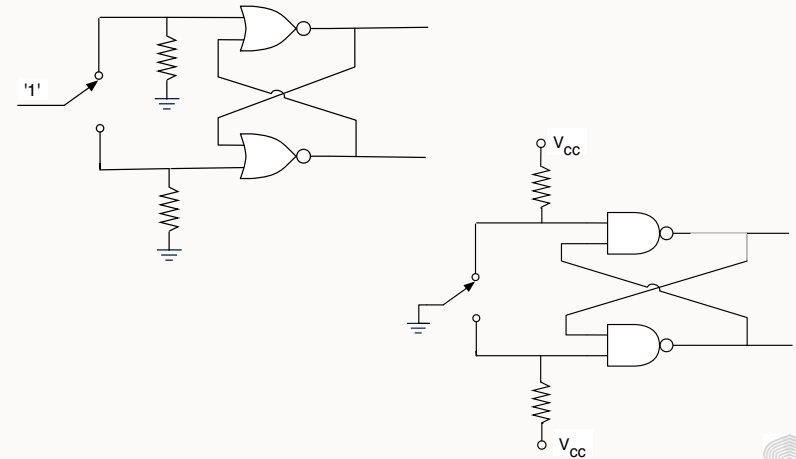


S	R	$Q^{(n+1)}$
0	0	$Q^{(n)}$
0	1	0
1	0	1
1	1	Prohibido

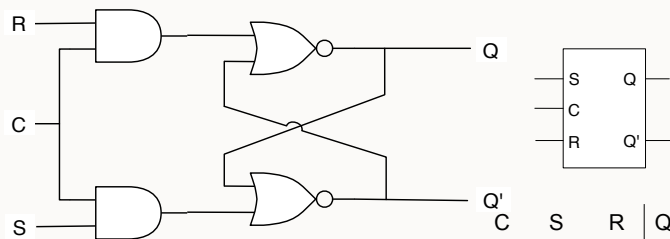
“Latch” NAND S-R



Eliminador de rebote

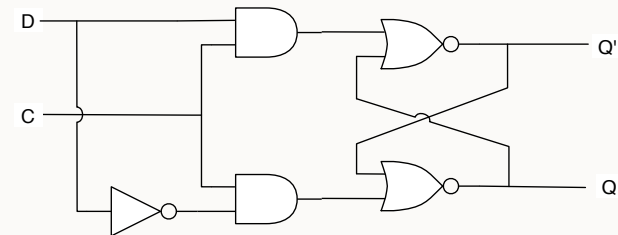


“Latch” S-R con reloj



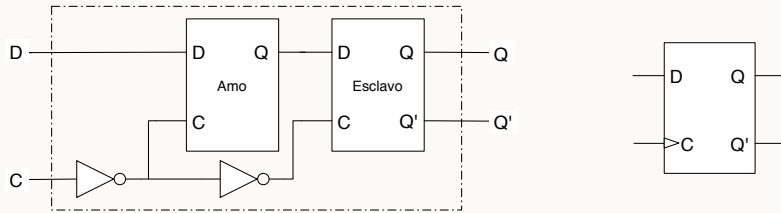
- Este tipo de circuito suele llamarse “flip-flop disparado por nivel alto”

Latch tipo D (Data)



C	D	Q ⁽ⁿ⁺¹⁾
0	X	Q ⁽ⁿ⁾
1	0	0
1	1	1

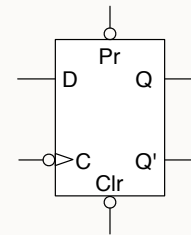
Flip-flop D "amo-esclavo" (master-slave)



- Reloj en bajo -> El amo cambia según D, el esclavo mantiene sus salidas estables.
- Reloj en alto -> El amo se mantiene estable, el esclavo cambia en la transición y luego se estabiliza.
- Flip-flop disparado por frente de subida.

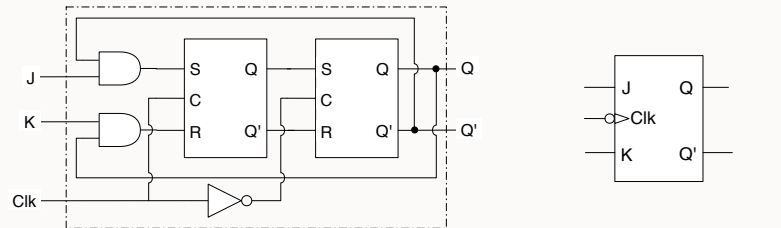
Flip-flop D

- Flip-flop D disparado por frente de bajada, con entradas asíncronas *preset* (Pr) y *clear* (Clr).



Pr	Cl	C	D	Q ⁽ⁿ⁺¹⁾
0	1	X	X	1
1	0	X	X	0
1	1	\downarrow	0	0
1	1	\downarrow	1	1

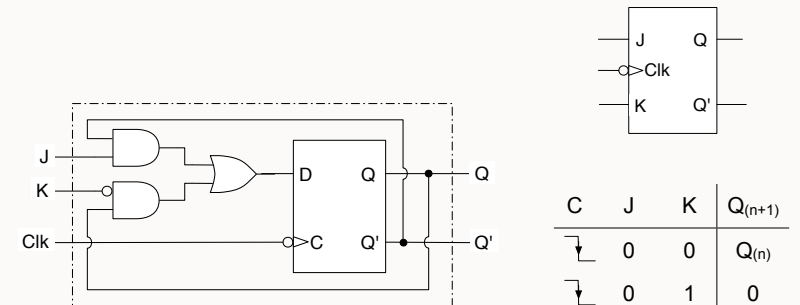
Flip-flop J-K amo-esclavo



- Mientras el reloj está en alto, el f-f amo puede cambiar, por lo tanto se requiere que J y K se mantengan en el estado deseado durante ese tiempo.

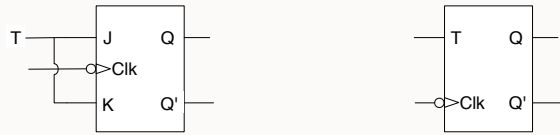
C	J	K	Q ⁽ⁿ⁺¹⁾
0	X	X	Q ⁽ⁿ⁾
\downarrow	0	0	Q ⁽ⁿ⁾
\downarrow	0	1	0
\downarrow	1	0	1
\downarrow	1	1	Q' ⁽ⁿ⁾

Flip-flop J-K disparado por frente



C	J	K	Q ⁽ⁿ⁺¹⁾
\downarrow	0	0	Q ⁽ⁿ⁾
\downarrow	0	1	0
\downarrow	1	0	1
\downarrow	1	1	Q' ⁽ⁿ⁾

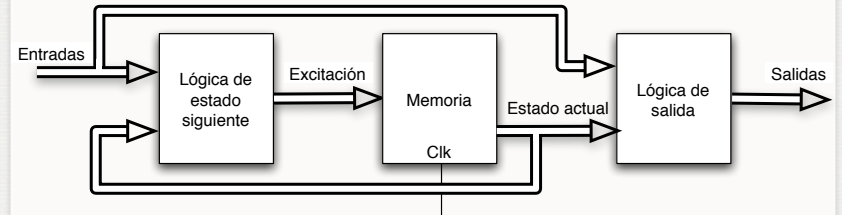
Flip-flop tipo T (toggle)



C	T	$Q_{(n+1)}$
0	0	$Q_{(n)}$
0	1	$Q'_{(n)}$

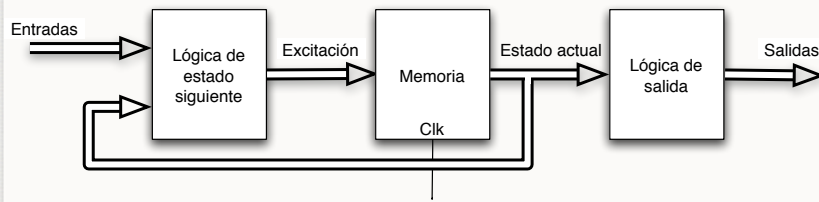
Máquina de estados con salidas tipo Mealy

- Las salidas son una función de las entradas y del estado actual de la máquina.



Máquina de estados con salidas tipo Moore

- Las salidas son función únicamente del estado actual de la máquina.



Tablas de transición y ecuaciones características

S	R	$Q_{(n+1)}$
0	0	$Q_{(n)}$
0	1	0
1	0	1
1	1	Prohibido

$$Q_{(n+1)} = S + R' \cdot Q_{(n)}$$

D	$Q_{(n+1)}$
0	0
1	1

$$Q_{(n+1)} = D$$

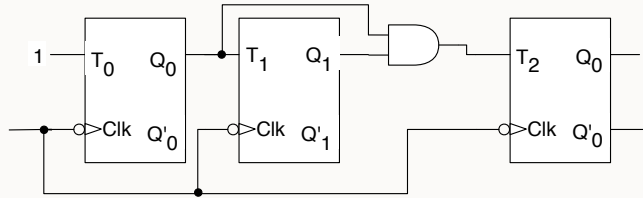
J	K	$Q_{(n+1)}$
0	0	$Q_{(n)}$
0	1	0
1	0	1
1	1	$Q'_{(n)}$

$$Q_{(n+1)} = J \cdot Q'_{(n)} + K' \cdot Q_{(n)}$$

T	$Q_{(n+1)}$
0	$Q_{(n)}$
1	$Q'_{(n)}$

$$Q_{(n+1)} = T \cdot Q'_{(n)} + T' \cdot Q_{(n)}$$

Análisis de circuitos secuenciales (1)



■ Ecuaciones de excitación:

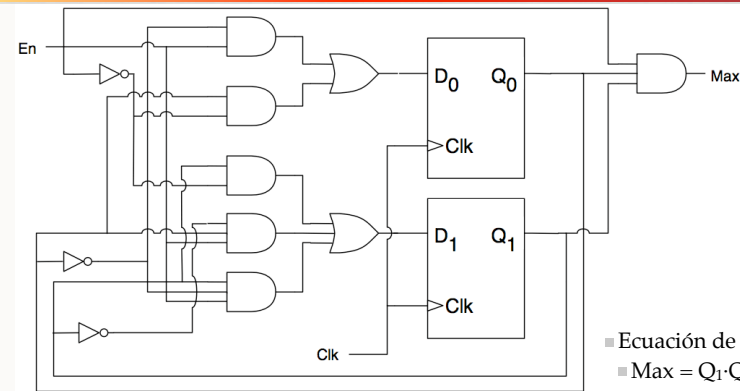
- $T_0 = 1$
- $T_1 = Q_0$
- $T_2 = Q_1 \cdot Q_0$

■ Ecuaciones de transición:

- $Q_0^{(n+1)} = Q_0^{(n)}$
- $Q_1^{(n+1)} = Q_0^{(n)} \cdot Q_1^{(n)} + Q_0^{(n)} \cdot Q_1^{(n)}$
- $Q_2^{(n+1)} = Q_1^{(n)} \cdot Q_0^{(n)} \cdot Q_2^{(n)} + (Q_1^{(n)} \cdot Q_0^{(n)})' \cdot Q_2^{(n)}$

Clk									
Q ₂	0	0	0	0	1	1	1	1	0
Q ₁	0	0	1	1	0	0	1	1	0
Q ₀	0	1	0	1	0	1	0	1	0

Análisis de circuitos secuenciales (2)



■ Ecuaciones de excitación:

- $D_0 = Q_0 \cdot En' + Q_0' \cdot En$
- $D_1 = Q_1 \cdot En' + Q_1' \cdot Q_0 \cdot En + Q_1 \cdot Q_0' \cdot En$

■ Ecuaciones de transición:

- $Q_0^{(n+1)} = Q_0 \cdot En' + Q_0' \cdot En$
- $Q_1^{(n+1)} = Q_1 \cdot En' + Q_1' \cdot Q_0 \cdot En + Q_1 \cdot Q_0' \cdot En$

■ Ecuación de salida:
■ $Max = Q_1 \cdot Q_0 \cdot En$

Análisis de circuitos secuenciales (2a)

■ Ecuaciones de transición:

- $Q_0^{(n+1)} = Q_0 \cdot En' + Q_0' \cdot En$
- $Q_1^{(n+1)} = Q_1 \cdot En' + Q_1' \cdot Q_0 \cdot En + Q_1 \cdot Q_0' \cdot En$

■ Ecuación de salida:

- $Max = Q_1 \cdot Q_0 \cdot En$

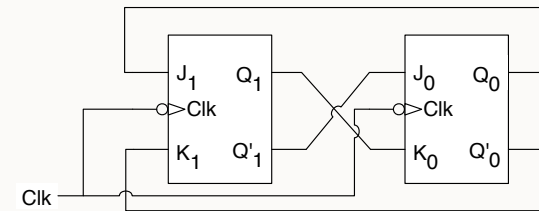
Edo. actual	En=0		En=1	
	Q ₁	Q ₀	Q ₁	Q ₀
0 0	0 0	0 1		
0 1	0 1	1 0		
1 0	1 0	1 1		
1 1	1 1	0 0		

Tabla de transición

Edo. actual	Edo. fut., Max	
	En=0	En=1
A	A, 0	B, 0
B	B, 0	C, 0
C	C, 0	D, 0
D	D, 0	A, 1

Tabla de estados y salida

Análisis de circuitos secuenciales (3)



■ Ecuaciones de excitación:

- $J_1 = Q_0$
- $K_1 = Q_0'$
- $J_0 = Q_1'$
- $K_0 = Q_1$

■ Ecuaciones de transición:

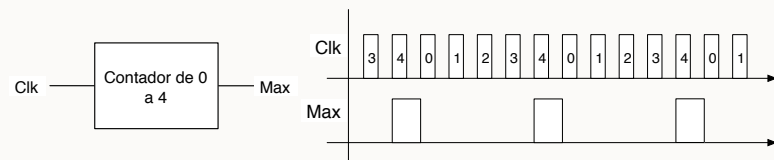
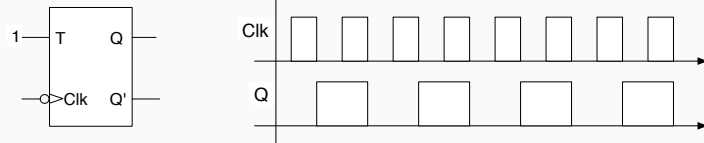
- $Q_1^{(n+1)} = Q_0 \cdot Q_1' + Q_0' \cdot Q_1$
- $Q_0^{(n+1)} = Q_1' \cdot Q_0 + Q_1 \cdot Q_0$

$$Q_{(n+1)} = J \cdot Q'(n) + K' \cdot Q(n)$$

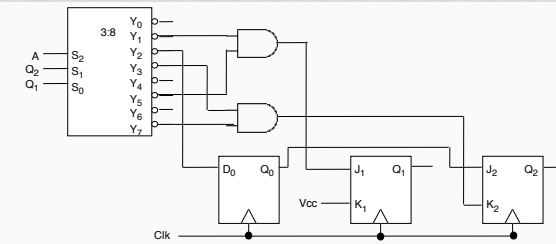
Edo. actual	Edo. futuro
	0
1	3
2	0
3	2

Análisis de circuitos secuenciales (4)

■ Divisores de frecuencia:



Análisis de circuitos secuenciales (5)



$$D0 = Y2 = (A + Q2' + Q1)$$

$$J1 = Y1.Y5 = (A + Q2 + Q1').(A' + Q2 + Q1') = Q2 + Q1'$$

$$K1 = 1$$

$$J2 = Q0$$

$$K2 = Y3.Y7 = (A + Q2' + Q1').(A' + Q2' + Q1') = Q2' + Q1'$$

