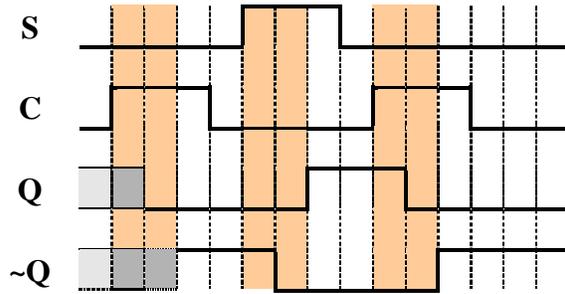
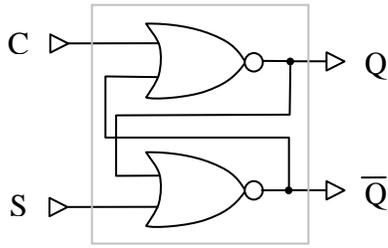


# 1. Bistabile asincrono SC (detto anche SR)



**Tabella delle transizioni o stato prossimo:**

S	C	Q	Q*
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

*Configurazioni vietate: il circuito per queste configurazioni ha un comportamento indeterminato. E' possibile quindi impostare arbitrariamente il valore di queste configurazioni allo scopo di semplificare le funzioni se necessario.*

**Funzione stato prossimo:**

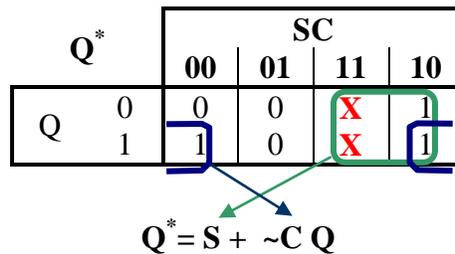
( sviluppo SOP, X=0 )

$$Q^* = \sim S \sim C Q + S \sim C \sim Q + S \sim C Q$$

Status quo      Rivoluzione

$$= \sim S \sim C Q + S \sim C (\sim Q + Q) = \sim S \sim C Q + S \sim C$$

( sviluppo con mappe di Karnaugh, X=1 )



## 2. Latch sincrono SC (positive level-triggered)

Un latch è un bistabile sincrono sensibile ai livelli del segnale di controllo

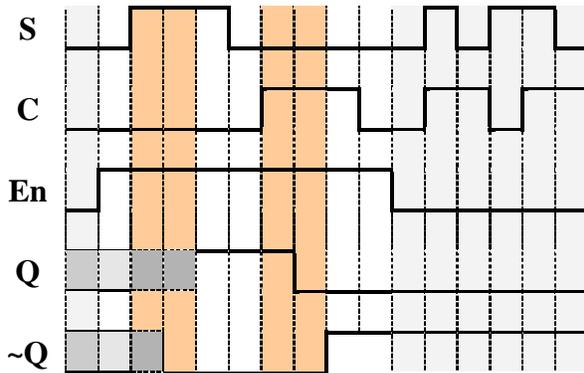
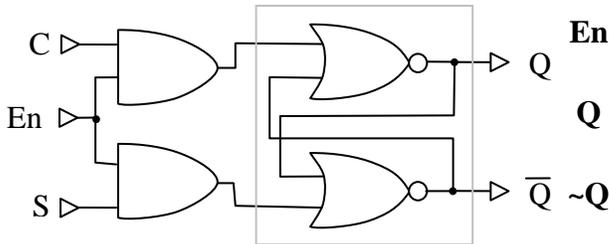
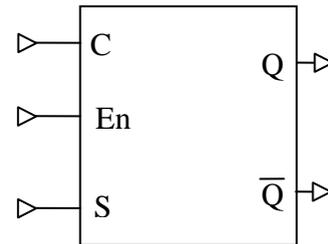


Tabella delle transizioni o stato prossimo:

S	C	En=E	Q	Q*
X	X	0	0	0
X	X	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	1	0	X
1	1	1	1	X

Configurazioni *ininfluenti*: il comportamento del circuito per queste configurazioni non dipende dalle variabili X. E' un modo per semplificare la scrittura della tabella di verità



Funzione stato prossimo:

( sviluppo SOP, X=0 )

$$\begin{aligned}
 Q^* &= \sim EQ + \sim S \sim CEQ + S \sim CE \sim Q + S \sim CEQ \\
 &= \sim EQ + \sim S \sim CEQ + S \sim CE (\sim Q + Q) \\
 &= \sim EQ + \sim S \sim CEQ + S \sim CE = \sim EQ + E(\sim S \sim CQ + S \sim C)
 \end{aligned}$$

Status quo      Rivoluzione

( sviluppo con mappe di Karnaugh, X=1 )

Q*	SC			
	00	01	11	10
EQ	0	0	0	0
01	1	1	1	1
11	1	0	X	1
10	0	0	X	1

$$Q^* = \sim EQ + ES + E \sim C Q$$

### 3. Latch sincrono tipo D (positive level-triggered)

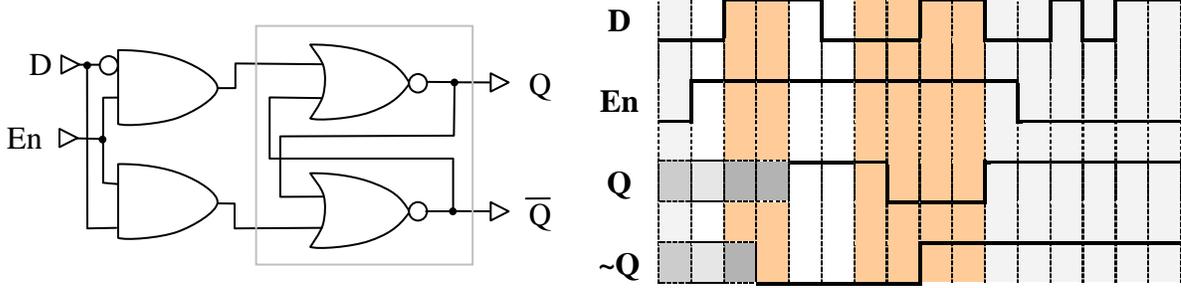
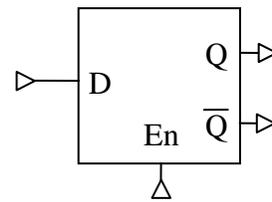


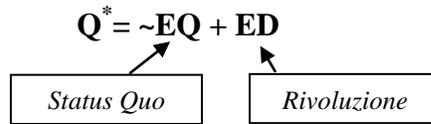
Tabella delle transizioni o *stato prossimo*:

D	En=E	Q	Q*
X	0	0	0
X	0	1	1
0	1	X	0
1	1	X	1



Funzione stato prossimo:

( *sviluppo SOP* )

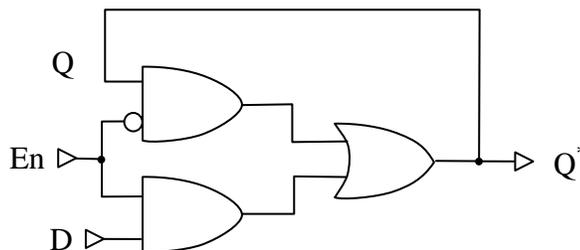


( *sviluppo con mappe di Karnaugh* )

Q*		ED			
		00	01	11	10
Q	0	0	0	1	0
	1	1	1	1	0

$Q^* = \sim EQ + ED$

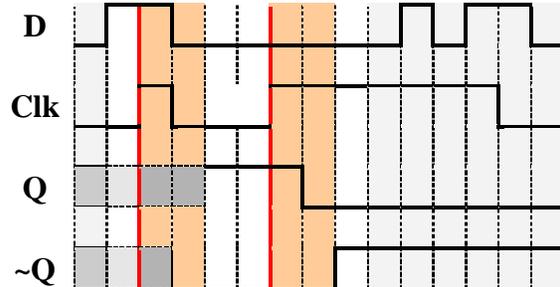
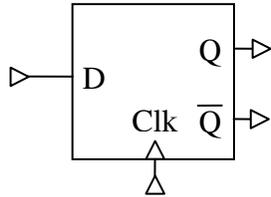
Circuito logico equivalente:



#### 4. Flip-Flop sincrono D (positive edge-triggered). Hold e Set Time

Comportamento identico al latch sincrono level-triggered eccetto che l'attivazione avviene sui fronti di salita o di discesa del clock

Un flip-flop è un bistabile sincrono sensibile ai fronti del segnale di controllo



**Tabella delle transizioni** o *stato prossimo* (formato compatto):

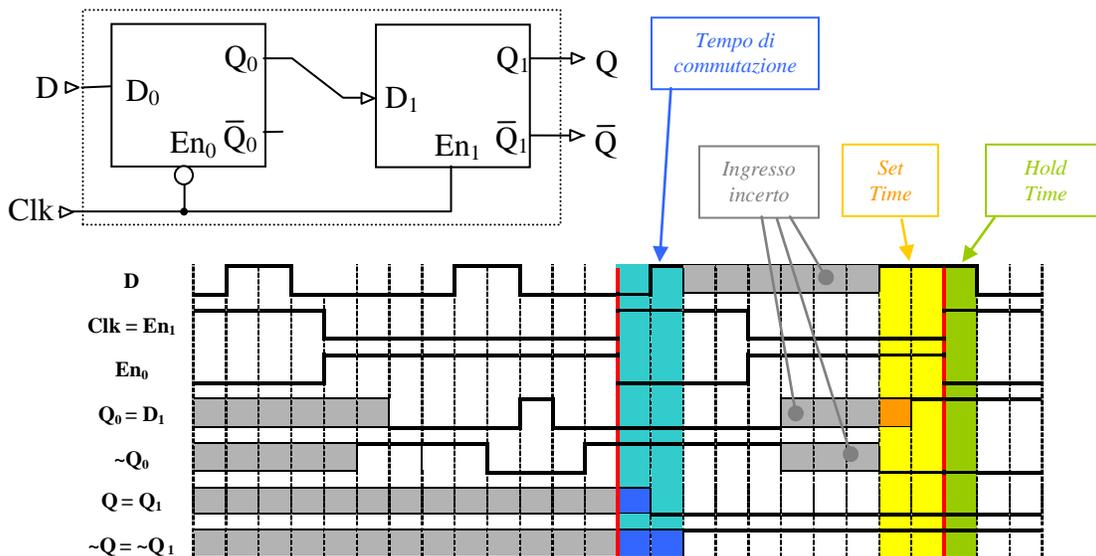
D	Clk = E	Q	Q*
X	-	q	q
0	↑	X	0
1	↑	X	1

**Funzione stato prossimo:**

*Caso edge-triggered:* considero il fronte positivo come fosse un valore uguale ad 1, i restanti casi come uguali a 0.

$$Q^* = \sim EQ + ED \quad (\text{sviluppo SOP})$$

**Una possibile realizzazione circuitale e grafico dei tempi:**



## 5. Flip-flop sincrono J-K (positive edge-triggered)

In questo latch, la combinazione vietata del latch SC, entrambi gli ingressi ad **1**, viene usata per invertire lo stato dell'uscita (chiaramente il circuito deve essere edge-triggered altrimenti l'uscita dovrebbe continuare a cambiare di stato finché persiste il segnale di controllo).

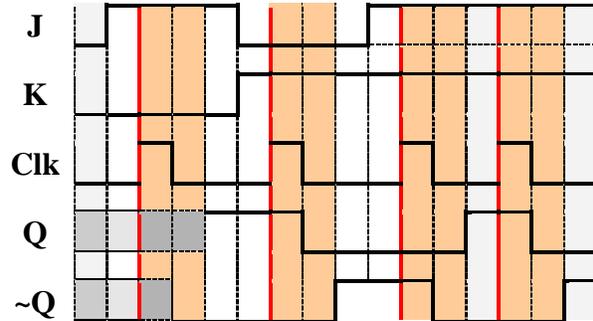
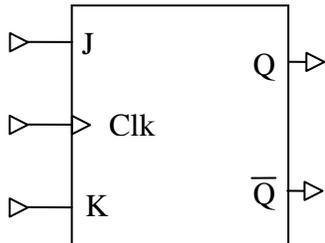
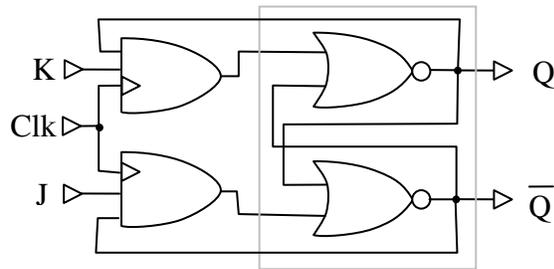


Tabella delle transizioni o stato prossimo:

J	K	Clk=E	Q	Q*
X	X	-	q	q
0	0	↑	q	q
0	1	↑	X	0
1	0	↑	X	1
1	1	↑	q	~q



Funzione stato prossimo:

*Caso edge-triggered: considero il fronte positivo come fosse un valore uguale ad 1, i restanti casi come uguali a 0.*

(sviluppo con SOP)

$$\begin{aligned}
 Q^* &= \sim EQ + \sim J \sim KEQ + J \sim KE + JKE \sim Q \\
 &= \sim EQ + E(\sim J \sim KQ + \mathbf{J \sim K} + JK \sim Q) \\
 &= \sim EQ + E(\sim \mathbf{J \sim KQ} + \mathbf{J \sim KQ} + \mathbf{J \sim K \sim Q} + JK \sim Q) = \sim EQ + E(\sim KQ + \mathbf{J \sim Q})
 \end{aligned}$$

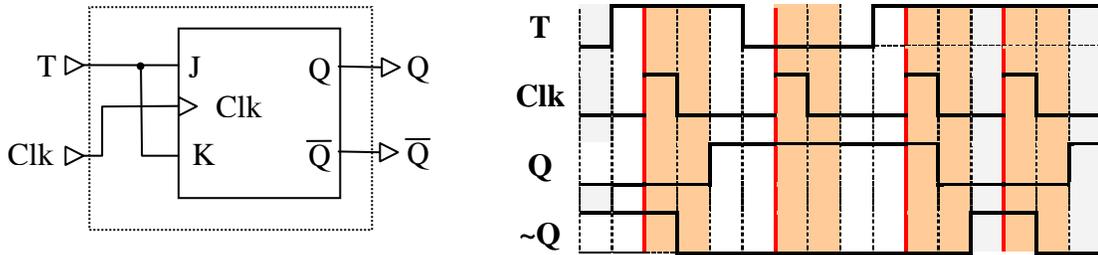
(sviluppo con mappe di Karnaugh)

Q*		JK			
		00	01	11	10
EQ	00	0	0	0	0
	01	1	1	1	1
	11	1	0	0	1
	10	0	0	1	1

$$Q^* = \sim EQ + \sim KQ + EJ \sim Q$$

## 6. Flip-flop sincrono T (positive edge-triggered)

Questo flip-flop costituisce una versione semplificata (con meno linee di controllo) del flip-flop JK.



**Tabella delle transizioni** o *stato prossimo*:

T	Clk=E	Q	Q*
X	-	q	q
0	↑	q	q
1	↑	q	<b>~q</b>

**Funzione stato prossimo:**

**Caso edge-triggered:** considero il fronte positivo come fosse un valore uguale ad 1, i restanti casi come uguali a 0.

(sviluppo con SOP)

$$Q^* = \sim EQ + E\sim TQ + ET\sim Q$$

$$= \sim EQ + E(\sim TQ + T\sim Q) = \sim EQ + E(T \oplus Q)$$

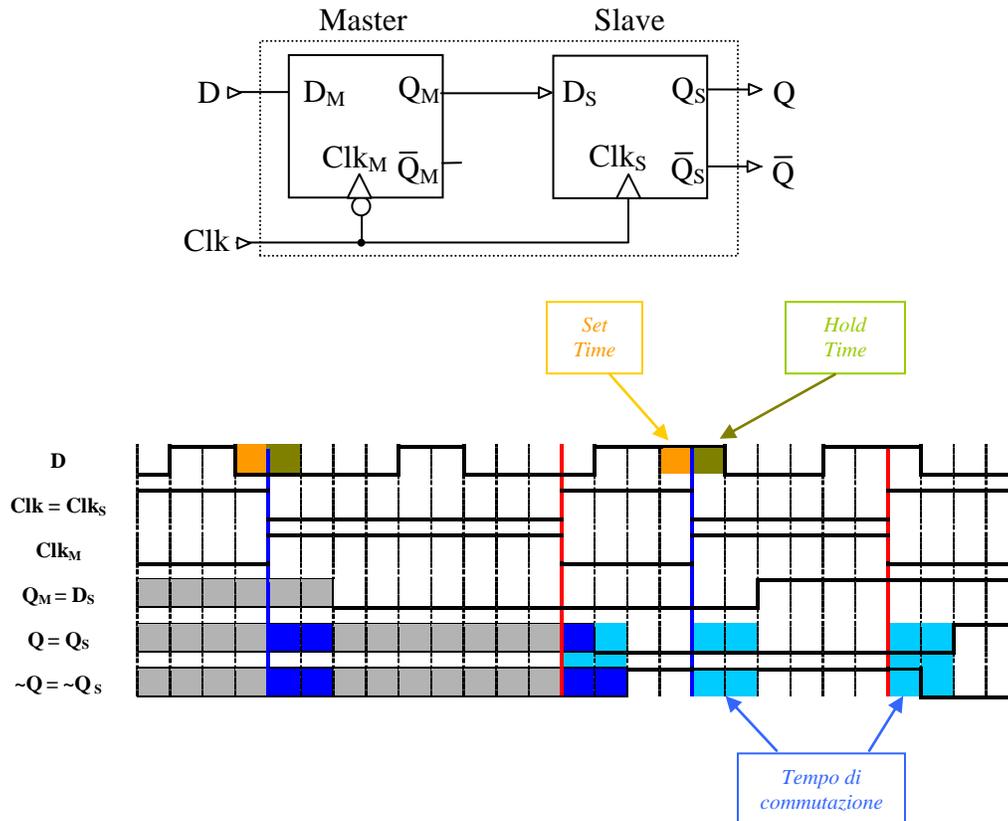
(sviluppo con mappe di Karnaugh)

Q*		TQ			
		00	01	11	10
E	0	0	1	1	0
	1	0	1	0	1

$$Q^* = \sim EQ + \sim TQ + ET\sim Q$$

## 7. Flip-Flop sincrono D Master-Slave (positive edge-triggered).

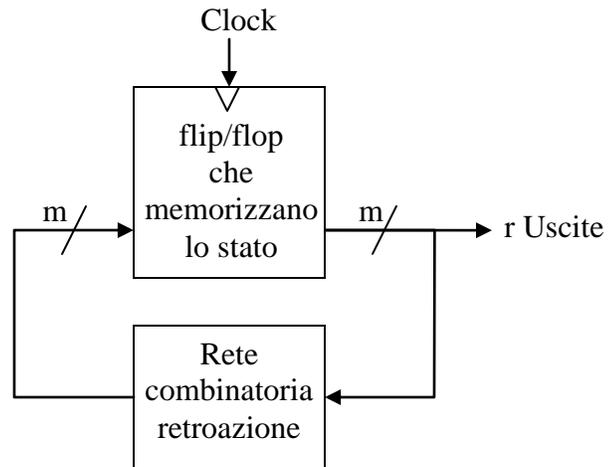
Comportamento identico al flip-flop sincrono di tipo D eccetto che la fase di memorizzazione e la fase di trasferimento in uscita vengono separate in due momenti distinti: il F/F Master-Slave (positive edge-triggered) memorizza il dato sul fronte di discesa mentre lo trasferisce sulle uscite solo sul successivo fronte di salita.



## 8. Reti sequenziali e contatori

Supponiamo di voler realizzare un contatore modulo 4 attraverso una rete sequenziale composta da una memoria, realizzata con F/F, ed una rete combinatoria che realizza una rete di retroazione.

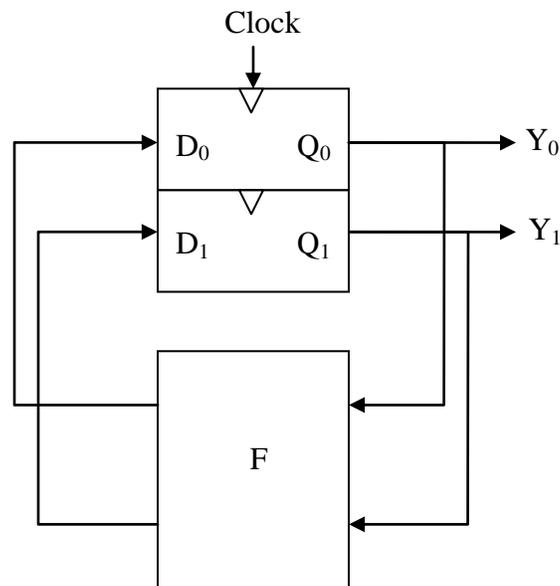
Il circuito ad ogni fronte di clock dovrà mutare lo stato delle sue uscite in modo da



visitare in ordine tutte le configurazioni possibili del contatore modulo 4:

$$S = \{00, 01, 10, 11\}$$

Arrivato alla configurazione 11, al successivo fronte di clock dovrà ricominciare con la sequenza dal primo valore 00. Per memorizzare i due flip/flop bit di stato quindi mi occorrono due flip/flop supponiamo di tipo D.



In altre parole il circuito deve effettuare ciclicamente le seguenti transizioni di stato:

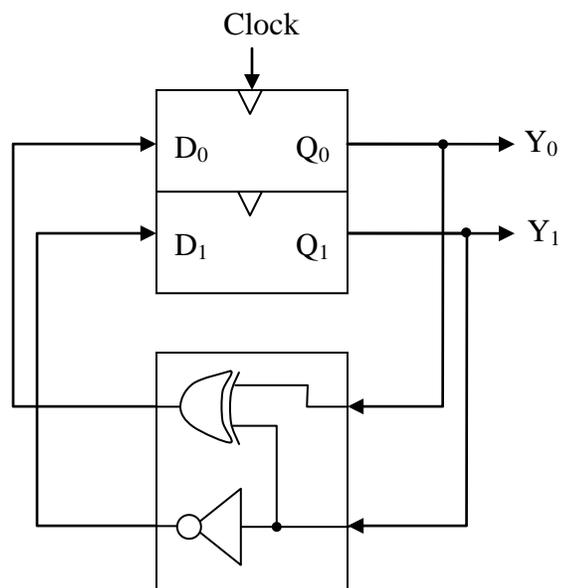
00 → 01  
 01 → 10  
 10 → 11  
 11 → 00

Calcoliamo la tabella delle eccitazioni necessaria per ottenere le transizioni richieste:

$Q_0$	$Q_1$	$Q_0^*$	$Q_1^*$	$D_0$	$D_1$
0	0	0	1	0	1
0	1	1	0	1	0
1	0	1	1	1	1
1	1	0	0	0	0

Sintetizziamo un circuito che, dati  $Q_0$  e  $Q_1$  generi i segnali  $D_0$  e  $D_1$  opportuni:

$$D_0 = Q_0 \text{ XOR } Q_1, \quad D_1 = \sim Q_1$$



Se invece di flip/flop di tipo D avessimo usato flip/flop di tipo JK allora la tabella di eccitazione sarebbe stata:

$Q_0$	$Q_1$	$Q_0^*$	$Q_1^*$	$J_0$	$K_0$	$J_1$	$K_1$
0	0	0	1	0	X	1	X
0	1	1	0	1	X	X	1
1	0	1	1	X	0	1	X
1	1	0	0	X	1	X	1

Assegnamo dei valori opportuni alle configurazioni indifferenti in modo da semplificare il circuito che sintetizza  $J_0$ ,  $K_0$ ,  $J_1$ ,  $K_1$ :

$Q_0$	$Q_1$	$Q_0^*$	$Q_1^*$	$J_0$	$K_0$	$J_1$	$K_1$
0	0	0	1	0	0	1	1
0	1	1	0	1	1	1	1
1	0	1	1	0	0	1	1
1	1	0	0	1	1	1	1

Con questo assegnamento la forma algebrica delle funzioni diventa:

$$J_0 = K_0 = Q_1, J_1 = K_1 = 1$$

