

# Registri



Registri semplici .....	1823
Registri a scorrimento .....	1827
Contatori asincroni con flip-flop T .....	1829
Contatori sincroni con flip-flop T .....	1831
Contatori sincroni con flip-flop D .....	1833
Contatori sincroni con caricamento parallelo .....	1835

I **registri** sono delle batterie di flip-flop (di norma si tratta di flip-flop D) con le quali è possibile memorizzare valori binari o costruire dei contatori di vario tipo. Di norma i registri si realizzano con flip-flop sincroni che recepiscono il valore in ingresso al momento della variazione dell'impulso di clock (*edge triggered*).

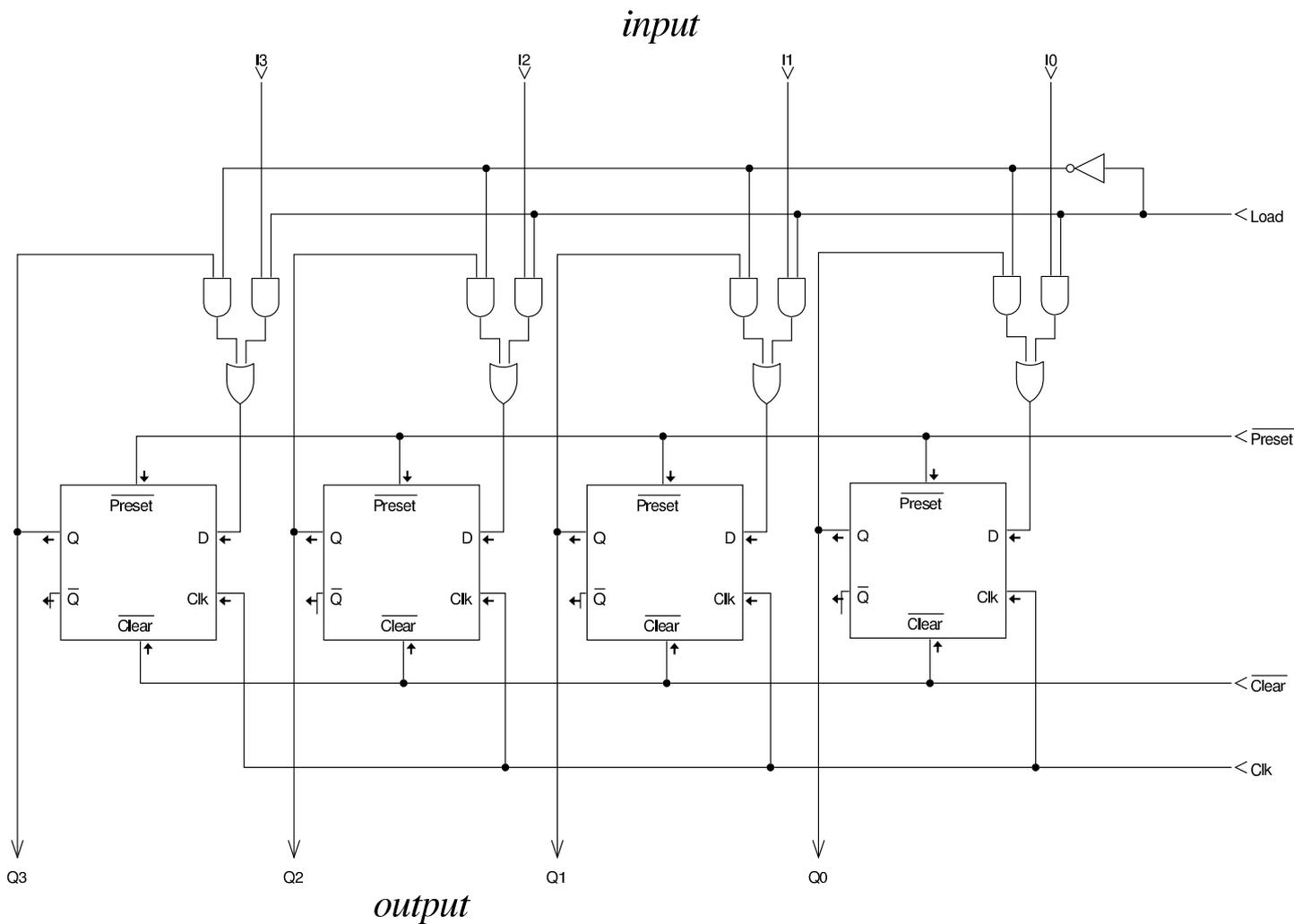
Negli esempi delle sezioni successive si utilizzano flip-flop D, secondo la realizzazione classica, oppure flip-flop derivati da questo tipo. Pertanto, si tratta di flip-flop a margine positivo (pilotati dalla variazione positiva dell'impulso di clock).



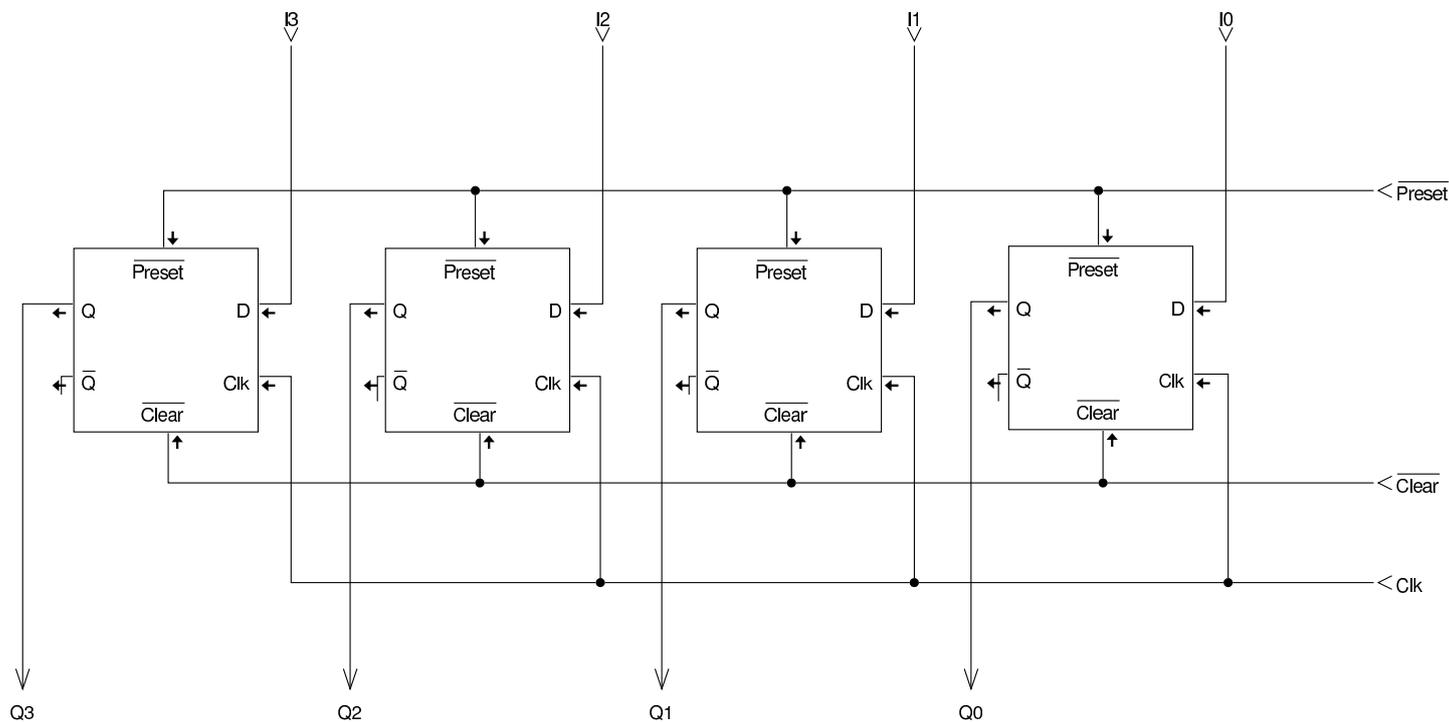
## Registri semplici

Il registro più semplice è quello che è in grado di raccogliere un valore composto da più bit e di conservarlo fino a quando non vengono abilitati nuovamente gli ingressi. Nella figura successiva, il valore contenuto nel registro può essere letto dalle uscite da  $Q_0$  a  $Q_3$  e può essere immesso attraverso gli ingressi da  $I_0$  a  $I_3$ . Il valore proveniente dagli ingressi da  $I_0$  a  $I_3$ , viene raccolto solo quando è attivo l'ingresso **Load**, altrimenti i flip-flop, a ogni impulso di clock, ricopiano nel proprio ingresso lo stesso valore che mostrano in uscita.

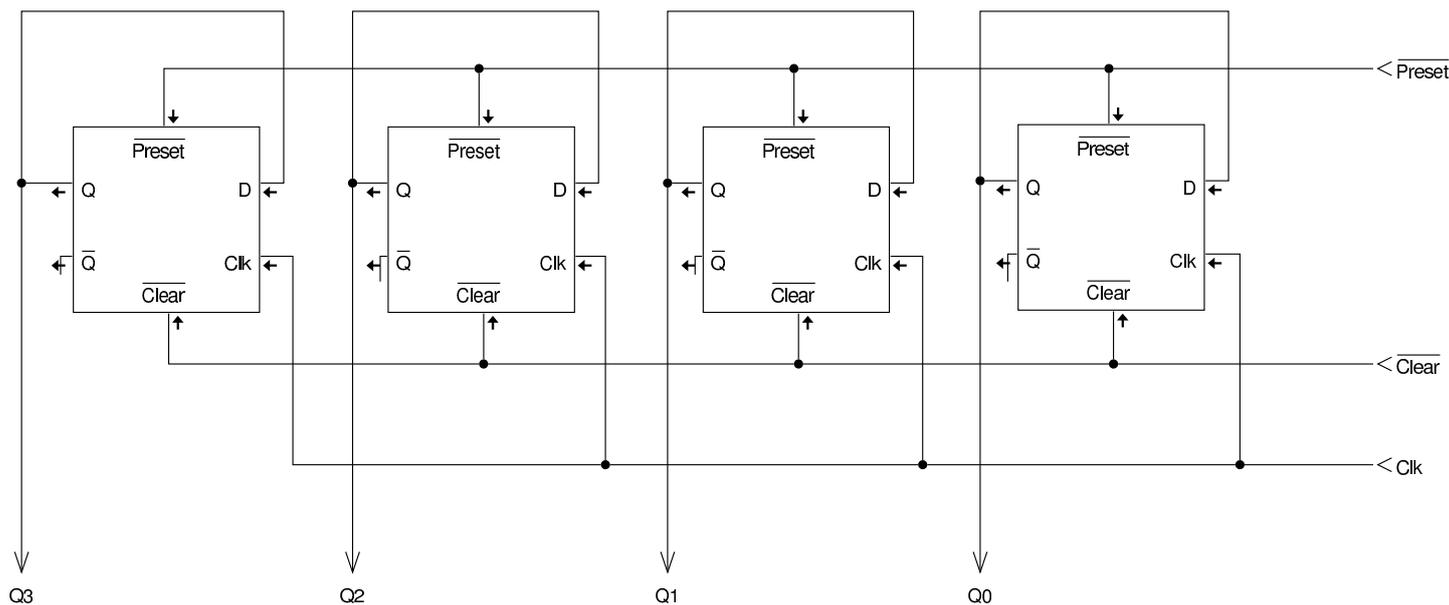
Figura u102.3. Registro a 4 bit: quando l'ingresso **Load** è attivo e si presenta una variazione positiva del clock, il registro accumula il valore proveniente dagli ingressi (da  $I_0$  a  $I_3$ ), altrimenti mantiene il valore accumulato precedentemente.



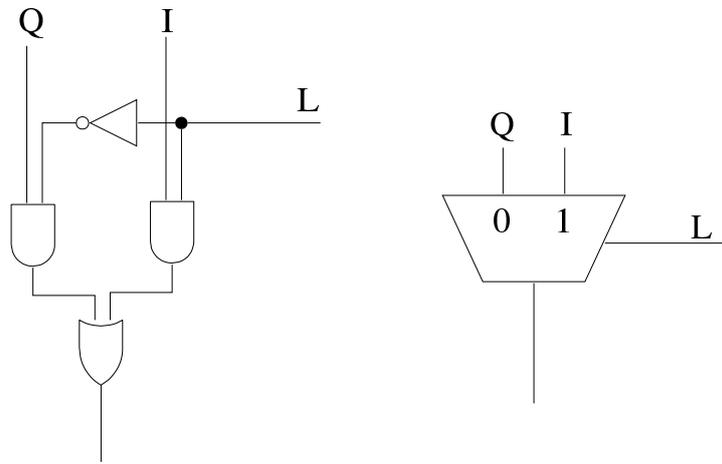
Se si analizza lo schema della figura appena apparsa, si vede che, quando il registro deve accettare il valore in ingresso, è come se il circuito si riducesse all'immagine successiva:



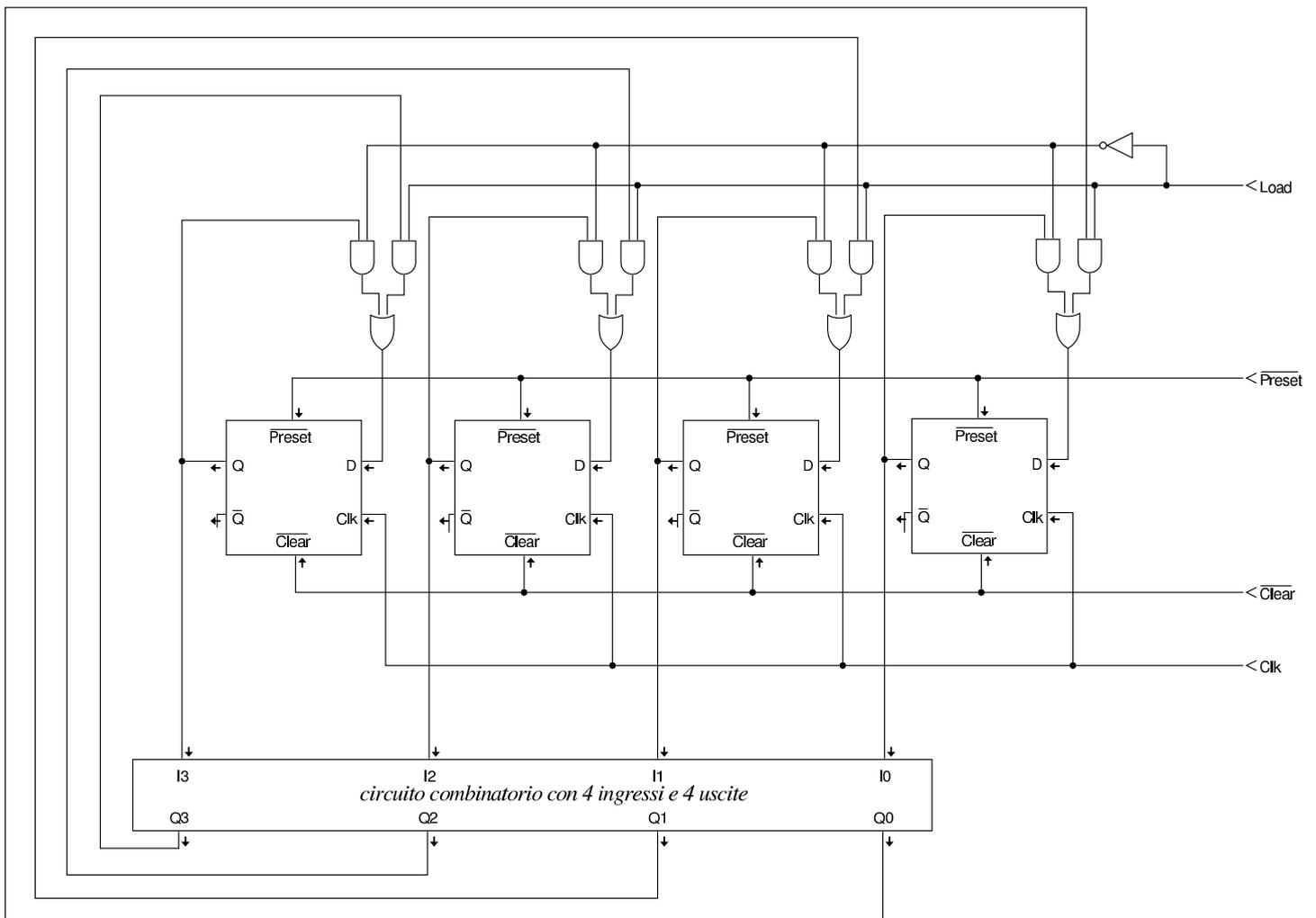
Quando invece si tratta di mantenere il valore memorizzato, è come se il circuito si riducesse allo schema della figura successiva:



Deve essere chiaro che gli ingressi **D** di questo tipo di registro sono controllati da un moltiplicatore, il quale, a ogni impulso di clock, sceglie se recepire un valore nuovo o se rinnovare quello già memorizzato in precedenza.



Una caratteristica importante di un registro comune è quella di potersi aggiornare a partire dal dato che esso stesso contiene, nell'istante in cui viene recepita la variazione dell'ingresso di clock che consente tale aggiornamento. Si osservi l'esempio della figura successiva:



All'uscita del registro, si trova un circuito combinatorio non meglio

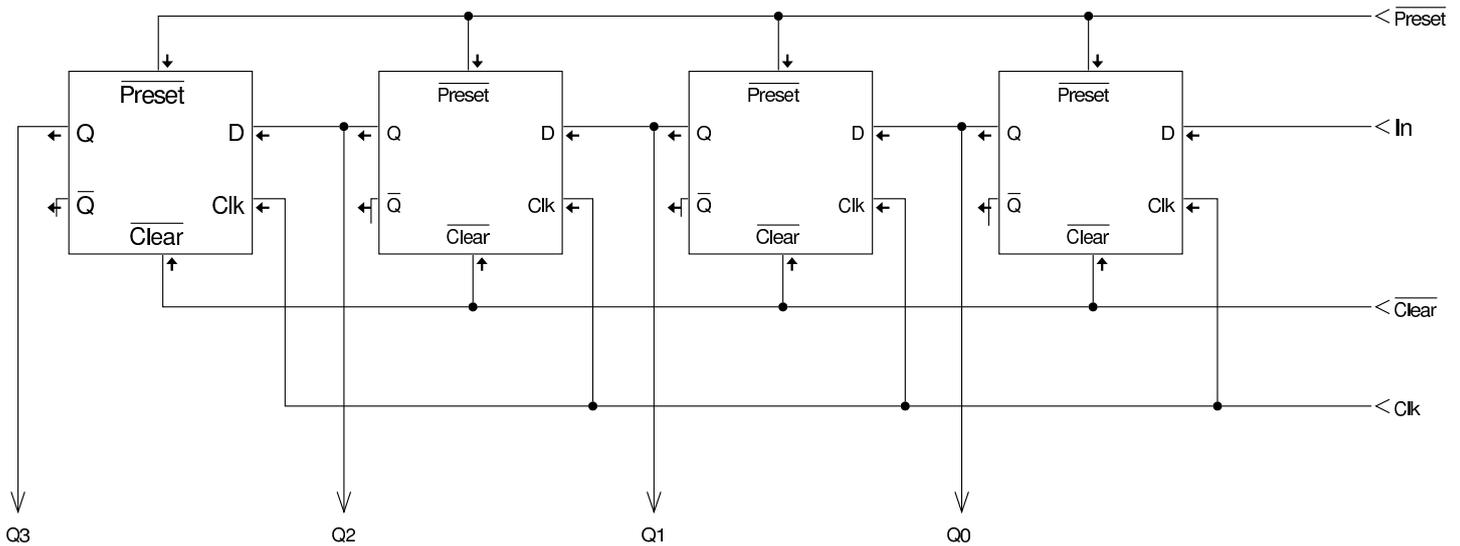
precisato, il quale trasforma quanto proviene dal registro, fornendo poi il valore trasformato in ingresso al registro stesso: quando l'ingresso **Load** è attivo e si manifesta la variazione positiva del segnale di clock, il registro recepisce il nuovo valore trasformato. In pratica, si ottiene quello che in programmazione si rappresenta solitamente come  $x=f(x)$ , ovvero l'aggiornamento di una variabile con il risultato di un'espressione che la contiene.

## Registri a scorrimento

La figura successiva mostra un registro che recepisce un solo valore logico, nell'ingresso **In**, quando si presenta la variazione positiva del segnale di clock. In quel momento, il primo flip-flop a destra aggiorna il proprio valore con il dato ottenuto dall'ingresso **In**, mentre il secondo flip-flop si aggiorna ottenendo il valore che il primo flip-flop aveva precedentemente, e così di seguito fino all'ultimo. <<

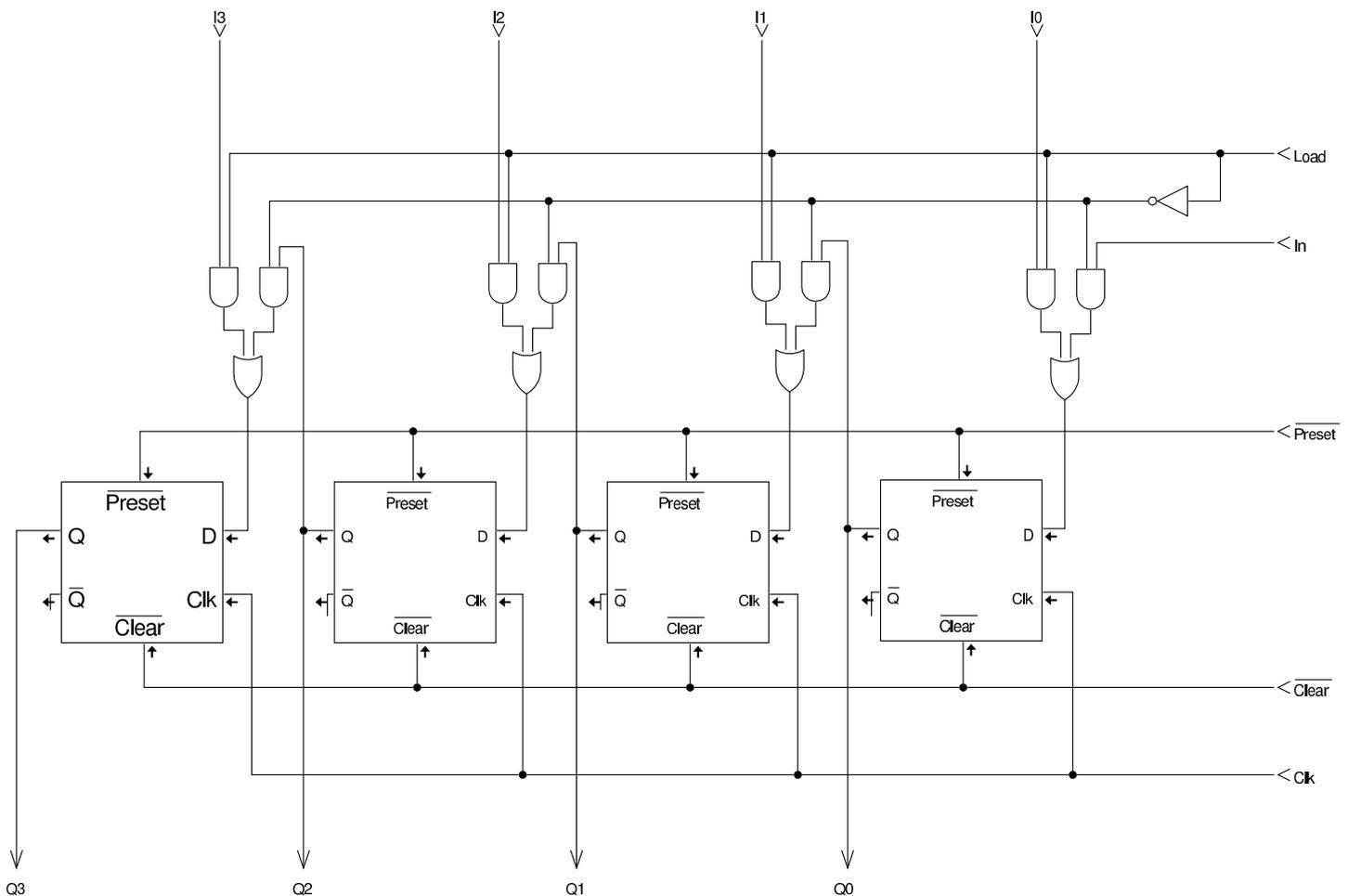
Figura u102.8. Registro a scorrimento a 4 bit: quando si verifica una variazione positiva del clock, il valore in ingresso viene accumulato dal primo flip-flop a destra, mentre il secondo riceve il valore precedente del primo, continuando fino all'ultimo.

Video: [http://www.youtube.com/watch?v=I\\_ncbpQnCZ4](http://www.youtube.com/watch?v=I_ncbpQnCZ4).



Un registro a scorrimento, come quello della figura precedente, può essere esteso in modo da consentire il caricamento di un valore. In tal caso si aggiunge un ingresso (**Load**), con il quale si seleziona la funzione svolta dal registro nel momento della variazione (positiva) del segnale di clock: caricamento o scorrimento.

Figura u102.9. Registro a scorrimento a 4 bit con caricamento: quando l'ingresso **Load** è attivo, il registro recepisce il valore dagli ingressi da  $I_0$  a  $I_3$ , mentre diversamente fa scorrere il valore contenuto nei flip-flop, acquisendo quanto contenuto nell'ingresso **In** nel primo flip-flop. L'acquisizione o lo scorrimento avvengono in corrispondenza di un margine positivo del clock.



## Contatori asincroni con flip-flop T

I contatori sono registri che incrementano o decrementano il proprio valore binario a ogni impulso di clock. Sono asincroni quei contatori i cui flip-flop non sono controllati tutti dallo stesso segnale di clock. Il contatore più semplice è costituito da flip-flop T, in quanto questo tipo di flip-flop, quando l'ingresso **T** è attivo, inverte il valore delle



uscite ogni volta che riceve la variazione del segnale di clock che serve a farlo scattare. Le figure mostrano l'uso dei flip-flop T in cascata, nel senso che l'ingresso di clock del successivo è pilotato dall'uscita del precedente: per questo si tratta di contatori asincroni.

Figura u102.10. Contatore asincrono crescente a 4 bit: il flip-flop successivo è pilotato dall'uscita  $Q'$  del flip-flop precedente.

Video: <http://www.youtube.com/watch?v=-mFL6B0w9UI>.

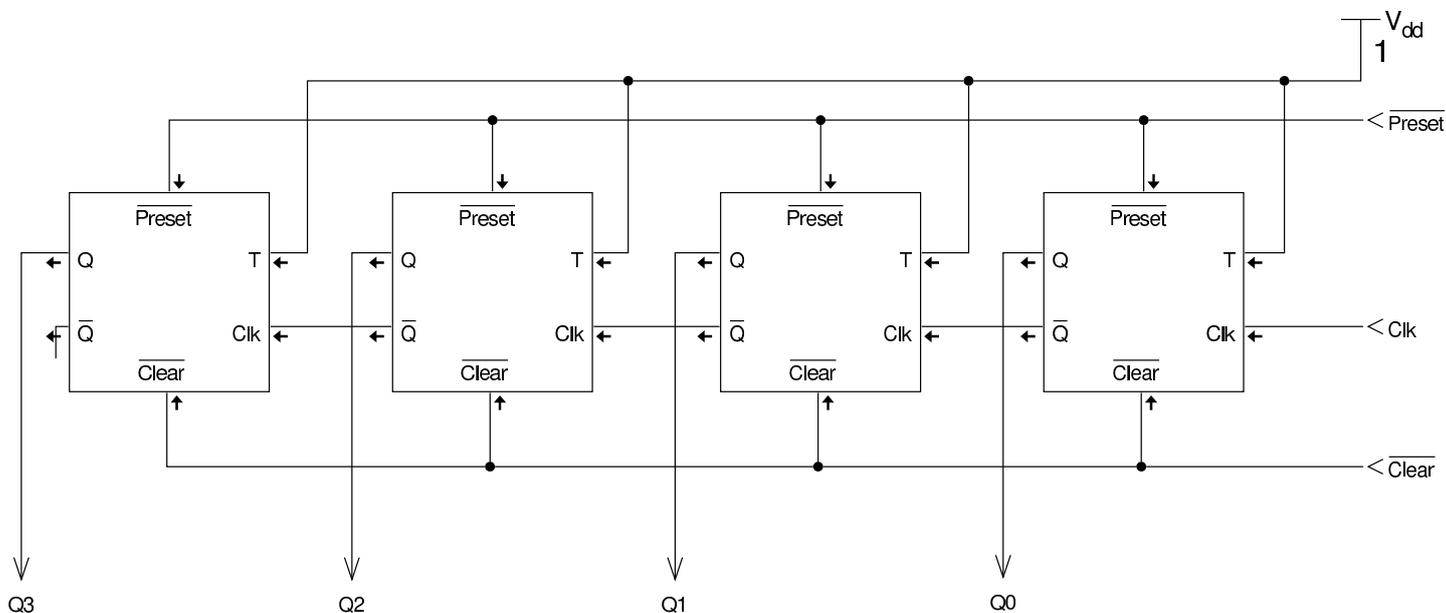
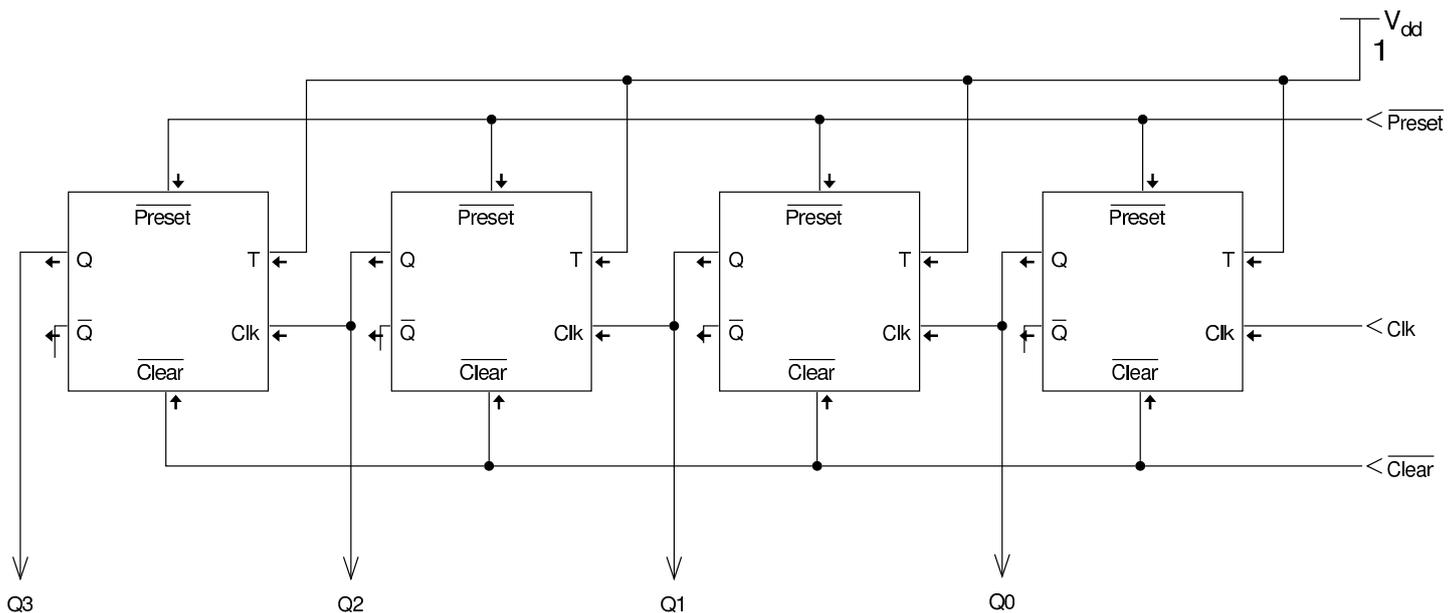


Figura u102.11. Contatore asincrono decrescente a 4 bit: il flip-flop successivo è pilotato dall'uscita  $Q$  del flip-flop precedente. Video: <http://www.youtube.com/watch?v=fvhina5QEnI>.

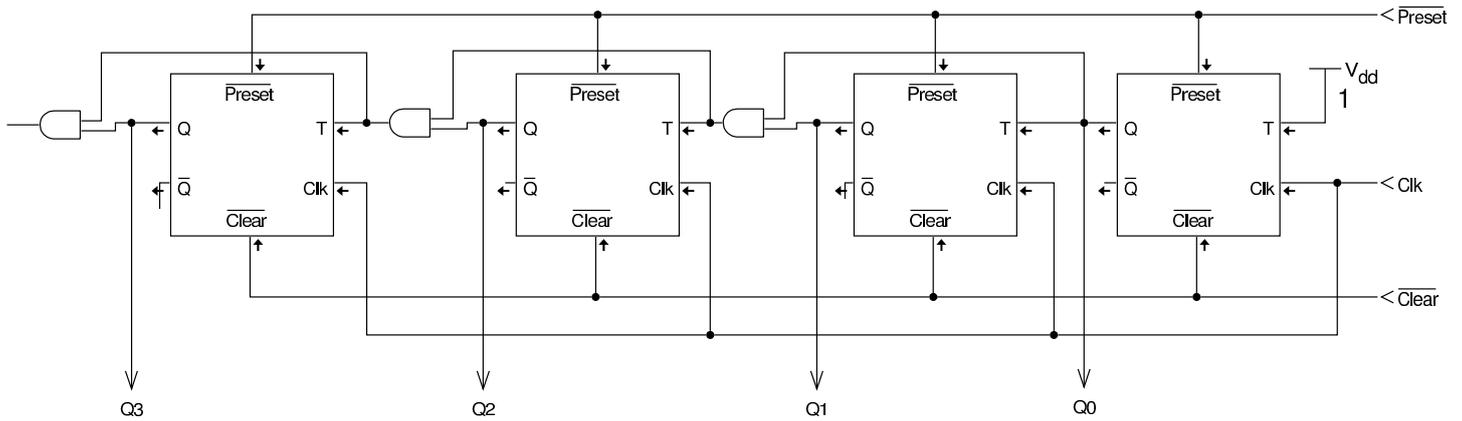


Il difetto dei contatori asincroni sta nel fatto che le oscillazioni delle uscite successive sono leggermente in ritardo rispetto a quelle delle uscite antecedenti. Questo problema si accentua al crescere del rango del registro, perché i ritardi si accumulano a ogni passaggio, da un flip-flop al successivo.

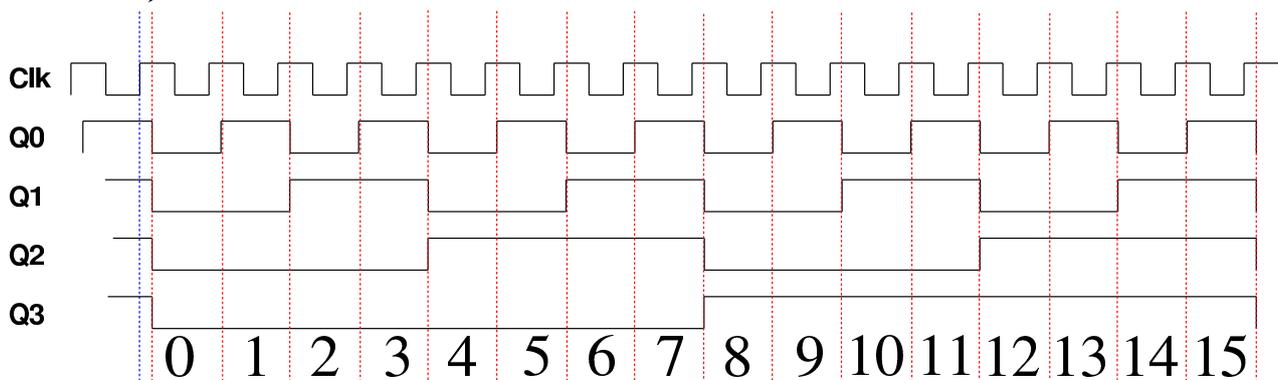
## Contatori sincroni con flip-flop T

I contatori sincroni possono essere costruiti con flip-flop T, ma in modo differente da quanto descritto nella sezione precedente; tuttavia, quando si modificano questi contatori per consentire l'acquisizione di un valore binario di partenza, è necessaria una costruzione basata su flip-flop D.

Figura u102.12. Contatore sincrono crescente a 4 bit: le uscite sono sincrone tra loro, ma inevitabilmente sono leggermente in ritardo rispetto all'impulso di clock. Video: <http://www.youtube.com/watch?v=Nh5CzRopNdY>.

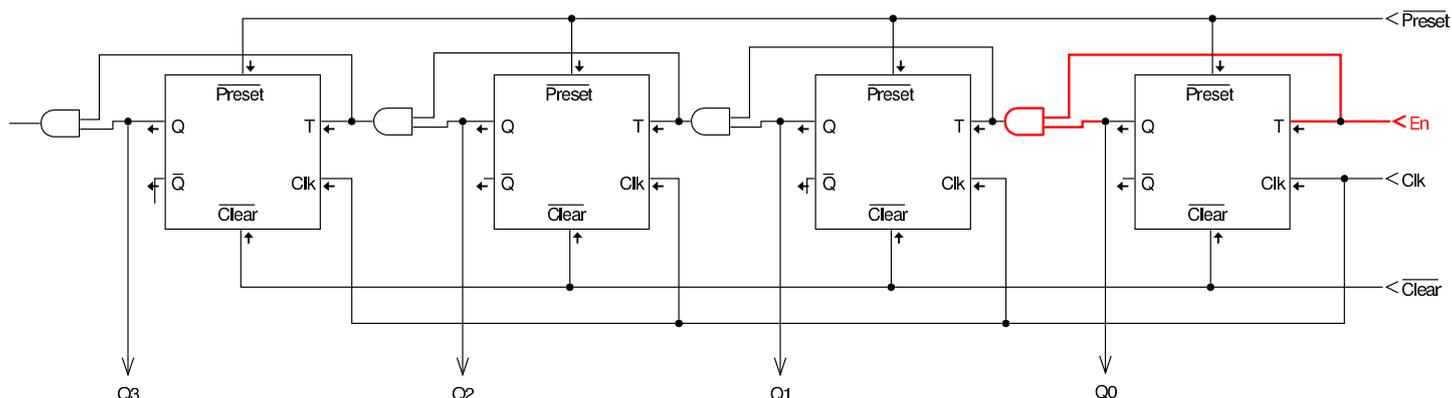


*ritardo tra il clock e il conteggio*



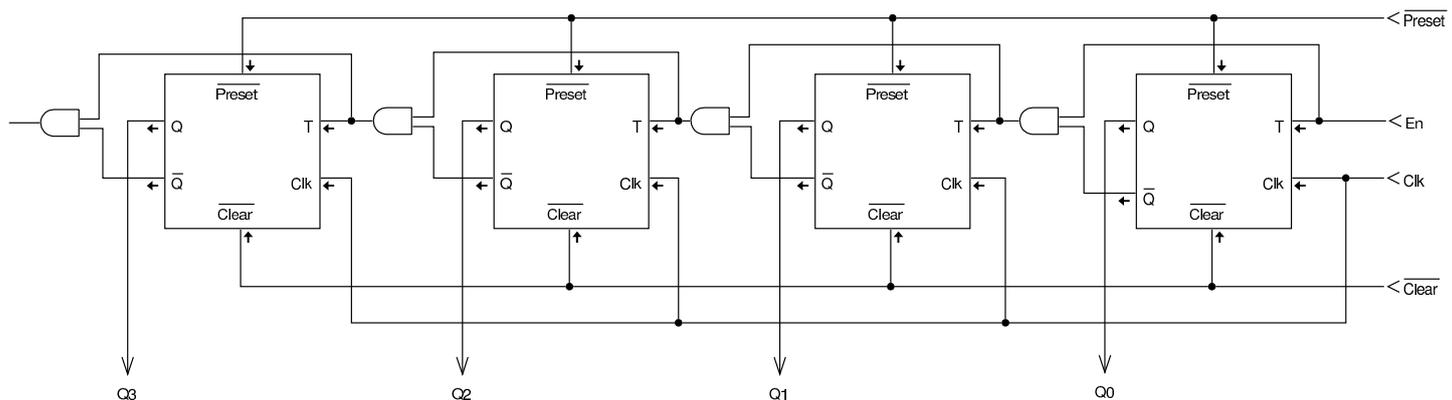
Il contatore sincrono richiede che l'ingresso  $T$  del primo flip-flop sia sempre attivo. Tuttavia, se si controlla tale ingresso è possibile sospendere il processo di conteggio, senza azzerare il valore raggiunto. Pertanto, si può aggiungere un ingresso di abilitazione, da collegare all'ingresso  $T$  del primo flip-flop, proprio per controllare il procedere del conteggio.

Figura u102.13. Contatore sincrono crescente a 4 bit con controllo di abilitazione (ingresso *En*).



La realizzazione di un contatore sincrono decrescente procede in maniera analoga, invertendo le uscite nella sequenza di flip-flop T.

Figura u102.14. Contatore sincrono decrescente a 4 bit con controllo di abilitazione.



## Contatori sincroni con flip-flop D

In generale, è più conveniente realizzare dei contatori sincroni attraverso dei flip-flop D, dato che possono poi essere modificati facilmente per consentire il caricamento parallelo di un valore. Nelle figure di questa sezione si mostrano, per ora, solo contatori equivalenti a quelli già apparsi nella sezione precedente.

Figura u102.15. Contatore sincrono crescente a 4 bit con controllo di abilitazione, basato su flip-flop D.

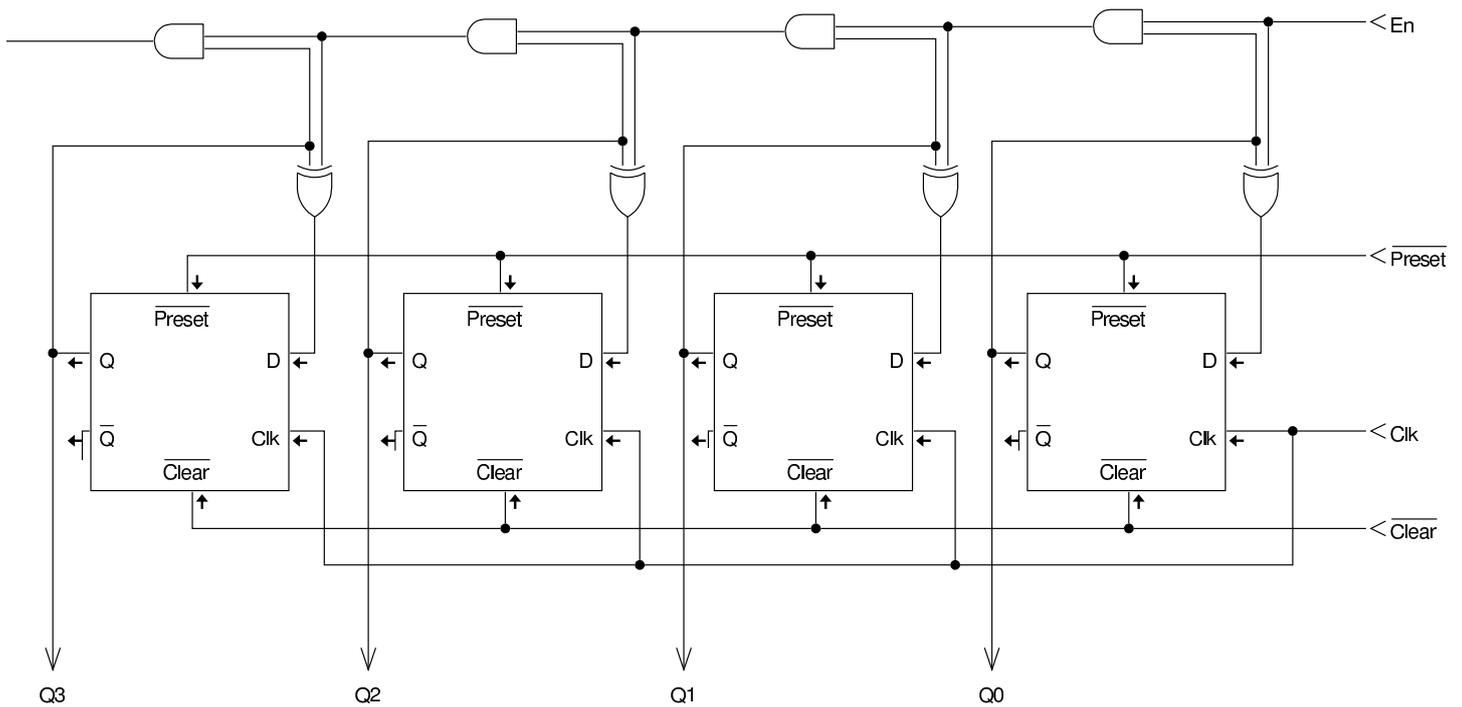


Figura u102.16. Contatore sincrono decrescente a 4 bit con controllo di abilitazione, basato su flip-flop D.

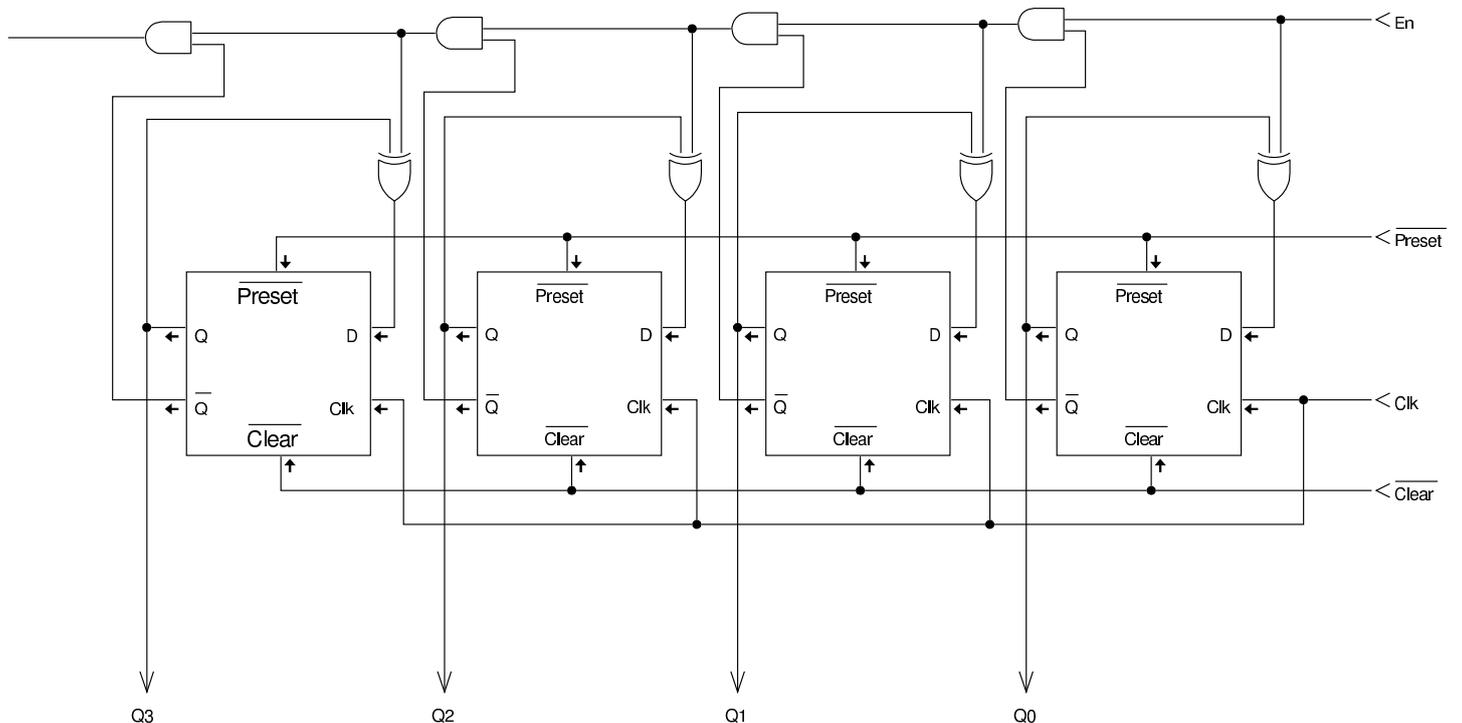




Figura u102.18. Contatore sincrono decrescente a 4 bit con caricamento parallelo: l'ingresso **Load** fa sì che il valore contenuto negli ingressi da **I<sub>0</sub>** a **I<sub>3</sub>** venga caricato nei flip-flop; poi, se l'ingresso **En** non è attivo, il valore viene mantenuto tale e quali, altrimenti viene decrementato a ogni impulso di clock.

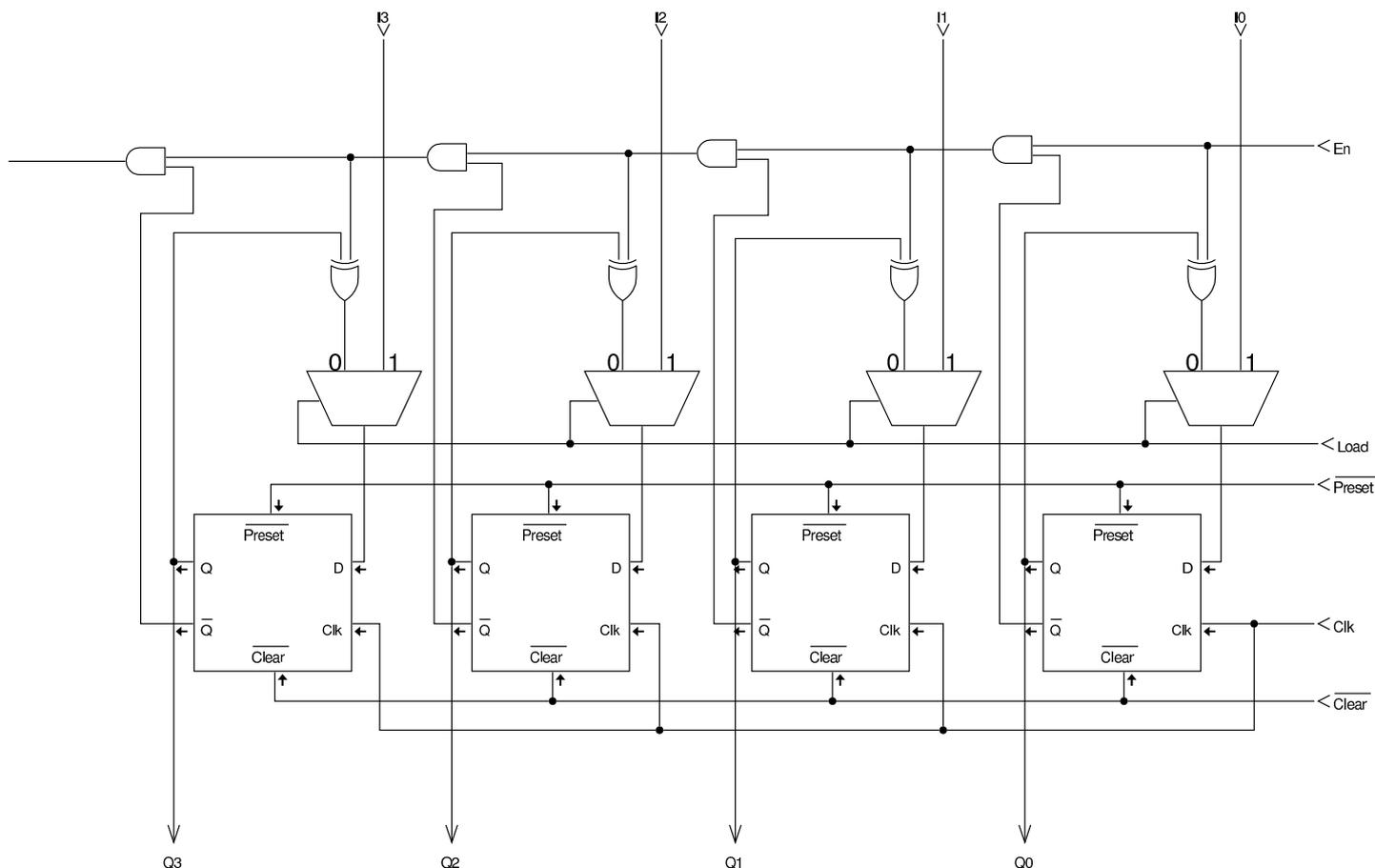


Figura u102.19. Contatore sincrono crescente o decrescente a 4 bit con caricamento parallelo: l'ingresso  $f$  consente di selezionare il funzionamento in qualità di contatore crescente o decrescente.

