Registri

Registri semplici 795
Registri a scorrimento 797
Contatori asincroni con flip-flop T 798
Contatori sincroni con flip-flop T 799
Contatori sincroni con flip-flop D 799
Contatori sincroni con caricamento parallelo 800

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).

Figura u102.1. Flip-flop D secondo la realizzazione classica.

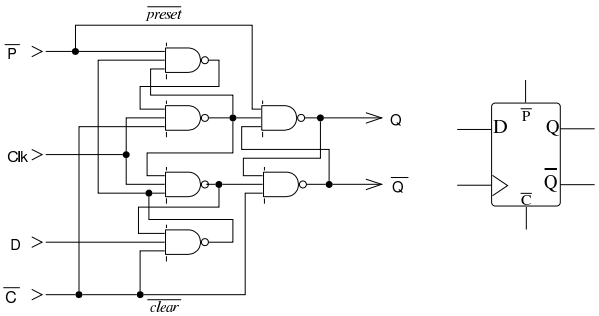
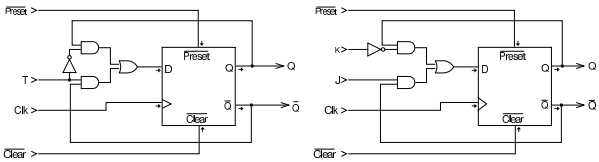


Figura u102.2. flip-flop T e JK, partendo dal flip-flop D.



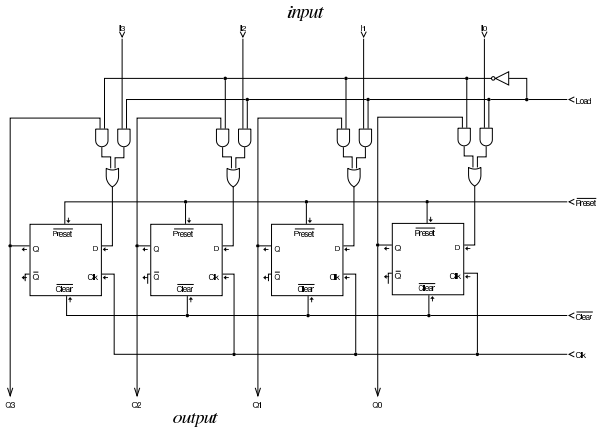
Nelle figure che appaiono nelle sezioni successive, i flip-flop possono avere l'ingresso di clock indicato con la sigla ***Clk*** (senza il triangolo che fa riferimento al margine), tuttavia si tratta sempre di flip-flop pilotati dalla variazione positiva dell'ingresso di clock.

Registri semplici

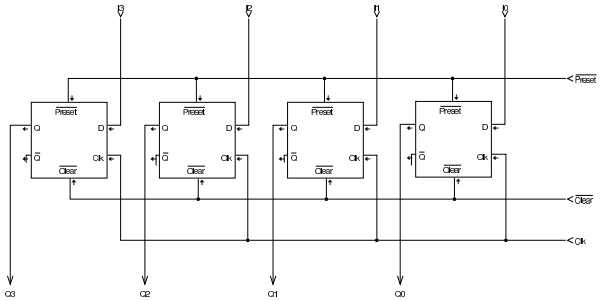
Il registro più semplice è quello che è in grado di raccogliere un valore composto da più bit e di conservarlo fino a quando non vengono abilitati nuovamente gli ingressi. Nella figura successiva, il valore contenuto nel registro può essere letto dalle uscite da $\boldsymbol{Q_0}$ a $\boldsymbol{Q_3}$ e può essere immesso attraverso gli ingressi da $\boldsymbol{I_0}$ a $\boldsymbol{I_3}$. Il valore proveniente dagli ingressi da $\boldsymbol{I_0}$ a $\boldsymbol{I_3}$, 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.

«a2» 2013.11.11 --- Copyright © Daniele Giacomini -- appunti2@gmail.com http://informaticalibera.net

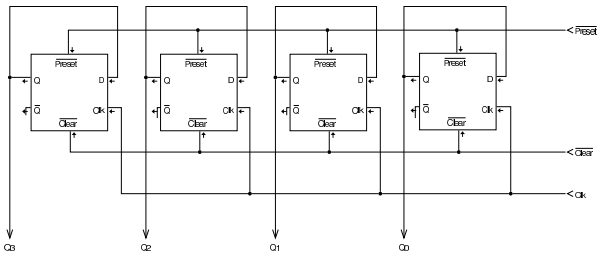
Figura u102.3. Registro a 4 bit: quando l'ingresso ***Load*** è attivo e si presenta una variazione positiva del clock, il registro accumula il valore proveniente dagli ingressi (da I_0 a I_3), altrimenti mantiene il valore accumulato precedentemente.



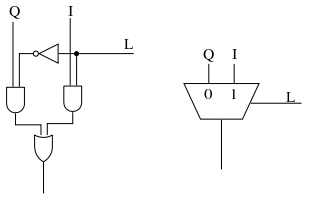
Se si analizza lo schema della figura appena apparsa, si vede che, quando il registro deve accettare il valore in ingresso, è come se il circuito si riducesse all'immagine successiva:



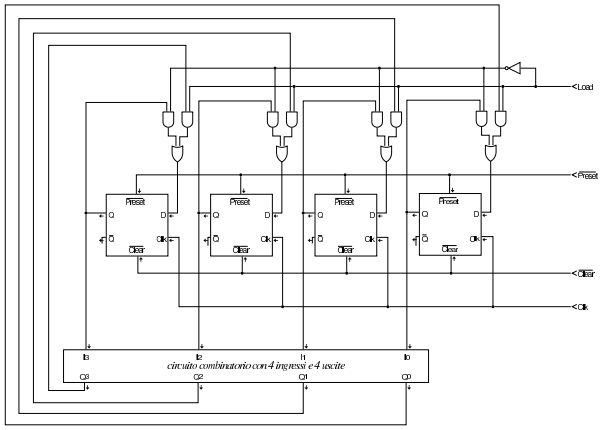
Quando invece si tratta di mantenere il valore memorizzato, è come se il circuito si riducesse allo schema della figura successiva:



Deve essere chiaro che gli ingressi ***D*** di questo tipo di registro sono controllati da un multiplatore, 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:

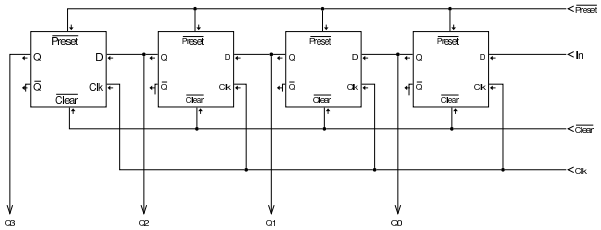


All'uscita del registro, si trova un circuito combinatorio non meglio precisato, il quale trasforma quanto proviene dal registro, fornendo poi il valore trasformato in ingresso al registro stesso: quando l'ingresso ***Load*** è attivo e si manifesta la variazione positiva del segnale di clock, il registro 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

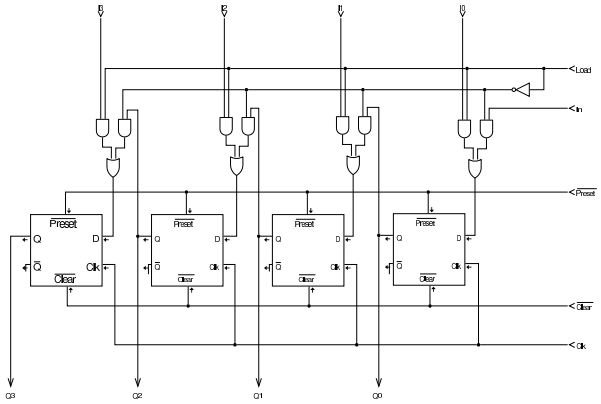
La figura successiva mostra un registro che recepisce un solo valore logico, nell'ingresso ***In***, quando si presenta la variazione positiva del segnale di clock. In quel momento, il primo flip-flop a destra aggiorna il proprio valore con il dato ottenuto dall'ingresso ***In***, mentre il secondo flip-flop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

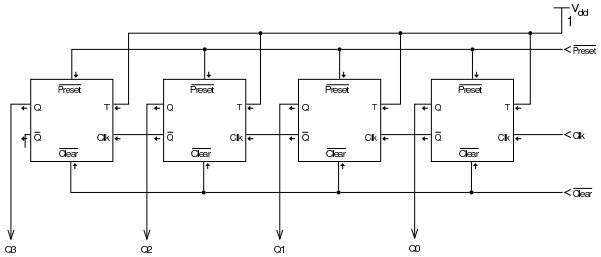
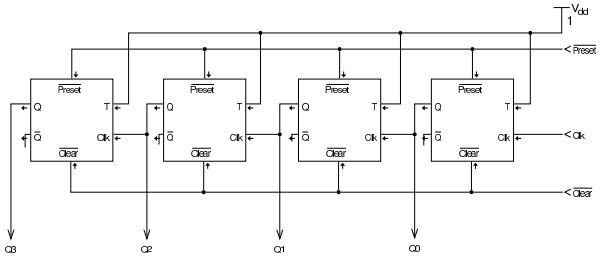


Figura u102.11. Contatore asincrono decrescente a 4 bit: il flip-flop successivo è pilotato dall'uscita ***Q*** del flip-flop precedente. Video: *http://www.youtube.com/watch?v=fvhina5QEnI* .

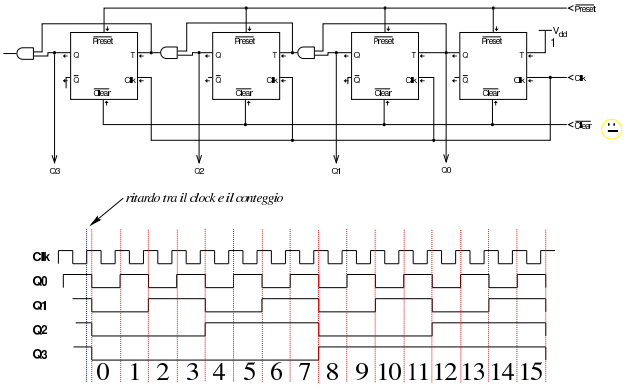


Il difetto dei contatori asincroni sta nel fatto che le oscillazioni delle uscite successive sono leggermente in ritardo rispetto a quelle delle uscite antecedenti. Questo problema si accentua al crescere del rango del registro, perché i ritardi di accumulano a ogni passaggio, da un flip-flop al successivo.

Contatori sincroni con flip-flop T

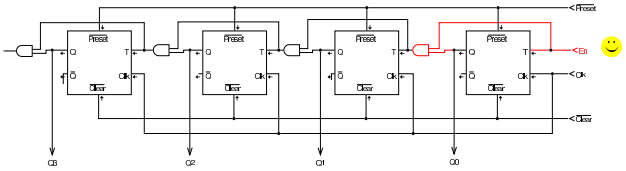
I contatori sincroni possono essere costruiti con flip-flop T, ma in modo differente da quanto descritto nella sezione precedente; tuttavia, quando si modificano questi contatori per consentire l'acquisizione di un valore binario di partenza, è necessaria una costruzione basata su flip-flop D.

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* .



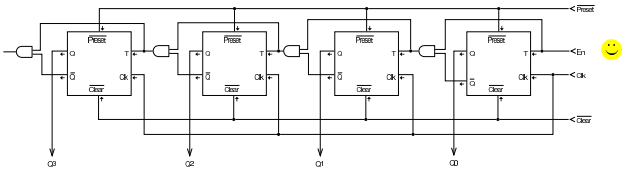
Il contatore sincrono richiede che l'ingresso ***T*** del primo flip-flop sia sempre attivo. Tuttavia, se si controlla tale ingresso è possibile sospendere il processo di conteggio, senza azzerare il valore raggiunto. Pertanto, si può aggiungere un ingresso di abilitazione, da collegare all'ingresso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

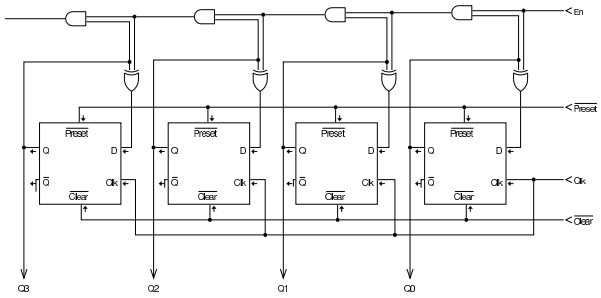
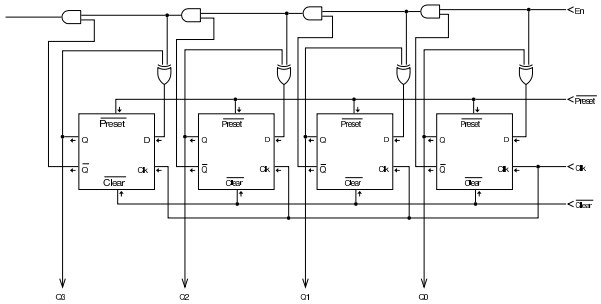


Figura u102.16. Contatore sincrono decrescente a 4 bit con controllo di abilitazione, basato su flip-flop D.



Contatori sincroni con caricamento parallelo

Il contatore è completo solo quando consente anche il caricamento parallelo. Nelle figure di questa sezione si vedono contatori basati su flip-flop D che consentono il caricamento parallelo.

Figura u102.17. Contatore sincrono crescente a 4 bit con caricamento parallelo: l'ingresso ***Load*** fa sì che il valore contenuto negli ingressi da I_0 a I_3 venga caricato nei flip-flop; poi, se l'ingresso ***En*** non è attivo, il valore viene mantenuto tale e quali, altrimenti viene incrementato a ogni impulso di clock.

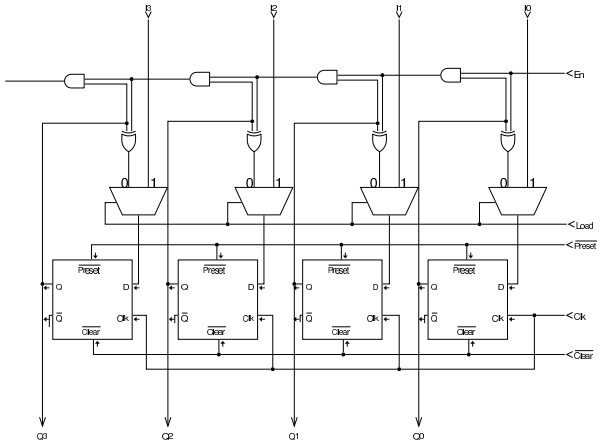


Figura u102.18. Contatore sincrono decrescente a 4 bit con caricamento parallelo: l'ingresso ***Load*** fa sì che il valore contenuto negli ingressi da I_0 a I_3 venga caricato nei flip-flop; poi, se l'ingresso ***En*** non è attivo, il valore viene mantenuto tale e quali, altrimenti viene decrementato a ogni impulso di clock.

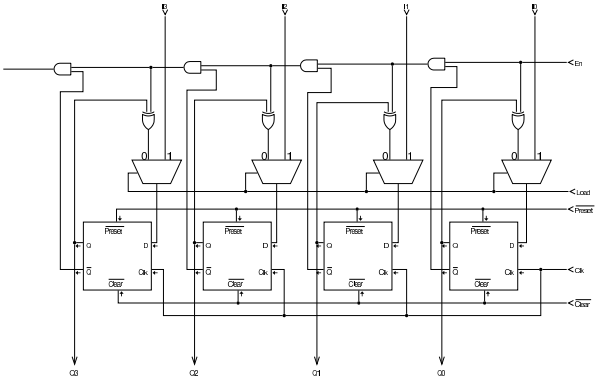
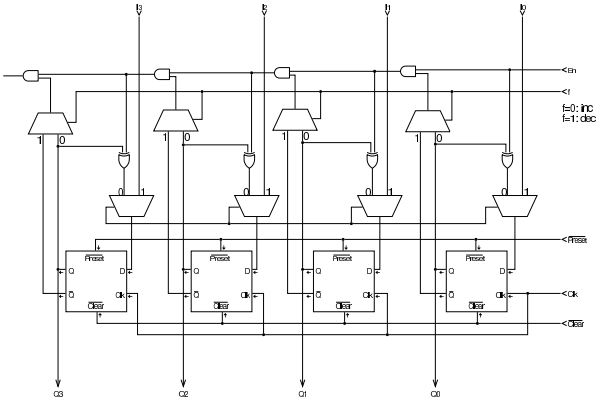



Figura u102.19. Contatore sincrono crescente o decrescente a 4 bit con caricamento parallelo: l'ingresso ***f*** consente di selezionare il funzionamento in qualità di contatore crescente o decrescente.