

CONTATORI (libro pag. 182-188)

I **contatori** sono dispositivi costituiti da n flip-flop connessi in modo da effettuare il conteggio degli impulsi applicati all'ingresso. Le n uscite rappresentano un numero binario a n bit che viene incrementato o decrementato di una unità ad ogni impulso di comando.

A seconda di come viene connesso il **clock** si distinguono 2 tipi:

1. **Asincroni (Ripple counters)**: il segnale di clock di ciascun flip-flop dipende dall'uscita del flip-flop precedente, quindi ciascuno commuta dopo il precedente, in successione.
2. **Sincroni (Synchronous counters)**: il segnale di clock è comune a tutti i flip-flop, quindi la commutazione avviene per tutti allo stesso momento.

I contatori asincroni hanno il vantaggio di essere più semplici ma possono lavorare a frequenze inferiori e possono presentare degli impulsi indesiderati (*glitch*) dovuti alla commutazione in cascata dei flip-flop.

A seconda del **verso del conteggio** si distinguono altri 3 tipi:

1. **In avanti (UP)**: il conteggio è crescente.
2. **Indietro (DOWN)**: il conteggio è decrescente.
3. **Bidirezionali (UP-DOWN)**: il conteggio può essere sia crescente che decrescente.

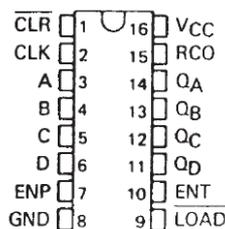
Facendo tutte le combinazioni possibili, viene fuori che esistono $3 \times 2 = 6$ tipi di contatori.

Il **modulo** del contatore è pari al numero dei possibili stati. Il numero massimo che può produrre il contatore è il modulo meno uno perché il conteggio parte sempre da 0. Esempio: il contatore modulo 2 può avere 2 stati (0 e 1); numero massimo: $2-1=1$. Un contatore modulo 10 può avere 10 stati (0,1,2,3,4,5,6,7,8,9); numero massimo $10-1=9$.

I contatori possono essere realizzati sia tramite la connessione diretta dei flip-flop, sia attraverso circuiti integrati dedicati. La connessione diretta è stata già studiata insieme ai flip-flop. Di seguito vengono analizzati i circuiti integrati.

CONTATORI INTEGRATI

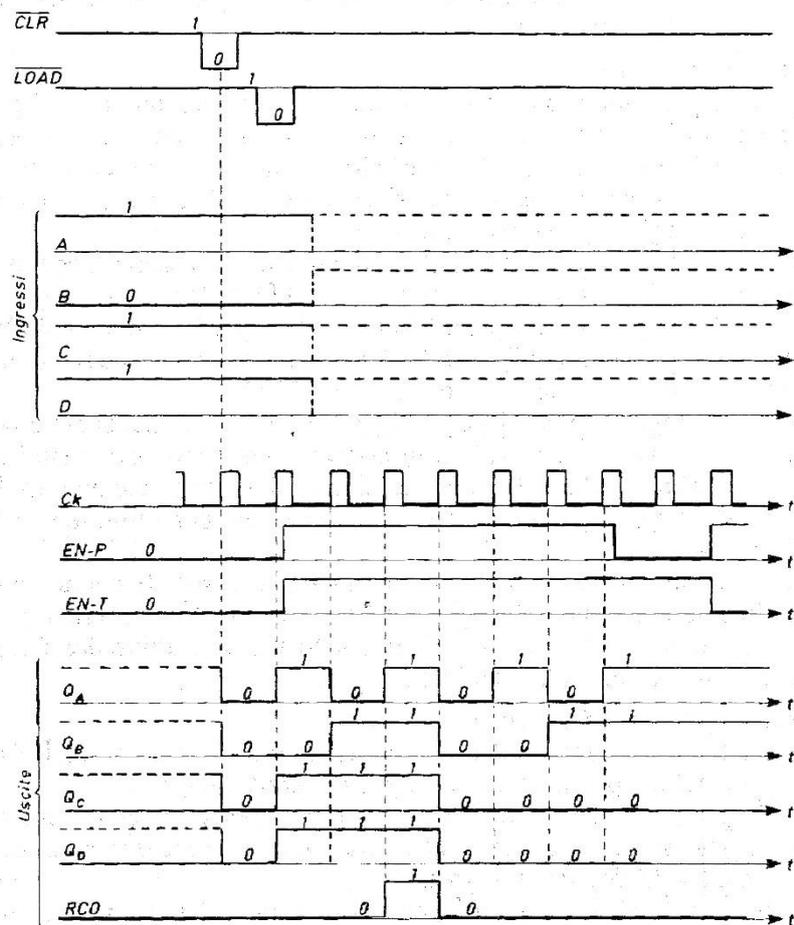
L'**integrato sincrono più comune è il 74LS163**. È un contatore sincrono in avanti programmabile a 4 bit con clock attivo sul fronte di salita.



Caratteristiche principali:

- **Q_D, Q_C, Q_B, Q_A** sono le uscite dei 4 bit del contatore (Q_A è il meno significativo, ossia quello più a destra).
- **D, C, B, A** sono ingressi paralleli e permettono di programmare il contatore cioè iniziare il conteggio da un valore scelto anziché da 0000. Tale valore deve essere inserito agli ingressi paralleli D-C-B-A e può essere caricato mediante l'ingresso **LOAD** (attivo basso). In corrispondenza del fronte di clock i dati vengono caricati (Q_D = D; Q_C = C; Q_B = B; Q_A = A). A partire da questa configurazione, il contatore incrementa il conteggio al succedersi degli impulsi di clock.
- **CLR** è il comando sincrono di azzeramento del contatore (attivo basso).
- **ENP** (Enable Parallel) e **ENT** (Enable Trickle) sono due ingressi di abilitazione che vanno mantenuti a livello alto durante il conteggio. Se uno dei due o entrambi vanno bassi il conteggio viene bloccato al valore visualizzato.
- **RCO** (Ripple Carry Output) è il bit di overflow che diventa HIGH quando il contatore supera il valore 1111. Serve ad attivare il conteggio di eventuali altri contatori in cascata (per espandere il conteggio da 4 bit a 8 bit e così via).

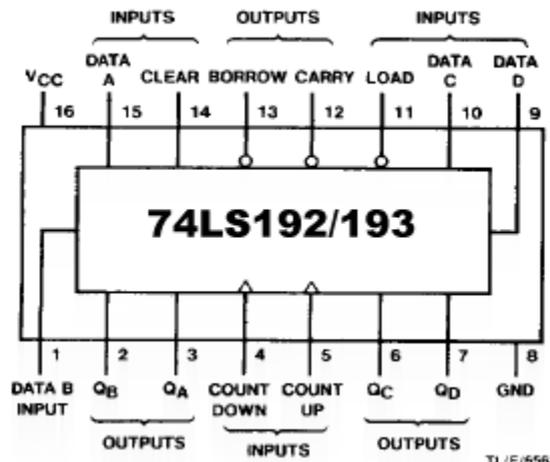
In figura è riportato un diagramma temporale che descrive il funzionamento.



In successione nel tempo, si notano le seguenti caratteristiche:

- Il clear CLR, portato a livello basso, determina il reset del contatore al primo fronte positivo di clock; si ha quindi $Q_D = Q_C = Q_B = Q_A = 0$, indipendentemente dalle precedenti uscite e dai livelli degli altri ingressi.
- L'impulso di LOAD, al primo fronte positivo di clock, determina il caricamento della configurazione binaria DCBA = 1101 (13 decimale).
- ENP e ENT vengono portati a 1, abilitando il conteggio: le uscite Q_D, Q_C, Q_B, Q_A assumono pertanto i valori binari corrispondenti ai decimali 13, 14, 15, 0.
- Durante l'intervallo in cui si ha la configurazione di uscita 1111, dato che $ENP = ENT = 1$, si ha all'uscita RCO un impulso positivo, di durata uguale all'intervallo in cui Q_A è alto.
- Il contatore viene azzerato e riprende il conteggio (in figura: 1, 2, 3), bloccandosi solo quando o ENP o ENT o entrambi sono a livello basso.

Un altro contatore integrato di tipo **BCD** è il **74LS192**. E' un contatore BCD sincrono bidirezionale programmabile a 4 bit con doppio clock attivo sul fronte di salita.



Caratteristiche principali:

- Contatore **BCD** significa "**B**inary **C**oded **D**ecimal". In italiano si può dire anche contatore "decadico". E' quindi un contatore che è studiato appositamente per contare da 0 a 9, quindi i 4 bit di uscita non supereranno mai il valore 1001 per poi tornare a 0000. E' utile se deve essere visualizzato un numero decimale (come ad esempio in un display a 7 segmenti).
- **Q_D**, **Q_C**, **Q_B**, **Q_A** sono le uscite dei 4 bit del contatore (**Q_A** è il meno significativo, ossia quello più a destra).
- **Count Up** e **Count Down** sono due ingressi di clock che servono rispettivamente per contare in avanti e indietro. L'ingresso inutilizzato deve essere tenuto a livello alto.
- **DATA D**, **C**, **B**, **A** sono ingressi paralleli e permettono di programmare il contatore cioè iniziare il conteggio da un valore scelto anziché da 0000. Tale valore deve essere inserito agli ingressi paralleli D-C-B-A e può essere caricato mediante l'ingresso **LOAD** (attivo basso). In corrispondenza del fronte di clock i dati vengono caricati (**Q_D** = D; **Q_C** = C; **Q_B** = B; **Q_A** = A). A partire da questa configurazione, il contatore incrementa il conteggio al succedersi degli impulsi di clock.
- **CLEAR** è il comando sincrono di azzeramento del contatore (attivo ALTO).
- Le uscite **CARRY** (riporto) e **BORROW** (prestito), attive basse, sono utilizzate per la connessione in cascata di contatori, nel conteggio avanti e indietro.
 - L'uscita **CARRY** diviene attiva (bassa) quando il contatore è nello stato terminale del conteggio (1001) ed il clock è a livello basso. Successivamente l'uscita torna a livello alto.
 - L'uscita **BORROW** diviene attiva (bassa), quando il contatore è allo stato terminale del conteggio indietro (0000) e il clock è a livello basso. Successivamente l'uscita torna a livello alto.

Esistono molti altri contatori integrati con varie caratteristiche, eccone una lista:

1) Integrati di **tipo TTL** (*Transistor Transistor Logic*):

- **7490**: contatore asincrono BCD analogo al 74192 ma di tipo asincrono senza uscite **CARRY** e **BORROW**. Ha all'interno due contatori separati "modulo 2" e "modulo 5", che collegati insieme danno il contatore decadico "modulo 10". Si trova spiegato sul libro a pag. 185.
- **74160**: contatore sincrono analogo al 74163, però BCD e con clear asincrono.
- **74161**: contatore sincrono analogo al 74163, però con clear asincrono.
- **74162**: contatore sincrono analogo al 74163, però BCD.
- **74163**: contatore sincrono avanti, binario, a 4 bit, con load e clear sincroni.
- **74168**: contatore sincrono avanti-indietro, binario, a 4 bit, con load sincrono.
- **74169**: contatore sincrono analogo al 74168, però BCD.
- **74190**: contatore sincrono avanti-indietro, BCD, a 4 bit, con load asincrono, con doppia uscita **RCO** e **MAXI MIN** per il collegamento in cascata (l'uscita **MAXI MIN** è per la connessione look-ahead carry). Spiegato sul libro a pag. 187.

- 74191: analogo al 74190, però binario. Spiegato sul libro a pag. 187.
- 74192: contatore sincrono avanti-indietro, BCD, a 4 bit, con load asincrono, con doppio ingresso di clock. Spiegato sul libro a pag. 187.
- 74193: contatore sincrono analogo al 74192, però binario. Spiegato sul libro a pag. 187.
- 74568: contatore sincrono avanti-indietro, BCD, a 4 bit, con load sincrono, clear sincrono e asincrono, uscite three-state.
- 74569: analogo al 74568, però binario.
- 74579: contatore sincrono avanti-indietro, a 8 bit, con load sincrono, clear sincrono e asincrono, uscite three-state; le otto uscite sono bidirezionali.
- 74590: contatore sincrono avanti, a 8 bit, clear asincrono, latch in uscita, uscite three-state.
- 74591: analogo al 74590, con uscite open collector.
- 74592: contatore sincrono avanti, a 8 bit, load e clear asincroni, latch in uscita, otto linee di ingresso ed una di uscita (conteggio finale).
- 74593: contatore sincrono avanti, a 8 bit, load e clear asincroni, latch in uscita, uscite three-state; le otto linee di uscita sono bidirezionali.
- 74779: contatore sincrono avanti-indietro, a 8 bit, load sincrono, uscite three-state; le otto linee di uscita sono bidirezionali.
- 74867: contatore sincrono avanti-indietro, a 8 bit, load sincrono e clear asincrono.
- 74869: analogo al 74867, però con clear sincrono.

Integrati di tipo **CMOS** (*Complementary Metal-Oxide-Semiconductor field-effect transistor*):

- 4017: contatore sincrono avanti con clear asincrono; è un contatore Johnson con uscite decodificate da 1 a 10.
- 4029: contatore sincrono avanti-indietro, a 4 bit, con load asincrono; permette di scegliere fra conteggio binario e BCD.
- 4510: simile al 4516, però BCD.
- 4516: contatore sincrono avanti-indietro, a 4 bit (binario), presettabile, con load e clear asincroni (il clock deve essere a livello basso).