

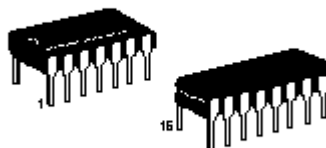
ISTITUTO PROFESSIONALE DI STATO PER L'INDUSTRIA L'ARTIGIANATO
CON SEZIONI DI SCUOLA PER LE ATTIVITA' MARINARE
63039 SAN BENEDETTO DEL TRONTO (Ascoli Piceno)
Distretto N.16

Classe VA T.I.E.E.

Anno Scolastico 1997/98

Docente: Prof. Franco Tufoni

CONTATORI



MISURE

CONTATORI

I contatori sono reti sequenziali in grado di acquisire e mantenere un'informazione numerica, presentata in ingresso sotto forma di impulsi successivi. I principali campi di applicazione dei contatori riguardano il conteggio degli eventi di fenomeni fisici di diversa natura (contagiri, contapezzi, contaimpulsi, strumenti digitali ecc.) nonché la realizzazione di sistemi ciclici, in grado di eseguire sequenzialmente delle operazioni programmate.

In generale, qualunque sia il dispositivo impiegato per il conteggio, deve esistere un sufficiente intervallo di tempo fra due impulsi successivi perché il contatore riesca a registrarli correttamente; questo tempo minimo viene detto **risoluzione** del sistema e determina la massima frequenza di lavoro.

I contatori si possono distinguere in relazione alla base della numerazione corrispondente al codice presentato in ingresso; quelli fondamentali sono a base 2, e da essi si possono derivare gli altri. È molto diffusa nella tecnica dei calcolatori, sia la numerazione decimale che quella esadecimale (base 16), e, talvolta, la numerazione ottale (base 8). Da citare anche le numerazioni per multipli di 6, ad esempio 12, 24, 60, utilizzate negli orologi per il conteggio dei secondi, dei minuti e delle ore.

CARATTERISTICHE GENERALI DI UN CONTATORE

Modulo

Si definisce modulo M di un contatore il numero di configurazioni differenti che esso consente di ottenere

$$M=2^n$$

in cui n è il numero di cifre

Reciprocamente, noto il numero di configurazioni, è possibile risalire al numero di cifre del contatore.

$$n=\text{Log}_2M$$

Esempi:

$$1) n=4 \quad M=2^4=16 \quad (0-15)$$

$$2) n=3 \quad M=2^3=8 \quad (0-7)$$

$$3) M=32 \quad (0-31) \quad n=\text{Log}_232=5 \quad (n=5)$$

$$3) M=10 \quad (0-9) \quad n=\text{Log}_210=3,16 \quad (n=4)$$

Fig. 1 Simbolo logico di un contatore a 4 bit (Modulo 16)

Collegando più contatori in cascata, il modulo del sistema risulta dato dal prodotto dei singoli moduli.



Fig.2a Contatore Modulo 1000

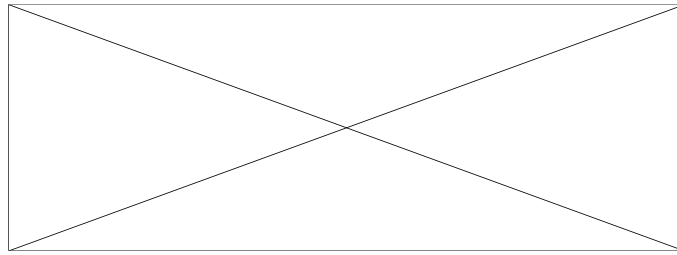


Fig.2b Contatore Modulo 60

Direzione di conteggio

I contatori possono effettuare il conteggio nelle seguenti direzioni:

- in avanti (up)
- in indietro (down)
- avanti/indietro (up/down)

Codice

I contatori binari utilizzano generalmente il codice binario naturale. I contatori decimali utilizzano generalmente il codice BCD. E' possibile tuttavia produrre contatori a codice diverso, che non rispettano la naturale dei numeri; tali contatori necessitano quindi di una ulteriore rete di decodifica.

Comando di azzeramento o di predisposizione

Azzeramento corrisponde al Clear (CL) - tutte le uscite al livello basso

Predisposizione corrisponde al preset (PR)- tutte le uscite al livello alto

Modo di funzionamento

I contatori possono distinguersi in asincroni oppure sincroni, ciò in relazione alla modalità di acquisizione e di elaborazione del dato.

- Asincroni (tipo serie)
- Sincroni (tipo parallelo)

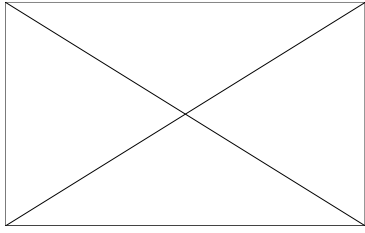
Nei contatori asincroni l'impulso di conteggio è inviato al primo FF e l'uscita di ciascuno genera l'impulso di comando per il successivo.

Nei contatori sincroni il conteggio è inviato contemporaneamente a tutti i FF permettendone così la commutazione simultanea.

Vantaggi e svantaggi

- Asincroni (circuito semplice, bassa frequenza di conteggio)
- Sincroni (circuito complesso, alta frequenza di conteggio)

Riepilogo caratteristiche



CONTATORI ASINCRONI

Contatori a base 2 (codice binario)

Contatore modulo 8

Si dispongono 3 FF di tipo T in modo che l'uscita di ciascuno di essi piloti il clock del successivo e gli ingressi siano connessi tutti assieme al terminale T, come disegnato in figura 3. Tutti i FF, come è noto, sono forniti di terminali di clear e di preset, non sempre indicati nelle figure per chiarezza.

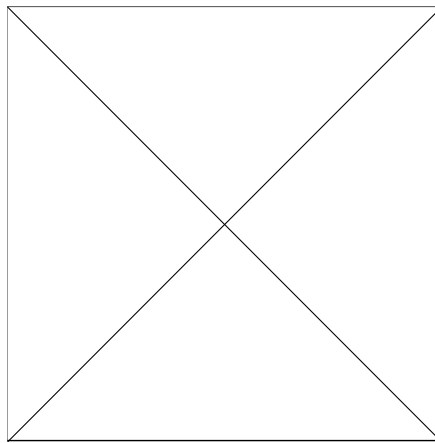


Fig.3 Schema circuitale di un contatore asincrono modulo 8

Le uscite dei singoli FF sono anche i 3 bit del numero binario di conteggio, dal meno significativo al più significativo Q2. L'ingresso del contatore, dove giungono gli impulsi di conteggio, è il terminale di clock del primo FF. Per comprendere il funzionamento del dispositivo si ammetta $T=1$ e si supponga che il clock sia attivo al fronte di discesa. Iniziamo le operazioni di conteggio inviando un comando di clear, $CL=0$, per azzerare il contatore (000) e trasmettiamo poi sequenzialmente gli impulsi da conteggiare sull'ingresso CK. I diagrammi temporali degli impulsi d'ingresso e degli stati delle varie uscite chiariscono il funzionamento del contatore.

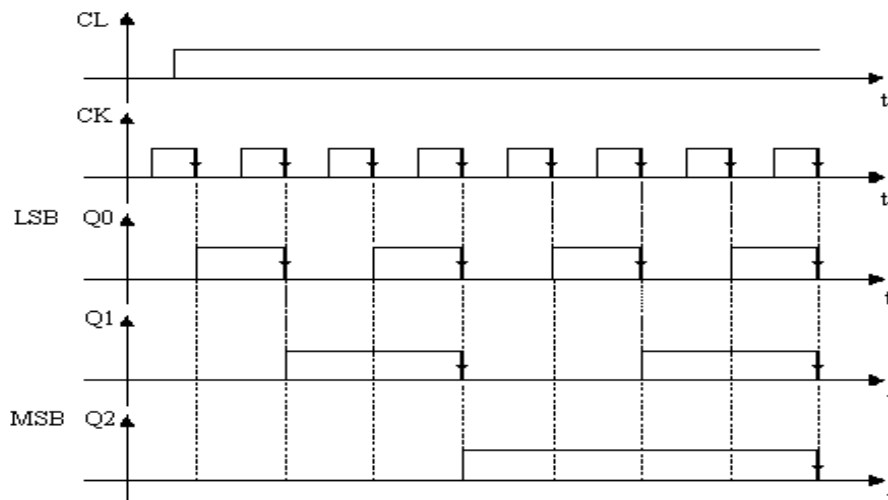


FIG. 4 Diagrammi temporali

E' allora possibile tracciare il diagramma degli che raffigura tutte le possibili configurazioni, e la sequenza con cui queste vengono raggiunte.

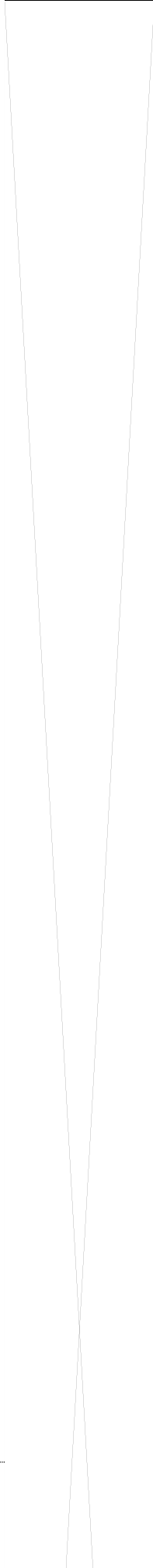


Fig.5 Diagramma degli stati

Contatori modulo 16

Il contatore modulo $16=2^4$ può essere formato, in analogia al circuito precedente, con 4 FF di tipo T. Le connessioni intermedie e quelle estreme sono uguali a quelle del contatore modulo 8, con la sola differenza che questo contatore è in grado di conteggiare in base binaria da 0 a 2^4



Fig. 6 Schema circuitale

Collegando alle uscite del contatore un decoder binario-7 segmenti e un display è possibile ottenere la lettura diretta del numero conteggiato in cifre esadecimali (0 - F).



Fig. 7

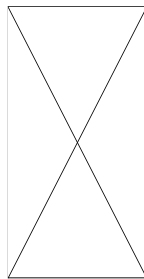


Fig. 8 Diagrammi temporali

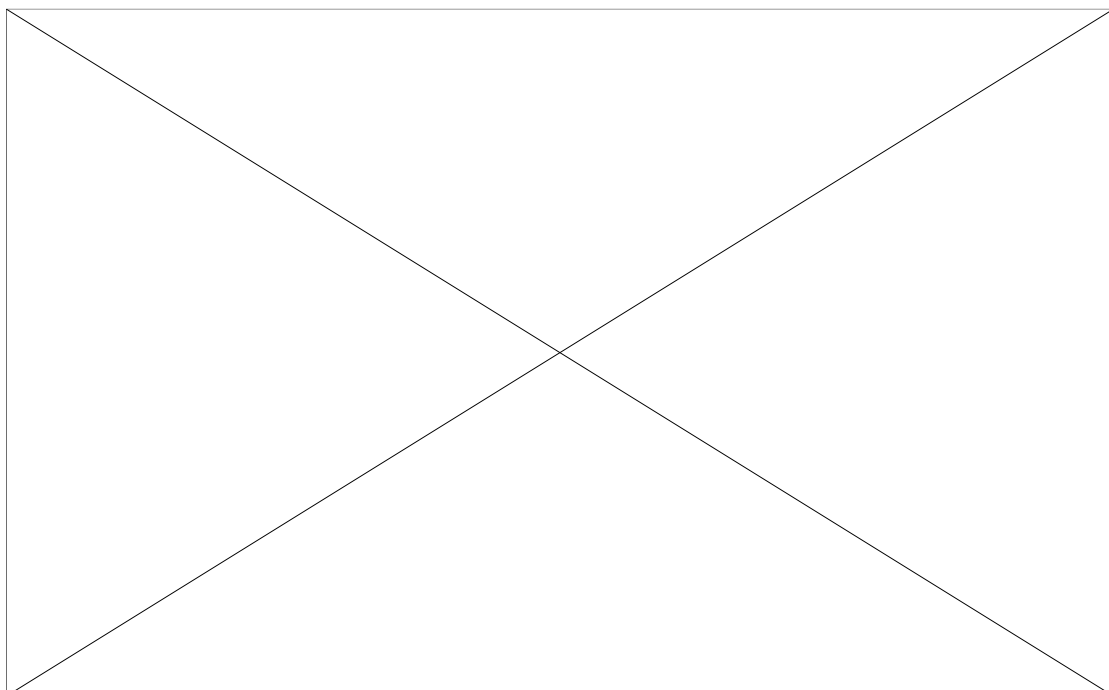


Fig. 9 Diagrammi degli stati

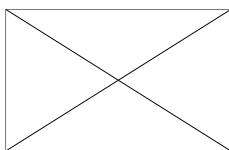


Fig. 10 Contatore esadecimale a piu' cifre (Il conteggio va da 00 - FF.)

Contatore decimale (modulo 10)

Per realizzare un contatore a modulo 10 saranno necessari 4 FF ed esso sarà formato da una struttura di base uguale a quella del contatore a modulo 16. Per non permettere che tale dispositivo assuma le configurazioni che ora sono ridondanti, e cioè ad evitare che possano essere rappresentati i numeri oltre il 9, è necessario produrre l'azzeramento in corrispondenza del numero 10.

ND	Q3	Q2	Q1	Q0
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1

configurazioni
ridondanti

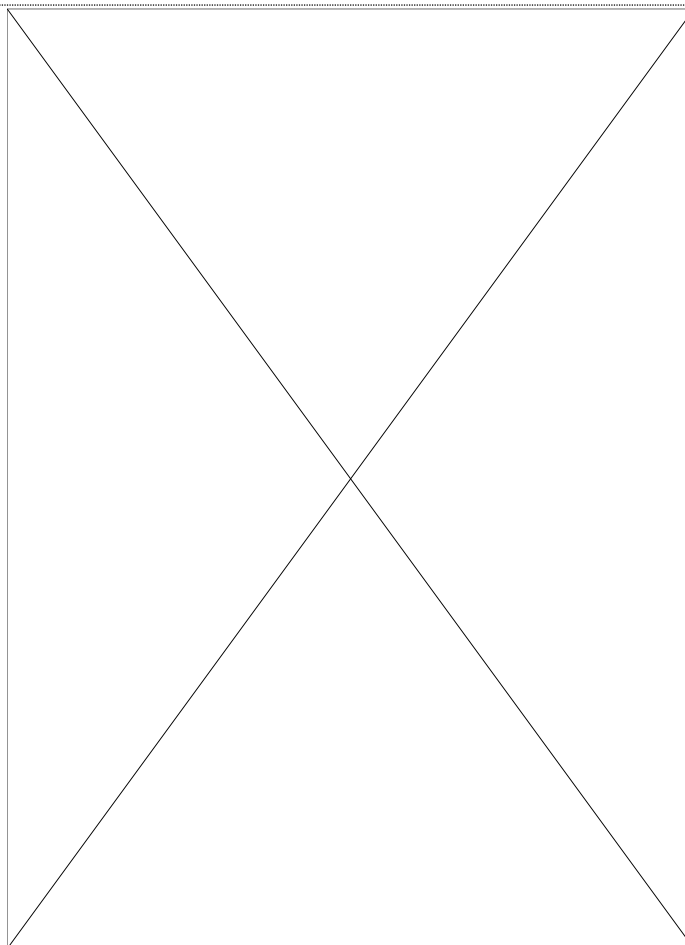


Fig. 12 Diagramma degli stati

Si applica allora una porta NAND a 2 ingressi, pilotata dalle uscite parallelo Q3 e Q1 in modo che agisca sul comando di clear in figura; quando, in conteggio, le uscite parallelo assumeranno la configurazione 1010, la porta NAND fornirà un livello logico 0 al comando di clear; a questo punto il contatore si azzererà e riprenderà il conteggio dalla configurazione 0000.

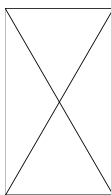


Fig. 13 Schema circuitale di un contatore asincrono modulo 10

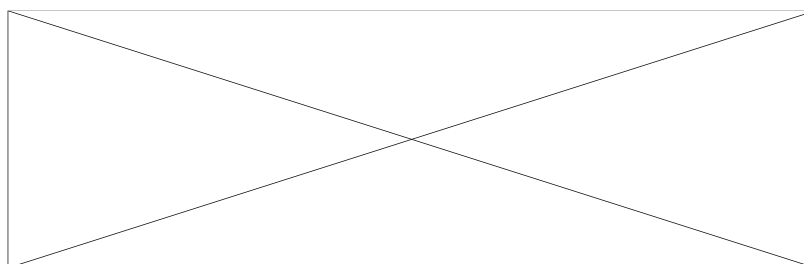


Fig.14 Diagrammi temporali

Osservazione

Lo schema circuitale che realizza l'azzeramento anticipato del contatore decimale asincrono sopra visto presenta due inconvenienti che, in taluni casi, possono produrre in funzionamento non soddisfacente o addirittura errato. La prima considerazione che sorge spontanea, è che l'impulso di azzeramento prodotto dalla porta NAND è attivo dalla configurazione (1010)=10. Ciò significa che questa configurazione, che non è prevista dalla numerazione di un contatore modulo 10, in quanto è la prima di quelle rindondanti, deve pur verificarsi affinché la porta NAND possa operare; infatti dopo la configurazione (1001)=9, il contatore passa a (1010)=10 provocando l'intervento della porta NAND e il comando di azzeramento. Tale configurazione però dura soltanto il tempo che impiegano la porta NAND e i FF a commutare, tempo per altro esiguo anche se non nullo. È chiaro quindi che la frequenza di conteggio non può essere spinta oltre certi limiti, perché altrimenti il circuito di azzeramento non avrebbe il tempo di intervenire. Da quanto sopra deriva inoltre che l'impulso di azzeramento, pur necessario per il funzionamento del contatore, deve essere di breve durata in modo che la configurazione che gli corrisponde non sia rilevabile. Un secondo inconveniente, che si produce con lo schema circuitale proposto è dovuto al fatto che i tempi di commutazione dei FF non sono uguali; può accadere quindi che, quando la porta NAND, attiva dalla funzione logica $f=Q_3 \cdot Q_1$, trasmette l'impulso di azzeramento ai due FF corrispondenti, uno dei due commuti più rapidamente dell'altro. Quando ciò avviene la porta torna a bloccarsi togliendo il comando di clear prima che l'altro FF sia azzerato. In tal caso il contatore riprenderebbe il conteggio da una configurazione non nulla. L'inconveniente può essere eliminato utilizzando una porta AND e interponendo fra l'uscita della porta e il terminale di clear un FF-SR a porte NOR, pilotato in R dalla porta AND e in S dagli impulsi di conteggio come indicato nella figura 15.

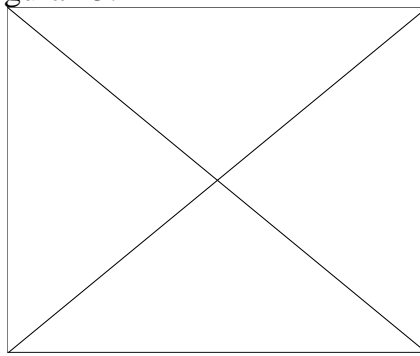


Fig.15 Schema circuitale

Raggiunta la configurazione 1010, al fronte di discesa del clock, la porta AND diviene operativa e porta il reset a 1, con $CK=S=0$ viene imposto il $clear=0$ e quindi imposto il comando di azzeramento, quando sopravviene il fronte di salita del clock $S=1$ e il clear torna al livello logico 1 e riparte il conteggio. In conclusione, con il sistema proposto, il comando di azzeramento viene mantenuto fra il fronte di discesa dell'impulso 10 e il fronte di salita dell'impulso 11 (t_1). È chiaro che, anche in questo caso, la frequenza degli impulsi di conteggio non deve essere troppo elevata.

Contatore modulo 3

Per ottenere un contatore modulo 3 occorreranno 2 FF di tipo T. Volendo la numerazione a modulo 3, cioè da 0 a 2, occorre evitare che il contatore assuma l'ultima configurazione (11) che è rindondante, in corrispondenza di questa sarà necessario azzerare il contatore.

ND	Q1	Q0
0	0	0
1	0	1
2	1	0
3	1	1

configurazioni ridondante

Fig. 16a. Tabella

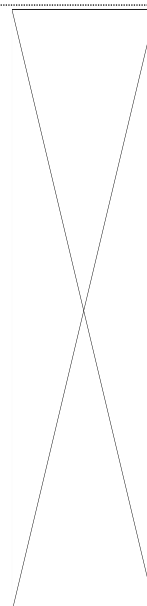


Fig. 16b. Diagramma degli stati

-12-

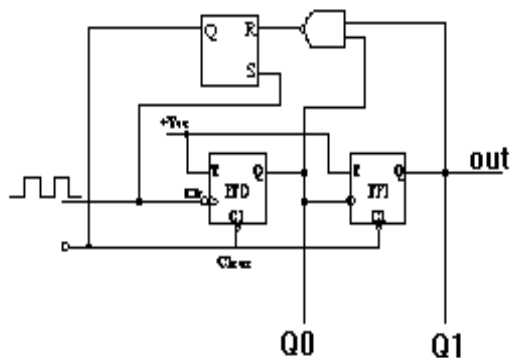


Fig. 16c. Schema circuitale

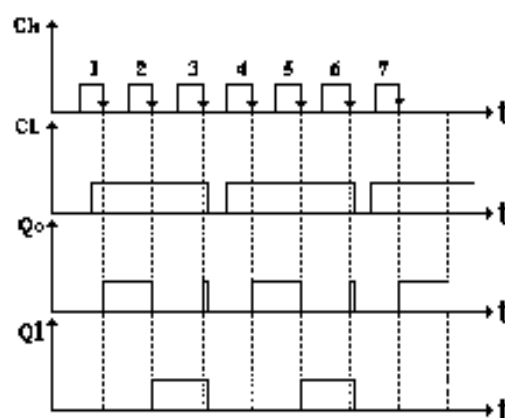


Fig. 17. Diagrammi temporali

CONTATORE MODULO 5

Per ottenere un contatore modulo 5 occorreranno 3 flip flop di tipo T, volendo limitare la numerazione al modulo 5, cioè da 0 a 4, occorre evitare che il contatore assuma le configurazioni ridondanti oltre il 4, la configurazione 5 viene utilizzata per azzerare il contatore.

ND	Q2	Q1	Q0
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	1	1	0
7	1	1	1

Fig. 18a. Tabella

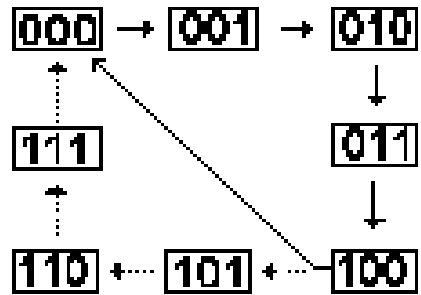


Fig. 18b. Diagramma degli stati

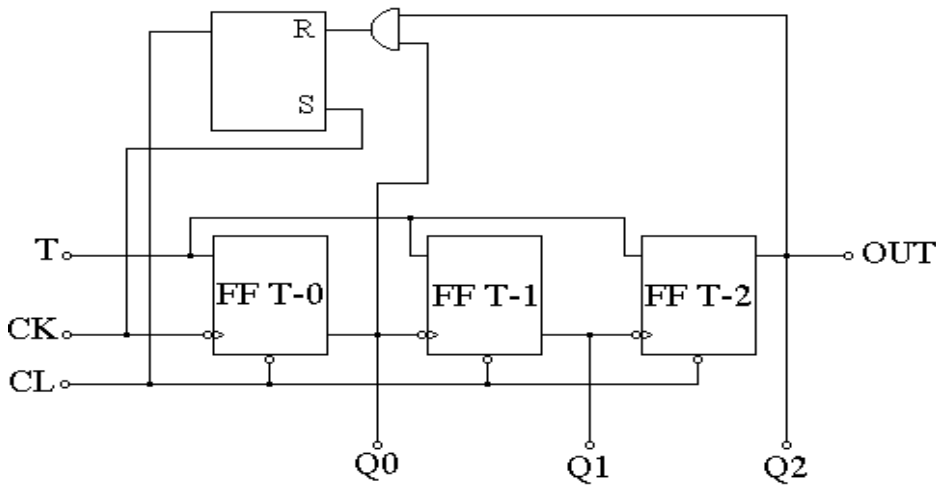


Fig. 18c. Schema circuitale

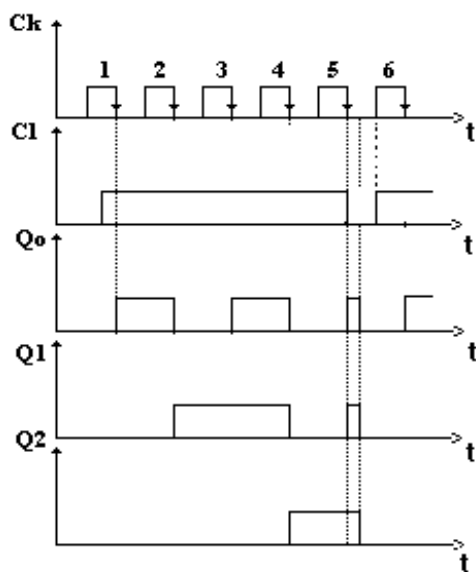


Fig. 19. Diagrammi temporali

CONTATORE MODULO 6

Per ottenere un contatore modulo 6 occorrono 3 flip flop di tipo T, volendo limitare la

numerazione al modulo 6, cioè da 0 a 5, occorre evitare che il contatore assuma le configurazioni ridondanti oltre il 5. La configurazione 6 viene utilizzata per azzerare il contatore.

ND	Q2	Q1	Q0
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	1	1	0
7	1	1	1

Tabella

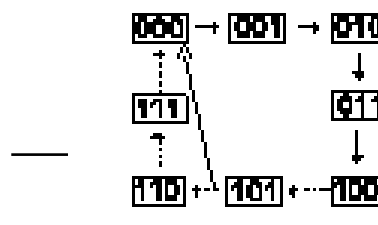


Diagramma degli stati

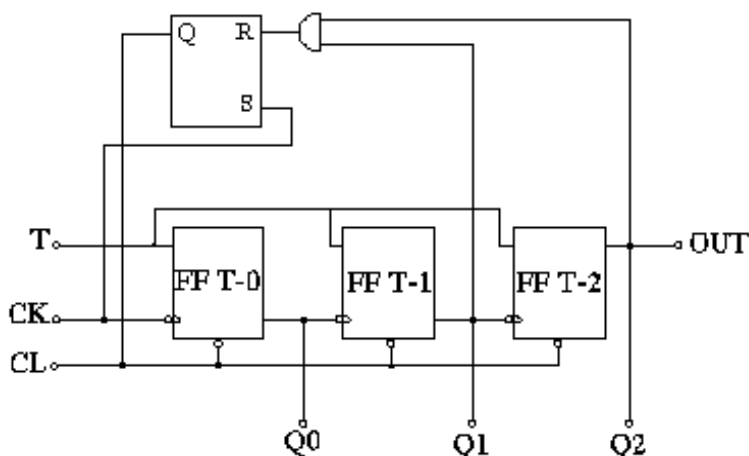


Fig. 20. Schema circuitale

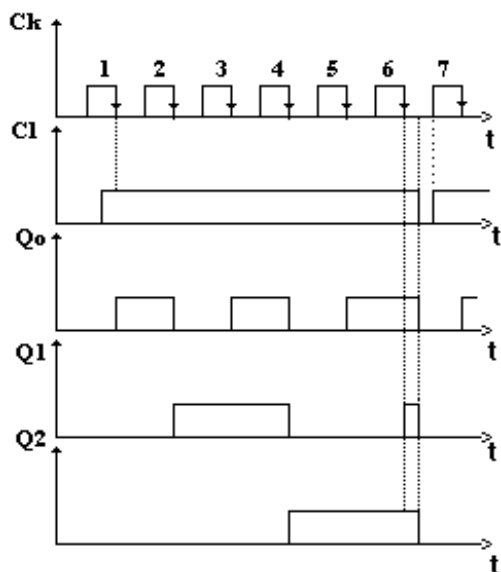


Fig. 21. Diagrammi temporali

CONTATORE A DECREMENTO

I contatori illustrati fino ad ora sono contatori ad incremento o contatori in avanti (up) può essere interessante disporre di contatori che funzionino decrementando il numero predisposto,

in base al numero d' impulsi ricevuti in ingresso; tali contatori sono detti a decremento, o all'indietro (down). Essi risultano essere simili ai precedenti, ma sono attivati in corrispondenza del fronte di salita del clock. . Si prenda in considerazione un contatore modulo 8, formato da 3 flip flop di tipo T.

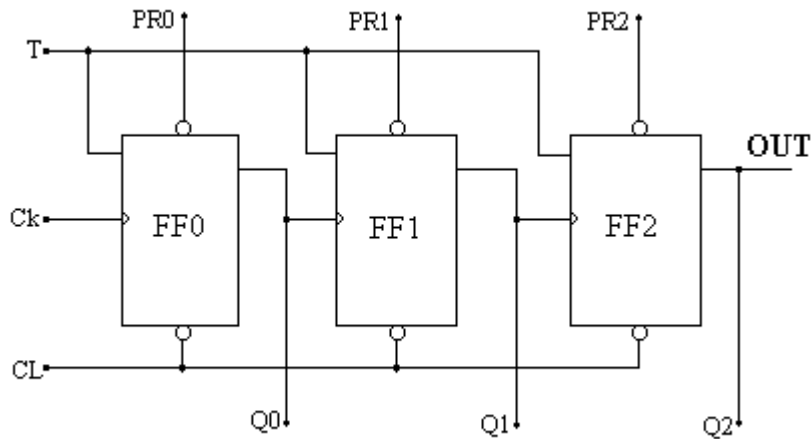


Fig. 22 Schema circuitale

Supponiamo di pesettare il contatore dando un comando $PR = 0$ e ottenendo in uscita la configurazione $(111) = 7$; a questo punto inviamo gli impulsi all' ingresso clock. Il contatore procedendo nel suo funzionamento continua a sottrarre gli impulsi che si succedono al suo ingresso sino a raggiungere la cngfigurazione 000. Un successivo impulso riporta il contatore alla configurazione iniziale 111. La successione degli eventi puo essere eseguita efficacemente osservando la tabella della verità, i diagrammi temporali e i diagrammi degli stati.

CK	ND	Q2	Q1	Q0
0	7	1	1	1
1	6	1	1	0
2	5	1	0	1
3	4	1	0	0
4	3	0	1	1
5	2	0	1	0

Fig. 23 Tabella

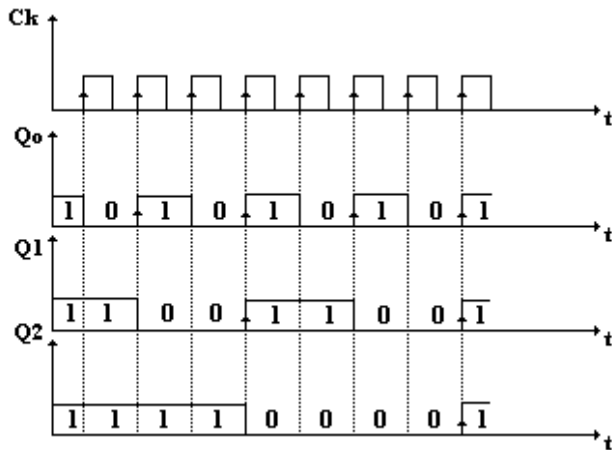


Fig. 24a. Diagrammi temporali

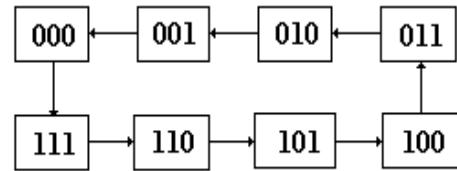


Fig. 24b. Diagramma degli stati

Come si può osservare, il contatore a decremento differisce dal contatore ad incremento soltanto per il fronte con cui è attivato al terminale di clock, il FF-T con clock, in salita anziché in discesa.

Possiamo allora pensare di utilizzare ancora FF-T con clock operativo sul fronte di discesa, negando però il segnale col quale sono attivati i FF; ciò si ottiene semplicemente pilotando l'ingresso di clock di ciascuno col segnale Q (negato) del precedente.

Il primo FF può essere pilotato ancora dallo stesso segnale di conteggio poiché il suo fronte attivo influisce soltanto sull'istante iniziale del conteggio, ma non altera l'operazione. Lo schema circuitale del contatore a decremento di questo tipo è illustrato in figura 25.

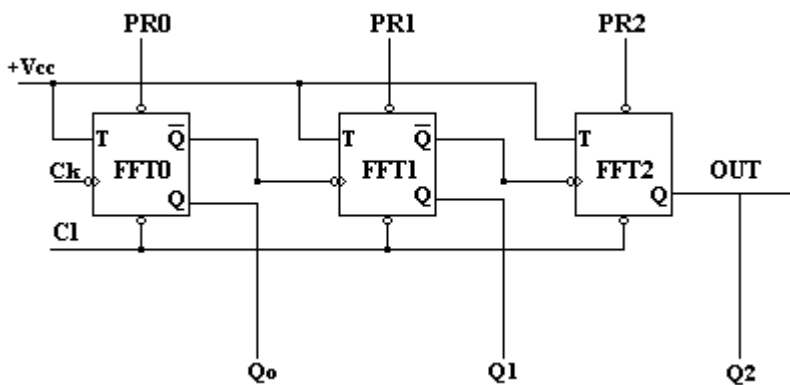


Fig. 25 Schema circuitale

CONTATORE UNIVERSALE

Col termine contatore universale si vuole indicare un contatore provvisto di comando di selezione up/down, ovvero con la possibilità di predisposizione per il conteggio in avanti oppure all'indietro. Come si è visto per passare dall'una all'altra condizione è sufficiente negare l'impulso di clock; ovvero utilizzare rispettivamente le due uscite Q e Q (negato) dei vari FF componenti.

Analogamente a quanto già sviluppato per i registri il circuito di selezione potrà essere formato da due porte AND e una porta OR collegate come indicato in figura.

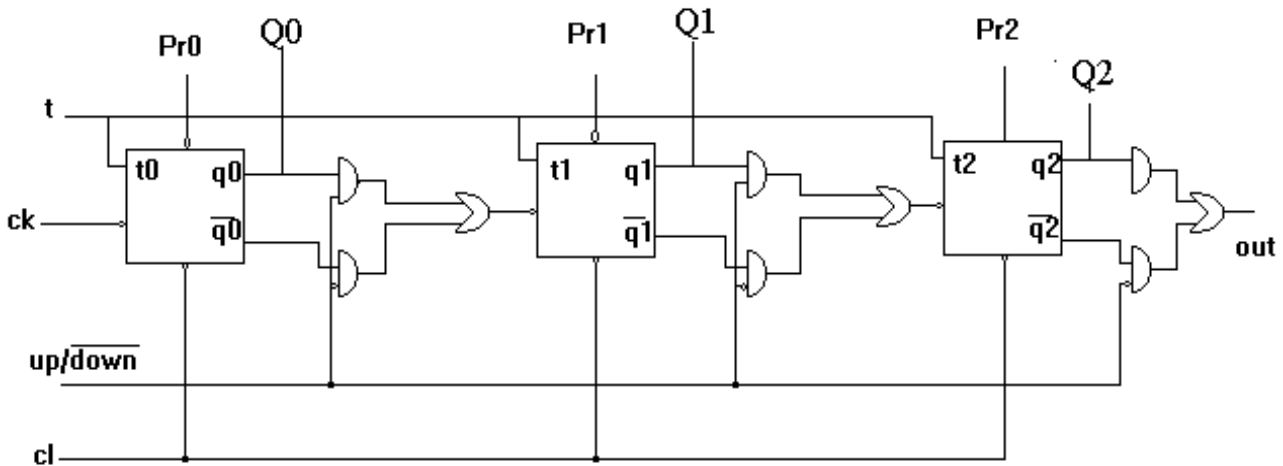


Fig. 26 Schema Circuitale di un contatore asincrono modulo 8 UP/DOWN

In relazione ai comandi di selezione, si potrà abilitare il pilotaggio del clock di un FF da parte dell'uscita Q e Q (negata) del FF precedente. il diagramma degli stati di un contatore bidirezionale si sviluppa in entrambi i sensi.

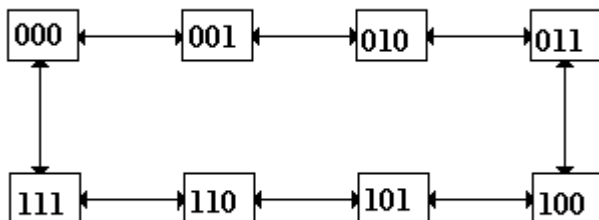


Fig. 24b. Diagramma dinamico degli stati del contatore 8 up/down

LIMITAZIONI DEI CONTATORI ASINCRONI

I contatori studiati sino ad ora trovano largo impiego e vaste applicazioni data la loro semplicità costruttiva e di funzionamento. Essi sono di tipo asincrono in quanto effettuano il conteggio secondo una progressione degli impulsi lungo la catena dei FF componenti. Infatti i FF non agiscono contemporaneamente, ma ciascuno dopo che il precedente ha fornito in uscita il segnale di commutazione. I contatori asincroni, per loro natura sono quindi contatori relativamente lenti, e ciò va veramente bene in moltissime applicazioni, ma non in tutte. La dove la frequenza degli impulsi di conteggio deve essere elevata si dovrà ricorrere ai contatori sincroni.

CONTATORI SINCRONI**CONTATORI BINARI SINCRONI**

Nei contatori sincroni il segnale di clock viene applicato contemporaneamente a tutti i flip flop, che in genere sono di tipo JK collegati come flip flop di tipo T ; agendo sugli ingressi T si permette la commutazione di ciascun FF in base allo stato del FF che lo precede.

I FF tuttavia non agiscono da elementi divisori, ma sono elementi logici propri, cioè operati dal' ingresso T e attivati da uno stesso segnale di clock che agisce contemporaneamente su tutti col medesimo fronte di consenso.

Questi contatori comportano quindi un ritardo di acquisizione di ritardo pari al tempo t_f di propagazione di un solo FF.

Poiche tutti i FF sono contemporaneamente attivi, essi dovranno commutare, o meno, secondo la configurazione che il contatore dovrà presentare. Per questo è necessario stabilire lo stato di comando di ciascun FF, detto comunemente eccitazione, in base all'esame della tabella della verità.

Si supponga di dover realizzare un contatore sincrono modulo 8 e si compili, quindi, la tabella della verità nella quale, accanto al numero Nd, degli impulsi da conteggiare e alle colonne degli stati logici delle uscite, sono riportati anche gli stati logici dei comandi di attivazione o di eccitazione T. Poiche ogni FF di tipo T è attivo ovvero in grado di commutare, solo se $T = 1$, mentre per $T = 0$ rimane inerte, sarà sufficiente abilitare la commutazione del FF che dovranno cambiare di stato.

Nd	Q
0	
1	
2	
3	
4	

Fig 28 Tabella di eccitazione di un contatore sincrono modulo 8

In sintesi, le funzioni logiche da attivare per l'eccitazione del contatore saranno:

$$T_0=1$$

$$T_1=Q_0$$

$$T_2=Q_0*Q_1$$

Contatori

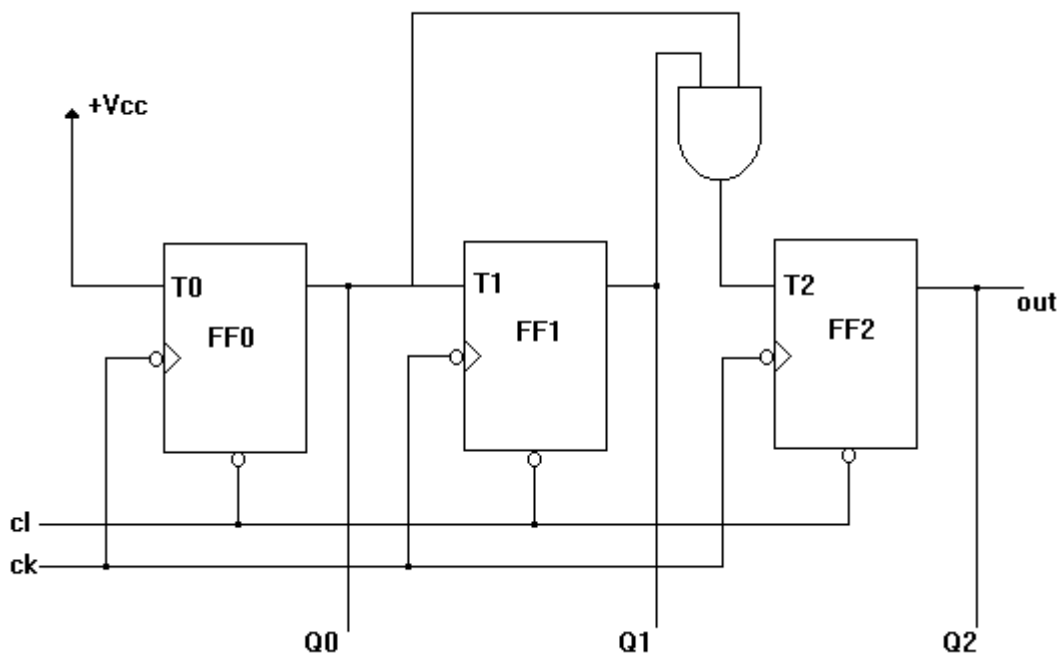


Fig. 29 Schema circuitale

CONTATORE SINCRONO MODULO 16

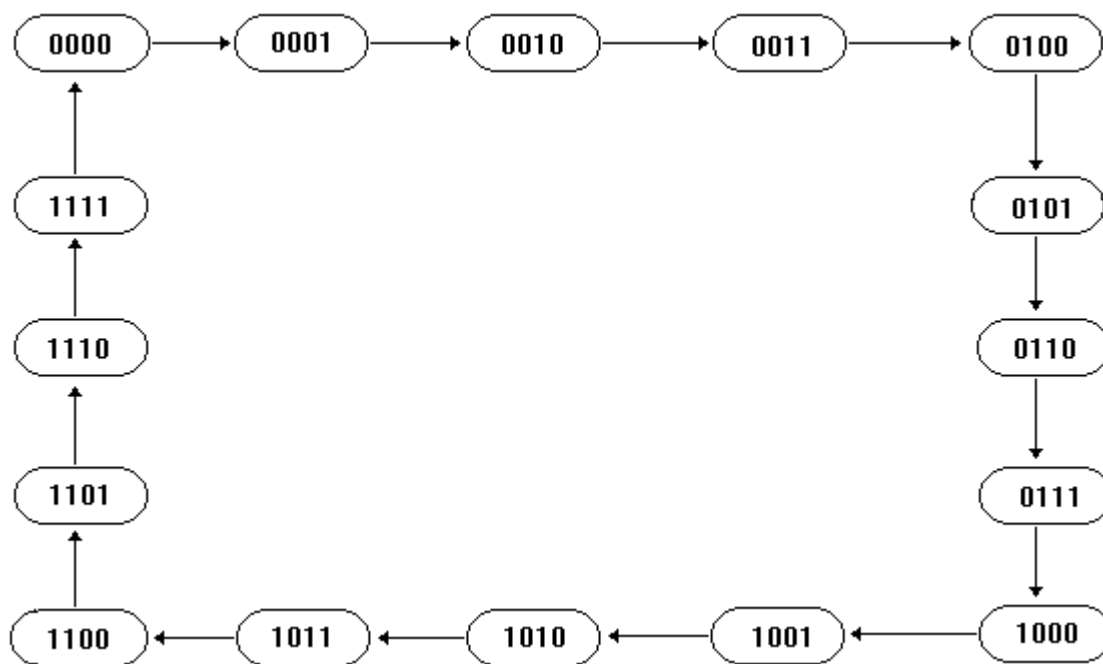


Fig. 30a Diagramma dinamico degli stati

Contatori

Nd	Q3	Q2	Q1	Q0	T0	T1	T2	T3
0	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	0	0	1	1	1	0	0
2	0	0	1	0	1	0	0	0
3	0	0	1	1	1	1	1	0
4	0	1	0	0	1	0	0	0
5	0	1	0	1	1	1	0	0
6	0	1	1	0	1	0	0	0
7	0	1	1	1	1	1	1	1
8	1	0	0	0	1	0	0	0
9	1	0	0	1	1	1	0	0
11	1	0	1	1	1	1	1	0
12	1	1	0	0	1	0	0	0
13	1	1	0	1	1	1	0	0
14	1	1	1	0	1	0	0	0
15	1	1	1	1	1	1	1	1

Fig. 30b Tabella di eccitazione di un contatore sincrono modulo 16

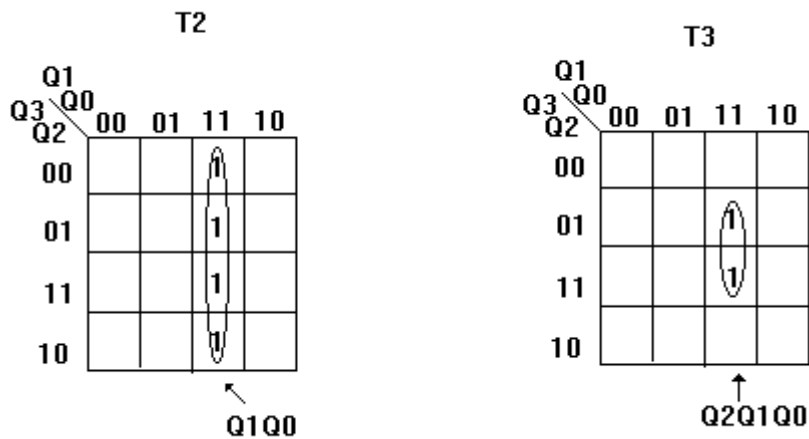


Fig. 30c Mappe T2, T1

Dalla tabella e dalle mappe si ricavano le seguenti funzioni:

$$\left. \begin{array}{l} T_0=1 \\ T_1=Q_0 \\ T_2=Q_1Q_0 \\ T_3=Q_2Q_1Q_0 \end{array} \right\} \text{riporto parallelo}$$

$$\left. \begin{array}{l} T_0=1 \\ T_1=Q_0 \\ T_2=Q_1T_1 \\ T_3=Q_2T_2 \end{array} \right\} \text{riporto serie}$$

Contatori

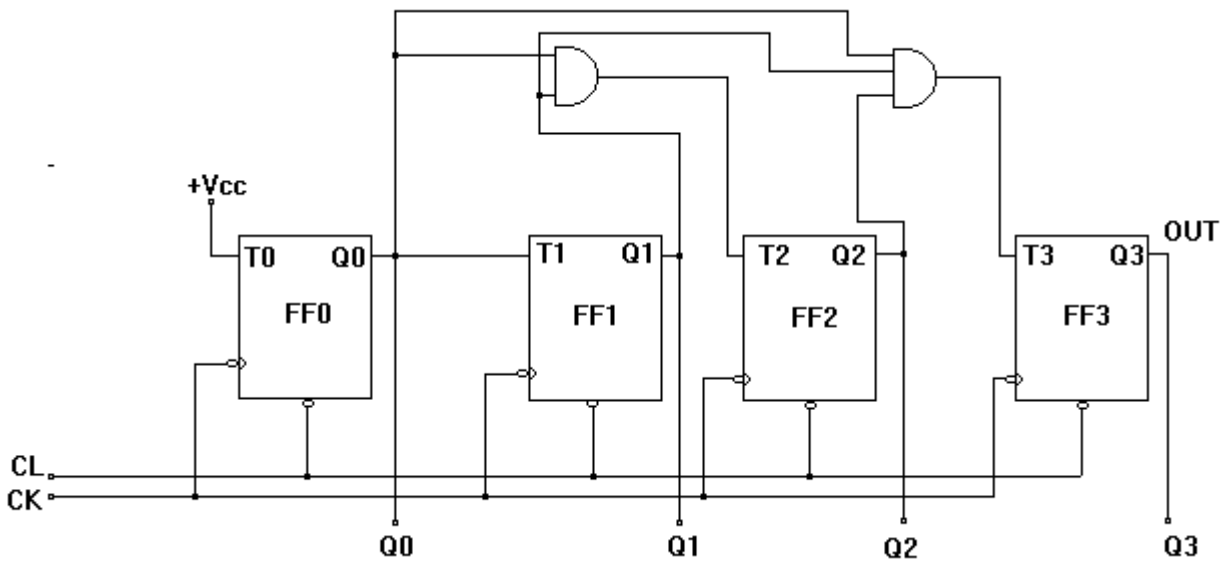


Fig. 31 Schema circuitale di un contatore sincrono modulo 16 con riporto parallelo

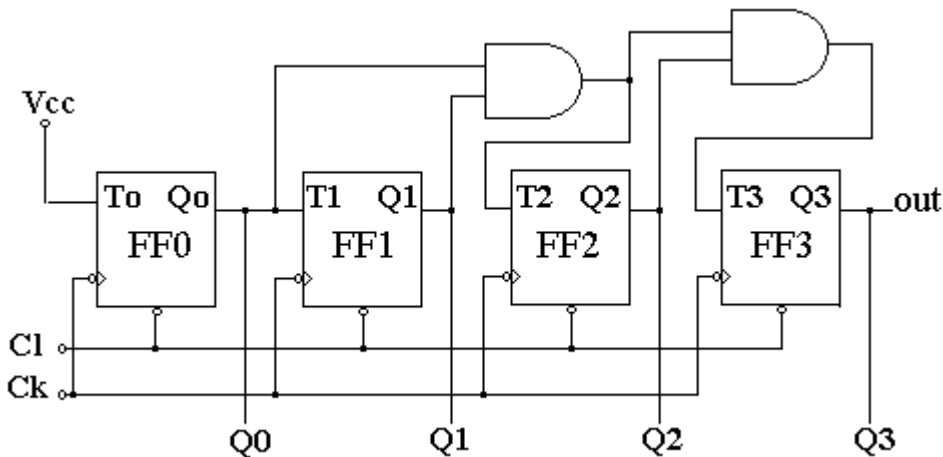


Fig. 32 Schema circuitale di un contatore sincrono modulo 16 con riporto serie

TEMPI DI RISPOSTA DEI CONTATORI SINCRONI

Il tempo di risposta di un contatore sincrono é largamente inferiore a quello di un contatore asincrono, perchè i FF non devono attendere la propagazione dei cambiamenti di stato dei FF precedenti, mentre sono attivati contemporaneamente dal medesimo fronte di clock. Il contatore quindi presenterà un ritardo dipendente dal tempo di propagazione t_f di un solo FF cui va però aggiunto il tempo di propagazione delle porte AND che ne consentono l'eccitazione. In questa base sono possibili due circuiti di eccitazione differenti:

- 1- Riporto parallelo;
- 2- Riporto serie

CONTATORE SINCRONO A DECREMENTO A MODULO 8

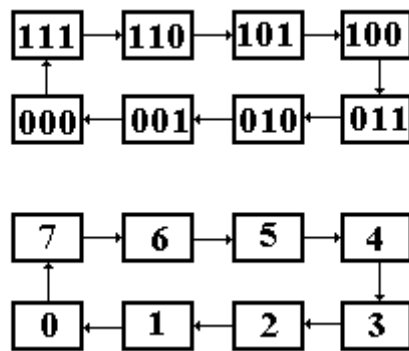


Fig.33 Diagramma degli stati.

CK	Nd	Q2	Q1	Q0	T0	T1	T2
0	7	1	1	1	1	0	0
1	6	1	1	0	1	1	0
2	5	1	0	1	1	0	0
3	4	1	0	0	1	1	1
4	3	0	1	1	1	0	0
5	2	0	1	0	1	1	0
6	1	0	0	1	1	0	0
7	0	0	0	0	1	1	1

Fig. 34 Tabella di eccitazione

Dalla tabella si ricavano le seguenti funzioni:

$$T0 = 1$$

$$T1 = \overline{Q0}$$

$$T2 = \overline{Q1} \overline{Q0}$$

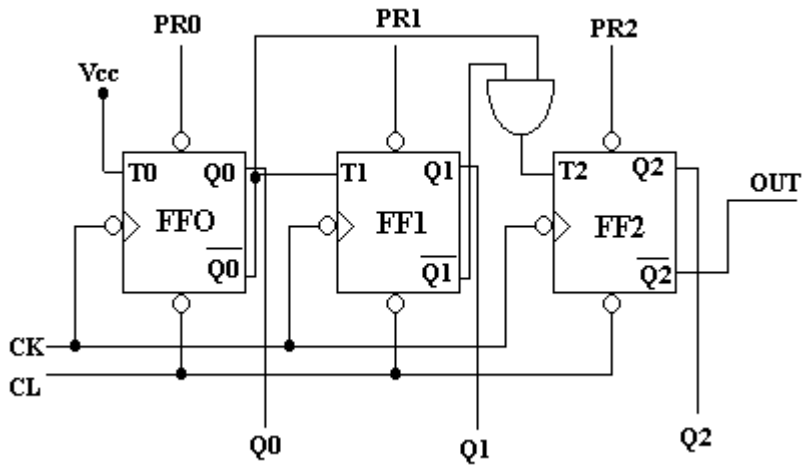


Fig. 35 Schema circuitale

CONTATORE AD ANELLO.

Il contatore ad anello è propriamente un registro a scorrimento che presenta, alle uscite parallele, una configurazione dipendente dal numero di impulsi applicati in ingresso. Si abbia un registro a scorrimento formato da 4 FF tipo D, indicati in ordine crescente 0-3, con l'uscita Q_3 del FF3 che attiva l'ingresso D_0 del FF0. Vedi figura.

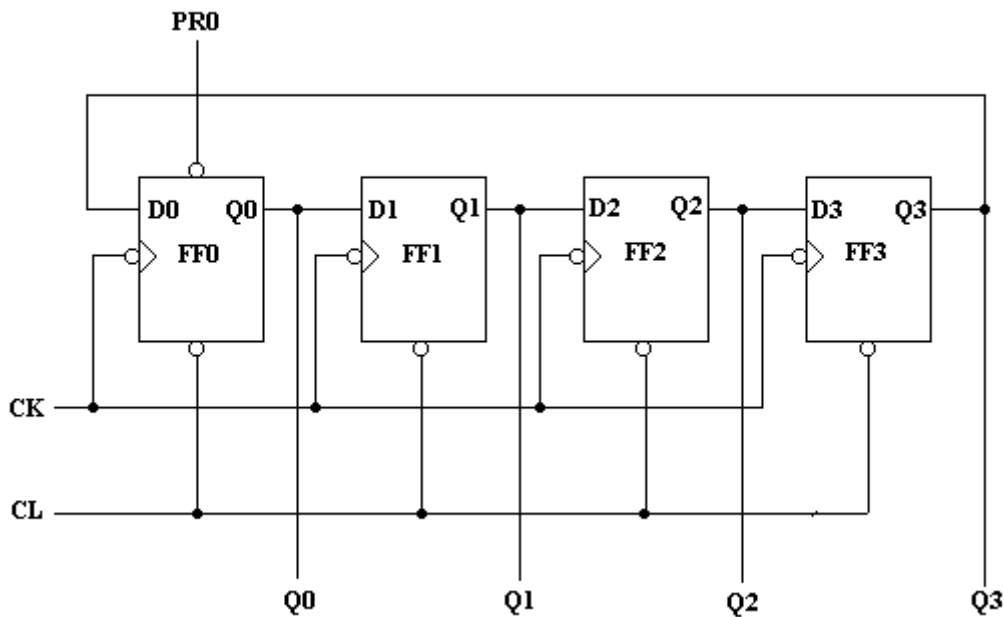


Fig. 36 Schema circuitale

Supponiamo di presetare il FF0 in modo che la sua uscita Q_0 sia al livello 1, così da ottenere la configurazione 1000. Al primo impulso di clock l'informazione scorre e lo stato alto si

presenta in Q_1 ; al susseguirsi degli impulsi di clock le uscite presenteranno le configurazioni date nella tabella di figura. Si osserva che le configurazioni assunta sono soltanto alcune di quelle ottenibili con 4 FF, pertanto il numero binario che si rileva in uscita, pur dipendendo dal numero degli impulsi d'ingresso, non li rappresenta. Se però si ad ogni uscita il significato di un numero decimale ordinato, $Q_0 = 0$, $Q_1 = 1$, $Q_2 = 2$, $Q_3 = 3$, lo stato alto su una delle 4 uscite fornirà l'indicazione del numero degli impulsi di conteggio. Questo tipo di contatore è impiegato per produrre il funzionamento sequenziale dei circuiti collegati alle sue uscite.

ISTANTE	Q0	Q1	Q2
0+	1	0	0
1+	0	1	0
2+	0	0	1

CONTATORE JOHNSON.

Il contatore Johnson, detto anche ad anello ritorto è un contatore analogo al precedente, nel quale però la chiusura ad anello viene prodotta dal segnale negato dell'ultimo FF. Si consideri un circuito, derivato da un registro a scorrimento a 4 FF di tipo D, indicati in ordine crescente 0-3, chiuso ad anello con l'uscita Q_3 (negato) del FF3 che attiva l'ingresso D_0 del FF0, vedi figura.

Supponiamo il contatore inizialmente azzerato.

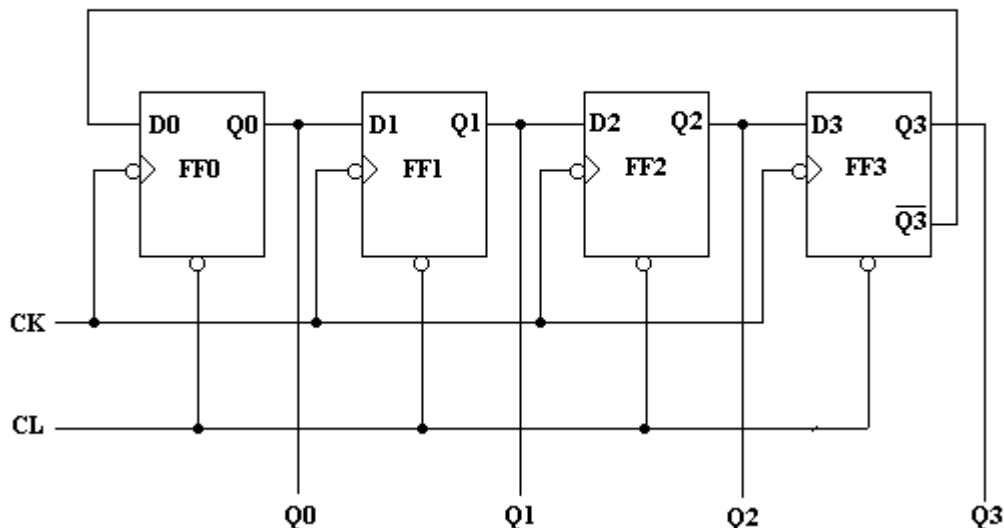


Fig. 37 Schema circuitale

Al primo impulsi di clock il FF0 trasferisce lo stato 1 di Q_3 (negato) in Q_0 generando la configurazione 1000. Al secondo impulso di clock, essendo ancora Q_3 (negato) =1, l'informazione scorre verso Q_1 e si ripristina in Q_0 . Ciò accade anche al terzo impulso al quale si raggiunge la configurazione 1110. Al quarto impulso, essendo $Q_2 = 1$, l'uscita Q_3 si porta a 1

e $Q_3(\text{negato})$ a 0, essi raggiunge la configurazione massima 1111. All'impulso successivo, essendo $Q_3(\text{negato}) = 0$, il FF0 trasferisce lo stato 0 in Q_0 , generando la configurazione 0111. Al succedersi degli impulsi si ha ora lo scorrimento dello stato 0 sino all'azzeramento completo del contatore, vedi tabella.

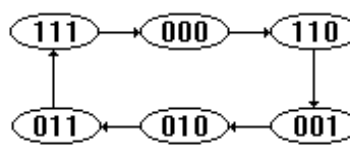
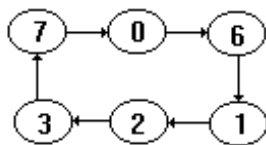
ISTANTE	Q0	Q1	Q2
0+	1	0	0
1+	0	1	0
2+	0	0	1
3+	0	0	0

Anche per il contatore Johnson le configurazioni assunte dalle uscite sono soltanto alcune fra le possibili, pertanto il numero binario che si rivela, pur dipendendo dal numero degli impulsi d'ingresso, non li rappresenta. Per rendere intelligibile il dato è quindi necessaria una rete di decodifica.

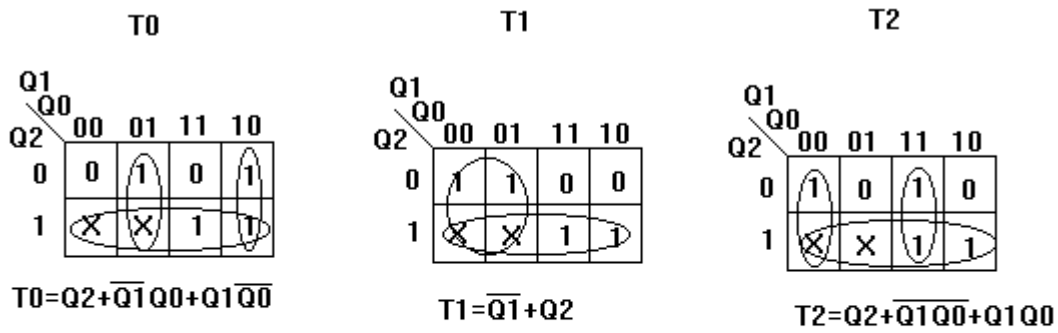
ESERCIZIO

PROGETTARE UN CONTATORE SINCRONO

Progettare un contatore sincrono in grado di generare la seguente sequenza

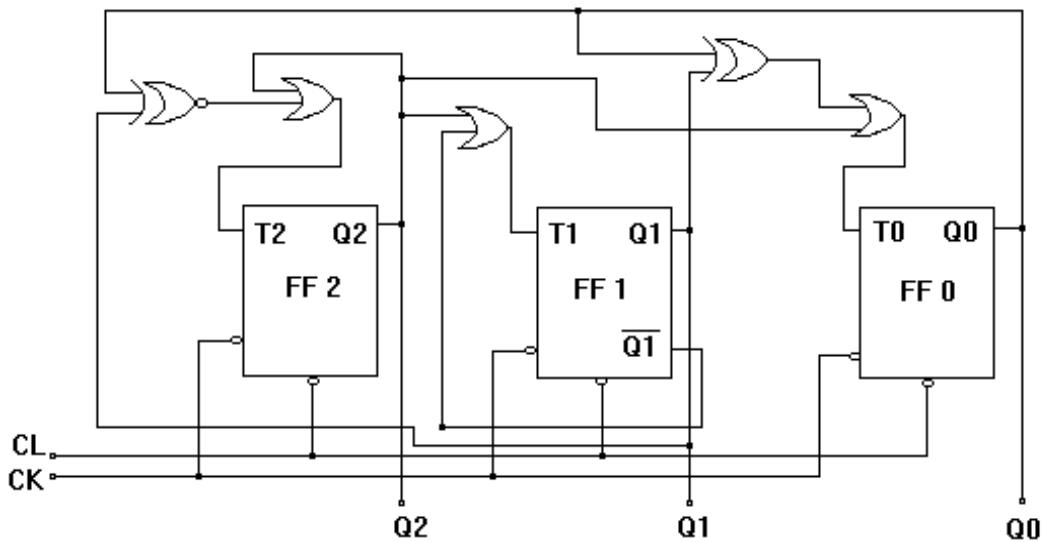


Ck	Nd	Q2	Q1	Q0	T0	T1	T2
1	7	1	1	1	1	1	1
2	0	0	0	0	0	1	1
3	6	1	1	0	1	1	1
4	1	0	0	1	1	1	0
5	2	0	1	0	1	0	0
6	3	0	1	1	0	0	1

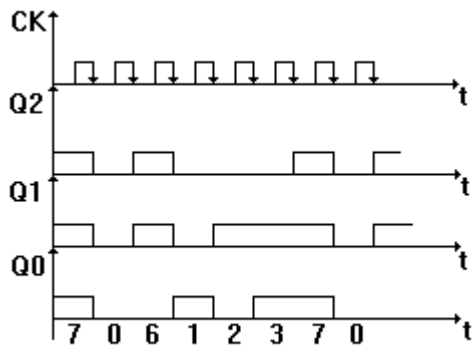


$T0 = Q2 + Q1 \oplus Q2$
 $T1 = \overline{Q1} + Q2$
 $T2 = Q2 + \overline{Q1} \oplus \overline{Q0}$

Funzioni



Schema circuitale



Diagrammi temporali