




SAPIENZA

 UNIVERSITÀ DI ROMA

 DIPARTIMENTO DI INFORMATICA

Registri: contatori

 Prof. Daniele Gorla



SAPIENZA

 UNIVERSITÀ DI ROMA

 DIPARTIMENTO DI INFORMATICA

Contatori

Un *contatore* è un registro usato per contare il numero di occorrenze di un determinato evento, sempre modulo un certo numero naturale.

→ se formato da n FF, potrà contare fino a modulo 2^n


Tipicamente, gli eventi che può contare sono i colpi di clock o le occorrenze di alcuni valori (o sequenze) di input.

Si distinguono in:

- sincroni (tutti i FF del contatore hanno lo stesso clock)
- asincroni (nello stesso contatore i vari FF hanno clock diversi)

Possono contare a salire o a scendere (o entrambe)

Possono essere settabili (forzare un valore che non rispetta la normale sequenza)



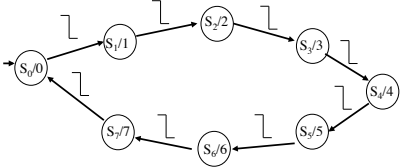
SAPIENZA

 UNIVERSITÀ DI ROMA

 DIPARTIMENTO DI INFORMATICA


Sintesi del contatore modulo 8 (1)

Il *contatore modulo 8* parte da 0 e ad ogni fronte d'onda discendente del clock incrementa di 1 il suo valore, fino ad arrivare a 7; poi torna a 0 e ricomincia.



Codifica dell'automa:

- Associa allo stato S_i la codifica binaria di $i \rightarrow 3$ bit $\rightarrow 3$ FF
- Non c'è alfabeto di input
- I caratteri di output vengono codificati con la loro normale codifica binaria



SAPIENZA

 UNIVERSITÀ DI ROMA

 DIPARTIMENTO DI INFORMATICA

Sintesi del contatore modulo 8 (2)

Stato(t)	Stato(t+1)
S_0	S_1
S_1	S_2
S_2	S_3
S_3	S_4
S_4	S_5
S_5	S_6
S_6	S_7
S_7	S_0

$y_2 y_1 y_0$	$Y_2 Y_1 Y_0$	$J_2 K_2$	$J_1 K_1$	$J_0 K_0$
0 0 0	0 0 1	0 -	0 -	1 -
0 0 1	0 1 0	0 -	1 -	- 1
0 1 0	0 1 1	0 -	-	0 1 -
0 1 1	1 0 0	1 -	-	1 - 1
1 0 0	1 0 1	-	0	- 1 -
1 0 1	1 1 0	-	0	1 - - 1
1 1 0	1 1 1	-	0	- 0 1 -
1 1 1	0 0 0	-	1	- 1 - 1

J2 map

$y_2 y_1$	0	1
00	0	0
01	1	X
11	X	X
10	X	X

J1 map

$y_2 y_1$	0	1
00	0	1
01	X	X
11	X	X
10	0	1

J0 map

$y_2 y_1$	0	1
00	1	X
01	1	X
11	1	X
10	1	X

K2 map

$y_2 y_1$	0	1
00	X	X
01	X	X
11	0	1
10	0	0

K1 map

$y_2 y_1$	0	1
00	X	X
01	0	1
11	0	1
10	X	X

K0 map

$y_2 y_1$	0	1
00	X	1
01	X	1
11	X	1
10	X	1

$J_0 = K_0 = 1$
 $J_1 = K_1 = y_0$
 $J_2 = K_2 = y_1 y_0$

Il contatore modulo 8

Sintesi del contatore modulo 16

y3 y2 y1 y0	Y3 Y2 Y1 Y0	J3 K3	J2 K2	J1 K1	J0 K0
0 0 0 0	0 0 0 1	0 -	0 -	0 -	1 -
0 0 0 1	0 0 1 0	0 -	0 -	1 -	1 -
0 0 1 0	0 0 1 1	0 -	0 -	0 -	1 -
0 0 1 1	0 1 0 0	0 -	1 -	0 -	1 -
0 1 0 0	0 1 0 1	0 -	0 -	0 -	1 -
0 1 0 1	0 1 1 0	0 -	0 -	1 -	1 -
0 1 1 0	0 1 1 1	0 -	0 -	0 -	1 -
0 1 1 1	1 0 0 0	1 -	0 -	0 -	1 -
1 0 0 0	1 0 0 1	0 -	0 -	0 -	1 -
1 0 0 1	1 0 1 0	0 -	0 -	1 -	1 -
1 0 1 0	1 0 1 1	0 -	0 -	0 -	1 -
1 0 1 1	1 1 0 0	0 -	1 -	0 -	1 -
1 1 0 0	1 1 0 1	0 -	0 -	0 -	1 -
1 1 0 1	1 1 1 0	0 -	0 -	1 -	1 -
1 1 1 0	1 1 1 1	0 -	0 -	0 -	1 -
1 1 1 1	0 0 0 0	1 -	1 -	1 -	1 -

$J_0 = K_0 = 1$
 $J_1 = K_1 = y_0$
 $J_2 = K_2 = y_1 y_0$
 $J_3 = K_3 = y_2 y_1 y_0$

Contatore modulo 2ⁿ

$J_0 = K_0 = 1$ e $J_{i+1} = K_{i+1} = J_i \text{ AND } Q_i$

Sintesi del contatore alla rovescia modulo 8

y2 y1 y0	Y2 Y1 Y0	J2 K2	J1 K1	J0 K0
0 0 0	1 1 1	1 -	1 -	1 -
0 0 1	0 0 0	0 -	0 -	1 -
0 1 0	0 0 1	0 -	1 1	1 -
0 1 1	0 1 0	0 -	0 -	1 -
1 0 0	0 1 1	1 -	1 -	1 -
1 0 1	1 0 0	0 -	0 -	1 -
1 1 0	1 0 1	0 -	0 -	1 -
1 1 1	1 1 0	0 -	0 -	1 -

$J_0 = K_0 = 1$
 $J_1 = K_1 = \bar{y}_0$
 $J_2 = K_2 = \bar{y}_1 \bar{y}_0$

Contatore alla rovescia modulo 2^n

$J_0 = K_0 = 1$ e $J_{i+1} = K_{i+1} = J_i \text{ AND } \bar{Q}_i$

Contatore bidirezionale modulo 2^n

Contatore ascendente: $Up = 1$

Contatore discendente: $Up = 0$

Contatore modulo k ($k \neq 2^n$)

2 strade: 1. procedura di sintesi per ogni k
2. soluzione modulare, ma usando FF con ingressi asincroni (vedi dopo)

Es.: contatore modulo 5

$y_2 y_1 y_0$	$Y_2 Y_1 Y_0$	$J_2 K_2$	$J_1 K_1$	$J_0 K_0$
0 0 0	0 0 1	0 - 0 - 1 -		
0 0 1	0 1 0	0 - 1 - - 1 -		
0 1 0	0 1 1	0 - - 0 1 -		
0 1 1	1 0 0	1 - - 1 - 1 -		
1 0 0	0 0 0	- 1 0 - 0 -		
1 0 1	- - -	- - - - -		
1 1 0	- - -	- - - - -		
1 1 1	- - -	- - - - -		

Stato(t)	Stato(t+1)
S_0	S_1
S_1	S_2
S_2	S_3
S_3	S_4
S_4	S_0

$J_0 = \bar{y}_2$
 $K_0 = 1$
 $J_1 = K_1 = y_0$
 $J_2 = y_1 y_0$
 $K_2 = 1$

Contatore di impulsi sull'ingresso

$x y_2 y_1 y_0$	$Y_2 Y_1 Y_0$	$J_2 K_2$	$J_1 K_1$	$J_0 K_0$
0 0 0 0	0 0 0	0 -	0 -	0 -
0 0 0 1	0 0 1	0 -	0 -	0 -
0 0 1 0	0 1 0	0 -	0 -	0 -
0 0 1 1	0 1 1	0 -	0 -	0 -
0 1 0 0	1 0 0	0 -	0 -	0 -
0 1 0 1	1 0 1	0 -	0 -	0 -
0 1 1 0	1 1 0	0 -	0 -	0 -
0 1 1 1	1 1 1	0 -	0 -	0 -
1 0 0 0	0 0 1	0 -	0 -	1 -
1 0 0 1	0 1 0	0 -	1 -	1 -
1 0 1 0	0 1 1	0 -	0 -	1 -
1 0 1 1	1 0 0	1 -	0 -	1 -
1 1 0 0	1 0 1	0 -	1 -	1 -
1 1 0 1	1 1 0	0 -	0 -	1 -
1 1 1 0	1 1 1	0 -	0 -	1 -
1 1 1 1	0 0 0	1 -	1 -	1 -

$J_0 = K_0 = x1$
 $J_1 = K_1 = xy_0$
 $J_2 = K_2 = xy_1 y_0$

La stessa del contatore modulo 8

Contatore asincrono MOD 8

OSS.: il FF0 commuta ad ogni fronte d'onda discendente del clock;
 il FF1 commuta ad ogni fronte d'onda discendente del FF0;
 il FF2 commuta ad ogni fronte d'onda discendente del FF1.

Possiamo progettare un diverso contatore MOD 8 in cui

- tutti i FF sono in uno stato di toggle ($J = K = 1$)
- il FF0 ha come clock il segnale *clock*;
- il FF1 ha come clock y_0 ;
- il FF2 ha come clock y_1 .

Chiameremo *asincrono* tale contatore poiché i FF non sono sincronizzati sullo stesso clock.

Realizzazione e diagramma del contatore asincrono MOD 8

Accumulo di ritardo

Poiché i FF non sono sincronizzati sullo stesso clock, i ritardi di commutazione si sommano e danno vita, per pochi istanti, a sequenze fuori dalla numerazione (*false counts*). Questo effetto si chiama *ripple* (= mormorio).

In quasi tutte le applicazioni, questo effetto è trascurabile, perché i ritardi sono piccolissimi.

Contatore asincrono MOD 8 alla rovescia

Contatore asincrono bidirezionale

FF con ingressi asincroni

Spesso, i FF sono equipaggiati con due ulteriori ingressi, chiamati PRESET e CLEAR, che funzionano in maniera *asincrona* rispetto al clock: essi cioè sono usati per settare o resettare il FF in modo istantaneo, cioè indipendentemente dalle entrate usuali e dal clock.

Funzionamento:

- PRESET = CLEAR = 0: normale funzionamento del FF;
- PRESET = 1, CLEAR = 0: set immediato del FF;
- PRESET = 0, CLEAR = 1: reset immediato del FF;
- PRESET = CLEAR = 1: non usata.

Progetto modulare di un contatore MOD k ($\neq 2^n$)

Idea: nel passare da $k-1$ a k , forzò un reset del contatore tramite i segnali CLEAR

→ appena il contatore contiene (la codifica binaria di) k , si mette il CLEAR di tutti i FF a 1 per un intervallo brevissimo

Es.: contatore MOD 5

Stessa idea applicabile ai contatori alla rovescia, bidirezionali, asincroni, ...

Contatori preselezionabili

Un secondo utilizzo dei FF con ingressi asincroni è la realizzazione di *contatori preselezionabili*, in cui cioè si può forzare un valore e mantenerlo, indipendentemente dai valori in ingresso e dal clock.

Funzionamento:

- Se il segnale PL (= *parallel load*) vale 0, allora si comporta come un normale contatore MOD 2^n ;
- Se PL = 1, forza i valori presenti sulle linee p_{n-1}, \dots, p_0 (*parallel data inputs*) nei rispettivi FF;
- Per mantenere memorizzato un valore, basta tenere tale valore sulle linee di input parallele e PL = 1.

