

## Premessa

I contatori digitali sono circuiti sequenziali in grado di contare gli impulsi di clock applicati al proprio ingresso. In linea di principio, un contatore presenta un solo ingresso (clock) e  $n$  bit di uscita. Applicando in ingresso un impulso di clock, la parola binaria di uscita si incrementa di una unità.

Come è noto, con una parola binaria di  $n$  bit sono possibili  $2^n$  configurazioni diverse che corrispondono ai numeri decimali compresi tra 0 e  $2^n - 1$ . Un contatore può assumere tutte le possibili combinazioni oppure una sola parte.

Si definisce *modulo* il numero di configurazioni distinte che il contatore può assumere. Il contatore si dice *binario* se il suo modulo vale proprio  $2^n$ .

Il dispositivo si realizza collegando dei flip-flop opportunamente tra loro. Se il contatore è a modulo  $m$  il numero  $n$  di flip-flop necessari si determina nella seguente disuguaglianza:

$$2^{n-1} < m \leq 2^n \quad (1)$$

Un contatore a modulo  $m$  non binario (è il caso da te proposto) conta da 0 a  $m-1$ ; al successivo impulso di clock, il dispositivo torna a riassumere la configurazione corrispondente al numero decimale 0 e così via.

I contatori integrati non binari più diffusi sono quelli decadici noti anche come *contatori BCD*. Essi sono a modulo 10 e, pertanto, assumono tutte le configurazioni binarie comprese tra 0 e 9.

Un contatore può essere progettato anche per contare indietro (*down counter*); altri invece, sono in grado di contare sia in avanti che indietro (*up/down counter*).

A seconda del modo con cui sono collegati gli ingressi di clock dei vari flip-flop, i contatori si dividono in due categorie: *asincroni* e *sincroni*. Nei primi un flip-flop cambia stato dopo la commutazione del flip-flop che lo precede; in questo caso il comando di commutazione si propaga da un flip-flop all'altro. Nei secondi l'ingresso di clock del contatore è applicato simultaneamente all'ingresso di clock di tutti i flip-flop.

Alcuni contatori integrati presentano delle linee supplementari come, ad esempio, l'ingresso di *clear* che serve per l'azzeramento del dispositivo.

## Contatori sincroni non binari

Il metodo sistematico di progettazione consiste nel compilare la tabella delle combinazioni delle uscite del contatore (stato presente); scrivere accanto la combinazione assunta dopo un impulso di clock (stato successivo) e indicare il livello logico da applicare all'ingresso di ciascun flip-flop affinché la relativa linea di uscita  $Q$  compia la transizione indicata. Utilizzando flip-flop J-K si dovrà tener presente la tavola delle eccitazioni di quest'ultimo. Successivamente si ricavano le funzioni J e K minimizzate dopo aver compilato la mappa di Karnaugh che dipende dalle uscite  $Q$  dello stato presente.

Pertanto procedendo con il progetto, si compila la tabella di funzionamento per il contatore mod. 10. Tenendo conto della disuguaglianza (1) sono necessari 4 flip-flop ( $2^{4-1} < 10 \leq 2^4$ ). Si ricavano le funzioni J-K. Le combinazioni non previste nel conteggio del contatore hanno X come stato successivo.

Nella tab.6 lo stato successivo a 9 è 0 mentre per le altre combinazioni da 10 a 15 non importa (X) quale sia lo stato successivo. Nella stessa tabella sono riportate anche le funzioni per l'eventuale realizzazione con i flip-flop T.

Tab. 6

N.	Stato pres.				Stato succ.				Ingressi FF J-K								Ingressi FF T			
	Q <sub>4</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>4</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>	J <sub>4</sub>	K <sub>4</sub>	J <sub>3</sub>	K <sub>3</sub>	J <sub>2</sub>	K <sub>2</sub>	J <sub>1</sub>	K <sub>1</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	X	0	X	0	X	1	X	0	0	0	1
1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	X	0	X	1	X	X	1	0	0	1	1
2	0	0	1	0	0	0	1	1	0	X	0	X	X	0	1	X	0	0	0	1
3	0	0	1	1	0	1	0	0	0	X	1	X	X	1	X	1	0	1	1	1
4	0	1	0	0	0	1	0	1	0	X	X	0	0	X	1	X	0	0	0	1
5	0	1	0	1	0	1	1	0	0	X	X	0	1	X	X	1	0	0	1	1
6	0	1	1	0	0	1	1	1	0	X	X	0	X	0	1	X	0	0	0	1
7	0	1	1	1	1	0	0	0	1	X	X	1	X	1	X	1	1	1	1	1
8	1	0	0	0	1	0	0	1	X	0	0	X	0	X	1	X	0	0	0	1
9	1	0	0	1	0	0	0	0	X	1	0	X	0	X	X	1	1	0	0	1
10	1	0	1	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11	1	0	1	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12	1	1	0	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
13	1	1	0	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
14	1	1	1	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
15	1	1	1	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Le funzioni minimizzate da applicare agli ingressi dei flip-flop  $J$ - $K$  sono facilmente ricavabili applicando il metodo delle mappe di Karnaugh di seguito riportate:

		$Q_4Q_3$			
		00	01	11	10
$Q_2Q_1$	00	1	1	X	1
	01	X	X	X	X
	11	X	X	X	X
	10	1	1	X	X

$J_1 = 1$

		$Q_4Q_3$			
		00	01	11	10
$Q_2Q_1$	00	X	X	X	X
	01	1	1	X	1
	11	1	1	X	X
	10	X	X	X	X

$K_1 = 1$

		$Q_4Q_3$			
		00	01	11	10
$Q_2Q_1$	00	0	0	X	0
	01	1	1	X	0
	11	X	X	X	X
	10	X	X	X	X

$J_2 = \bar{Q}_4 \cdot Q_1$

		$Q_4Q_3$			
		00	01	11	10
$Q_2Q_1$	00	X	X	X	X
	01	X	X	X	X
	11	1	1	X	X
	10	0	0	X	X

$K_2 = Q_1$

		$Q_4Q_3$			
		00	01	11	10
$Q_2Q_1$	00	0	X	X	0
	01	0	X	X	0
	11	1	X	X	X
	10	0	X	X	X

$J_3 = Q_2 \cdot Q_1$

		$Q_4Q_3$			
		00	01	11	10
$Q_2Q_1$	00	X	0	X	X
	01	X	0	X	X
	11	X	1	X	X
	10	X	0	X	X

$K_3 = Q_2 \cdot Q_1$

		$Q_4Q_3$			
		00	01	11	10
$Q_2Q_1$	00	0	0	X	X
	01	0	0	X	X
	11	0	1	X	X
	10	0	0	X	X

$J_4 = Q_3 \cdot Q_2 \cdot Q_1$

		$Q_4Q_3$			
		00	01	11	10
$Q_2Q_1$	00	X	X	X	0
	01	X	X	X	1
	11	X	X	X	X
	10	X	X	X	X

$K_4 = Q_1$

### Osservazione

La determinazione delle funzioni minimizzate è più laboriosa con flip-flop  $J-K$  piuttosto con quelli di tipo  $T$  (prova tu a determinare le quattro mappe di Karnaugh relative agli ingressi  $T$  vedi tab.6) ma, in compenso, spesso si perviene a funzione più semplificate che consentono una realizzazione circuitale con meno porte logiche. Ci si può convincere di ciò osservando che per qualsiasi transizione della  $Q$  uno degli ingressi  $J$  o  $K$  è sempre una condizione di indifferenza ( $X$ ), cosa che consente una minimizzazione ottimale.

Di seguito è riportato lo schema elettrico del contatore sincrono modulo 10 realizzato con flip-flop  $J-K$  in cui si evidenzia anche il circuito di reset all'accensione collegato agli ingressi di *clear*  $CL$ . (eventualmente escludi questa parte circuitale se non avete approfondito in classe questa parte).

