SAPIENZA
Università di Roma
Dipartimento di Informatica

Analisi di reti sequenziali

Prof. Daniele Gorla

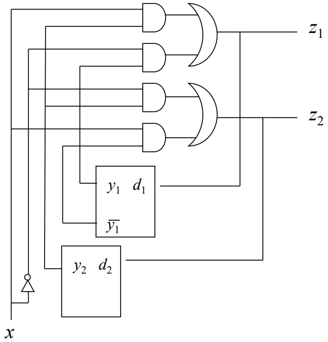
Analisi di circuiti sequenziali

Dato un circuito sequenziale, descriverne il funzionamento in termini di un automa

- Dato lo schema circuitale, dapprima dobbiamo identificare gli elementi di memoria che vi sono inclusi.
- In ogni istante, la memoria del sistema (ovvero il valore binario memorizzato nei FF) indica lo stato in cui il sistema si trova.
- Per ogni possibile stato e possibile combinazione degli input, possiamo determinare i valori delle uscite e il successivo stato in cui il sistema transiterà esaminando la parte combinatoria del circuito.

Procedura di Analisi (1)

Si analizza la parte combinatoria del circuito e si ricavano le EB per ciascun ingresso di ciascun FF contenuto nel circuito e per ciascuna uscita in termini degli ingressi al circuito e dei valori memorizzati nei FF.



$$d_1 = z_1 = xy_2 + \bar{x}y_1$$
$$d_2 = z_2 = \bar{x}y_2 + x\bar{y}_1$$

Procedura di Analisi (2)

Scrivi la TV corrispondente alle EB trovate al passo 1.

$$d_1 = z_1 = xy_2 + \bar{x}y_1$$
$$d_2 = z_2 = \bar{x}y_2 + x\bar{y}_1$$

x y_2 y_1	z_2 z_1	d_2 d_1
0 0 0	0 0	0 0
0 0 1	0 1	0 1
0 1 0	1 0	1 0
0 1 1	1 1	1 1
1 0 0	1 0	1 0
1 0 1	0 0	0 0
1 1 0	1 1	1 1
1 1 1	0 1	0 1

Procedura di Analisi (3)

SAPIENZA Università di Roma Dipartimento di Informatica

In base al funzionamento dei FF in questione, determina lo stato futuro, considerando lo stato corrente e gli ingressi dei FF.

x y_2 y_1	z_2 z_1	d_2 d_1	Y_2 Y_1
0 0 0	0 0	0 0	0 0
0 0 1	0 1	0 1	0 1
0 1 0	1 0	1 0	1 0
0 1 1	1 1	1 1	1 1
1 0 0	1 0	1 0	1 0
1 0 1	0 0	0 0	0 0
1 1 0	1 1	1 1	1 1
1 1 1	0 1	0 1	0 1

Procedura di Analisi (4)

SAPIENZA Università di Roma Dipartimento di Informatica

Assegna un simbolo ad ogni combinazione di bit memorizzati nei FF, ad ogni possibile sequenza di input e ad ogni possibile sequenza di output. Ricava quindi la funzione di transizione e di output dell'automa.

N.B.: in realtà, non è strettamente necessario dare simboli a stati e sequenze di bit: tutto potrebbe essere lasciato in binario, ma questo renderebbe l'automa meno leggibile.

Es.:

$y_2\, y_1$: $00 \rightarrow q_0$, $01 \rightarrow q_1$, $10 \rightarrow q_2$, $11 \rightarrow q_3$

x: $0 \rightarrow 0$, $1 \rightarrow 1$

$z_2\, z_1$: $00 \rightarrow 0$, $01 \rightarrow 3$, $10 \rightarrow 1$, $11 \rightarrow 2$

x y_2 y_1	z_2 z_1	d_2 d_1	Y_2 Y_1
0 0 0	0 0	0 0	0 0
0 0 1	0 1	0 1	0 1
0 1 0	1 0	1 0	1 0
0 1 1	1 1	1 1	1 1
1 0 0	1 0	1 0	1 0
1 0 1	0 0	0 0	0 0
1 1 0	1 1	1 1	1 1
1 1 1	0 1	0 1	0 1

	0	1
q_0	q_0 / 0	q_2 / 1
q_1	q_1 / 3	q_0 / 0
q_2	q_2 / 1	q_3 / 2
q_3	q_3 / 2	q_1 / 3

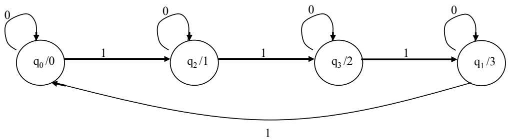
Procedura di Analisi (5)

SAPIENZA Università di Roma Dipartimento di Informatica

Minimizzare l'automa così ottenuto, disegnarlo e darne una descrizione verbale del comportamento (se possibile).

N.B.: lo stato iniziale è arbitrario, a meno che non venga esplicitamente detto nella specifica a quali valori sono inizializzati i FF (tipicamente a 0).

Nel nostro esempio, l'automa è già minimo: possiamo considerarlo di Moore (visto che si produce lo stesso output ogni volta che si entra in un dato stato, per ogni stato) e ogni stato ha output diverso.

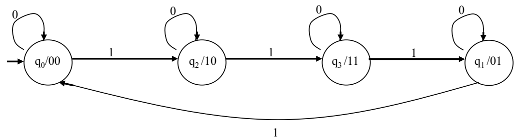


Prendendo q_0 come stato iniziale, questo automa rappresenta un contatore di "1" modulo 4

Osservazione

SAPIENZA Università di Roma Dipartimento di Informatica

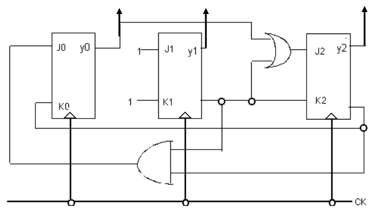
Senza la codifica dell'output che abbiamo fatto, il comportamento dell'automa ottenuto sarebbe stato molto più difficile da interpretare:



Questo automa restituisce ciclicamente 00,…,00,10,…,10,11,…,11,01,…,01 dove il passaggio da una sequenza di output all'altra avviene ad ogni "1" letto in input e le ripetizioni di ognuna di queste sequenze corrisponde al numero di "0" letti.

→ con un po' di esperienza, anche così (ovviamente) si riconosce il contatore di "1" modulo 4, ma è più difficile da vedere!

Un secondo esempio (1)



$j_0 = \overline{y}_2\overline{y}_1$

$k_0 = \overline{y}_2$

$j_1 = k_1 = 1$

$j_2 = y_0 + \overline{y}_1$

$k_2 = \overline{y}_1$

Circuito sequenziale senza input: transizioni di stato e output in corrispondenza di colpi del clock (fronti d'onda discendenti)

y_2 y_1 y_0	j_2 k_2	j_1 k_1	j_0 k_0	Y_2 Y_1 Y_0
0 0 0	1 1	1 1	1 1	1 1 1
0 0 1	1 1	1 1	1 1	1 1 0
0 1 0	0 0	1 1	0 1	0 0 0
0 1 1	1 0	1 1	0 1	1 0 0
1 0 0	1 1	1 1	0 0	0 1 0
1 0 1	1 1	1 1	0 0	0 1 1
1 1 0	0 0	1 1	0 0	1 0 0
1 1 1	1 0	1 1	0 0	1 0 1

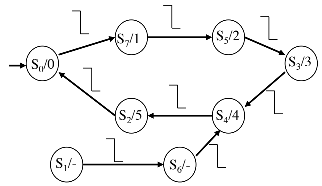
9

Un secondo esempio (2)

Assegnamento: S0 → 000, S1 → 001, S2 → 010, S3 → 011,
S4 → 100, S5 → 101, S6 → 110, S7 → 111

y_2 y_1 y_0	Y_2 Y_1 Y_0
0 0 0	1 1 1
0 0 1	1 1 0
0 1 0	0 0 0
0 1 1	1 0 0
1 0 0	0 1 0
1 0 1	0 1 1
1 1 0	1 0 0
1 1 1	1 0 1

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



Contatore di inpulsi di clock modulo 6

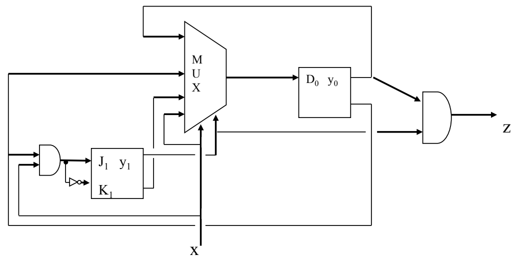
Gli output sono i bit memorizzati nei FF.
Assumiamo la seguente codifica degli output:
000 = 0, 111 = 1, 101 = 2, 011 = 3, 100 = 4, 010 = 5, 001 = -, 110 = -

Inoltre assumiamo che all'inizio i FF contengano tutti il valore 0

10

Un terzo esempio (1)

Si analizzi il seguente circuito sequenziale con FF inizialmente a 0.



$J_1 = x\overline{y}_0$ $\quad K_1 = \overline{x} + y_0$ $\quad z = y_1 y_0$

$D_0 = \overline{x}\ \overline{y}_1 y_0 + \overline{x} y_1 \overline{y}_0 + x\overline{y}_1\overline{y}_1 + x y_1 x = \overline{x}\ \overline{y}_1 y_0 + \overline{x} y_1 \overline{y}_0 + x\overline{y}_1 + x y_1$

$= \overline{x}(\overline{y}_1 y_0 + y_1\overline{y}_0) + x(\overline{y}_1 + y_1) = \overline{x}(y_0 \oplus y_1) + x$

11

Un terzo esempio (2)

y_1	y_0	x	J_1	K_1	D_0	Y_1	Y_0	Z
0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1	1	1	0
0	1	0	0	1	1	0	1	0
0	1	1	0	1	1	0	1	0
1	0	0	0	1	1	0	1	0
1	0	1	1	0	1	1	1	0
1	1	0	0	1	0	0	0	1
1	1	1	0	1	1	0	1	1

$J_1 = x\overline{y}_0$

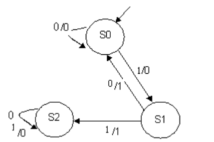
$K_1 = \overline{x} + y_0$

$D_0 = \overline{x}(y_0 \oplus y_1) + x$

$z = y_1 y_0$

00 → S0 , 11 → S1 , 01 → S2

	0	1
S0	S0/0	S1/0
S1	S0/1	S2/1
S2	S2/0	S2/0



Dà "1" ogni volta che legge una sequenza "10" non preceduta da "11"; appena legge "11", dà "1" e va in uno stato "*pozzo*".

12