

Esercizio sugli automi di Moore (facoltativo)

1. Sintesi di un automa di Moore: Gestione di una lavatrice.

Si vuole costruire una rete sequenziale che controlli una lavatrice.

Supponiamo che la lavatrice abbia tre sensori, uno sul coperchio, uno per il livello dell'acqua, un altro per la temperatura dell'acqua di lavaggio e un timer utilizzato per la temporizzazione del lavaggio.

Ingressi	Descrizione
Coperchio	Sensore coperchio Aperto o Chiuso (A C)
Riempimento	Sensore riempimento acqua Vuoto o Pieno (V P)
Temperatura	Sensore Temperatura Fredda o Calda (F C)
Timer	Timer Lavaggio Non Triggered o Triggered (N T)

Lo stato iniziale della lavatrice corrisponde al cestello vuoto e coperchio aperto. Quando il coperchio viene chiuso, parte la sequenza di lavaggio. Se il coperchio viene aperto in qualunque momento si presuppone che l'utente abbia vuotato il cestello e si ritorna quindi allo stato iniziale.

La sequenza di lavaggio è la seguente: caricamento dell'acqua, riscaldamento dell'acqua, lavaggio, scarico dell'acqua esausta, attesa con cestello pieno per l'apertura del coperchio. La lavatrice è dotata di una elettrovalvola per l'immissione dell'acqua, di un riscaldatore, del motore per mettere in rotazione il cestello e di una pompa per lo scarico dell'acqua esausta che costituiscono le uscite del sistema di controllo

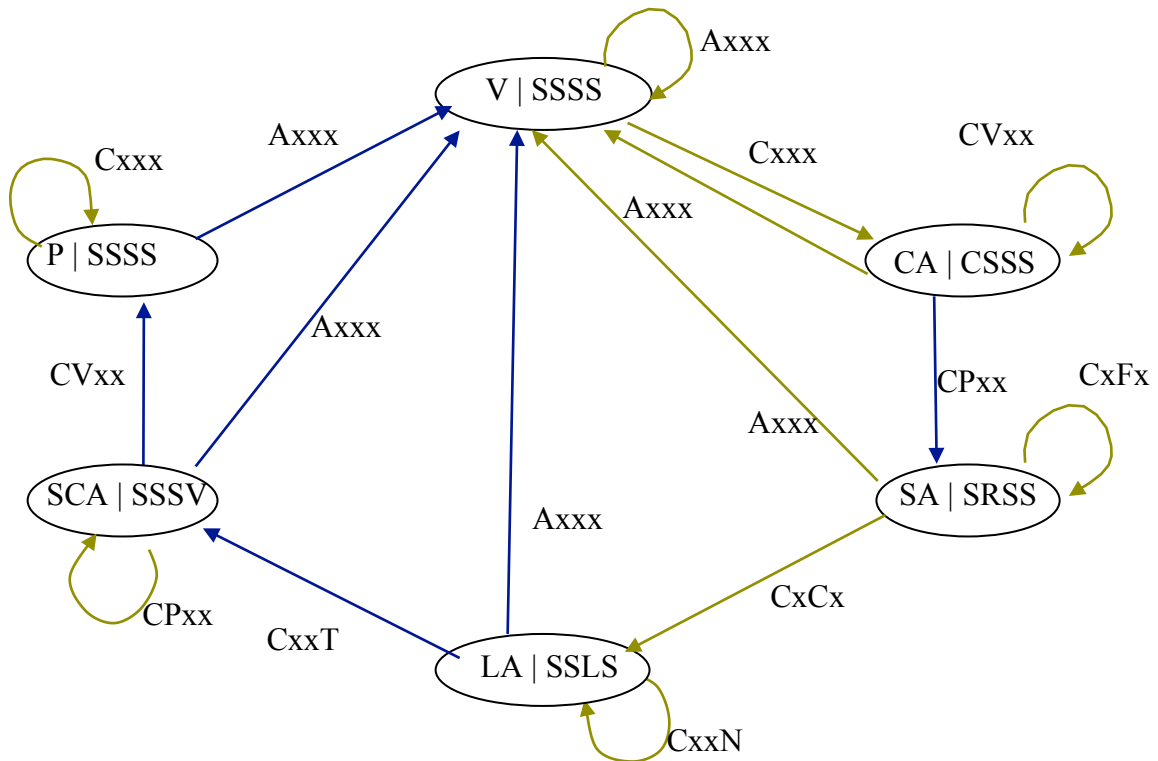
Uscite	Descrizione
Elettrovalvola	Elettrovalvola Acqua Spenta o Carica S C
Riscaldatore	Riscaldatore Spento o Riscalda S R
Motore	Motore Cestello Spento o Lava S L
Scarico	Pompa Scarico Spenta o Vuota S V

Gli stati possibili del sistema dipendono dal ciclo di lavaggio:

Stato	Descrizione
Vuoto (V)	Cestello vuoto, sportello aperto
CaricaAcqua (CA)	Caricamento dell'acqua
ScaldaAcqua (SA)	Cestello pieno, riscaldamento dell'acqua
Lavaggio (LA)	Lavaggio
ScaricaAcqua (SCA)	Scarico dell'acqua
Pieno (P)	Cestello pieno, sportello chiuso

La transizione da Vuoto a Carica Acqua avverrà quando il coperchio viene chiuso. La transizione da Carica Acqua a Scalda Acqua quando il sensore di riempimento commuterà su pieno (supponiamo che il sensore di riempimento sia dotato di isteresi e che commuti a pieno solo con la vasca piena al livello giusto e torni a vuoto solo con il completo svuotamento del cestello). La transazione da Scalda Acqua a Lavaggio quando il sensore della temperatura rileverà la temperatura giusta. La transizione da Lavaggio a Scarica Acqua quando il timer avrà esaurito il tempo (supponiamo che venga armato automaticamente all'ingresso nello stato di lavaggio). La transizione da Scarica Acqua a Pieno quando il sensore di riempimento commuterà su vuoto. Infine la transazione da Pieno a Vuoto quando si verificherà l'apertura dello sportello. Supponiamo per semplicità che le varie condizioni vengano verificate una volta sola (non si consideri il raffreddamento dell'acqua durante la fase di lavaggio oppure la presenza di acqua nel cestello in caso di apertura prematura dello stesso).

L' STG del sistema così delineato è il seguente:

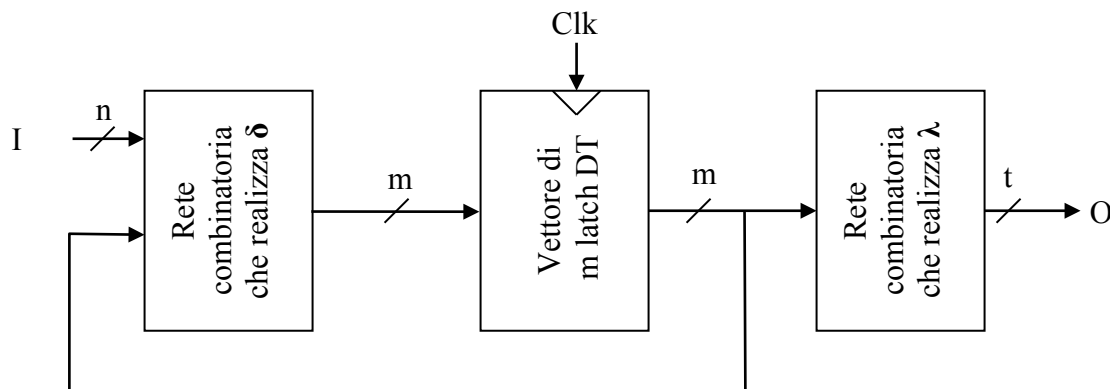


La corrispondente STT è la seguente (per compattezza gli ingressi vengono riportati con le varie configurazioni indifferenti):

Stato	δ								λ
	Axxx	Cxxx	CVxx	CPxx	CxFx	CxCx	CxxN	CxxT	O
V	V	CA							SSSS
CA	V		CA	SA					CSSS
SA	V				SA	LA			SRSS
LA	V						LA	SCA	SSLS
SCA	V		P	SCA					SSSV
P	V	P	P	P	P	P	P	P	SSSS

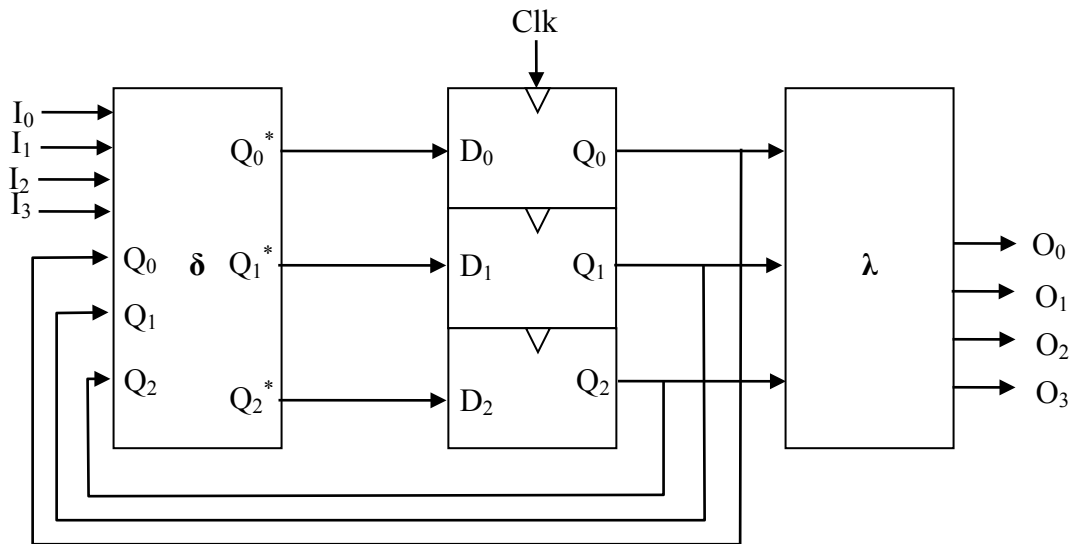
Per rappresentare i 6 stati possibili occorrono $\text{ceil}(\log_2 6) = 3$ bit. Analogamente per rappresentare le 16 possibili combinazioni degli ingressi occorrono 4 bit. Per le 4 uscite occorrono 4 bit¹.

Un automa di Moore è realizzabile tramite un circuito sequenziale così formato:



¹ Da notare che le configurazioni differenti in uscita sono in realtà solo 5. E' quindi possibile codificare tutte le possibili uscite con soli 3 bit. Questo però richiederebbe un circuito ausiliario in coda all'automata per decodificare la combinazione in uscita nelle 4 linee effettive vanificando in questo caso il risparmio nella funzione λ .

Il circuito che realizza il sistema dell'esempio è quindi:



Per sintetizzare le funzioni stato prossimo e di uscita occorre definire una corrispondenza tra gli stati del sistema e le configurazioni possibili dei latch, così come occorre definire una mappatura per le configurazioni in ingresso e uscita.

Stato	$Q_2 Q_1 Q_0$
V	000
CA	001
SA	010
LA	011
SCA	100
P	101

Ingressi	$I_3 I_2 I_1 I_0$
Axxx	1xxx
Cxxx	0xxx
xVxx	x0xx
xPxx	x1xx
xxFx	xx0x
xxCx	xx1x
xxxN	xxx0
xxxT	xxx1

Uscite	$O_3 O_2 O_1 O_0$
SSSS	0000
CSSS	1000
SRSS	0100
SSLS	0010
SSSV	0001

Ora è possibile trascrivere la STT sostituendo alle etichette la corrispondente configurazione:

Stato	δ								λ
	0xxx	1xxx	10xx	11xx	1x0x	1x1x	1xx0	1xx1	O
000	000	001							0000
001	000		001	010					1000
010	000				010	011			0100
011	000						011	100	0010
100	000		101	100					0001
101	000	101	101	101	101	101	101	101	0000

Calcolo la funzione λ attraverso la sua SOP:

$$O_0 = Q_2 \sim Q_1 \sim Q_0$$

$$O_1 = \sim Q_2 Q_1 Q_0$$

$$O_2 = \sim Q_2 Q_1 \sim Q_0$$

$$O_3 = \sim Q_2 \sim Q_1 Q_0$$

Per ricavare la funzione di transizione, occorrerebbe riscrivere la STT in forma tabellare a sette variabili in ingresso e 4 in uscita ($2^7=128$ combinazioni). Per compattezza usiamo la notazione compatta con gli ingressi indipendenti:

$I_3 I_2 I_1 I_0 Q_2 Q_1 Q_0$	Q_2^*	Q_1^*	Q_0^*
0xxx000	0	0	0
0xxx001	0	0	0
0xxx010	0	0	0
0xxx011	0	0	0
0xxx100	0	0	0
0xxx101	0	0	0
0xxx110	X (=0)	X (=0)	X (=0)
0xxx111	X (=0)	X (=0)	X (=0)
1xxx000	0	0	1
10xx001	0	0	1
11xx001	0	1	0
10xx011	1	0	1
11xx011	1	0	0
1x0x010	0	1	0
1x1x010	0	1	1
1xx0011	0	1	1
1xx1011	1	0	0
1xxx101	1	0	1

Possiamo dare una forma della funzione stato prossimo Q_0^* componendola tramite la SOP:

$$\begin{aligned}
 Q_0^* &= I_3 \sim Q_2 \sim Q_1 \sim Q_0 + I_3 \sim I_2 \sim Q_2 \sim Q_1 Q_0 + I_3 \sim I_2 \sim Q_2 Q_1 Q_0 + I_3 I_1 \sim Q_2 Q_1 \sim Q_0 + \\
 &\quad I_3 \sim I_0 \sim Q_2 Q_1 Q_0 + I_3 Q_2 \sim Q_1 Q_0 \\
 &= I_3 (\sim Q_2 \sim Q_1 \sim Q_0 + \sim I_2 \sim Q_2 \sim Q_1 Q_0 + \sim I_2 \sim Q_2 Q_1 Q_0 + I_1 \sim Q_2 Q_1 \sim Q_0 + \sim I_0 \sim Q_2 Q_1 Q_0 + \\
 &\quad Q_2 \sim Q_1 Q_0) \\
 &= I_3 [\sim Q_1 (\sim Q_2 \sim Q_0 + Q_2 Q_0) + \sim I_2 \sim Q_2 Q_0 (\sim Q_1 + Q_1) + \sim Q_2 Q_1 (I_1 \sim Q_0 + \sim I_0 Q_0)] \\
 &= I_3 [\sim Q_1 \sim (Q_2 \text{ XOR } \sim Q_0) + \sim I_2 \sim Q_2 Q_0 + \sim Q_2 Q_1 (I_1 \sim Q_0 + \sim I_0 Q_0)]
 \end{aligned}$$

Analogamente è possibile ricavare una funzione logica per Q_1^* , Q_2^* e Q_3^* .