

FSM: Macchine a Stati Finiti

Sommario

- Introduzione
- Automi di Mealy
- Automi di Moore
- Esempi

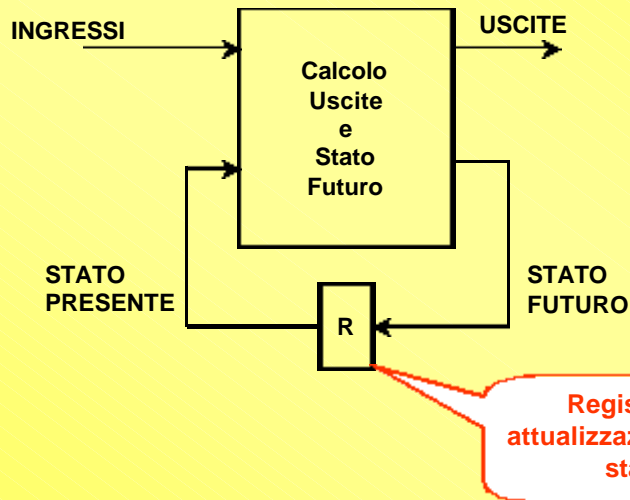
Sommario

- Introduzione
- Automi di Mealy
- Automi di Moore
- Esempi

Introduzione

- Metodo per descrivere macchine di tipo sequenziale
- Molto utile per la descrizione di Unità di controllo
- La loro realizzazione fisica consiste in una rete per il calcolo delle USCITE e dello STATO FUTURO a partire da ingressi e STATO PRESENTE ed un registro di attualizzazione dello stato

Introduzione



Introduzione

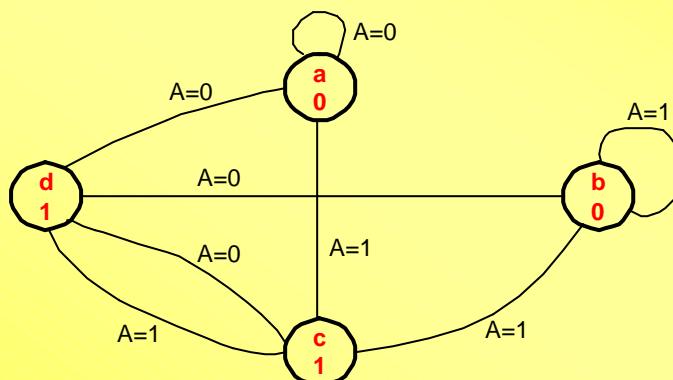
- Si rappresenta un circuito sequenziale come un insieme di STATI raggiungibili
- Per ogni stato si descrivono le TRANSIZIONI da e per esso
- Per ogni stato si indicano gli INGRESSI del circuito
- Per ogni stato si indicano le USCITE del circuito

Introduzione

- Si può utilizzare una RAPPRESENTAZIONE GRAFICA per descrivere L'EVOLUZIONE degli STATI
- Si utilizza un GRAFO \Leftrightarrow State Transition Diagram (STD)
- Stati \Leftrightarrow Nodi (“palluzzi”)
- Transizioni \Leftrightarrow Vertici (“frecce”)
- In gergo si parla di “Pallogramma”

Introduzione

- Esempio di Pallogramma (1 INGRESSO A)



Introduzione

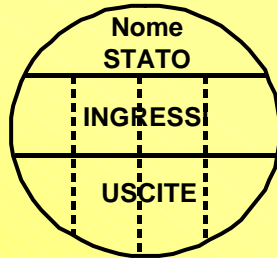
- Nell'esempio precedente dentro gli stati sono indicate il nome dello STATO ed il valore delle USCITE
- Lungo le transizioni sono indicati i valori assunti dagli INGRESSI

Sommario

- Introduzione
- Automi di Mealy
- Automi di Moore
- Esempi

Automati di Mealy

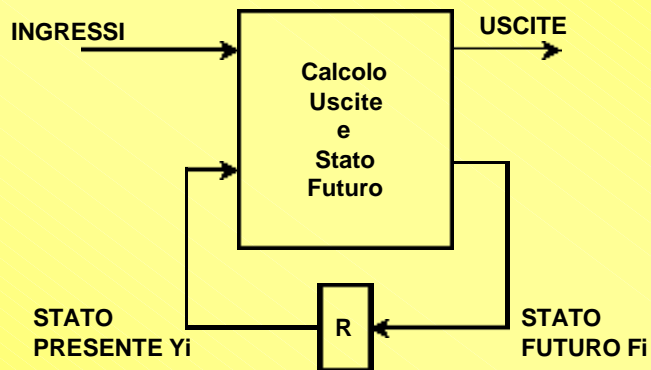
- Chiamati anche macchine di Mealy
- Le USCITE DIPENDONO da STATO PRESENTE ed INGRESSI



Automati di Mealy

- Molto veloci perché variazioni degli ingressi vengono subito riconosciute producendo le nuove uscite
- Richiedono un numero di stati inferiore
- Ritardi diversi sugli ingressi potrebbero causare uscite SPURIE

Automati di Mealy

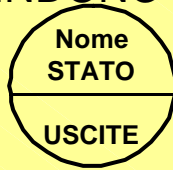


Sommario

- Introduzione
- Automi di Mealy
- Automi di Moore
- Esempi

Automati di Moore

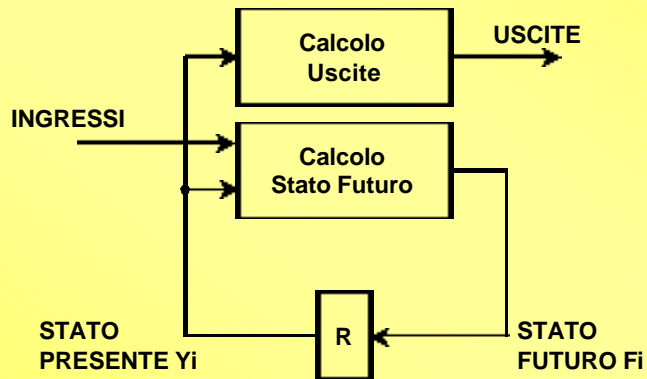
- Chiamati anche Macchine di Moore
- USCITE DIPENDONO SOLO da STATO



Automati di Moore

- Richiedono + stati per riconoscere gli ingressi e proporre le corrette uscite
- Sono potenzialmente + lente (rispetto a Mealy)
- Si ha maggiore controllo sull'evoluzione della macchina
- Risultano più facilmente testabili e modificabili

Automati di Moore



Sommario

- Introduzione
- Automi di Mealy
- Automi di Moore
- Esempi

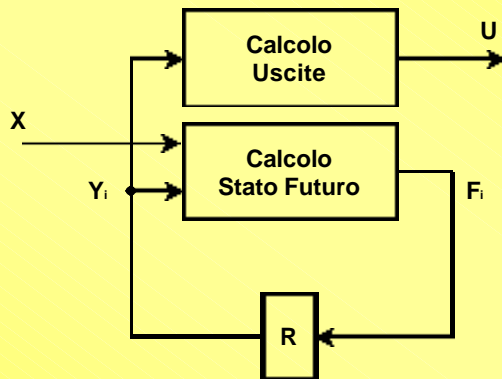
Esempi

- Vedremo sempre macchine di Moore
- Vedremo esempi di FSM Semplici
- Per il primo vedremo un progetto completo
- Per il secondo arriveremo alla definizione delle funzioni logiche
- 2 Esercizi da completare a casa

Esempio 1

- Progettare circuito che riconosca che il valore logico dell'ingresso X al momento attuale è uguale al valore a quello nel periodo di clock precedente.
- In questo caso l'uscita è pari a 1

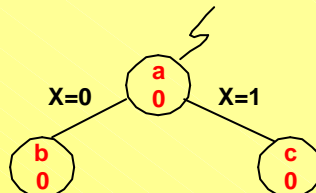
Esempio 1



Macchina di Moore

Esempio 1

- Definiamo uno stato iniziale **a** con uscita pari a '0' (Stato POR \Leftrightarrow Power on Reset)
- Se ingresso $T=0$ vado in stato **b** se è '1' vado in **c** con uscita a '0'

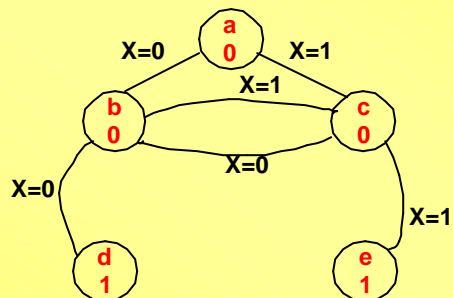


Esempio 1

- In **b** se $X='0'$ (stesso valore di prima) vado in **d** con uscita pari a '1'. Se $X=1$ vado in **c**. In questo modo se ricevo un altro 1 riconosco la sequenza
- In **c** se $X='1'$ (stesso valore di prima) vado in **e** con uscita pari a '1'. Se $X=0$ vado in **b**.

Esempio 1

- Diagramma degli Stati:



Esempio 1

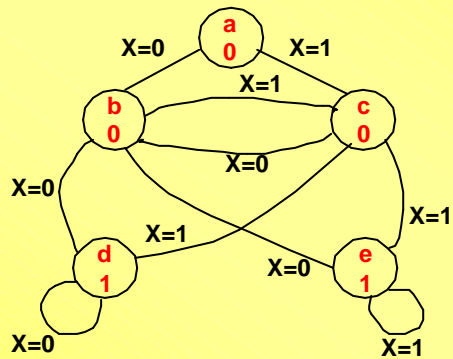
- In **d** se ricevo uno '0' rimango nello stesso stato. Se $X='1'$ devo cambiare stato
- Se ritornassi in **b** ed al clock successivo avessi ancora $X='1'$ andrei in **c** con uscita a '0' mentre dovrebbe essere ad '1'
- Lo stesso succede per **e** (ovviamente con valori di X duali)

Esempio 1

- Allora se sono in **d** con $X='1'$ devo andare in **c**
- Se sono in **e** con $X='1'$ devo andare in **b**

Esempio 1

- Diagramma degli Stati Completo



Esempio 1

- Abbiamo identificato 5 STATI
- Intero superiore di $\log_2 5 = 3$
- Per realizzare tale circuito ci vogliono 3 FLIP-FLOP

Esempio 1: Funzione generazione Stato Futuro

Stato	Ingresso	Stato Futuro	Stato	Y ₂ Y ₁ Y ₀
a	0	b	a	0 0 0
a	1	c	b	0 0 1
b	0	d	c	0 1 0
b	1	c	d	0 1 1
c	1	e	e	1 1 0
c	0	b		
d	0	d		
d	1	c		
e	1	e		
e	0	b		

ASSEGNAZIONE dello STATO

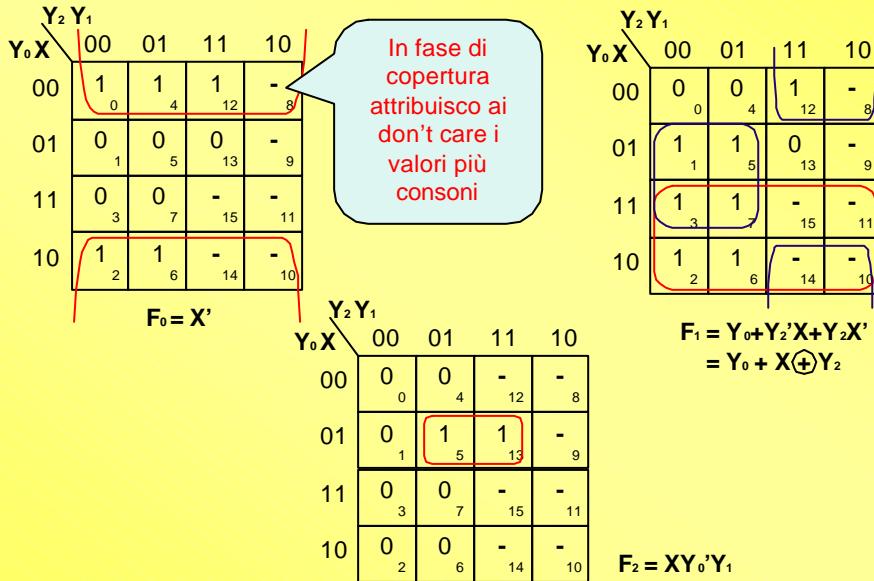
Esempio 1: Stato Futuro

- Tabella di verità

	Y ₂ Y ₁ Y ₀	X	F ₂ F ₁ F ₀	
a	0 0 0	0	0 0 1	b
a	0 0 0	1	0 1 0	c
b	0 0 1	0	0 1 1	d
b	0 0 1	1	0 1 0	c
c	0 1 0	0	0 0 1	b
c	0 1 0	1	1 1 0	e
d	0 1 1	0	0 1 1	d
d	0 1 1	1	0 1 0	c
-	1 0 0	0	- - -	-
-	1 0 0	1	- - -	-
-	1 0 1	0	- - -	-
-	1 0 1	1	- - -	-
e	1 1 0	0	0 0 1	b
e	1 1 0	1	1 1 0	e
-	1 1 1	0	- - -	-
-	1 1 1	1	- - -	-

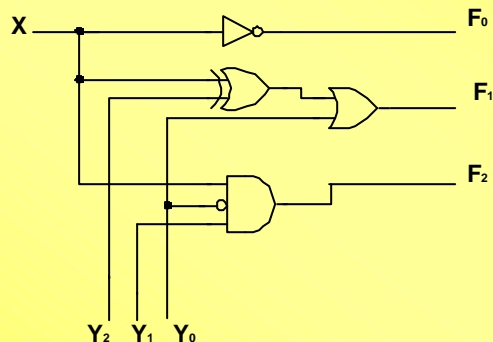
Don't Care
Valori di cui non ho
specifiche sul
valore che devono
assumere

Esempio 1: Stato Futuro



Esempio 1: Stato Futuro

- Circuito Generazione stato futuro



Esempio 1: Funzione generazione delle uscite

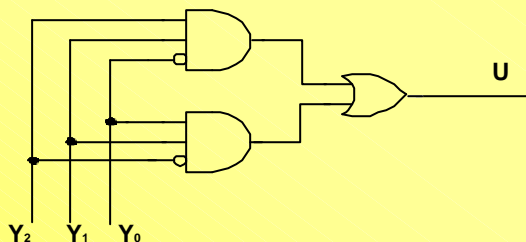
- Macchina di Moore: uscita dipende solo dallo stato presente
- Tabella di Verità:

Stato	Y_2	Y_1	Y_0	U
a	0	0	0	0
b	0	0	1	0
c	0	1	0	0
d	0	1	1	1
-	1	0	0	-
-	1	0	1	-
e	1	1	0	1
-	1	1	1	-

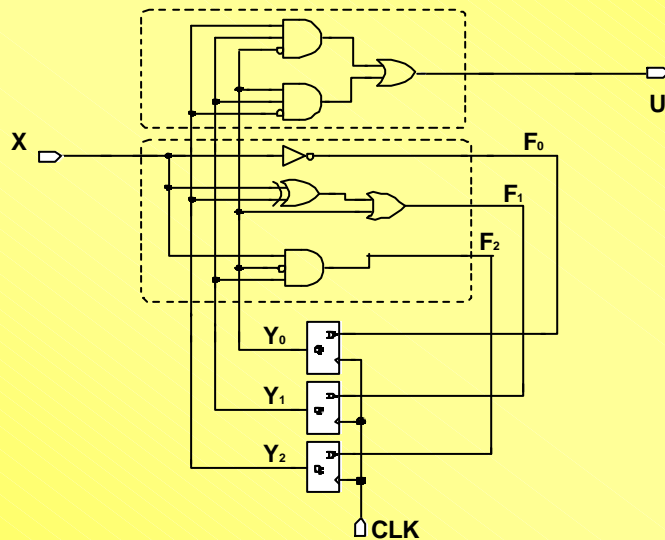
Esempio 1: Uscite

		$Y_2 Y_1$			
		00	01	11	10
Y_0	0	0 0	0 2	1 6	- 4
	1	0 1	1 3	- 7	- 5

$$U = Y_2 Y_1 Y_0' + Y_2' Y_1 Y_0$$



Esempio 1: Circuito Finale



Esempio 1: Considerazioni aggiuntive

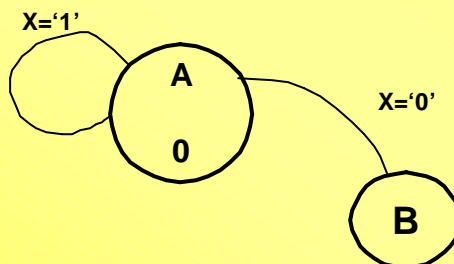
- Alcuni stati non erano “coperti” (don't care)
- Se per errore la macchina entra in uno di questi (ad esempio allo start-up), non si conosce comportamento uscite
- Si rischia anche di non uscire da stato di errore
- In quei casi sarebbe stato meglio fissare lo stato futuro ad **a**
- Rifare per esercizio

Esempio 2

- Circuito che riconosca la sequenza in ingresso: "010"
- Ingresso è segnale X
- Quando viene riconosciuta l'uscita U deve essere portata ad '1' ('0' altrimenti)
- Arriveremo a definire diagramma stati e assegnazione stati ed uscite
- Completare per esercizio

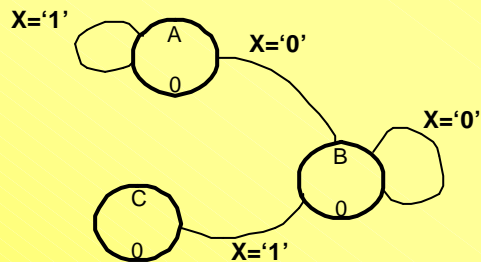
Esempio 2

- Partiamo da stato iniziale A con U='0'
- Se X='1' rimango in A se X='0' posso andare in un nuovo stato (B)



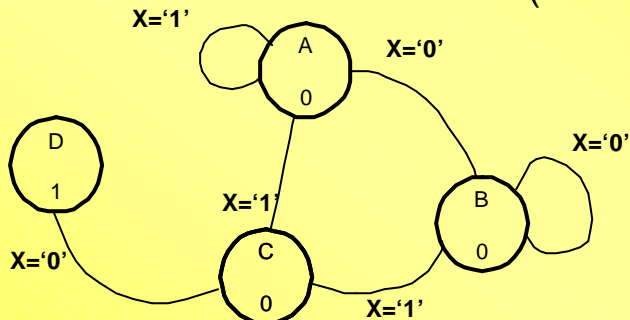
Esempio 2

- Da B se ricevo $X='1'$ posso avanzare in un nuovo stato (C) [Ho riconosciuto "01"]
- Se $X='0'$ posso rimanere in B in modo da rilevare subito un nuovo ingresso ad '1'



Esempio 2

- Da C se $X='0'$ vado in D che avrà uscita $U='1'$ [Sequenza "010"]
- Se in C $X='1'$ devo andare in A (non un B)

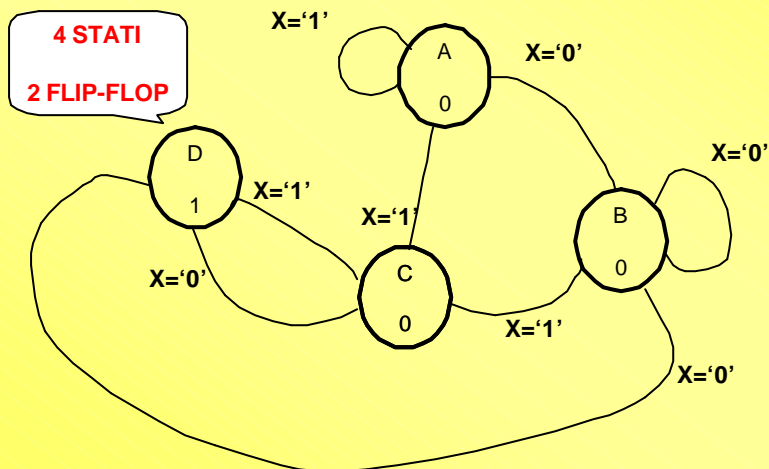


Esempio 2

- Da D se $X=0$ posso andare direttamente in B in modo da poter identificare una nuova sequenza "010"
- Se $X=1$ posso andare in C infatti ho identificato già una nuova sequenza "01". Infatti lo '0' deriva da $C \Rightarrow D$ ed ora ho '1'. Se arriva un altro '0' identifico ancora una sequenza corretta "010"

Esempio 2

- Diagramma degli Stati finale



Esempio 2: Stato Futuro

Stato	Ingresso	Stato Futuro	Stato	$Y_1 Y_0$
A	0	B	A	0 0
A	1	A	B	0 1
B	0	B	C	1 0
B	1	C	D	1 1
C	0	D		
C	1	A		
D	0	B		
D	1	C		

ASSEGNAZIONE dello
STATO

Esempio 2: Stato Futuro

- Tabella di verità

	Y_1	Y_0	X	F_1	F_0	
A	0	0	0	0	1	B
A	0	0	1	0	0	A
B	0	1	0	0	1	B
B	0	1	1	1	0	C
C	1	0	0	1	1	D
C	1	0	1	0	0	A
D	1	1	0	0	1	B
D	1	1	1	1	0	C

Esempio 2: Uscita

- Tabella di verità

Stato	Y_1	Y_0	U
A	0	0	0
B	0	1	0
C	1	0	0
D	1	1	1

Esempio 2

- Completare l'esercizio ricavando le funzioni logiche per lo stato futuro e le uscite
- Utilizzare le mappe di Karnaugh
- Disegnare il circuito risultante

Esercizio 1

- Progettare un circuito che riconosca la sequenza: "11111111"
- Se si è riconosciuta allora $U='1'$
- Ricavare diagramma degli stati
- Ricavare funzione logica per stati futuri
- Ricavare funzione logica per uscita
- Disegnare il circuito finale

Esercizio 2

- Progettare circuito sequenziale che riconosca che ingresso ha variato il suo valore e ponga uscita $U='1'$
- Esempio: @ $t=1$ $X='0'$
 @ $t=2$ $X='1' \Rightarrow U='1'$
- Si ipotizzi di partire da uno stato iniziale A corrispondente ad avere ricevuto uno '0' (ovvero NO STATO POR)

Esercizio 2

- Ricavare Diagramma degli Stati
- Ricavare le funzioni logiche per Stato Futuro ed Uscita
- Disegnare schema del circuito finale