



# Macchine a Stati finiti

Prof. Alberto Borghese  
Dipartimento di Informatica  
[alberto.borghese@unimi.it](mailto:alberto.borghese@unimi.it)

Università degli Studi di Milano

Riferimento al Patterson: Sezione B.10  
(per approfondimenti, D.3 e D.4)



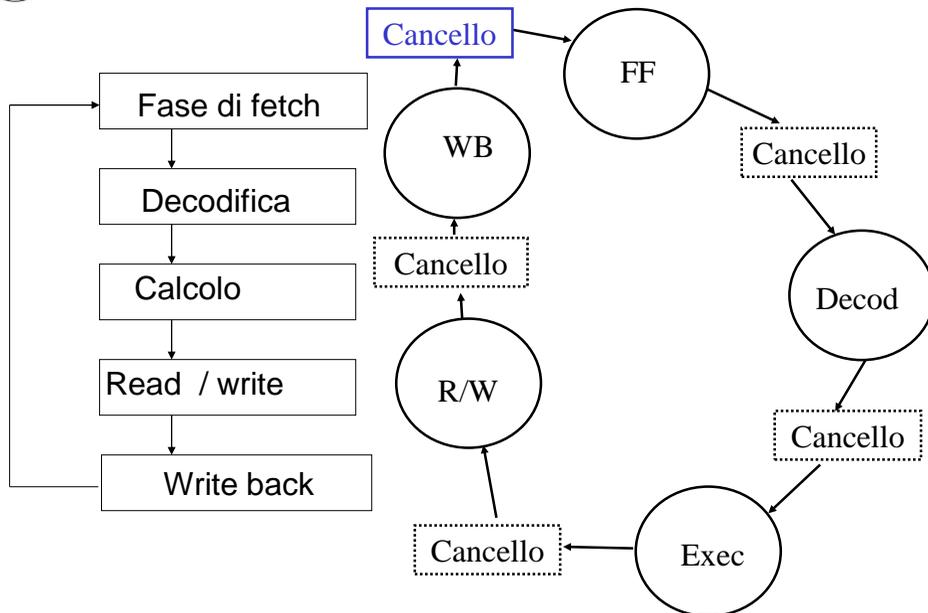
## Sommario

**Macchine a stati finiti**

Esempio: sintesi di un controllore per venditore di bibite.



## La CPU come macchina sequenziale



## Controllore di una macchina venditrice di bibite



Voglio costruire un controllore di una macchinetta che eroga caffè quando l'utente ha inserito 30c.

Accetta in **input**: {0c, 10c, 20c} e non dà resto.

Questo controllore produrrà in **output** 2 informazioni:

- N = No Caffè
- C = Caffè.

Noi vediamo solamente i dati di input e di output.

NB L'uscita non dipende dalla moneta inserita al tempo  $t$ , ma dipende dal totale!  
Il totale richiede di tenere conto anche delle monete inserite in precedenza.

Il totale è la **situazione** della pancia della macchina -> **stato della macchina**

Lo stato è interno alla macchina.

Come?



## Una macchina venditrice di bibite - I



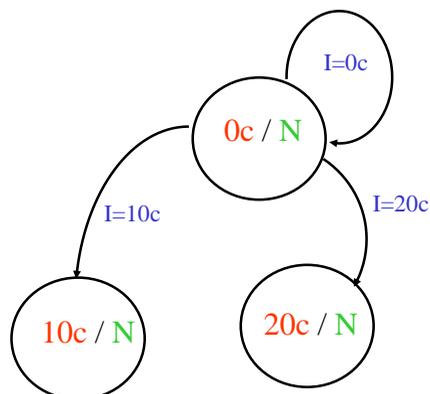
Voglio costruire un controllore di una macchinetta che eroga caffè quando l'utente ha inserito 30c.

Accetta: {0c, 10c, 20c} e non dà resto.

N = No Caffè

C = Caffè.

Approccio costruttivo.



## Una macchina venditrice di bibite - II



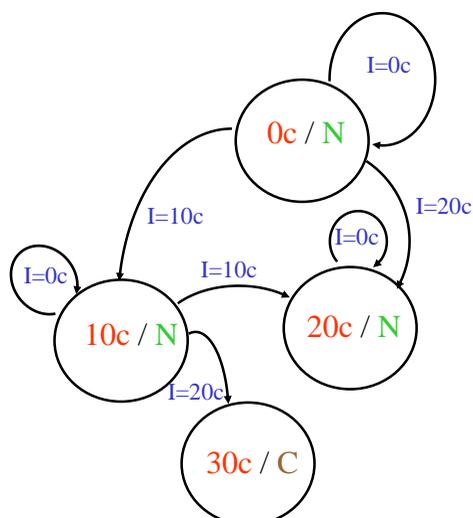
Voglio costruire un controllore di una macchinetta che eroga caffè quando l'utente ha inserito 30c.

Accetta: {0c, 10c, 20c} e non dà resto.

N = No Caffè

C = Caffè.

Approccio costruttivo.





## Una macchina venditrice di bibite - III



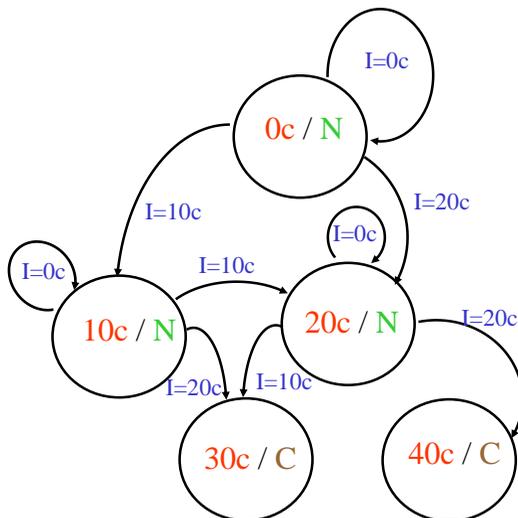
Voglio costruire una macchinetta che eroga caffè quando l'utente ha inserito 30c.

Accetta: {0c, 10c, 20c} e non dà resto.

N = No Caffè

C = Caffè.

Approccio costruttivo.



## Una macchina venditrice di bibite - IV



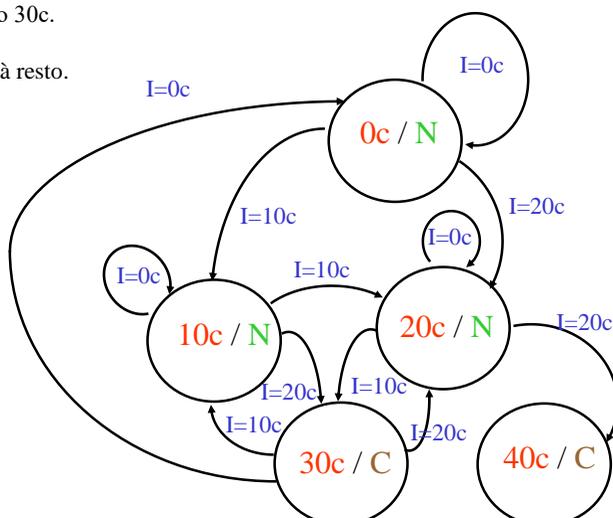
Voglio costruire una macchinetta che eroga caffè quando l'utente ha inserito 30c.

Accetta: {0c, 10c, 20c} e non dà resto.

N = No Caffè

C = Caffè.

Approccio costruttivo.





## Una macchina venditrice di bibite - V



Voglio costruire una macchinetta che eroga caffè quando l'utente ha inserito 30c.

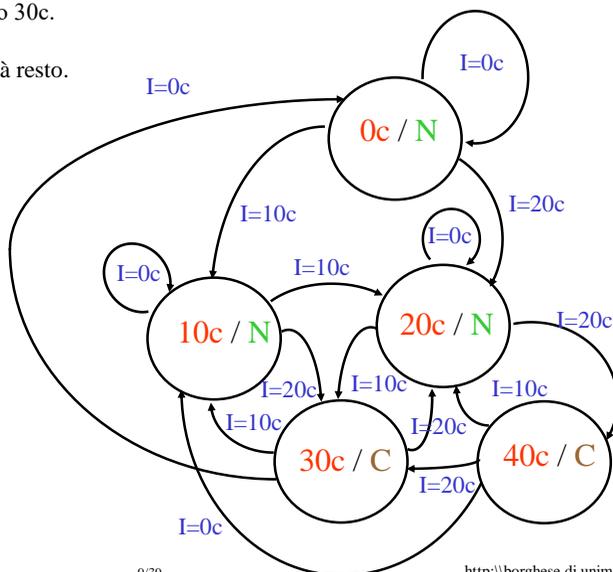
Accetta: {0c, 10c, 20c} e non dà resto.

N = No Caffè

C = Caffè.

Approccio costruttivo.

Si suppone che la cifra in eccesso rimanga nella pancia della macchina.



## State transition graph



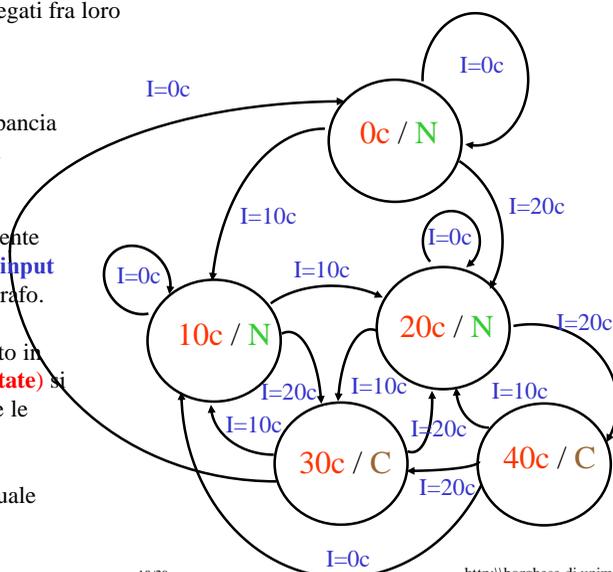
Un grafo è un insieme di elementi detti **nodi** che possono essere collegati fra loro da linee chiamate **archi**.

Il totale è la situazione della pancia della macchina -> **stato della macchina**, i **nodi** del grafo.

La moneta inserita correttamente nella macchina rappresenta **l'input alla macchina**, un **arco** del grafo.

Per ogni stato, viene esaminato in quale **stato prossimo (next state)** si troverà la macchina. Descrive le **transizioni di stato**.

Per ogni **stato** si determina quale sarà l'**uscita** della macchina.





## Macchina a Stati Finiti (di Moore)



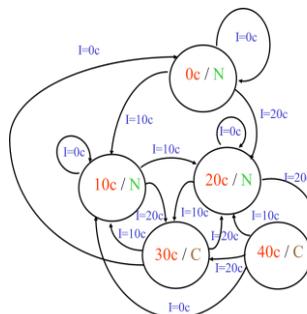
La Macchina di (Edward) Moore è definita, in teoria degli automi, dalla sestupla:

$$\langle X, I, Y, f(\cdot), g(\cdot), X_{ini} \rangle$$

**X**: insieme degli stati (in numero finito).

**I**: insieme di ingresso: tutti i simboli che si possono presentare in ingresso.

**Y**: insieme di uscita: tutti i simboli che si possono produrre in uscita.



**f(·)**: funzione stato prossimo:  $X^* = f(X, I)$ . Definisce l'evoluzione della macchina nel tempo. L'evoluzione è deterministica.

**g(·)**: funzione di uscita:  $Y = g(X)$ , è **funzione solamente dello stato attuale** nelle macchine di Moore. Non è funzione dello stato prossimo,  $X^*$ .

**Stato iniziale:  $X_{ini}$** . Per il buon funzionamento della macchina è previsto uno stato iniziale, al quale la macchina può essere portata mediante un comando di reset.



## La nostra macchina di Moore



La Macchina di Moore è definita, in teoria degli automi, dalla sestupla:

$$\langle X, I, Y, f(\cdot), g(\cdot), X_{ini} \rangle$$

**X**: insieme degli stati (in numero finito):  $\{0c, 10c, 20c, 30c, 40c\}$

**I**: insieme di ingresso: tutti i simboli che si possono presentare in ingresso:  $\{0c, 10c, 20c\}$

**Y**: insieme di uscita: tutti i simboli che si possono generare in uscita:  $\{\text{Niente}, \text{Caffè}\}$ .

**f(·)**: funzione stato prossimo:  $X^* = f(X, I)$ . Definisce l'evoluzione della macchina nel tempo. L'evoluzione è deterministica.

**g(·)**: funzione di uscita:  $Y = g(X)$ , è **funzione solamente dello stato attuale** nelle macchine di Moore. Non è funzione dello stato prossimo,  $X^*$ .

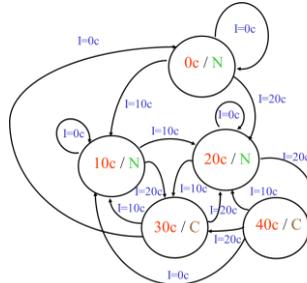
**Stato iniziale:  $X_{ini}$** . Per il buon funzionamento della macchina è previsto uno stato iniziale, al quale la macchina può essere portata mediante un comando di reset.



## Descrizione di una macchina di Moore



**STG: State Transition Graph** (Diagramma degli stati o Grafo delle transizioni). Ad ogni nodo è associato uno stato. Un arco orientato da uno stato  $x_i$  ad uno stato  $x_j$ , contrassegnato da un simbolo (di ingresso)  $\alpha$ , rappresenta una transizione (passaggio di stato) che si verifica quando la macchina, essendo nello stato  $x_i$ , riceve come ingresso il simbolo  $\alpha$ .



**STT: State Transition Table** (Tabella degli Stati). Per ogni coppia, (Stato presente – Ingresso), si definisce l’Uscita e lo Stato Prossimo. La forma è tabellare e ricorda le tabelle della verità da cui è derivata.



## Sommario



Macchine a stati finiti

**Esempio: sintesi di un controllore per venditore di bibite.**



# STG di una macchina venditrice di bibite (Semplificata)



Voglio costruire una macchinetta che eroga caffè quando l'utente ha inserito 30c.  
Accetta solamente monete da 10c.

$I = \{0c, 10c\}$

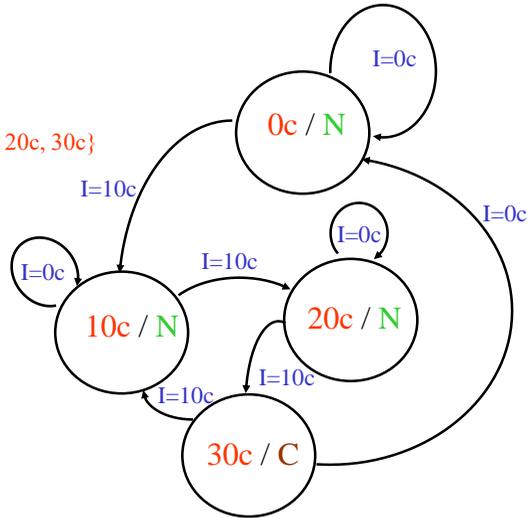
$Y = \{\text{Nulla}, \text{Caffè}\}$

$X = \text{"Monete accumulate"} = \{0, 10c, 20c, 30c\}$

$X^* = f(X, I)$

$Y = g(X)$

$X_o = 0c$



La Macchina di Moore è definita, in teoria degli automi, dalla sestupla:  $\langle X, I, Y, f(\cdot), g(\cdot), X_{ini} \rangle$

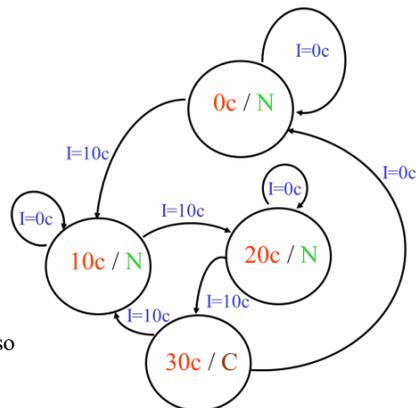


# STT della vendor machine - I



X \ I	I	
	0c	10c
0c	0c	10c
10c	10c	20c
20c	20c	30c
30c	0c	10c

$X^*$



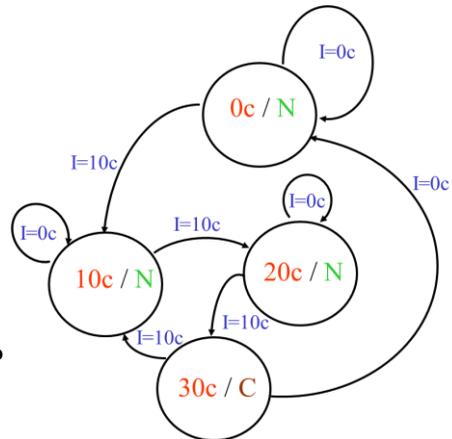
Il controllore controlla a ogni iterazione l'ingresso e a ogni iterazione aggiorna lo **stato prossimo**,  
 $X^* = f(X, I)$ .



## STT della vendor machine - II



	<b>Y</b>
<b>X</b>	
0c	Nulla
10c	Nulla
20c	Nulla
30c	Caffè



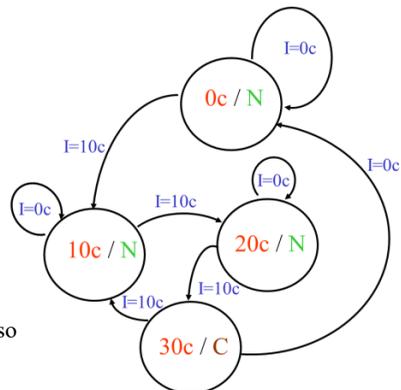
Il controllore controlla a ogni iterazione lo **stato attuale** aggiorna l'**uscita**,  $Y = g(X)$



## STT della vendor machine - III



	<b>I</b>		<b>Y</b>
	0c	10c	
<b>X</b>			
0c	0c	10c	Nulla
10c	10c	20c	Nulla
20c	20c	30c	Nulla
30c	0c	10c	Caffè



Il controllore controlla a ogni iterazione l'**ingresso** e a ogni iterazione aggiorna lo **stato prossimo**,  
 $X^* = f(X, I)$  e l'**uscita**,  $Y = g(X)$



## Dal linguistico al numerico



X \ I	I		Y
	0c	10c	
0c	0c	10c	Nulla
10c	10c	20c	Nulla
20c	20c	30c	Nulla
30c	0c	10c	Caffè

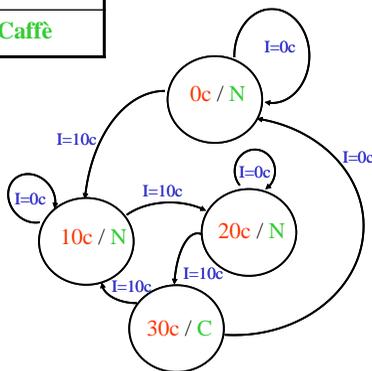
$I = \{0c, 10c\}$   
 $Y = \{\underline{N}ulla, \underline{C}affè\}$   
 $X = \text{"Monete accumulate"}$   
 $= \{0, 10c, 20c, 30c\}$

Occorre codificare ingresso, stato ed uscita.

=

Assegnare un **codice numerico** ad ogni possibile stato, ingresso, uscita.

Abbiamo definito:  $\langle X, I, Y, f(\cdot), g(\cdot), X_{ini} \rangle$



## Codifica della STT della vendor machine



X \ I	I		Y
	0c (0)	10c (1)	
0c (0)	0c (0)	10c (1)	Nulla (0)
10c (1)	10c (1)	20c (2)	Nulla (0)
20c (2)	20c (2)	30c (3)	Nulla (0)
30c (3)	0c (0)	10c (1)	Caffè (1)

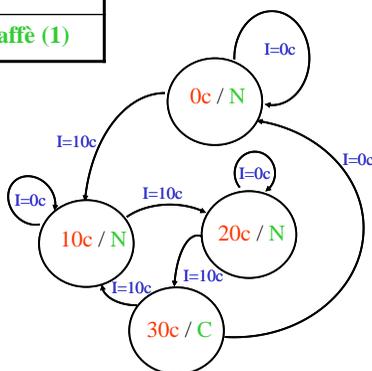
$I = \{0c, 10c\} = \{0, 1\}$   
 $Y = \{\underline{N}ulla, \underline{C}affè\} = \{0, 1\}$   
 $X = \{0, 10c, 20c, 30c\} = \{0, 1, 2, 3\}$

$X^* = f(X, I)$

$Y = g(X)$

da sintetizzare  
da sintetizzare

Abbiamo definito:  $\langle X, I, Y, f(\cdot), g(\cdot), X_{ini} \rangle$





## Significato della codifica



X \ I	I		Y
	0c (0)	10c (1)	
0c (0)	0c (0)	10c (1)	Nulla (0)
10c (1)	10c (1)	20c (2)	Nulla (0)
20c (2)	20c (2)	30c (3)	Nulla (0)
30c (3)	0c (0)	10c (1)	Caffè (1)

$I = \{0c, 10c\} = \{0, 1\}$

$Y = \{\text{Nulla}, \text{Caffè}\} = \{0, 1\}$

$X = \{0, 10c, 20c, 30c\} = \{0, 1, 2, 3\}$

$X^*$

if (stato == 3) the Y = 1

if (stato = 0 and I = 1) then stato\_prossimo = 1

if (stato = 0 and I = 0) then stato\_prossimo = 0

if (stato = 1 and I = 1) then stato\_prossimo = 2

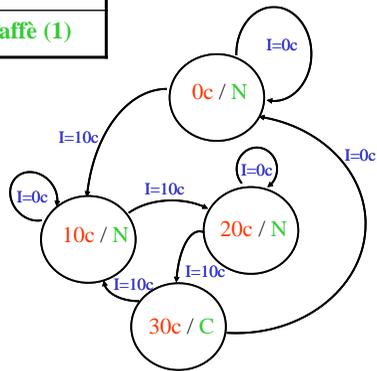
if (stato = 1 and I = 0) then stato\_prossimo = 1

if (stato = 2 and I = 1) then stato\_prossimo = 3

if (stato = 2 and I = 0) then stato\_prossimo = 2

if (stato = 3 and I = 1) then stato\_Prossimo = 1

if (stato = 3 and I = 0) then stato\_Prossimo = 0



21/39

<http://borghese.di.unimi.it/>



## Codifica binaria della STT



X \ I	I		Y
	0c (0)	10c (1)	
0c (00)	0c (00)	10c (01)	Nulla (0)
10c (01)	10c (01)	20c (10)	Nulla (0)
20c (10)	20c (10)	30c (11)	Nulla (0)
30c (11)	0c (00)	10c (01)	Caffè (1)

$I = \{0c, 10c\} = \{0, 1\}$

$Y = \{\text{Nulla}, \text{Caffè}\} = \{0, 1\}$

$X = \{0, 10c, 20c, 30c\} = \{00, 01, 10, 11\}$

$X^*$

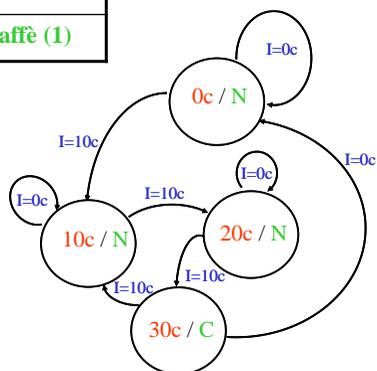
$X^* = f(X, I)$

$Y = g(X)$

da sintetizzare

da sintetizzare

Abbiamo definito:  $\langle X, I, Y, f(\cdot), g(\cdot), X_{ini} \rangle$





# Significato della Codifica binaria della STT - $Y$

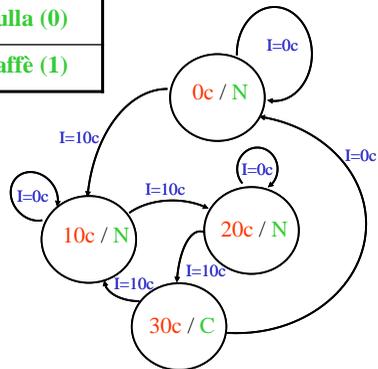


X \ I	I		Y
	0c (0)	10c (1)	
0c (00)	0c (00)	10c (01)	Nulla (0)
10c (01)	10c (01)	20c (10)	Nulla (0)
20c (10)	20c (10)	30c (11)	Nulla (0)
30c (11)	0c (00)	10c (01)	Caffè (1)

$I = \{0c, 10c\} = \{0, 1\}$   
 $Y = \{\text{Nulla}, \text{Caffè}\} = \{0, 1\}$   
 $X = \{0, 10c, 20c, 30c\} = \{00, 01, 10, 11\}$

$X^*$

if  $(X_1 == 1 \text{ and } X_0 == 1)$  the  $Y = 1$



# Significato della Codifica della STT - $X_0^*$

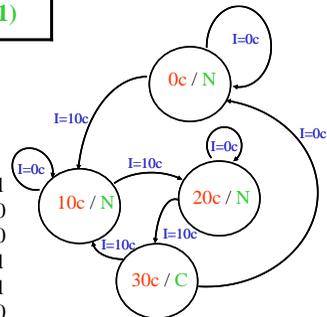


X \ I	I		Y
	0c (0)	10c (1)	
0c (00)	0c (00)	10c (01)	Nulla (0)
10c (01)	10c (01)	20c (10)	Nulla (0)
20c (10)	20c (10)	30c (11)	Nulla (0)
30c (11)	0c (00)	10c (01)	Caffè (1)

$I = \{0c, 10c\} = \{0, 1\}$   
 $Y = \{\text{Nulla}, \text{Caffè}\} = \{0, 1\}$   
 $X = \{0, 10c, 20c, 30c\} = \{00, 01, 10, 11\}$

$X^*$

if  $((X_1 == 0 \text{ and } X_0 == 0) \text{ and } I = 1)$  then  $LSB\_stato\_prossimo = X_0^* = 1$   
 if  $((X_1 == 0 \text{ and } X_0 == 0) \text{ and } I = 0)$  then  $LSB\_stato\_prossimo = X_0^* = 0$   
 if  $((X_1 == 0 \text{ and } X_0 == 1) \text{ and } I = 1)$  then  $LSB\_stato\_prossimo = X_0^* = 0$   
 if  $((X_1 == 0 \text{ and } X_0 == 1) \text{ and } I = 0)$  then  $LSB\_stato\_prossimo = X_0^* = 1$   
 if  $((X_1 == 1 \text{ and } X_0 == 0) \text{ and } I = 1)$  then  $LSB\_stato\_prossimo = X_0^* = 1$   
 if  $((X_1 == 1 \text{ and } X_0 == 0) \text{ and } I = 0)$  then  $LSB\_stato\_prossimo = X_0^* = 0$   
 if  $((X_1 == 1 \text{ and } X_0 == 1) \text{ and } I = 1)$  then  $LSB\_stato\_prossimo = X_0^* = 1$   
 if  $((X_1 == 1 \text{ and } X_0 == 1) \text{ and } I = 0)$  then  $LSB\_stato\_prossimo = X_0^* = 0$





## Significato della Codifica della STT - $S_1^*$



X \ I	I		Y
	0c (0)	10c (1)	
0c (00)	0c (00)	10c (01)	Nulla (0)
10c (01)	10c (01)	20c (10)	Nulla (0)
20c (10)	20c (10)	30c (11)	Nulla (0)
30c (11)	0c (00)	10c (01)	Caffè (1)

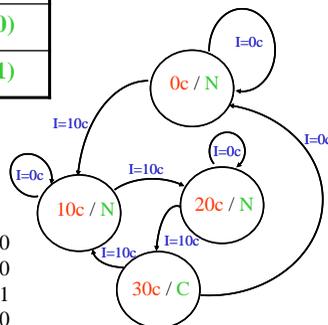
$I = \{0c, 10c\} = \{0, 1\}$

$Y = \{\text{Nulla}, \text{Caffè}\} = \{0, 1\}$

$X = \{0c, 10c, 20c, 30c\} = \{00, 01, 10, 11\}$

$X^*$

if  $((X_1 == 0 \text{ and } X_0 == 0) \text{ and } I = 1)$  then MSB\_stato\_prossimo =  $X_1^* = 0$   
 if  $((X_1 == 0 \text{ and } X_0 == 0) \text{ and } I = 0)$  then MSB\_stato\_prossimo =  $X_1^* = 0$   
 if  $((X_1 == 0 \text{ and } X_0 == 1) \text{ and } I = 1)$  then MSB\_stato\_prossimo =  $X_1^* = 1$   
 if  $((X_1 == 0 \text{ and } X_0 == 1) \text{ and } I = 0)$  then MSB\_stato\_prossimo =  $X_1^* = 0$   
 if  $((X_1 == 1 \text{ and } X_0 == 0) \text{ and } I = 1)$  then MSB\_stato\_prossimo =  $X_1^* = 1$   
 if  $((X_1 == 1 \text{ and } X_0 == 0) \text{ and } I = 0)$  then MSB\_stato\_prossimo =  $X_1^* = 1$   
 if  $((X_1 == 1 \text{ and } X_0 == 1) \text{ and } I = 1)$  then MSB\_stato\_prossimo =  $X_1^* = 0$   
 if  $((X_1 == 1 \text{ and } X_0 == 1) \text{ and } I = 0)$  then MSB\_stato\_prossimo =  $X_1^* = 0$



<http://borghese.di.unimi.it/>



## Macchina a Stati Finiti (di Moore)



La Macchina di Moore è definita, in teoria degli automi, dalla sestupla:

$$\langle X, I, Y, f(\cdot), g(\cdot), X_{\text{ini}} \rangle$$

**X:** insieme degli stati (in numero finito).

**I:** insieme di ingresso: tutti i simboli che si possono presentare in ingresso. In caso di codifica binaria, se abbiamo n linee in ingresso (variabili binarie), avremo  $2^n$  possibili simboli da leggere in ingresso (configurazioni).

**Y:** insieme di uscita: tutti i simboli che si possono generare in uscita. In caso di codifica binaria, se abbiamo m linee in uscita (variabili binarie), avremo  $2^m$  possibili simboli in uscita (configurazioni).

**f(·):** funzione stato prossimo:  $X' = f(X, I)$ . Definisce l'evoluzione della macchina nel tempo. L'evoluzione è deterministica. La funzione è una funzione logica.

**g(·):** funzione di uscita:  $Y = g(X)$  nelle macchine di Moore. E' una funzione logica.

**Stato iniziale:**  $X_{\text{ini}}$ . Per il buon funzionamento della macchina è previsto uno stato iniziale, al quale la macchina può essere portata mediante un comando di reset.



## Codifica binaria della FSM della Vendor Machine

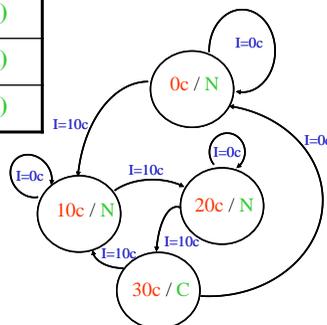


X - X <sub>1</sub> X <sub>0</sub>	I		Y
	0c (0)	10c (1)	
0c (00)	0c (00)	10c (01)	Nulla (0)
10c (01)	10c (01)	20c (10)	Nulla (0)
20c (10)	20c (10)	30c (11)	Nulla (0)
30c (11)	0c (00)	10c (01)	Caffè (1)

X è su 2 cifre =>  
2 bit X<sub>1</sub> e X<sub>0</sub>

I = {0c, 10c} = {0, 1}  
 Y = {Nulla, Caffè} = {0, 1}  
 X = {0, 10c, 20c, 30c} = {00, 01, 10, 11}

X\* = f(X,I) da sintetizzare  
 Y = g(X) da sintetizzare



Abbiamo definito: < X, I, Y, f(.), g(.), X<sub>ini</sub> >



## Sintesi della funzione di uscita della FSM della Vendor Machine

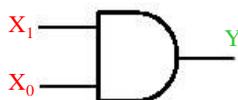


X - X <sub>1</sub> X <sub>0</sub>	I	Y
	(0c) 00	
(10c) 01		(Nulla) 0
(20c) 10		(Nulla) 0
(30c) 11		(Caffè) 1

X è su 2 cifre =>  
2 bit X<sub>1</sub> e X<sub>0</sub>

I = {0c, 10c} = {0, 1}  
 Y = {Nulla, Caffè} = {0, 1}  
 X = {0, 10c, 20c, 30c} = {00, 01, 10, 11}

X\* = f(X,I) a sintetizzare  
 Y = g(X) da sintetizzare



X <sub>1</sub>	X <sub>0</sub>	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



## Sintesi della funzione stato prossimo della FSM della Vendor Machine



$X - X_1 X_0$	I	
	0c (0)	10c (1)
0c (00)	0c (00)	10c (01)
10c (01)	10c (01)	20c (10)
20c (10)	20c (10)	30c (11)
30c (11)	0c (00)	10c (01)

$I = \{0, 1\}$   
 $Y = \{0, 1\}$   
 $X = \{00, 01, 10, 11\}$

$X^* = f(X, I)$   
 $Y = g(X) = X_1 X_0$

I 2 bit di stato prossimo vengono sintetizzati separatamente. Sono entrambi funzione dei 2 bit di stato all'istante attuale e del bit di ingresso

X è su 2 cifre => 2 bit:  $X_1$  e  $X_0$

Devo sintetizzare:  
 $X_1^{t+1} = f_1(X_0^t, X_1^t, I)$   
 $X_0^{t+1} = f_0(X_0^t, X_1^t, I)$

$X^* = \{X^*_1 X^*_0\}$

$X_1 X_0 I$	$X^*_1 X^*_0$
0 0 0	0 0
0 0 1	0 1
0 1 0	0 1
0 1 1	1 0
1 0 0	1 0
1 0 1	1 1
1 1 0	0 0
1 1 1	0 1

A

<http://borghese.di.unimi.it/>



## Sintesi della funzione stato prossimo della FSM della Vendor Machine



$X_1 X_0$	I		Y
	0	1	
0 0	00	01	0
0 1	01	10	0
1 0	10	11	0
1 1	00	01	1

$I = \{0, 1\}$   
 $Y = \{0, 1\}$   
 $X = \{00, 01, 10, 11\}$

$X^* = f(X, I) \Rightarrow X^*_0 = I \bar{X}_1 \bar{X}_0 + I \bar{X}_1 X_0 + I X_1 \bar{X}_0 + I X_1 X_0 =$

$I(X_1 + X_0) + I X_1 X_0$   
 $X^*_1 = \dots$

X è su 2 cifre => 2 bit:  $X_1$  e  $X_0$

Devo sintetizzare:  
 $X_1^{t+1} = f_1(X_0^t, X_1^t, I)$   
 $X_0^{t+1} = f_0(X_0^t, X_1^t, I)$

$X^* = \{X^*_1 X^*_0\}$

$X_1 X_0 I$	$X^*_1 X^*_0$
0 0 0	0 0
0 0 1	0 1
0 1 0	0 1
0 1 1	1 0
1 0 0	1 0
1 0 1	1 1
1 1 0	0 0
1 1 1	0 1

I 2 bit di stato prossimo vengono sintetizzati separatamente. Sono entrambi funzione dei 2 bit di stato all'istante attuale e del bit di ingresso

[tp://borghese.di.unimi.it/](http://borghese.di.unimi.it/)



## Sintesi della funzione stato prossimo della FSM della Vendor Machine



$X_1 X_0$	I	
	0	1
0 0	00	01
0 1	01	10
1 0	10	11
1 1	00	01

X è su 2 cifre => 2 bit:  $X_1$  e  $X_0$

Devo sintetizzare:

$$X_1^* = X_1^{t+1} = f_1(X_0^t, X_1^t, I)$$

$$X_0^* = X_0^{t+1} = f_0(X_0^t, X_1^t, I)$$

$X_1 X_0 I$	$X_1^* X_0^*$
0 0 0	0 0
0 0 1	0 1
0 1 0	0 1
0 1 1	1 0
1 0 0	1 0
1 0 1	1 1
1 1 0	0 0
1 1 1	0 1

$$X^* = \{X_1^* X_0^*\}$$

$$I = \{0, 1\}$$

$$Y = \{0, 1\}$$

$$X = \{00, 01, 10, 11\}$$

$$X^* = f(X, I) \Rightarrow X_0^* = \bar{I} X_1 \bar{X}_0 + I X_1 X_0 + I \bar{X}_1 \bar{X}_0 + I X_1 X_0 =$$

$$I(X_1 + X_0) + I X_1 X_0$$

$$X_1^* = X_1 \bar{X}_0 + \bar{X}_1 X_0 I$$

I 2 bit di stato prossimo vengono sintetizzati separatamente. Sono entrambi funzione dei 2 bit di stato all'istante attuale e del bit di ingresso

<http://borghese.di.unimi.it/>



## Sintesi della funzione stato prossimo della FSM della Vendor Machine



$X_1 X_0$	I		Y
	0	1	
0 0	00	01	0
0 1	01	10	0
1 0	10	11	0
1 1	00	01	1

X è su 2 cifre => 2 bit:  $X_1$  e  $X_0$

Devo sintetizzare:

$$X_1^{t+1} = f_1(X_0^t, X_1^t, I)$$

$$X_0^{t+1} = f_0(X_0^t, X_1^t, I)$$

$X_1 X_0 I$	$X_1^* X_0^*$
0 0 0	0 0
0 0 1	0 1
0 1 0	0 1
0 1 1	1 0
1 0 0	1 0
1 0 1	1 1
1 1 0	0 0
1 1 1	0 1

$$X^*$$

$$I = \{0, 1\}$$

$$Y = \{0, 1\}$$

$$X = \{00, 01, 10, 11\}$$

$$X^* = f(X, I) \Rightarrow X_0^* = I(X_1 + \bar{X}_1 \bar{X}_0) + I \bar{X}_1 X_0 =$$

$$I(X_1 + X_0) + I X_1 X_0$$

$$X_1^* = X_1 X_0 + X_1 X_0 I$$

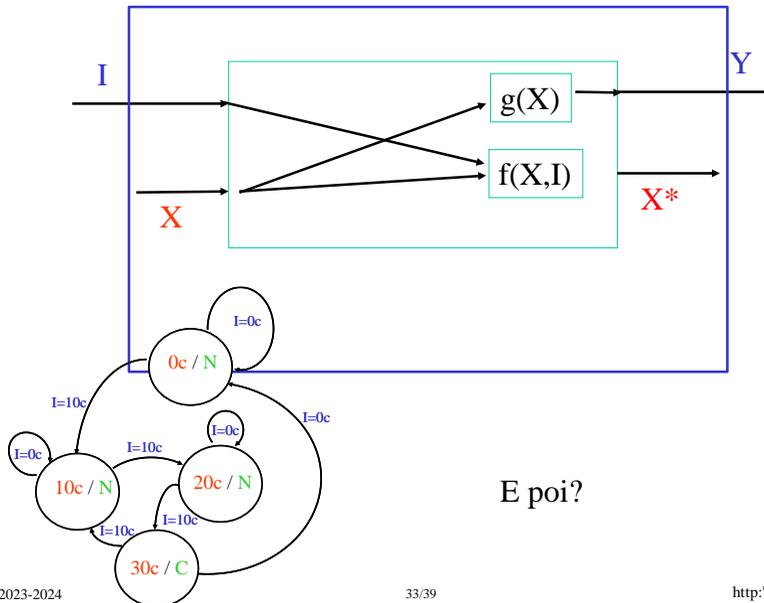
$$Y = g(X) = X_1 X_0$$

I 2 bit di stato prossimo vengono sintetizzati separatamente. Sono entrambi funzione dei 2 bit di stato all'istante attuale e del bit di ingresso

<http://borghese.di.unimi.it/>



# La situazione

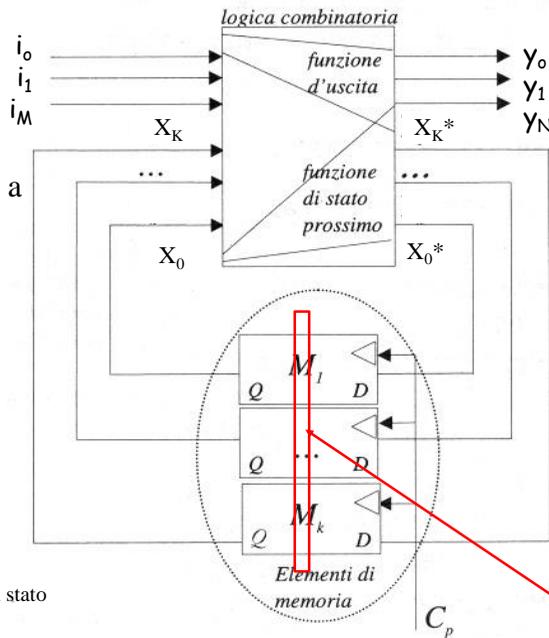


E poi?



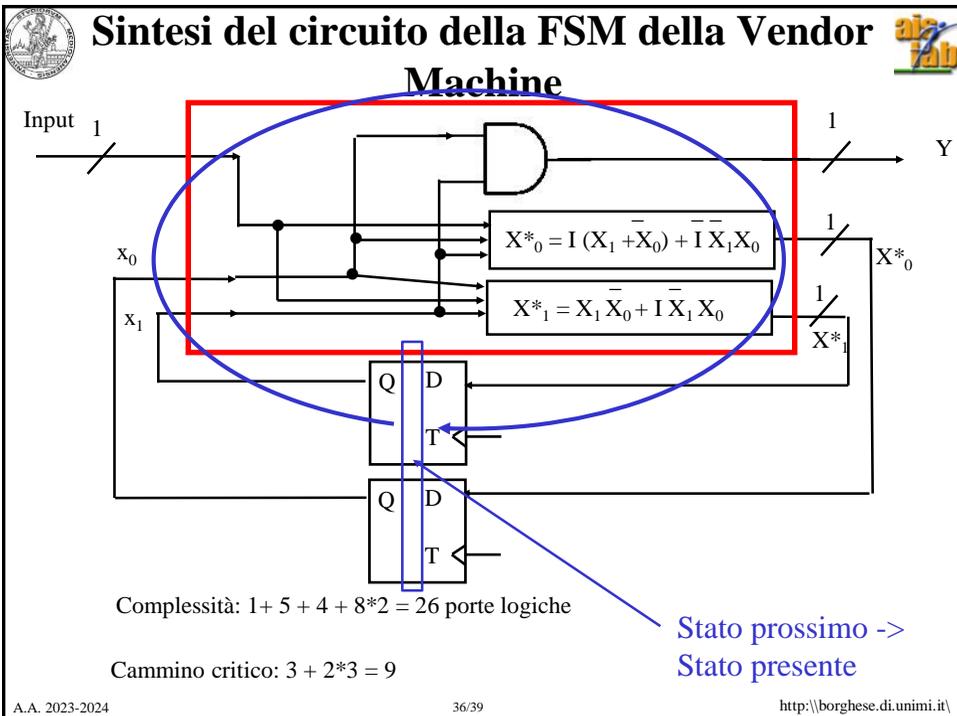
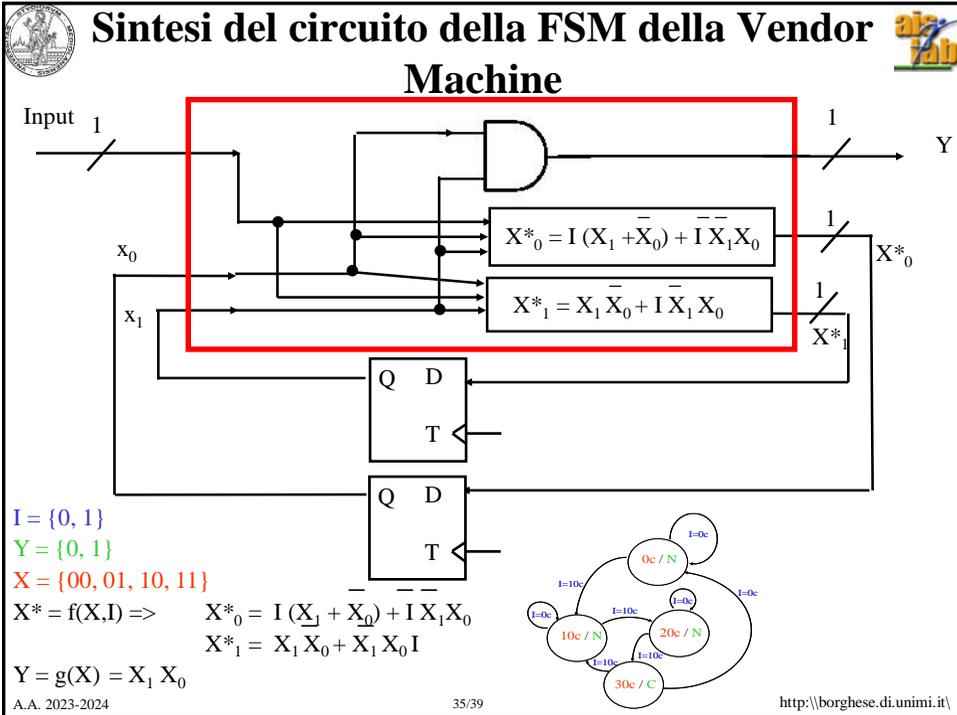
Macchina a stati finiti binaria

M ingressi  
K variabili di stato  
N uscite



Macchina di Huffman

Stato prossimo ->  
Stato presente

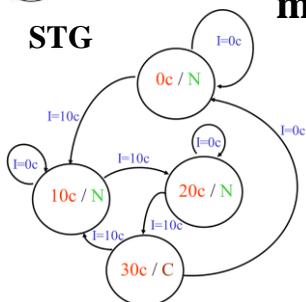




## I passi per la progettazione di una macchina di Huffman



STG



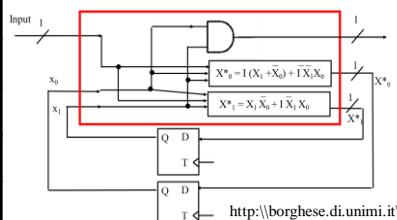
I \ X	I		Y
	0c	10c	
0c	0c	10c	Nulla
10c	10c	20c	Nulla
20c	20c	30c	Nulla
30c	0c	10c	Caffè

STT

STT codificata

I \ X	I		Y
	0c (0)	10c (1)	
0c (00)	0c (00)	10c (01)	Nulla (0)
10c (01)	10c (01)	20c (10)	Nulla (0)
20c (10)	20c (10)	30c (11)	Nulla (0)
30c (11)	0c (00)	10c (01)	Caffè (1)

Macchina di Huffman



## Una vendor machine più completa.



Monete diverse dai 10c.

Scelta di bevande diverse.

Bevande diversi con costi diversi.

Periodo di refrattarietà nella quale non si possono inserire monete (periodo di preparazione del caffè).

.....



## Sommario



Macchine a stati finiti.

Esempio: sintesi di un controllore per venditore di bibite.