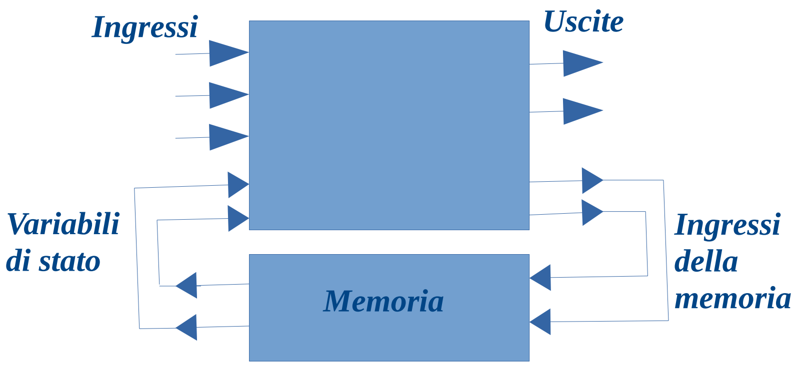
# AUTOMI A STATI FINITI

In un sistema logico combinatorio, le uscite dipendono dallo stato degli ingressi del sistema.
Ad esempio in una rete di porte logiche che rispetta una tabella di verità, il valore dell'uscita o delle uscite, è dipendente dalla combinazione che gli ingressi assumono in un dato momento.
In un sistema sequenziale invece, il valore logico delle uscite, dipende non solo dal valore degli ingressi in un dato momento, ma anche dal valore precedente delle stesse uscite. Ciò significa che necessariamente in un sistema sequenziale debbono essere presenti degli elementi di memoria che tengano conto dei precedenti stati dello stesso sistema.
Schematicamente possiamo descrivere i due casi nel seguente modo:

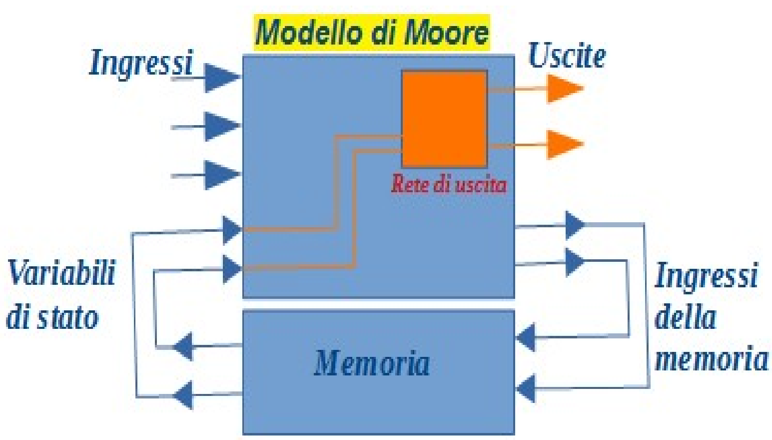
***Sistema combinatorio***

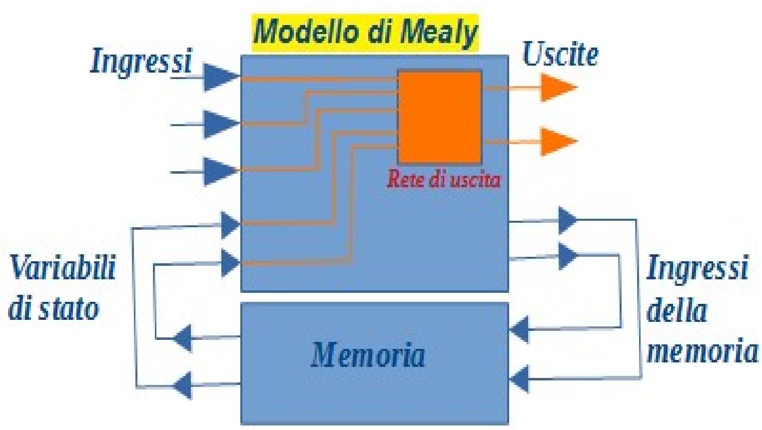

***Sistema sequenziale***




Con il diagramma degli stati, si rappresenta graficamente l'evoluzione del sistema nel tempo, attraverso la succesione degli stati. Ogni stato dipende dalle variabili di ingresso dalle uscite e dalle variabili di stato.
I sistemi sequenziali si definiscono sincroni, quando l'effetto delle variazioni degli ingressi influenza lo stato delle uscite solo in sincronia con un segnale di clock.

Se un sistema ha un numero finito di variabili d'ingresso e se in esso si può determinare uno stato iniziale da cui il sistema inizia ad evolvere per raggiungere uno stato finale, passando per un numero di stati finiti, il sistema può essere definito come "**Automa a stati finiti"**.
Nello studio degli Automi, possiamo considerare due modelli di riferimento e cioè l'automa di Moore e l'automa di Mealy.
Nell'automa di Moore, la rete di uscita viene controllata dalle variabili di stato.
Nell'automa di Mealy, la rete di uscita viene controllata dalle variabili di stato  e dagli ingressi del sistema.



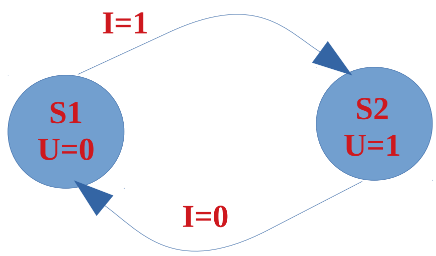




Ai due modelli corrispondono inoltre due rappresentazioni grafiche differenti, realizzate con il diagramma degli stati.

**RAPPRESENTAZIONI GRAFICHE DEI MODELLI DI MOORE E MEALY**

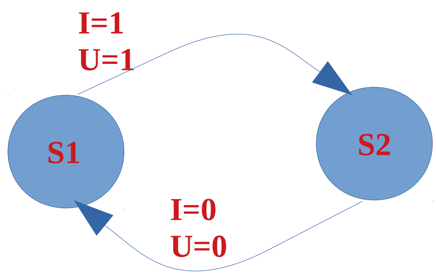
**Modello di Moore**

In questo caso all'interno di ogni cerchio (nodo) viene riportata la configurazione delle variabili d'uscita corrispondenti allo stato attuale a cui si trova il sistema, accanto agli archi orientati il valore che debbono assumere gli ingressi per portare il sistema allo stato successivo. Le variabili di ingresso vengono indicate con I e quelle di uscita con U.

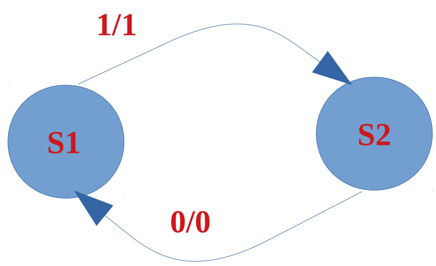



**Modello di Mealy**

In questo caso all'interno di ogni cerchio (nodo) viene riportato lo stato del sistema. Vicino agli achi orientati invece viene riportata la configurazione delle variabili di ingresso che modificano lo stato del sistema, ed il valore delle variabili di uscita corrispondenti al nuovo stato.




Invere di rappresentare gli ingressi e le uscite in maniera estesa, si possono rappresentare indicando prima l'ingresso e poi l'uscita separati dal simbolo /.




Vediamo ora un semplice esempio di un automa realizzato con i due modelli.

Consideriamo un sistema composto da una lampada ed un pulsante, la lampada controllata da un'uscita U del sistema, ed il pulsante che invece rappresenta l'ingresso I.

Se il pulsante non è premuto I=0, il sistema rimane nello stato iniziale S0 dove U=0.

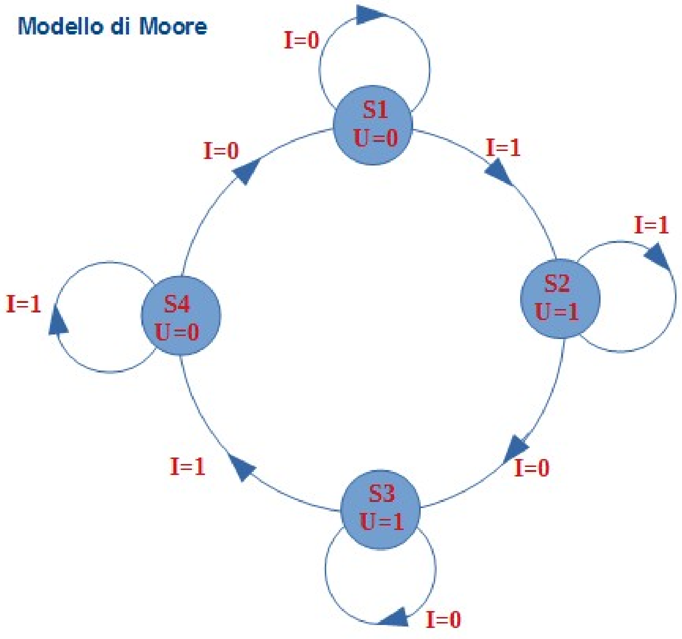
Se il pulsante risulta premuto I=1, il sistema passa nello stato S1, dove l'uscita vale 1 e rimane in questo stato fino a che il pulsante risulta premuto.

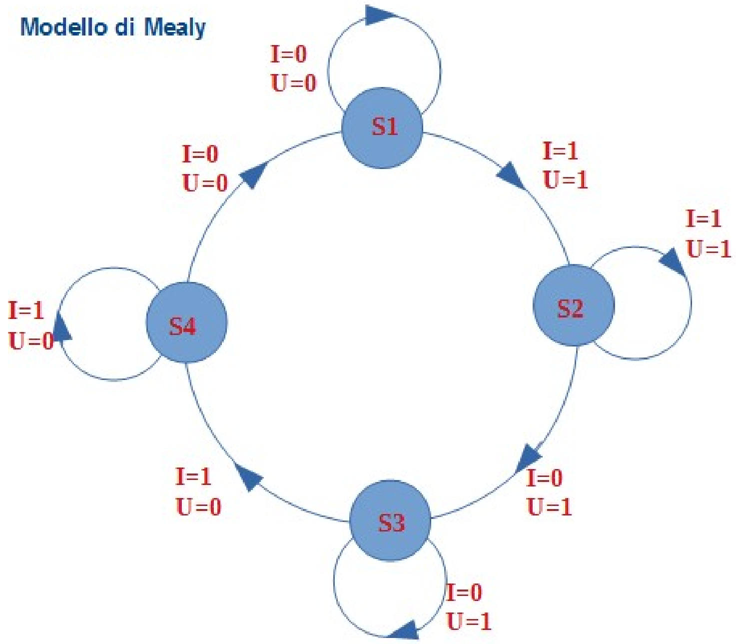
Se il pulsante viene rilasciato, il sistema passa allo stato S3, dove l'uscita vale sempre 1.

Nello stato S3 se il pulsante viene ancora premuto (perciò se c'è ancora un fronte positivo sull'ingresso) il sistema passa allo stato S4 dove l'uscita viene spenta, e vi rimane fino  quando il pulsante è premuto.

Se il pulsante viene rilasciato il sistema torna allo stato iniziale S0 con l'uscita che vale 0.

In pratica ad ogni fronte positivo dell’ingresso (cioè ad ogni pressione del pulsante) l’uscita commuta il suo stato (cioè la lampada si accende e si spegne).




Dai due modelli ricaviamo ora la tabella di transizione degli stati che in tutto sono 4; S1,S2,S3 ed S4.

Per identificare i 4 stati occorrono 2 variabili di stato che chiamiamo Q1 e Q0, le variabili di stato verranno associate arbitrariamente ai 4 stati.

Nella tabella di transizione per il **modello di Moore**, riportiamo anche il livello che l’uscita assume in ogni stato ed a destra l’ingresso con le transizioni di stato legate al valore dell’ingresso. Nelle colonne dell’ingresso, riportiamo vicino ad ogni stato il valore delle variabili di stato.

| **Stato** | **Q1** | **Q0** | **U** | **I** | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **0** | **1** |
| S1 | 0 | 0 | 0 | S1(0,0) | S2(0,1) |
| S2 | 0 | 1 | 1 | S3(1,1) | S2(0,1) |
| S3 | 1 | 1 | 1 | S3(1,1) | S4(1,0) |
| S4 | 1 | 0 | 0 | S1(0,0) | S4(1,0) |

Nella tabella relativa al **modello di Mealy,** lo stato dell’uscita viene indicato nelle colonne dell’ingresso, vicino allo stato (es. S1/0, nello stato S1 l’uscita vale 0).

| **Stato** | **Q1** | **Q0** | **I** | |
|---|---|---|---|---|
| | | | **0** | **1** |
| S1 | 0 | 0 | S1/0 | S2/1 |
| S2 | 0 | 1 | S3/1 | S2/1 |
| S3 | 1 | 1 | S3/1 | S4/0 |
| S4 | 1 | 0 | S1/0 | S4/0 |

Per realizzare un circuito partendo dalla tabella di transizione degli stati, occorre realizzare una tabella di verità, dove le variabili di ingresso sono le variabili di stato che rappresentano lo stato attuale, e gli ingressi, mentre invece le variabili di uscita sono le variabili di stato che rappresentano lo stato successivo e le uscite.
Ad esempio nel caso precedente avremo :

| INGRESSI DELLA TABELLA DI VERITA' | | | USCITE DELLA TABELLA DI VERITA' | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Q1** | **Q0** | **I** | **Q1*** | **Q0*** | **U** |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Dove con Q0* e Q1* indichiamo il valore delle variabili allo stato successivo.
A questo punto potremo ricavare il valore di Q1*, Q0* ed U, utilizzando le mappe di Karnaugh.

| **Q1*** | | Q1 Q0 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **00** | **01** | **11** | **10** |
| **I** | **0** | | 1 | 1 | |
| | **1** | | | 1 | 1 |

$$Q1* = \bar{I} * Q0 + I * Q1$$

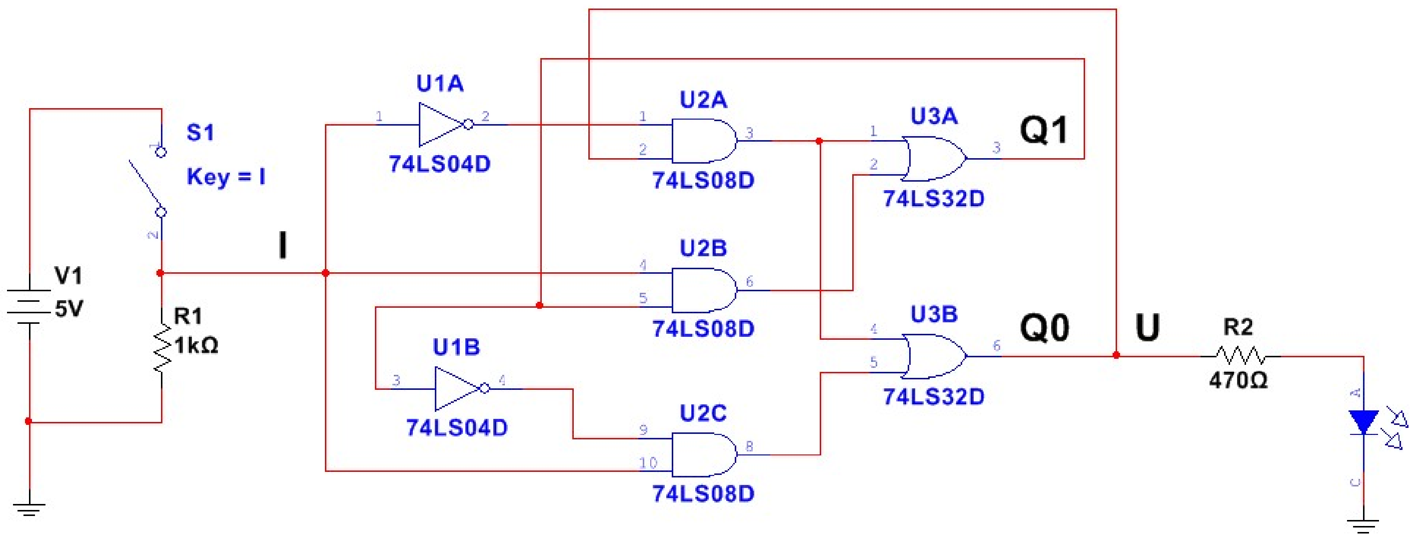
| **Q0*** | | Q1 Q0 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **00** | **01** | **11** | **10** |
| **I** | **0** | | 1 | 1 | |
| | **1** | 1 | 1 | | |

$$Q0* = \bar{I} * Q0 + I * \bar{Q}1$$

| **U** | | Q1 Q0 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **00** | **01** | **11** | **10** |
| **I** | **0** | | 1 | 1 | |
| | **1** | 1 | 1 | | |

$$U = Q0$$

Il circuito realizzato con Multisim sarà il seguente.




Un esercizio più complesso che possiamo provare a realizzare seguendo quanto sopra esposto è il seguente.

*"Realizzare il sistema di controllo di un distributore automatico di caffè che accetta monete da 50 centesimi. Il distributore eroga la bibita richiesta se viene inserito un valore superiore o uguale a 50 centesimi e se viene premuto il pulsante di erogazione."*

In questo caso le variabili di ingresso sono 2 che rappresentano l'inserimento della moneta ed il pulsante che possiamo chiamare M e P. Mentre l'uscita rappresenta l'erogazione del prodotto e la indicheremo con U.

Effettuare le seguenti operazioni:

1. Rappresentare graficamente secondo il modello di Mealy la transizione degli stati.
2. Rappresentare la tabella di transizione sempre seconto il modello di Mealy.
3. Rappresentare la tabella di verità per ricavare il circuito logico.
4. Disegnare e simulare il circuito logico con Multisim.