

## I sistemi, i modelli, gli automi

### Modulo 1:

1. I sistemi
2. I modelli
3. I modelli computazionali
4. Classificazione dei modelli computazionali
5. Linguaggi naturali e linguaggi formali
6. Gli automi a stati finiti
7. Gli automi di Mealy e di Moore
8. Gli automi cellulari ed il framework python py5.
9. I sistemi di riscrittura e i frattali

### 1. I sistemi : definizioni ed esempi

In informatica e meccanica per sistema si intende, **un insieme di componenti interconnessi che lavorano insieme per raggiungere un determinato obiettivo**. E' una cosa reale che esiste e funziona.

Spesso si presenta come unico oggetto od entità

Esempi in informatica, meccanica ed edilizia:

- Un personal computer, un cellulare, una stampante, un tablet, un server, una rete di computer, un sistema di gestione database, un sistema di elaborazione di transizione online, ecc..
- Una automobile, un robot, uno scooter, una lavatrice, una nave, un trattore, un distributore di bevande o di carburante , ecc..
- Un edificio, una scuola, una biblioteca, sistema impiantistico (idraulico, elettrico) ecc..



Riassumendo:

1. Un sistema è composto da diverse parti che hanno funzioni specifiche
2. Le parti sono interconnesse tra loro ed interagiscono per raggiungere l'obiettivo del sistema: ad esempio un'auto è composta da: motore, telaio, organi di trasmissione, carrozzeria, ruote, ecc..
3. Un sistema svolge nel suo complesso una funzione specifica: ad esempio l'auto trasporta le persone, il camion persone e merci, la stampante trasferisce le informazioni su carta

### 2. I modelli

Un modello è una rappresentazione semplificata di un sistema :

Esempi di modelli possono essere:

- Un diagramma, una tabella, un grafico, un grafo, una piantina di un edificio
- Un insieme di equazioni matematiche
- Un programma (software) con simulazione al computer
- Un disegno al cad, una simulazione al cad
- Ecc..

L'obiettivo di un modello è di aiutarci a capire come funziona un sistema, a progettarlo, o a prevederne il comportamento

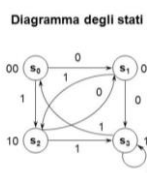
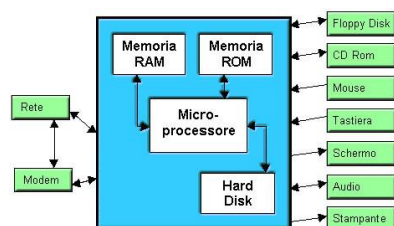
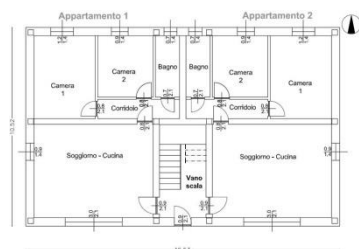
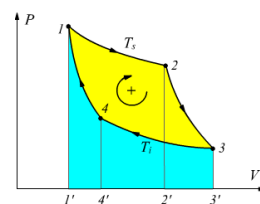
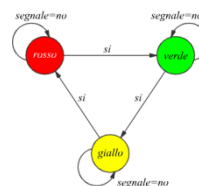
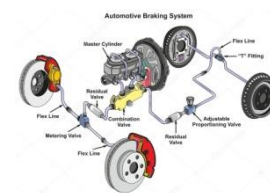


Tabella degli stati

	0	1	U
S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	00
S <sub>1</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>2</sub>	01
S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>3</sub>	10
S <sub>3</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>0</sub>	11



$$\begin{cases} \nabla \cdot \mathbf{D} = \rho \\ \nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \\ \nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \\ \nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \end{cases} \begin{cases} y = 2x + 1 \\ 3x + y = 0 \end{cases}$$



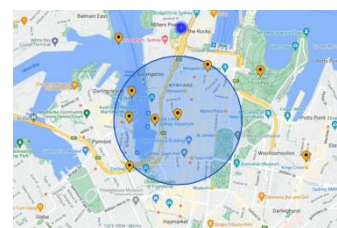
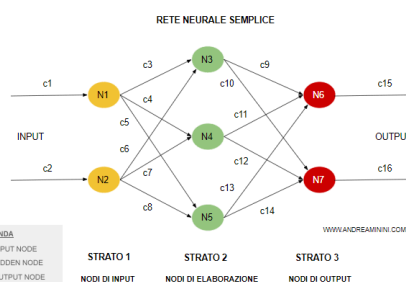
### 3. I modelli computazionali

Un modello computazionale è un algoritmo che è sempre implementato in un linguaggio di programmazione e può essere eseguito su un computer.

Mentre i modelli in generale hanno **lo scopo di aiutare a capire un sistema**, i modelli computazionali hanno **lo scopo di simulare un sistema e fare previsioni**.

Esempi di modelli computazionali:

- Un software che descrive la crescita di una popolazione
- Un software che esegue previsioni metereologi che
- Una rete neurale, che opportunamente addestrata, può fare previsioni o prendere decisioni
- Un software di simulazione di volo
- Un software di simulazione del traffico in una grande città o rete stradale (autostrada)



### 4. Classificazione dei modelli computazionali:

I modelli computazionali si possono suddividere in tre categorie.

1. Operazionali:

- **Automi(macchine automatiche) /macchine a stati**
- Automa a pila
- Random access machine
- Macchina di Touring

2. Funzionali:

- Calcolo combinatorio
- **Sistemi di riscrittura**
- Lambda calcolo

3. Concorrenti:

- **Automi cellulari**
- Circuiti digitali e porte logiche ambda calcolo

## 5. Linguaggi naturali e linguaggi formali

Il linguaggio naturale è **reale**, ad esempio l'italiano, è quello che usiamo tutti i giorni per comunicare, sia oralmente che per iscritto. Si è sviluppato nel corso del tempo ed è soggetto a mutazioni ed evoluzioni. E' ricco di sfumature, ambiguità e spesso dipende dal contesto. Una parola può assumere diversi significati. **Esempi:** "Oggi ho preso l'autobus", "oggi il sole è nato alle 6 di mattina" ecc..

Il linguaggio formale, invece, è un linguaggio **artificiale** creato con regole precise e specifiche. Viene utilizzato in contesti in cui è necessaria una precisione e univocità di significato, come in matematica, programmazione e logica

Esempi:

- $x + y = z$  (matematica)
- if  $a > 0$  :  
     $a += 1$  (programmazione)
- Tutti gli uomini sono mortali , Napoleone è un uomo, -> Napoleone è mortale (logica)



## 6. Gli automi a stati finiti

Possiamo dare due definizioni di automa.

1. **Automa, come sistema reale**, è una macchina automatica , cioè una macchina capace di svolgere un lavoro in modo autonomo, senza l'intervento dell'uomo. Ciò è possibile grazie ad un **controllo elettronico ed ad un software installato sulla macchina**. Spesso si usa anche il termine **robot** per indicare questi dispositivi.

Come esempi di automi possiamo indicare ad esempio:

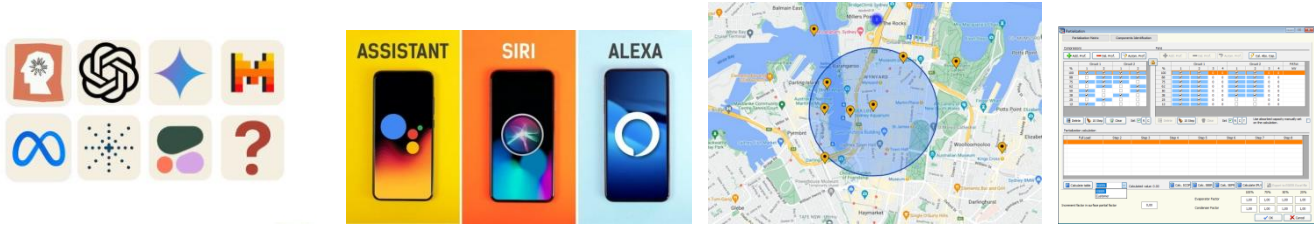
- Gli elettrodomestici :lavatrice, lavastoviglie, asciugatrice, robot lava pavimento, ecc..
- Distributori automatici di : bevande, merendine, carburante, sigarette, denaro-bancomat, ecc..
- Ascensori, cancelli automatici, semafori, sbarre automatiche, condizionatori, robot tagliaerba ecc... In generale, quindi, tante macchine smart.



2. **Automa, come sistema astratto**, è un programma capace di svolgere un lavoro in modo autonomo. Come esempi di automi astratti possiamo indicare :

- riconoscitori di linguaggi
- traduttori

- Decodificatori
- Navigatori
- Chatbot (programma che simula una conversazione umana e fornisce risposte a seguito di domande degli utenti, spesso usando l'intelligenza artificiale)



Una particolare classe di automi sono gli **automi a stati finiti** (ASF finite-state automation)

La macchina automatica si trova in determinati stati di funzionamento. A seguito di un ingresso opportuno ricevuto, la macchina passa ad un altro stato di funzionamento.

**Un automa a stati finiti** è rappresentato matematicamente dalla sestupla (6 elementi)

$$A = (S, I, O, F, f, s_0)$$

$S$  è l'insieme finito degli stati interni dell'automata

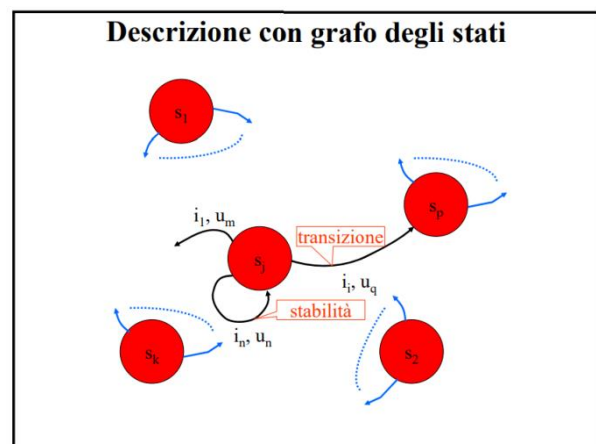
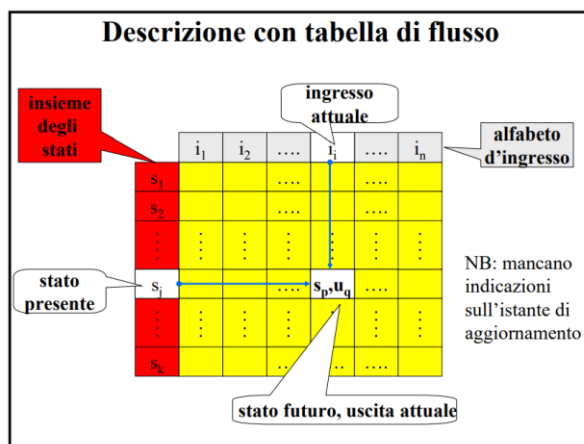
$I$  è l'insieme finito degli ingressi

$O$  è l'insieme finito delle uscite

$F$  è l'insieme degli stati validi

$f$  è la funzione di transizione

$s_0$  è lo stato iniziale



Esempi

<https://github.com/albertocesaretti/corso-automati>

Per comprendere questa espressione facciamo un esempio

**Semaforo**

$S = \{ \text{verde, giallo, rosso, lampeggiante} \}$  è l'insieme degli stati di funzionamento del semaforo

$I = \{ \text{giorno, notte, chiamata} \}$  è l'insieme degli ingressi, sensore giorno, sensore notte, pulsante pedone

$O = \{ \text{luce verde, luce gialla, luce rossa, luce lampeggiante} \}$

$F = \{ \text{verde, giallo, rosso, lampeggiante} \}$  tutti gli stati sono validi

$s_0$  rappresenta lo stato iniziale alla accensione del semaforo o a seguito di un reset

$f$  rappresenta la funzione di transizione.

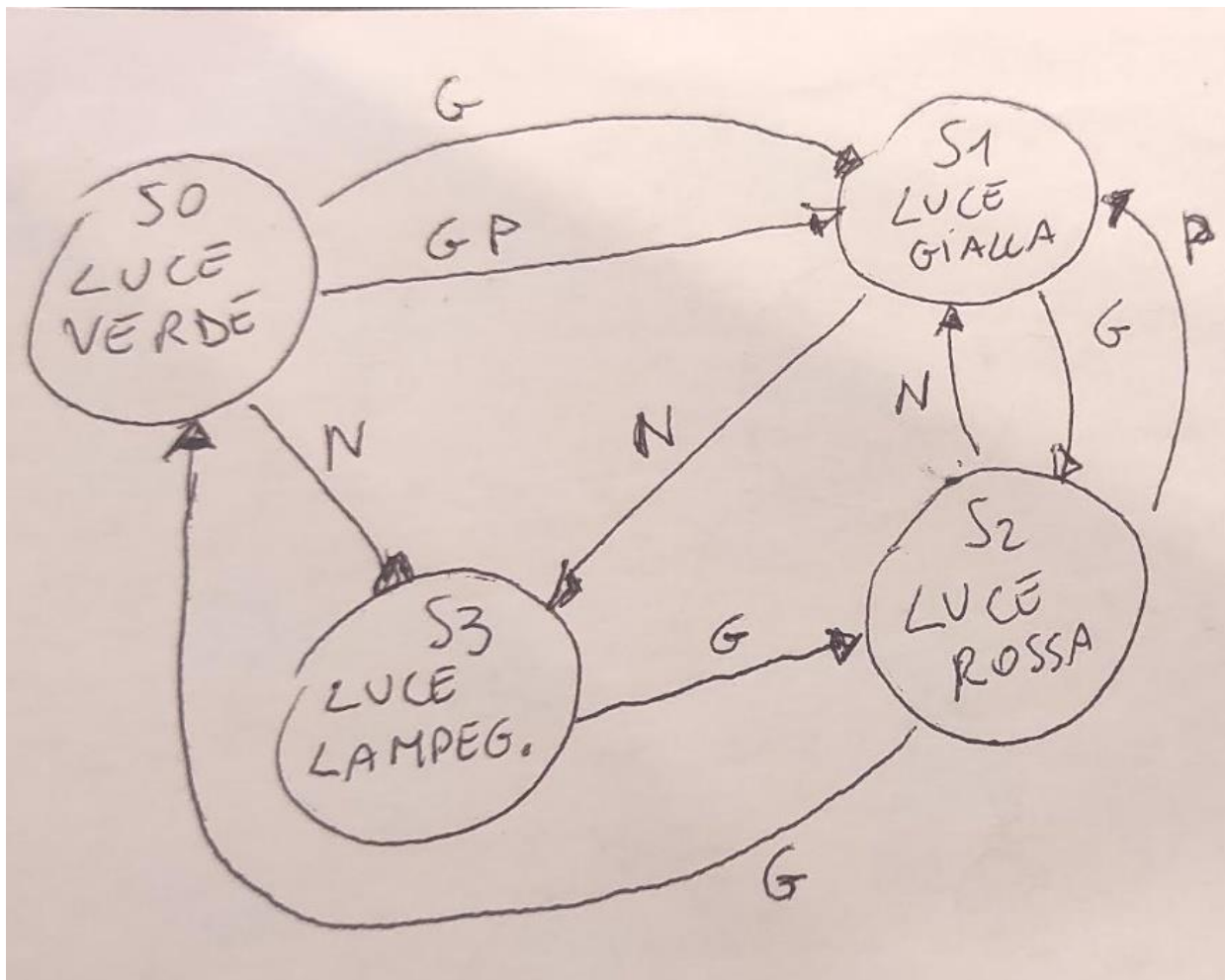
La funzione di transizione si rappresenta in due modi:

1. Tramite la tabella di transizione
2. Tramite il grafo di transizione

Nel caso del semaforo la **tabella** diventa

Stato \ Ingresso	I0 (Sensore giorno)	I1 (Sensore notte)	I2 (Pulsante pedone)
S0 (verde)	S1 (Giallo) \ O1 (luce gialla)	S3 (lampeggiante) \ O3 (luce lamp.)	S1 (giallo) \ O1 (luce gialla)
S1 (giallo)	S2 (Rosso) \ O2 (luce rossa)	S3 (lampeggiante) \ O3 (luce lamp.)	S1 (giallo) \ O1 (luce gialla)
S2 (rosso)	S0 (Verde) \ O0 (luce verde)	S3 (lampeggiante) \ O3 (luce lamp.)	S1 (giallo) \ O1 (luce gialla)
S3 (lampeggiante)	S0 (Verde) \ O2 (luce rossa)	S3 (Lampeggiante) \ O3 (luce lamp.)	S1 (giallo) \ O1 (luce gialla)

Nel caso del semaforo il **grafo** diventa

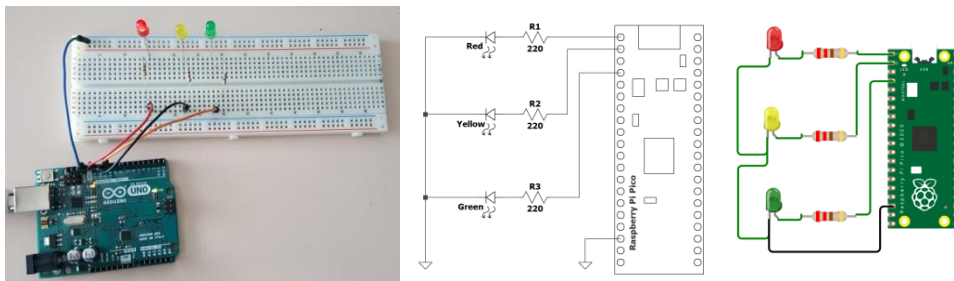


### Progetto

Per simulare il funzionamento di un automa bisognerebbe usare un controllore, perché i controllori sono dotati di ingressi per i sensori (tasti, temperatura, umidità ecc..) ed uscite per gli attuatori : led, motori, valvole ecc.. Infatti mentre il PC è adatto per comunicare con una persona, il controllore è adatto per comunicare e modificare l'ambiente in cui si trova.

**Arduino** oppure **Raspberry**





Per poter programmare e simulare il comportamento di un semaforo, su PC, useremo python e la libreria pygame

Simuliamo gli ingressi tramite tasti della tastiera e le uscite con immagini che compaiono a display

### Ascensore a 2 piani

$S = \{ S0, S1, S2 \}$  piano terra, piano 1, piano2

$I = \{ pT, p1, p2 \}$  pulsante terra , pulsante p1, pulsante p2

$O = \{ \text{fermo}, \text{Su}, \text{Giu'} \}$  motore fermo, motore su, motore giu

Tabella di transizione

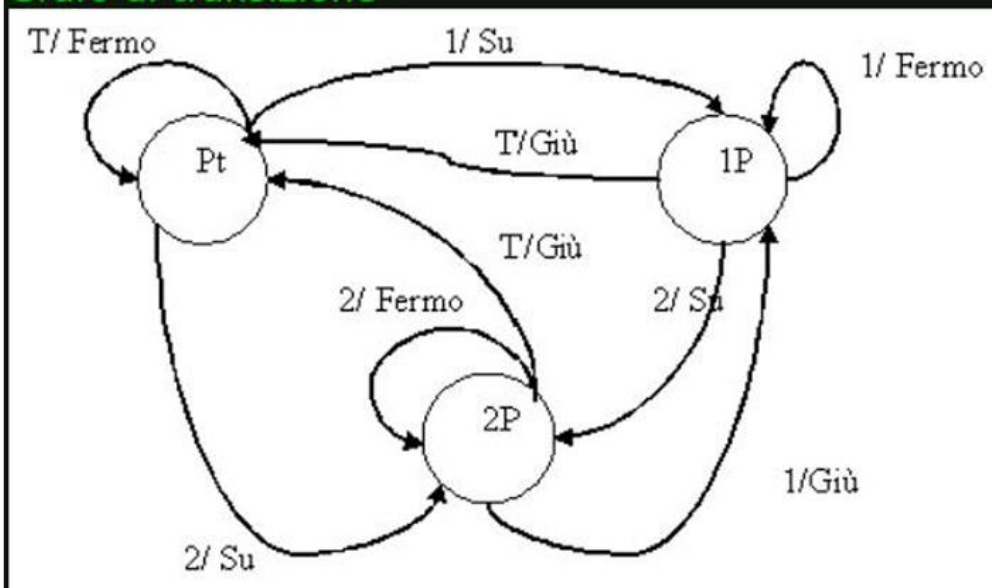
Grafo di transizione

Questo e' un automa in cui i cmd fissano lo stato.

### Tabella delle transizioni

s\i	i0	i1	i2
s0	s0	s1	s2
s1	s0	s1	s2
s2	s0	s1	s2

### Grafo di transizione



### Riconoscitore di password

**pwd = 312**

$S = \{ S_0, S_1, S_2, S_3 \}$  è l'insieme degli stati di funzionamento del riconoscitore

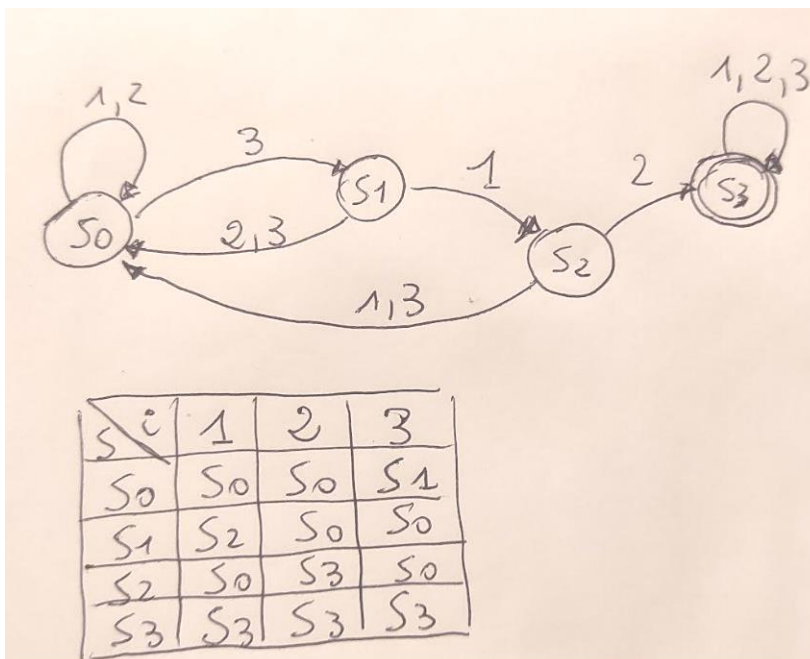
$I = \{ 1, 2, 3 \}$  è l'insieme degli ingressi

$O = \{ 0, 1 \}$  è generato 1 quando si indovina la password, 0 negli altri casi

$F = \{ S_3 \}$  il solo stato 3 è valido (riconosce la password 312)

Tabella di transizione

Grafo di transizione



### Distributore di bevande

Semplificazioni

Il distributore accetta solo monete da 1 euro.

Ci sono solo tre prodotti dal costo di 1 euro: coca-cola, acqua, kitkat

### Automa di Moore

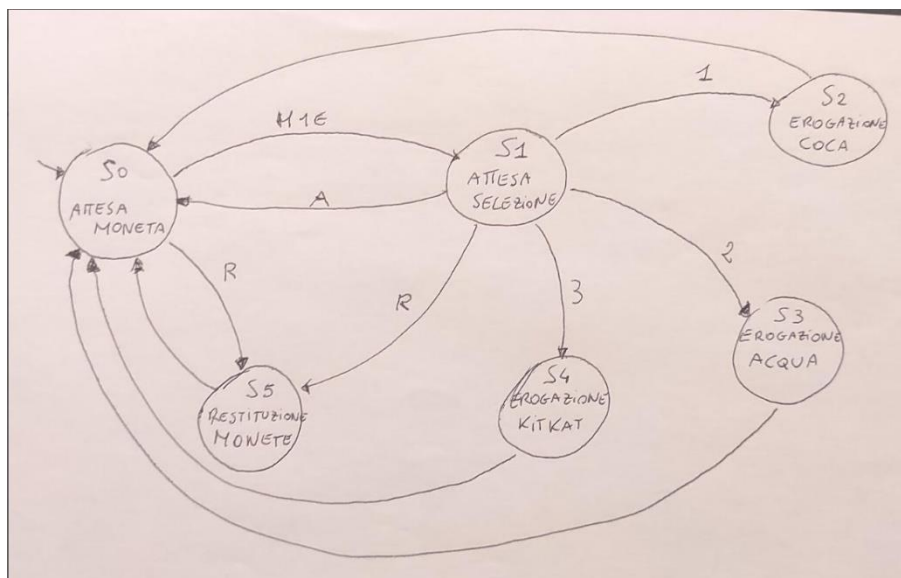
$S = \{ S_0, S_1, S_2, S_3, S_4, S_5 \}$  è l'insieme degli stati di funzionamento del distributore

$I = \{ M, pA, pR, p1, p2, p3 \}$   $M$  è la moneta da 1€,  $pA$  tasto per annullare,  $pR$  tasto per il resto,  $p1$  stato per la coca,  $p2$  tasto per l'acqua,  $p3$  tasto per il kitkat

$O = \{ out\_moneta, out\_coca, out\_acqua, out\_kitkat \}$

Tabella e grafo delle transizioni

St \ i	I0 (M 1€)	I1 (p1)	I2 (p2)	I3 (p3)	I4 (pA)	I5 (pR)
S0	S1	S0	S0	S0	S0	S5 \ M 1€)
S1	S1	S2	S3	S4	S0	S5 \ M 1€)
S2	S0 \ Coca	S0 \ Coca	S0 \ Coca	S0 \ Coca	S0 \ Coca	S0 \ Coca
S3	S0 \ Acqua	S0 \ Acqua	S0 \ Acqua	S0 \ Acqua	S0 \ Acqua	S0 \ Acqua
S4	S0 \ KitKat	S0 \ KitKat	S0 \ KitKat	S0 \ KitKat	S0 \ KitKat	S0 \ KitKat
S5	S0	S0	S0	S0	S0	S0



## Bancomat

### Semplificazioni

Nel bancomat ci sono solo tre scelte: 100€, 200€ oppure 300€.

La taglia della monete è di 100€

La password è composta da solo una lettera, nel nostro caso "p"

### Automa di Moore

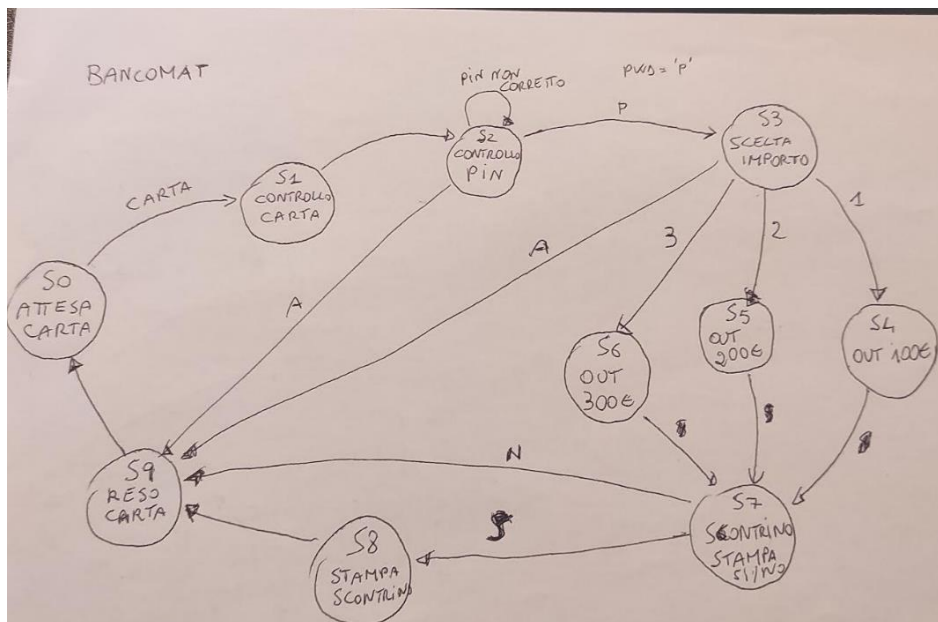
$S = \{ S0, S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9 \}$  è l'insieme degli stati di funzionamento del distributore

$I = \{ C, pA, p1, p2, p3, pS, pN \}$  C è la carta bancomat, pA tasto per annullare, p1 stato per ricevere 100€, p2 tasto per 200€, p3 tasto per 300€. pS è per scontrino, pN è per il no scontrino

$O = \{ out\_carta, out\_100€, out\_200€, out\_300€, out\_scontrino \}$

### Grafo delle transizioni





Link utili

Codice degli esercizi

<https://github.com/albertocesaretti/corso-automi>

Funzionamento di pygame

[https://ncassetta.altervista.org/Tutorial\\_Pygame/Lezione\\_01.html](https://ncassetta.altervista.org/Tutorial_Pygame/Lezione_01.html)