Come far capire cos'è un automa

Enrico Nardelli

- Univ. Roma "Tor Vergata"
- Vice-direttore Lab. Nazionale "Informatica e Scuola" del CINI
- *Past President* Informatics Europe

Laboratorio ITADINFO, Padova 10 ottobre 2026

CC BY NC SA

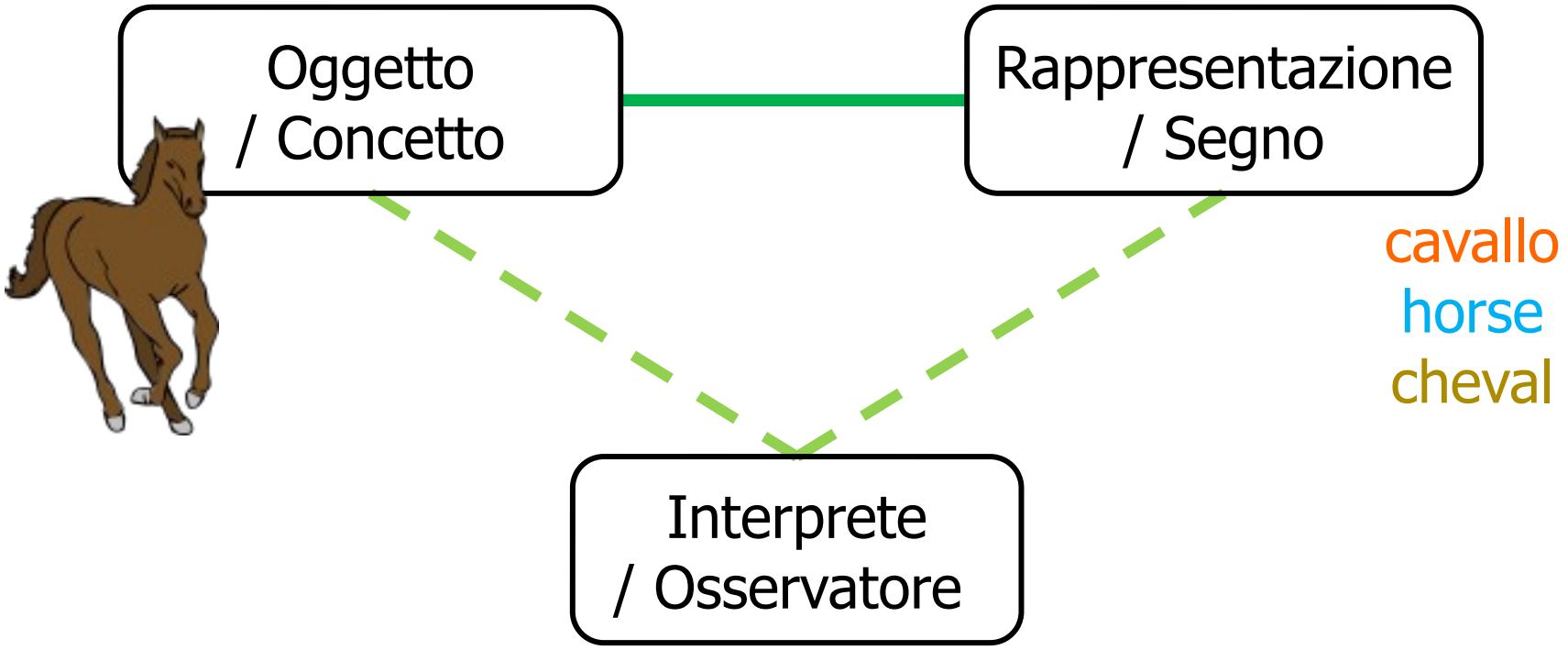
Cos'è l'informatica?

- **elaborazione automatica di rappresentazioni**
- Elaborazione, cioè trasformazioni *attuabili* in un tempo *finito* da parte di un *agente*
- Automatica, cioè meccanica, come in un orologio
- Rappresentazioni, cioè segni senza un significato intrinseco

CC BY NC SA

La questione del significato

- Le **rappresentazioni**, cioè i segni, sono "simboli", rimandano a un significato, **solo** per interpreti umani

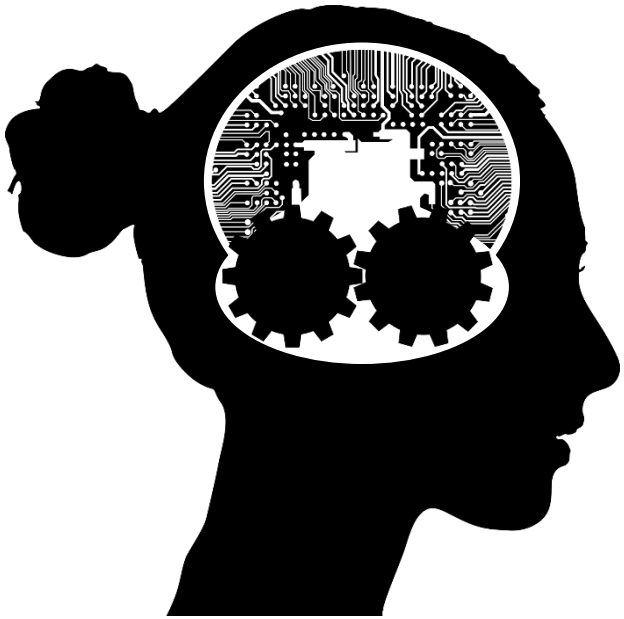


CC BY NC SA

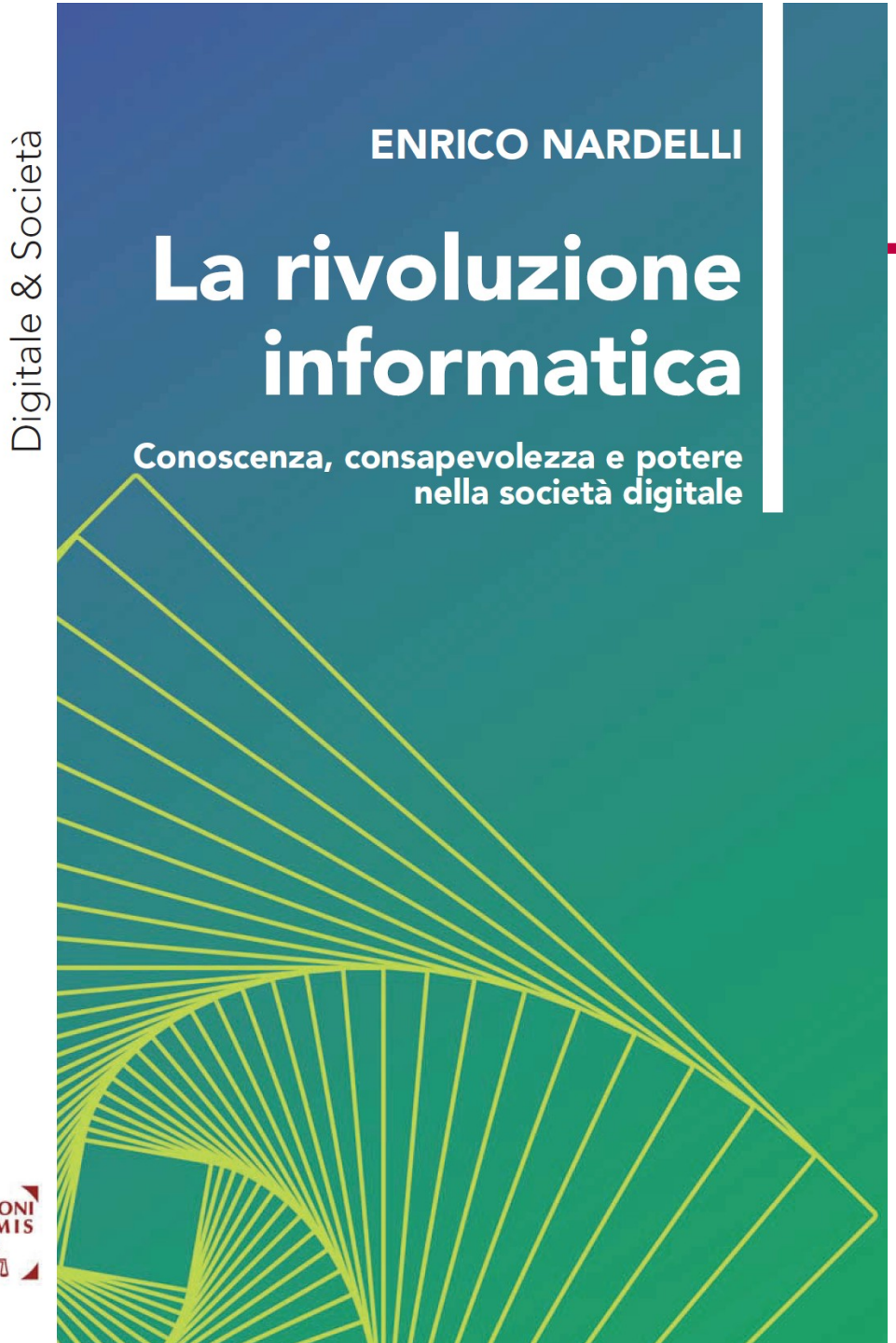
L’essenza concettuale dell’informatica

- Un "meccanismo" che esegue istruzioni
  - di cui **non conosce il significato**

  per elaborare segni (cioè i dati)
  - di cui **non conosce il significato**
- L'elaborazione è automatica
  - senza intervento umano
- L'elaborazione è meccanica
  - inconsapevole, disincarnata, senza libero arbitrio



CC BY NC SA



Sistemi informatici

- Replicano **funzioni cognitive (logico-razionali)** tipiche dell'uomo

Macchine cognitive

CC BY NC SA

Automazione tradizionale

- Processo manuale eseguito da una **macchina**

- Es.: il processo di produzione di un vestito

Enrico Nardelli © 2017

Filare

Enrico Nardelli © 2017

Tessere

Enrico Nardelli © 2017

Tagliare

Enrico Nardelli © 2017

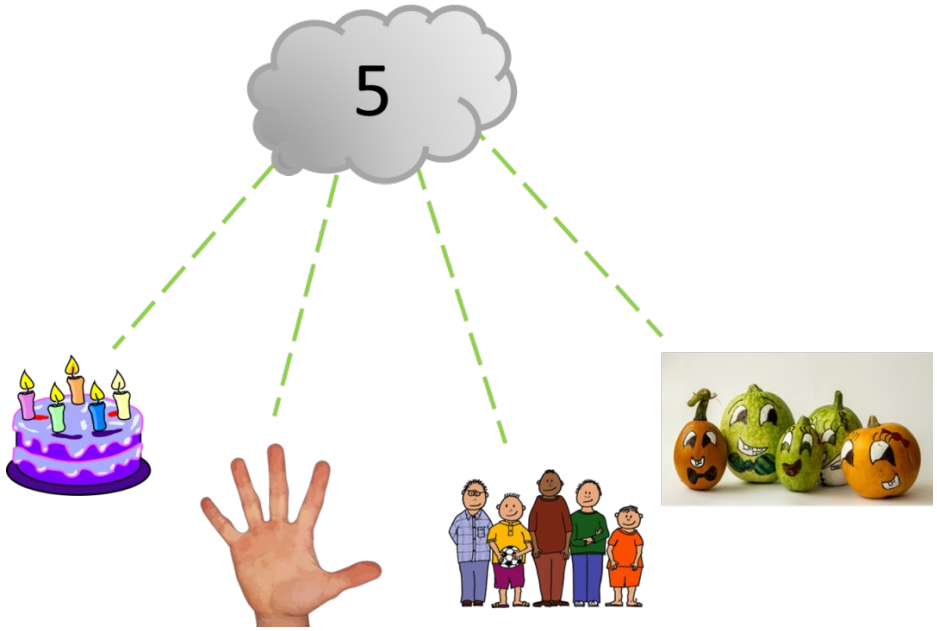
Automazione dell'elaborazione delle rappresentazioni

- Tutto nasce dalla scelta delle rappresentazioni
  - ricordate: segni senza un significato intrinseco
- La "macchina" in questo caso viene chiamata "automa" o "esecutore" o "agente"

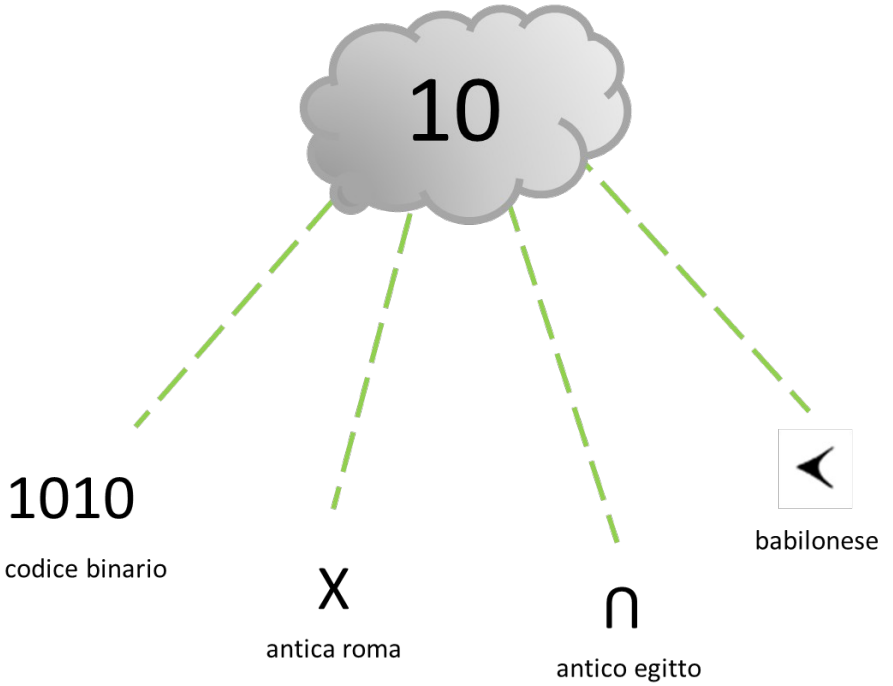
CC BY NC SA

Come "rappresentiamo"

Analogico



Digitale



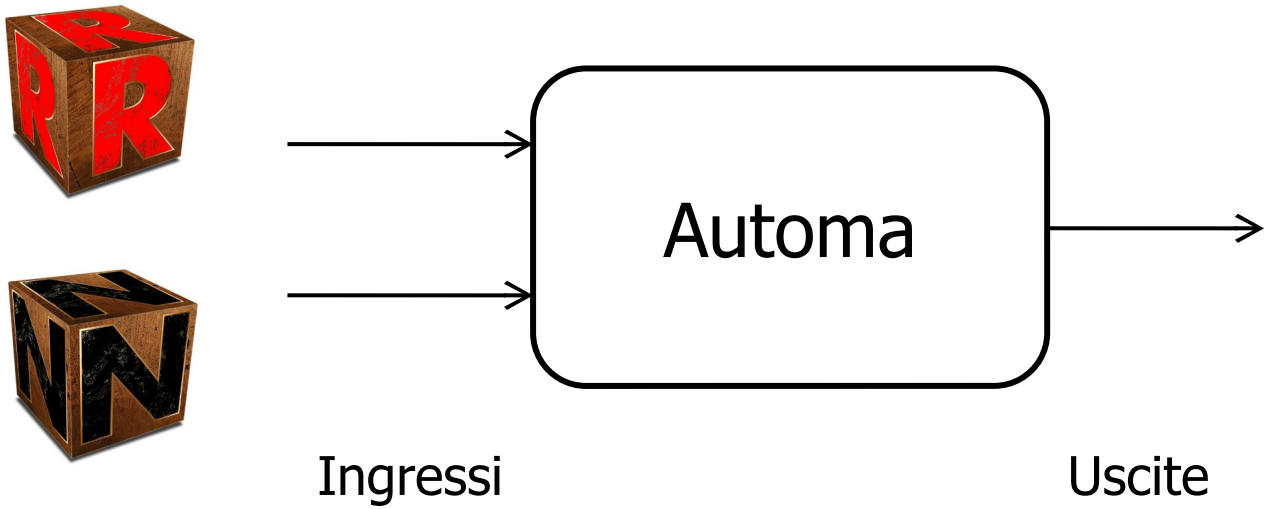
CC BY NC SA

Primo problema

CC BY NC SA

Un automa semplice

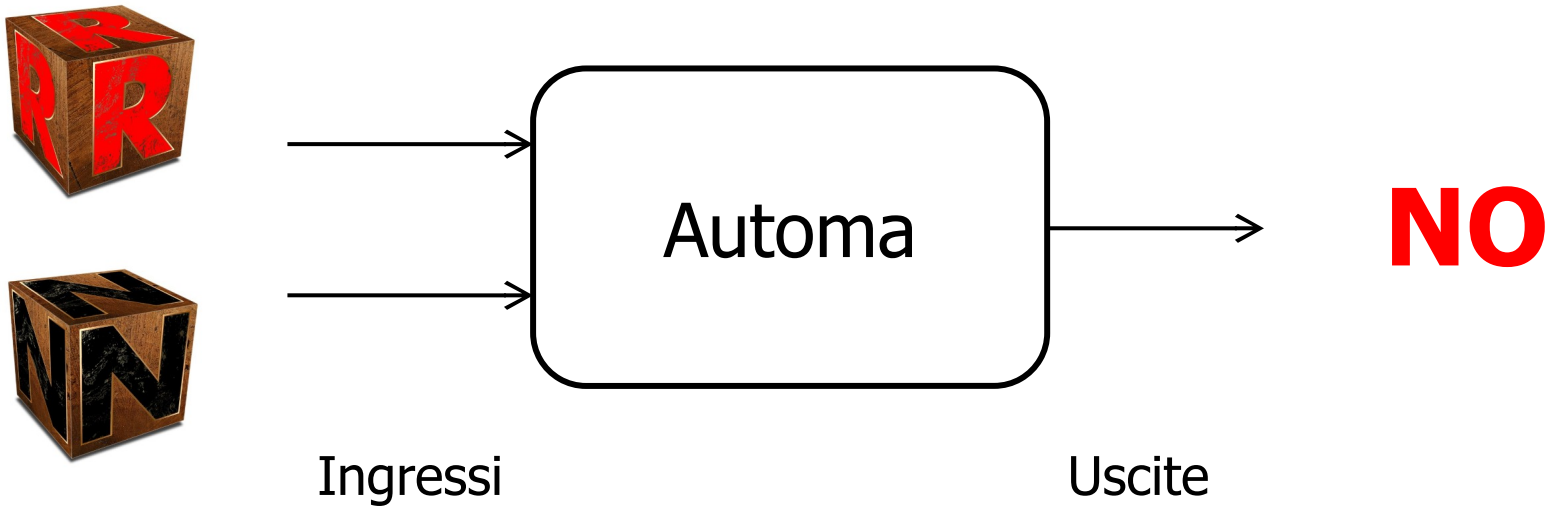
- uguaglianza o disuguaglianza degli ingressi



CC BY NC SA

Un automa semplice

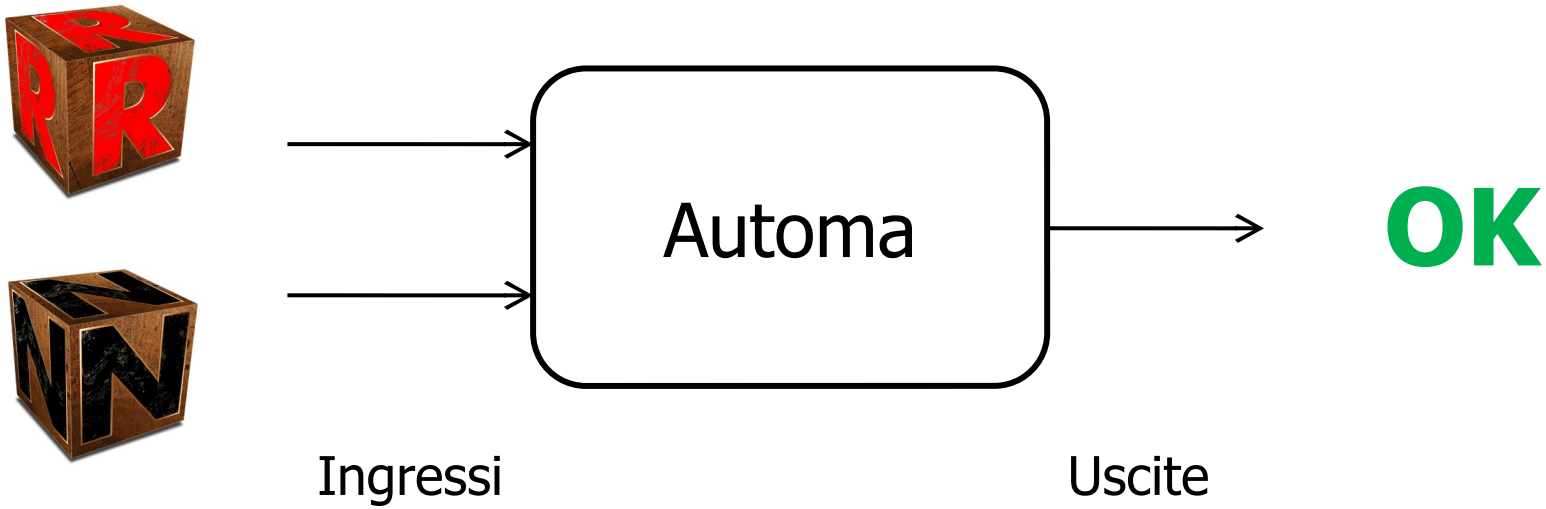
- uguaglianza o disuguaglianza degli ingressi



CC BY NC SA

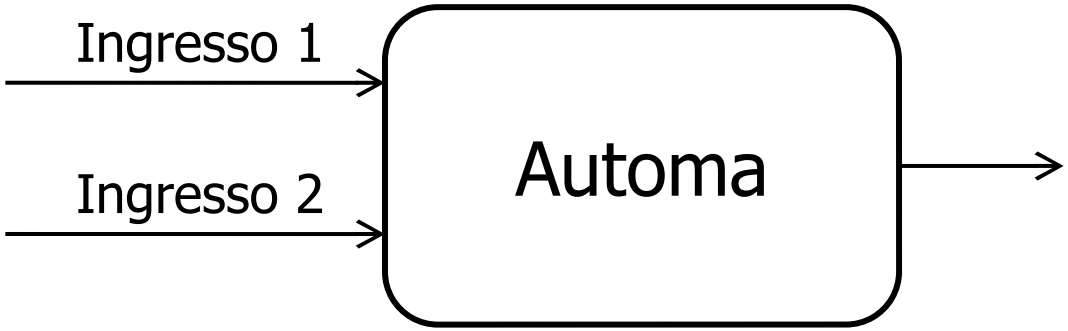
Un automa semplice

- uguaglianza o disuguaglianza degli ingressi



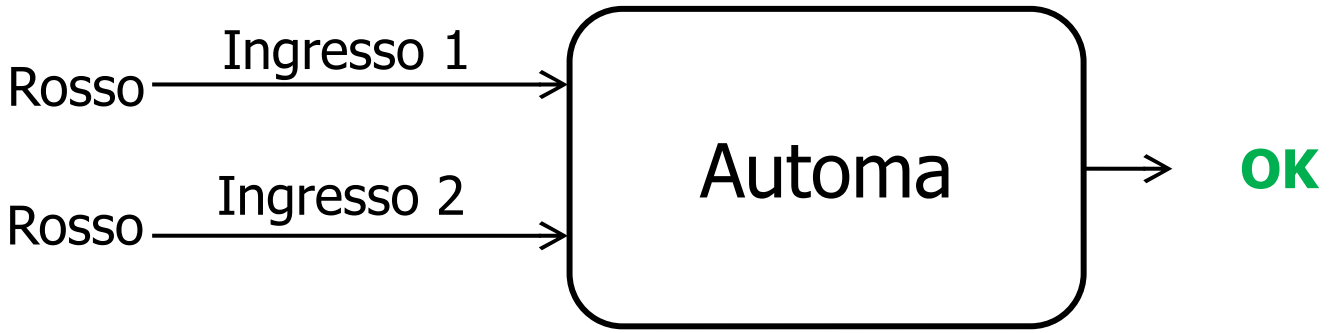
CC BY NC SA

Automa logico per calcolo uguaglianza



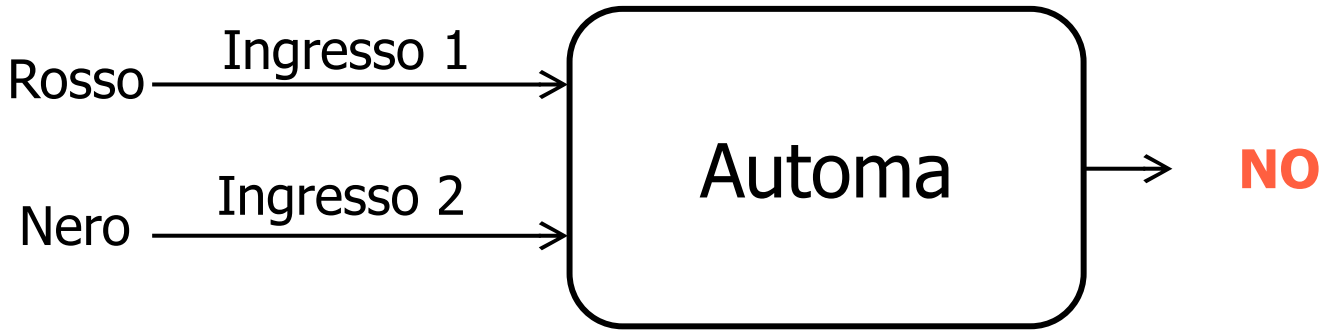
Ingresso 1 \ Ingresso 2	Nero	Rosso
Nero	OK	NO
Rosso	NO	OK

cc BY NC SA



Ingresso 1 \ Ingresso 2		Nero	Rosso
	Nero	OK	NO
	Rosso	NO	OK

cc BY NC SA



Ingresso 1 \ Ingresso 2	Nero	Rosso
Nero	OK	NO
Rosso	NO	OK

CC BY NC SA

Automa logico

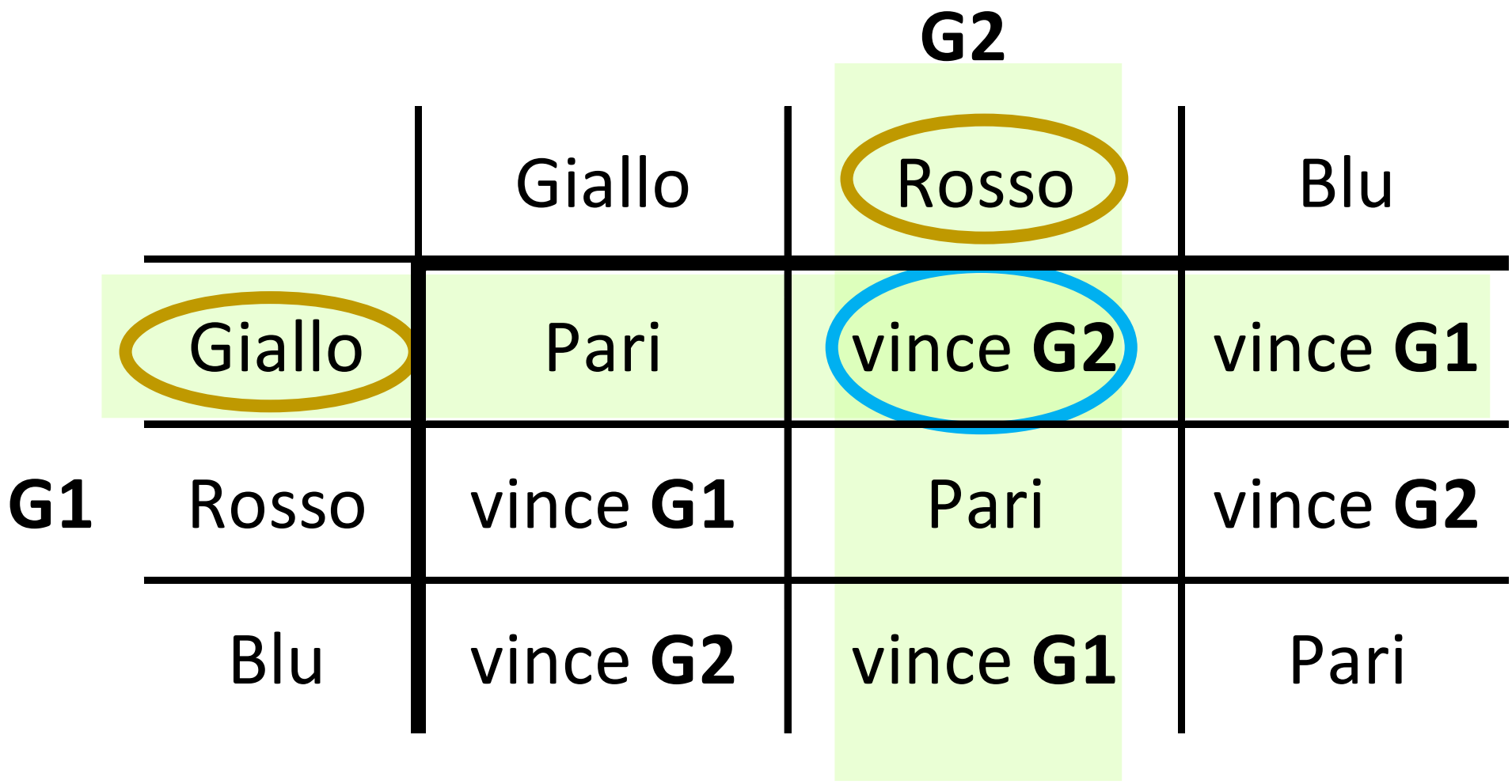
- Il valore restituito in uscita da un automa logico a due ingressi è quello che si legge nella cella in corrispondenza della riga e della colonna individuate dai valori in ingresso

- **Esercitazione pratica (Giallo-Rosso-Blu)**

CC BY NC SA

		G2		
		Giallo	Rosso	Blu
G1	Giallo	Pari	vince **G2**	vince **G1**
	Rosso	vince **G1**	Pari	vince **G2**
	Blu	vince **G2**	vince **G1**	Pari

CC BY NC SA


G2
Giallo
Rosso
Blu
Giallo
Pari
vince G2
vince G1
G1
Rosso
vince G1
Pari
vince G2
Blu
vince G2
vince G1
Pari

CC BY NC SA

		G2	
	Giallo	Rosso	Blu
Giallo	Pari	vince **G2**	vince **G1**
G1 Rosso	vince **G1**	Pari	vince **G2**
Blu	vince **G2**	vince **G1**	Pari

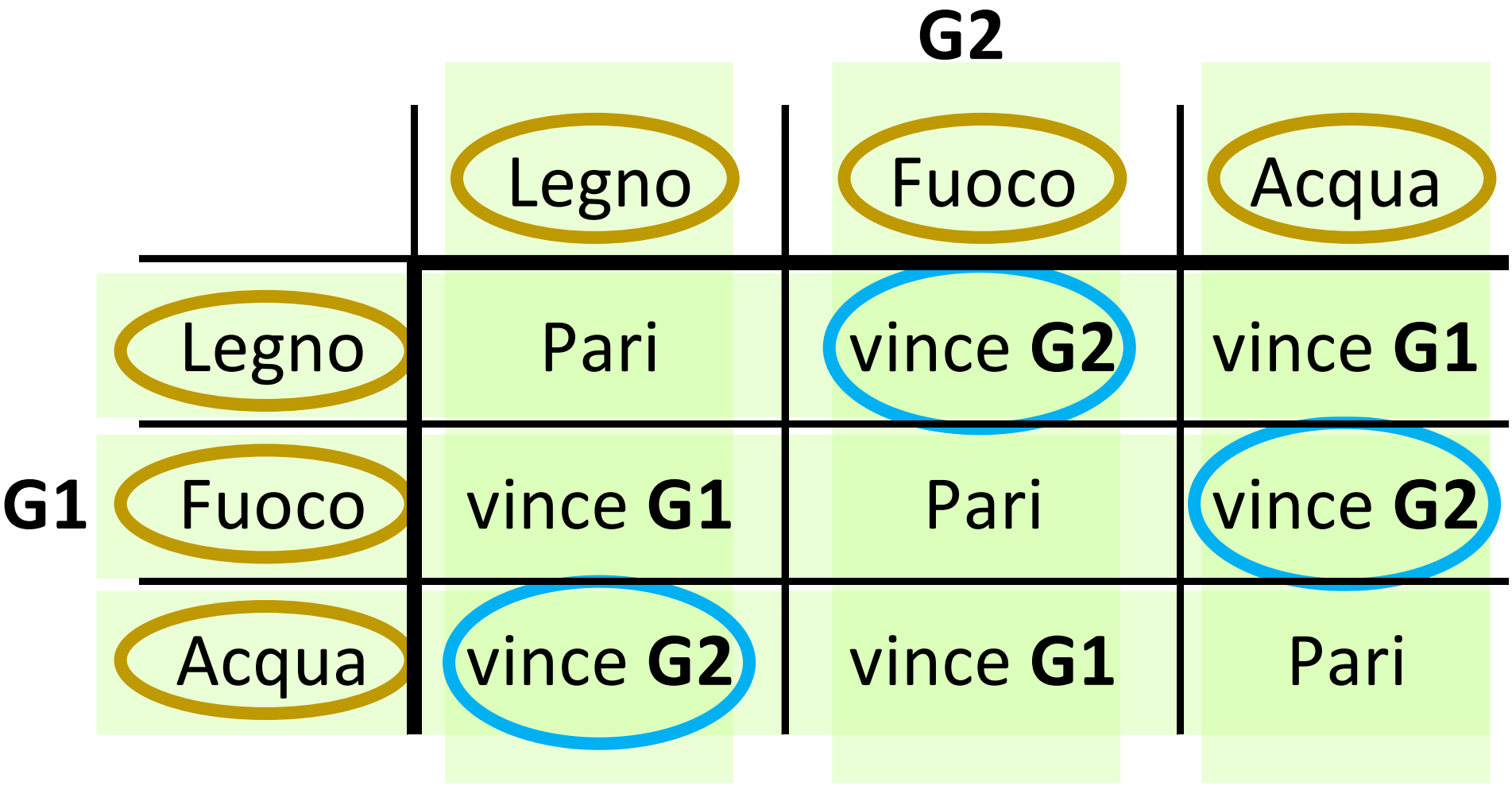
CC BY NC SA

Software e hardware

- Cambiando la tabella (software) cambia ciò che l'automa logico (hardware) è in grado di calcolare
- Qual è il significato dei colori?
- L'automa non ha bisogno di saperlo

CC BY NC SA

Una possibile interpretazione



Un'altra possibile interpretazione: la morra cinese

		G2		
		Carta	Forbici	Sasso
G1	Carta	Pari	vince **G2**	vince **G1**
	Forbici	vince **G1**	Pari	vince **G2**
	Sasso	vince **G2**	vince **G1**	Pari

CC BY NC SA

Assenza di significato intrinseco

- L'automa che esegue il suo "calcolo" non ha necessità di comprensione del significato.
- Il significato è in ciò che fa l'automa, ovvero in ciò che noi abbiamo detto di fare all'automa, attraverso la tabella di calcolo.
- Ad esempio, si può fare un automa per un mondo in cui il fuoco vince sull'acqua o un automa per la morra cinese che altera le regole conosciute

cc BY NC SA

Secondo problema

CC BY NC SA

I blocchi R arrivano in numero dispari?

(non serve contarli, solo sapere se in totale sono un numero pari o dispari)

CC BY NC SA

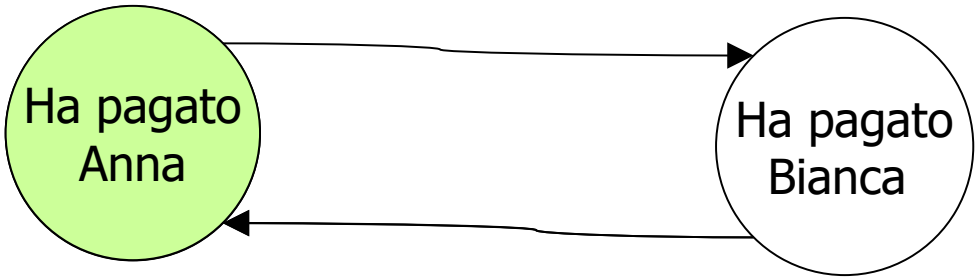
Si può risolvere con un automa logico?

- Chi ci riesce?

CC BY NC SA

Automa a stati finiti (rappr. grafica)

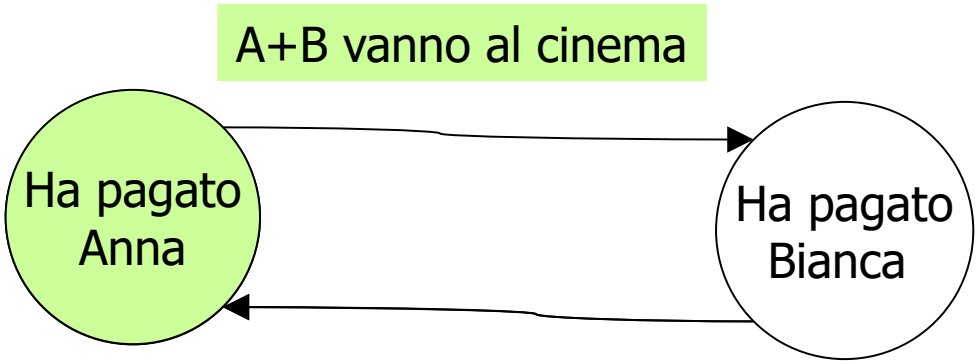
- Anna e Bianca vanno spesso al cinema insieme. Hanno un accordo in base al quale si paga una volta ciascuna. L'ultima volta ha pagato Anna



CC BY NC SA

Automa a stati finiti (rappr. grafica)

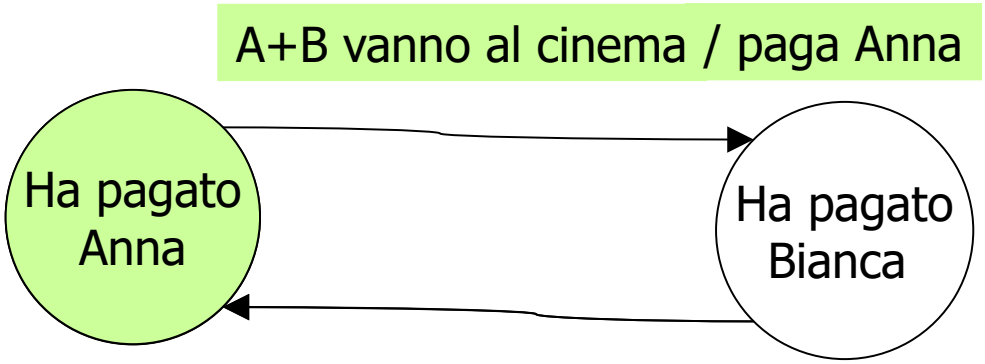
- Anna e Bianca vanno spesso al cinema insieme. Hanno un accordo in base al quale si paga una volta ciascuna. L'ultima volta ha pagato Anna



CC BY NC SA

Automa a stati finiti (rappr. grafica)

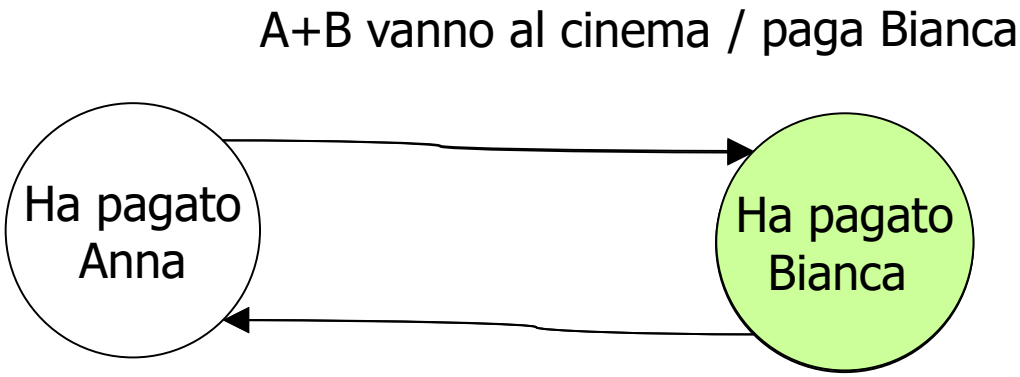
- Anna e Bianca vanno spesso al cinema insieme. Hanno un accordo in base al quale si paga una volta ciascuna. L'ultima volta ha pagato Anna



CC BY NC SA

Automa a stati finiti (rappr. grafica)

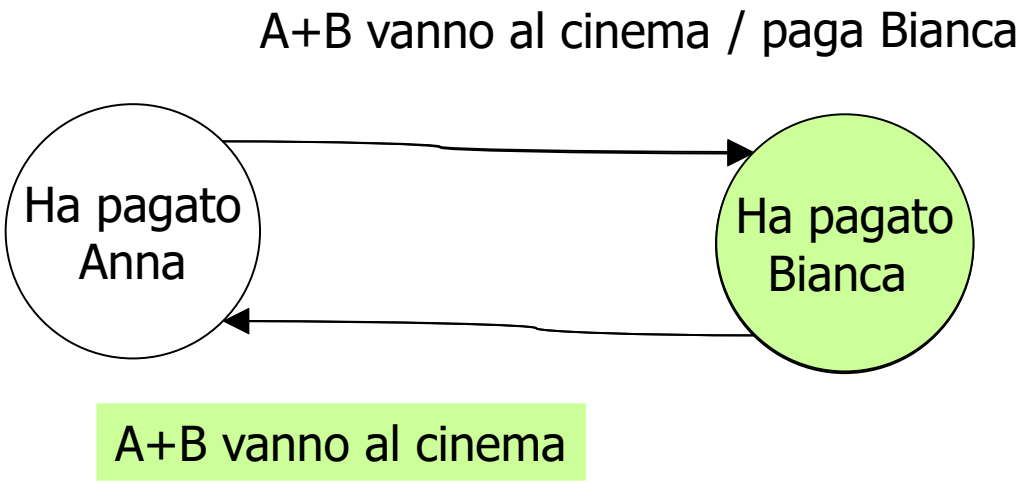
- Anna e Bianca vanno spesso al cinema insieme. Hanno un accordo in base al quale si paga una volta ciascuna. L'ultima volta ha pagato Anna



CC BY NC SA

Automa a stati finiti (rappr. grafica)

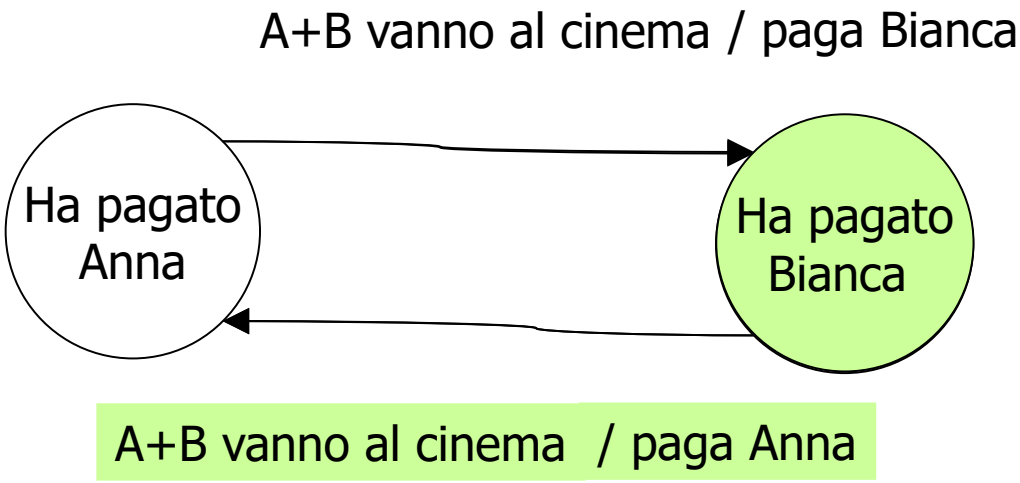
- Anna e Bianca vanno spesso al cinema insieme. Hanno un accordo in base al quale si paga una volta ciascuna. L'ultima volta ha pagato Anna



CC BY NC SA

Automa a stati finiti (rappr. grafica)

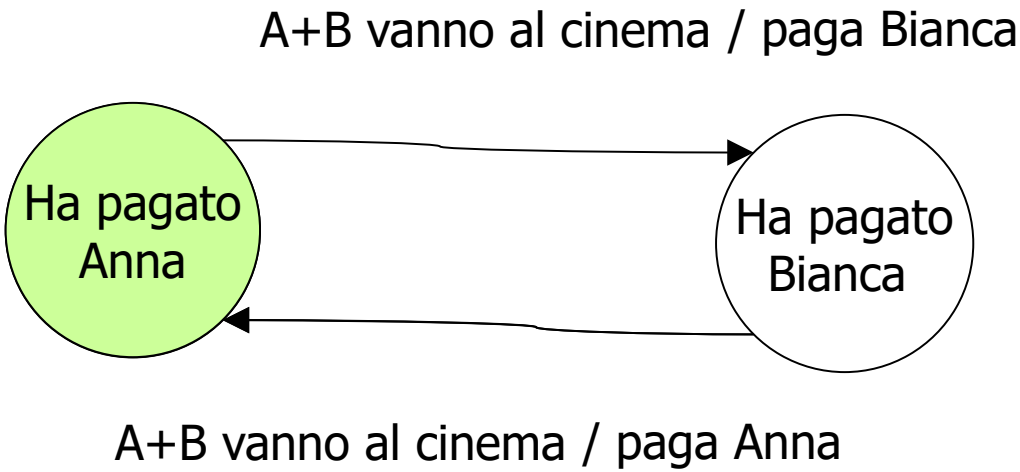
- Anna e Bianca vanno spesso al cinema insieme. Hanno un accordo in base al quale si paga una volta ciascuna. L'ultima volta ha pagato Anna



CC BY NC SA

Automa a stati finiti (rappr. grafica)

- Anna e Bianca vanno spesso al cinema insieme. Hanno un accordo in base al quale si paga una volta ciascuna. L'ultima volta ha pagato Anna



CC BY NC SA

Automa a stati finiti (rappr. tabellare)

Stato corrente	Evento	Azione	Stato successivo
Ha pagato Anna	Vanno al cinema	Paga Bianca	Ha pagato Bianca
Ha pagato Bianca	Vanno al cinema	Paga Anna	Ha pagato Anna

- **Attenzione!** Questa tabella ha una struttura e un significato diversi da quelli della tabella dell'automa logico

cc BY NC SA

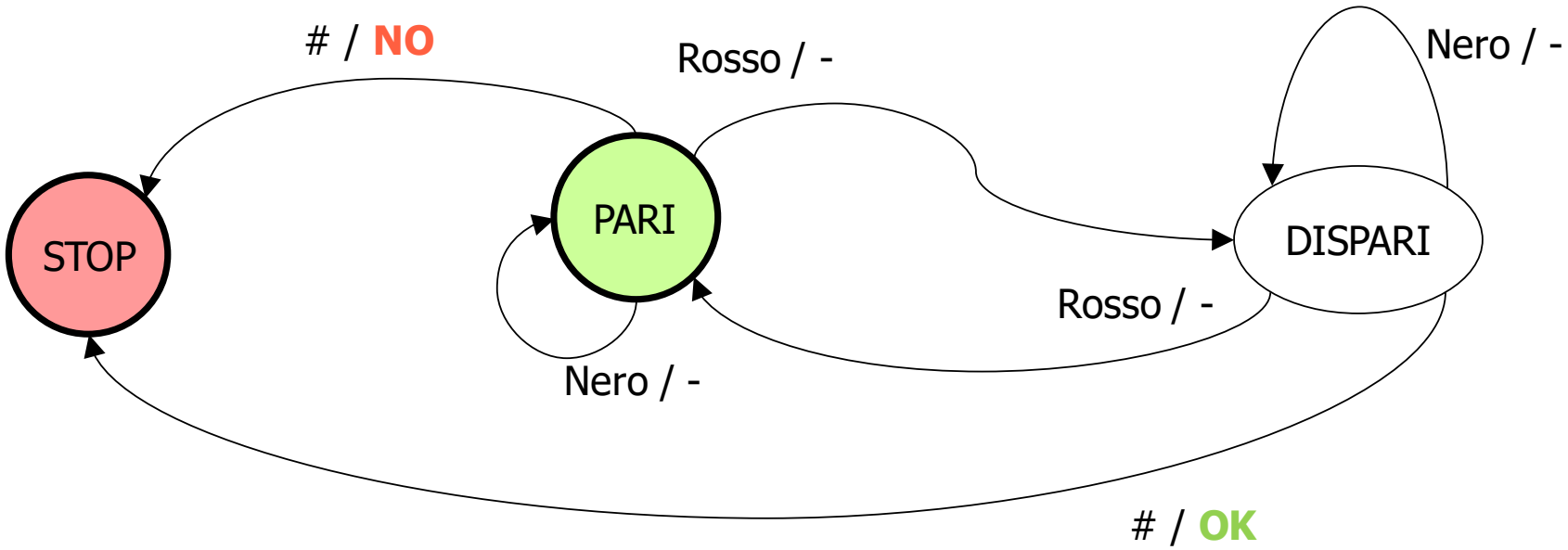
- Regola di funzionamento dell'automa è diversa perché automa è diverso

- Riconoscere se in una sequenza di valori "Rosso" e "Nero" c'è un numero dispari di "Rosso"
- Cancelletto # per dire quando finisce la sequenza

- Provate a definire l'automa (grafico o tabella)

- **Esercitazione pratica (animazione automa)**

cc BY NC SA



Nero Rosso Rosso Nero Rosso Nero Rosso Rosso #

CC BY NC SA

- Competenza senza consapevolezza

cc BY NC SA

Terzo problema

CC BY NC SA

Contare quanti blocchi R arrivano

CC BY NC SA

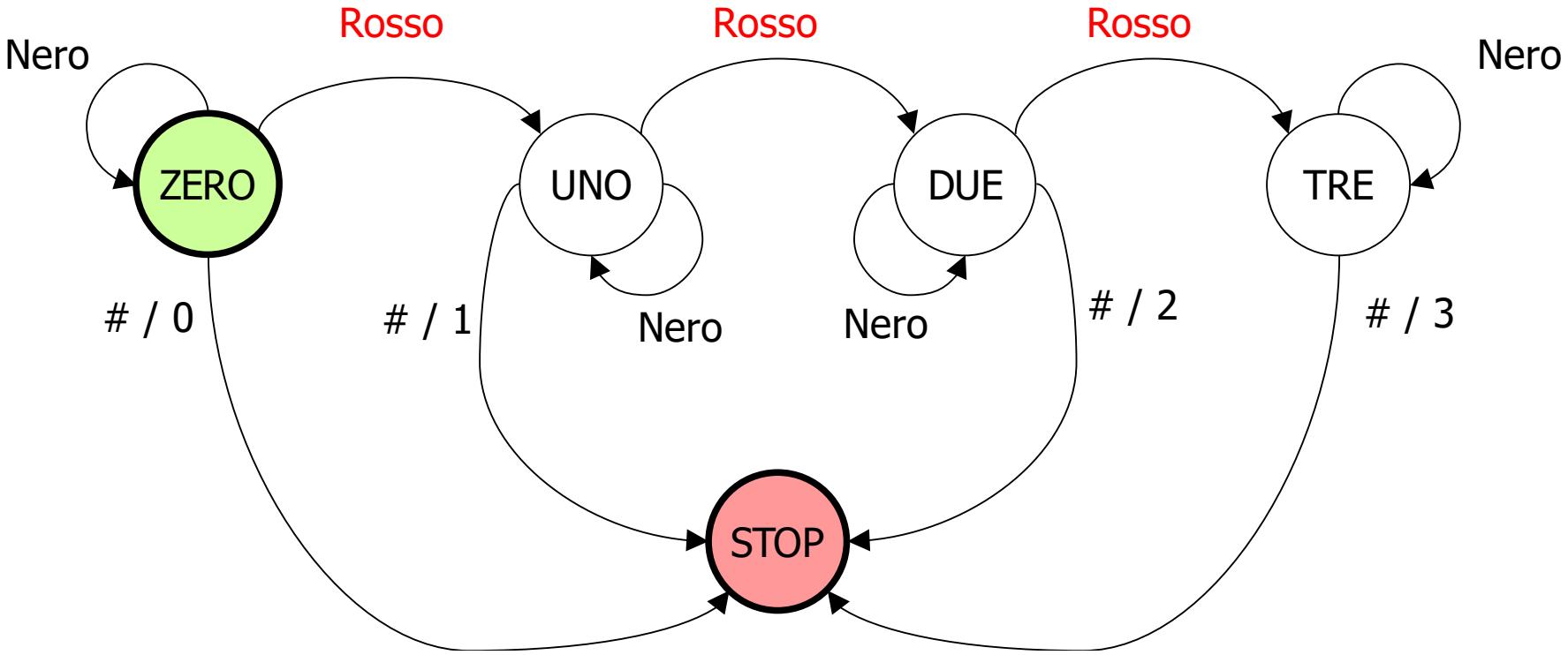
Si può risolvere con un automa a stati finiti?

- Chi ci riesce?

CC BY NC SA

Contare quanti "rosso" ci sono... OK

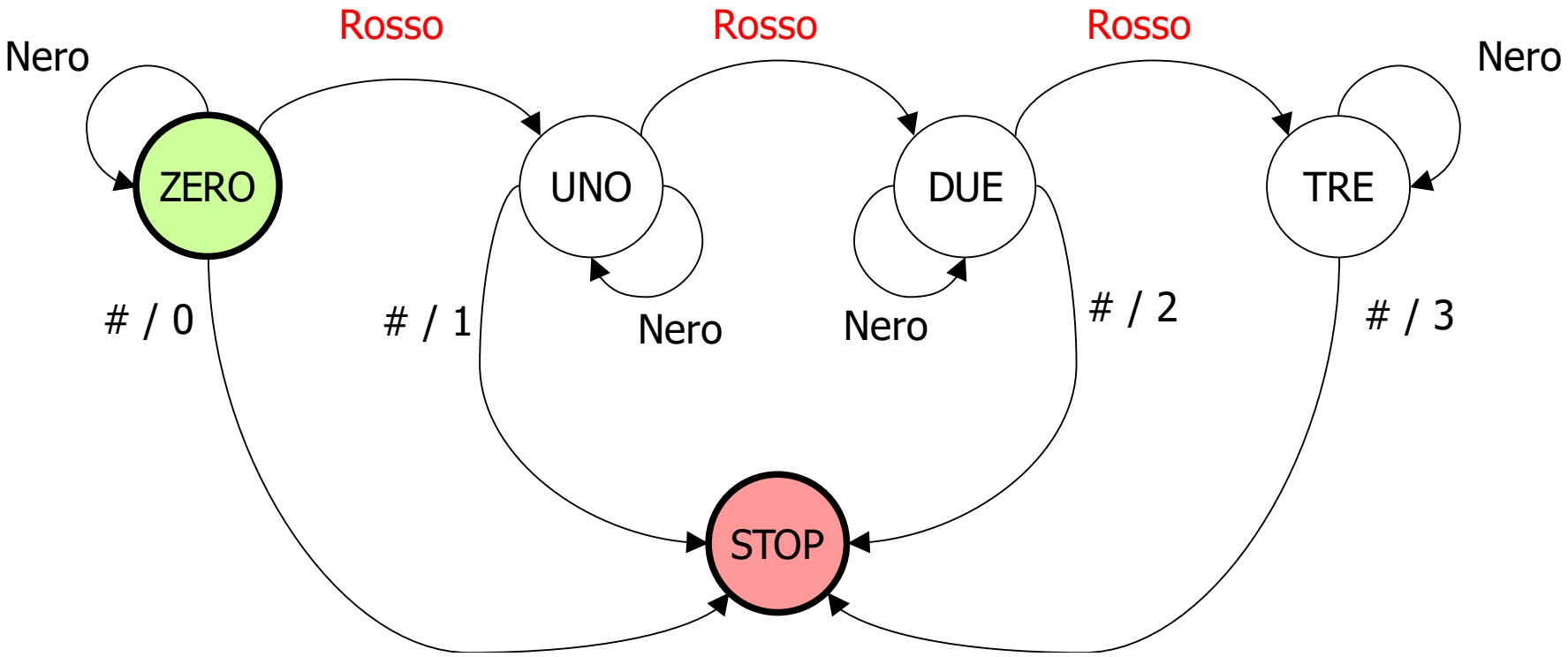
- Nero Rosso Rosso Nero #



CC BY NC SA

Contare quanti "rosso" ci sono... OK

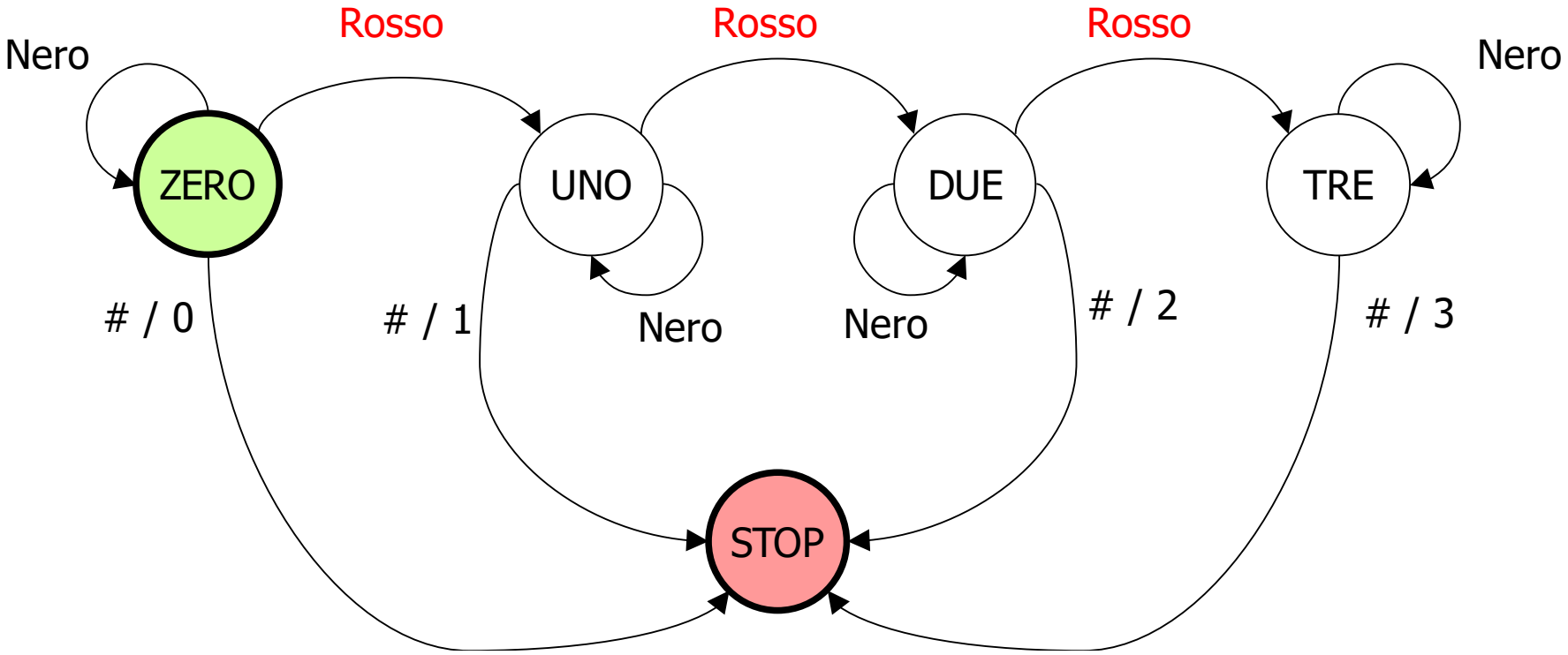
- Nero Rosso Rosso Nero Rosso Nero #



CC BY NC SA

Contare quanti "rosso" ci sono... ???

- Nero Rosso Rosso Nero Rosso Nero Rosso #



CC BY NC SA

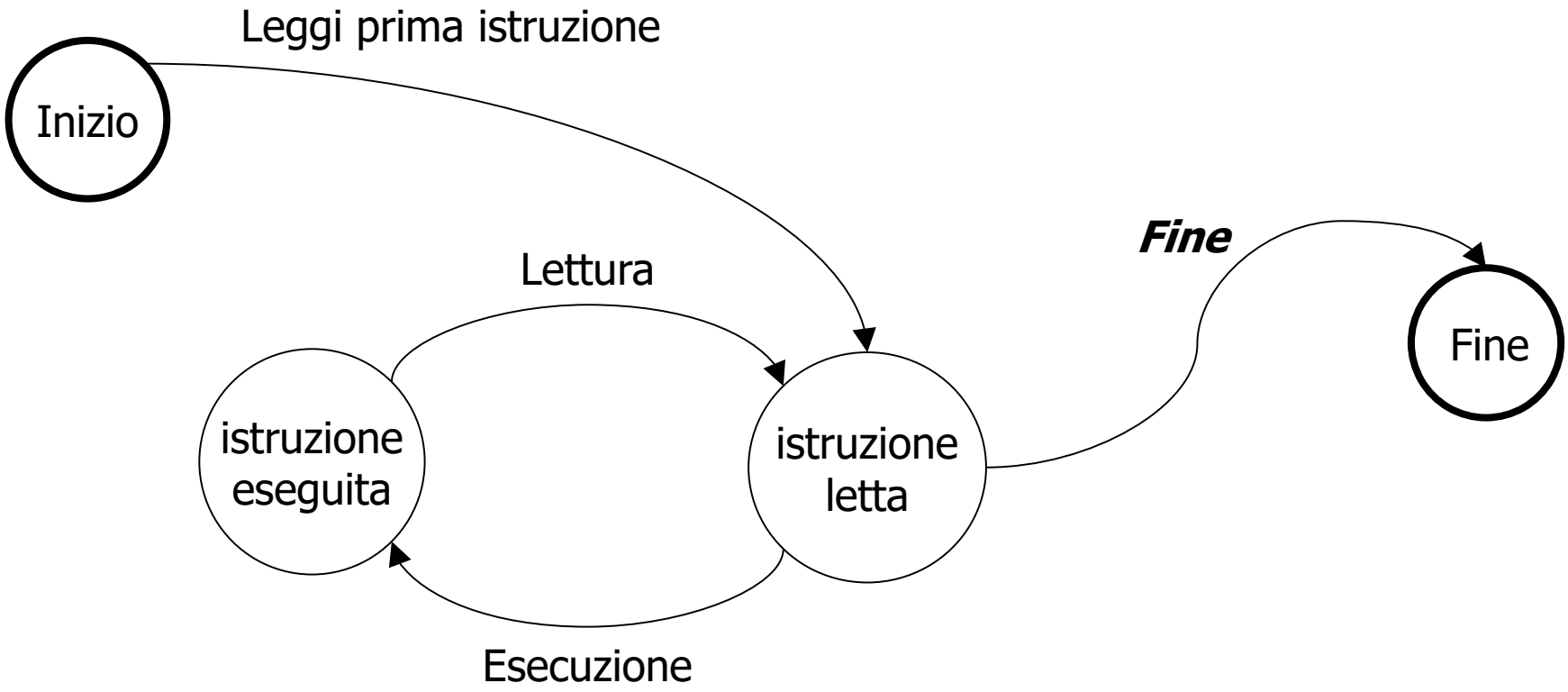
- Macchina di Turing
- **Macchina a registri**
- I registri sono scatole numerate (R1, R2, R3, …) che contengono valori interi (sassolini)

Registro	Valore
R1	● ● ● ●
R2	● ●
R3	

CC BY NC SA

Cosa fa la macchina a registri?

- Ripete un ciclo senza fine di lettura ed esecuzione di istruzioni



Vediamo quali sono le istruzioni della macchina a registri

- Ce ne bastano quattro

CC BY NC SA

Tipo di istruzione	Comportamento
Fine	La macchina si arresta

Tipo di istruzione	Comportamento
Incrementa R*x*	La macchina aumenta di 1 il valore contenuto nel registro R*x* e ricorda che la prossima istruzione da eseguire è quella successiva

- Eseguire il seguente programma:

Registro	Valore
R1	● ● ●
R2	● ●
R3	

Indirizzo	Istruzione
101	Incrementa R1
102	Incrementa R3
103	Fine

Tipo di istruzione	Comportamento
Incrementa R*x*	La macchina aumenta di 1 il valore contenuto nel registro R*x* e ricorda che la prossima istruzione da eseguire è quella successiva

- Risultato finale:

Registro	Valore
R1	● ● ● ●
R2	● ●
R3	●

Indirizzo	Istruzione
101	Incrementa R1
102	Incrementa R3
103	Fine

Tipo di istruzione	Comportamento
Vai *n*	La macchina ricorda che la prossima istruzione da eseguire è quella di indirizzo *n*

- Eseguire il seguente programma:

Registro	Valore
R1	● ● ●
R2	● ●
R3	

Indirizzo	Istruzione
101	Incrementa R1
102	Incrementa R3
103	Vai 101
104	Fine

CC BY NC SA

Tipo di istruzione	Comportamento
Vai *n*	La macchina ricorda che la prossima istruzione da eseguire è quella di indirizzo *n*

- Non si arresta mai !

Registro	Valore
R1	● ● ● ● …
R2	● ●
R3	● ● ● ● …

Indirizzo	Istruzione
101	Incrementa R1
102	Incrementa R3
103	Vai 101
104	Fine

CC BY NC SA

Tipo di istruzione	Comportamento
R*x* DoV *n*	• Se nel registro R*x* c'è un valore maggiore di 0 allora la macchina lo diminuisce di 1 e ricorda che la prossima istruzione da eseguire è quella successiva. • Se invece c'è 0 allora la macchina non fa niente e ricorda che la prossima istruzione da eseguire è quella di indirizzo *n* (per ricordarsi: DoV = Decrementa o Vai)

- Eseguire il seguente programma:

Registro	Valore
R1	● ●
R2	●
R3	

Indirizzo	Istruzione
101	R1 **DoV** 104
102	**Incrementa** R3
103	**Vai** 101
104	**Fine**

Tipo di istruzione	Comportamento
R*x* DoV *n*	• Se nel registro R*x* c'è un valore maggiore di 0 allora la macchina lo diminuisce di 1 e ricorda che la prossima istruzione da eseguire è quella successiva. • Se invece c'è 0 allora la macchina non fa niente e ricorda che la prossima istruzione da eseguire è quella di indirizzo *n* (per ricordarsi: DoV = Decrementa o Vai)

- Cosa fa? *Sposta un valore da R1 a R3*

Registro	Valore
R1	
R2	●
R3	● ●

Indirizzo	Istruzione
101	R1 **DoV** 104
102	**Incrementa** R3
103	**Vai** 101
104	**Fine**

Tipo di istruzione	Comportamento
Fine	La macchina si arresta.
Incrementa R*x*	La macchina aumenta di 1 il valore contenuto nel registro R*x* e ricorda che la prossima istruzione da eseguire è quella successiva.
R*x* **DoV** *n*	• Se nel registro R*x* c'è un valore maggiore di 0 allora la macchina lo diminuisce di 1 e ricorda che la prossima istruzione da eseguire è quella successiva. • Se invece c'è 0 allora la macchina non fa niente e ricorda che la prossima istruzione da eseguire è quella di indirizzo *n*. (per ricordarsi: **DoV** = Decrementa o Vai)
Vai *n*	La macchina ricorda che la prossima istruzione da eseguire è quella di indirizzo *n*.

CC BY NC SA

- Eseguire il seguente programma

Registro	Valore
R1	● ● ● ● ●
R2	● ●
R3	

Indirizzo	Istruzione
101	R2 **DoV** 104
102	R1 **DoV** 104
103	**Vai** 101
104	**Fine**

CC BY NC SA

- Cosa fa? *Sottrae il valore di R2 da R1*

Registro	Valore
R1	● ● ●
R2	● ●
R3	

Indirizzo	Istruzione
101	R2 **DoV** 104
102	R1 **DoV** 104
103	**Vai** 101
104	**Fine**

CC BY NC SA

Tipo di istruzione	Comportamento
Fine	La macchina si arresta.
Incrementa R*x*	La macchina aumenta di 1 il valore contenuto nel registro R*x* e ricorda che la prossima istruzione da eseguire è quella successiva.
R*x* **DoV** *n*	• Se nel registro R*x* c'è un valore maggiore di 0 allora la macchina lo diminuisce di 1 e ricorda che la prossima istruzione da eseguire è quella successiva. • Se invece c'è 0 allora la macchina non fa niente e ricorda che la prossima istruzione da eseguire è quella di indirizzo *n*. (per ricordarsi: **DoV** = Decrementa o Vai)
Vai *n*	La macchina ricorda che la prossima istruzione da eseguire è quella di indirizzo *n*.
Leggi R*x*	La macchina sostituisce il contenuto del registro Rx con il prossimo simbolo della sequenza e ricorda che la prossima istruzione da eseguire è quella successiva.

CC BY NC SA

Tipo di istruzione	Comportamento
Leggi R*x*	La macchina sostituisce il contenuto del registro R*x* con il prossimo simbolo della sequenza e ricorda che la prossima istruzione da eseguire è quella successiva.

- Eseguire il seguente programma:

Registro	Valore
R1	● ● ●
R2	● ●
R3	● ● ● ● ●

Indirizzo	Istruzione
101	Leggi R2
102	Leggi R1
103	Fine

- Su questa sequenza:

1°	2°	3°
● ● ●	●	● ●

Tipo di istruzione	Comportamento
Leggi R*x*	La macchina sostituisce il contenuto del registro R*x* con il prossimo simbolo della sequenza e ricorda che la prossima istruzione da eseguire è quella successiva.

- Risultato finale:

Registro	Valore
R1	●
R2	● ● ●
R3	● ● ● ● ●

Indirizzo	Istruzione
101	Leggi R2
102	Leggi R1
103	Fine

1°	2°	3°
● ● ●	●	● ●

cc BY NC SA

- Adesso possiamo contare quanti "Rosso" ci sono in una sequenza

- Stabiliamo di rappresentare
  - Rosso con 2 sassolini
  - Nero con 1 sassolino
  - # con 0 sassolini

CC BY NC SA

- Eseguire il seguente programma:

Registro	Valore
R1	
R2	
R3	

Indirizzo	Istruzione
101	**Leggi** R2
102	R2 **DoV** 106
103	R2 **DoV** 105
104	**Incrementa** R3
105	**Vai** 101
106	**Fine**

- Su questa sequenza:

1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°
● ●	●	● ●	● ●	●	● ●	

1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°
● ●	●	● ●	● ●	●	● ●	

Registro	Valore
R1	
R2	
R3	

Indirizzo	Istruzione
101	**Leggi** R2
102	Se vuoto vai a 106, altrimenti decrementa: se c'era un solo sassolino si svuota e si prosegue
103	Se vuota vai a 105, altrimenti decrementa e si prosegue
104	Qui ha fatto due decrementi di fila, quindi c'erano due sassolini e si aggiunge uno a R3
105	**Vai** 101
106	**Fine**

CC BY NC SA

Conclusioni

- Automa: esegue il "calcolo" automatico
- Meccanizzazione del processo produttivo che produce simboli a partire da simboli
- Descrivere realtà da questa angolatura è ciò che fanno gli informatici: un punto di vista sul mondo che usa termini specifici: *rappresentazione*, *automa*, *programma*, *algoritmo*, ... così come accade ad altre discipline
  - Biologi: metabolismo e riproduzione
  - Fisici: forza e massa
  - Matematici: grandezze e relazioni
- Informatici: **processi automatici di elaborazione di rappresentazioni**

CC BY NC SA

Note aggiunte post-laboratorio

- La notazione per i registri è stata resa più precisa
- Nel capitolo 4, sezione 4.2 (Automa e linguaggio) del mio libro La Rivoluzione Informatica
  https://edizionithemis.it/catalogo/digitale-e-societa/la-rivoluzione-informatica
  si trovano sviluppati altri esempi di automi a stati finiti e un esempio più elaborato di macchina a registri

CC BY NC SA

GRAZIE!

Enrico Nardelli

Univ. Roma “Tor Vergata”

http://www.mat.uniroma2.it/~nardelli/

@enriconardelli

http://www.linkedin.com/in/enriconardelli

https://www.facebook.com/enrico.nardelli