

# Reti Neurali Artificiali

*Michele Orrù*



# Indice

- Introduzione
  - Intelligenza Artificiale;
  - Reti Neurali;
- Reti Neurali
  - Biologia;
  - Matematica;
  - Informatica;
- Implementazione
  - Python
  - C++



# “Le macchine possono pensare?”

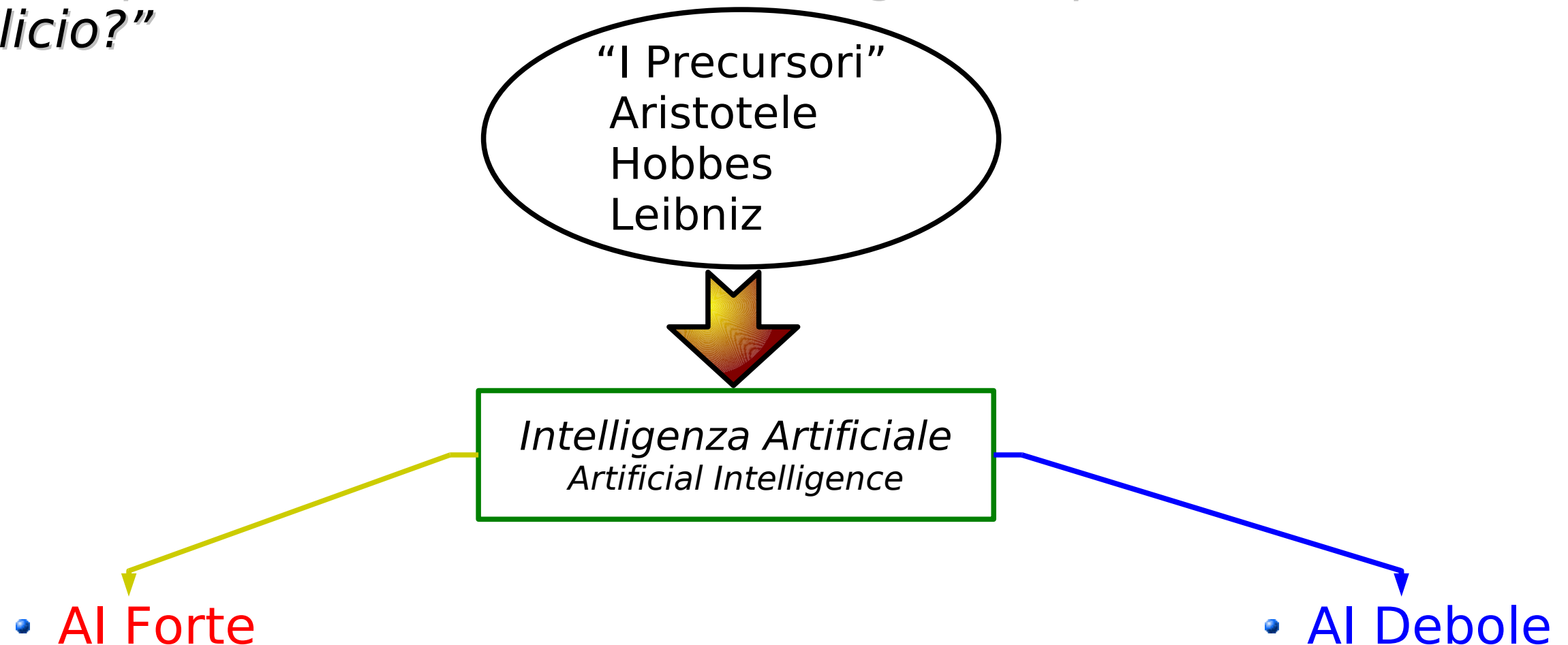
Nella sua accezione più generale, con ***Intelligenza Artificiale*** si intende la capacità di una macchina di operare in maniera intelligente, sebbene ciò non implichi la “coscienza” della macchina.

*"La prima macchina ultraintelligente è l'ultima invenzione che l'uomo dovrà compiere."*

*Speculation concerning the First Ultraintelligent Machine, Irving John Good*

# Intelligenza Artificiale: dibattito

*"Cosa può vantare un atomo di idrogeno rispetto a uno di silicio?"*



## • AI Forte

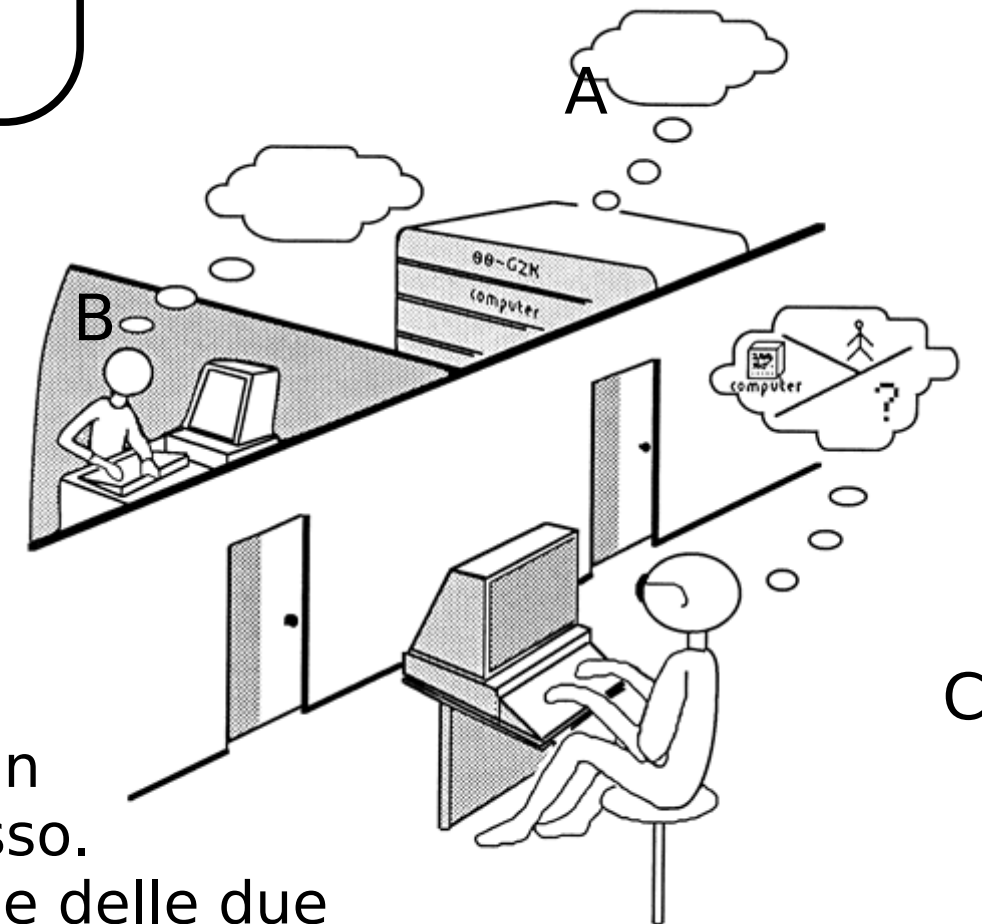
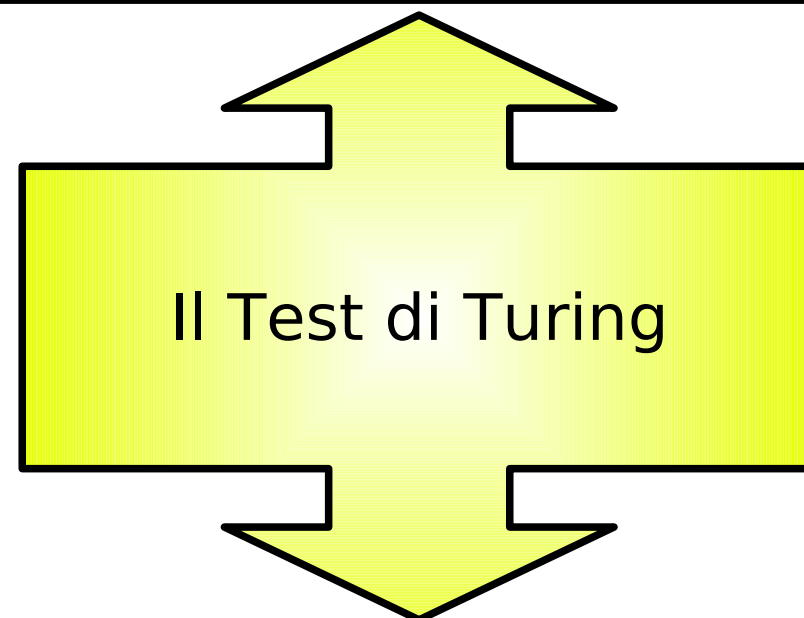
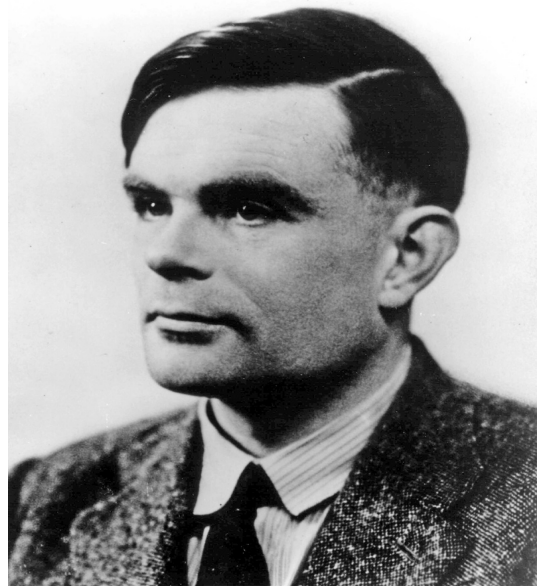
Sostiene la possibilità che una macchina, opportunamente programmata, **sia** una mente **indistinguibile** da un essere umano.

## • AI Debole

Sostiene l'impossibilità da parte di una macchina di riprodurre **tutti** i processi cognitivi tipici dell'uomo.

# Il test di Turing

Ha lo scopo di fornire un criterio per determinare se una macchina è in grado di pensare in base a delle semplici domande.

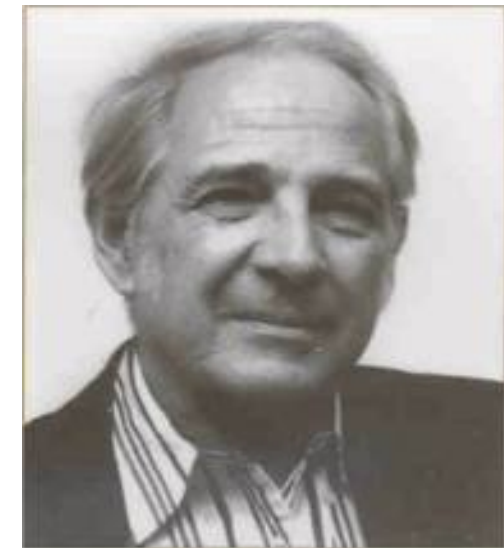
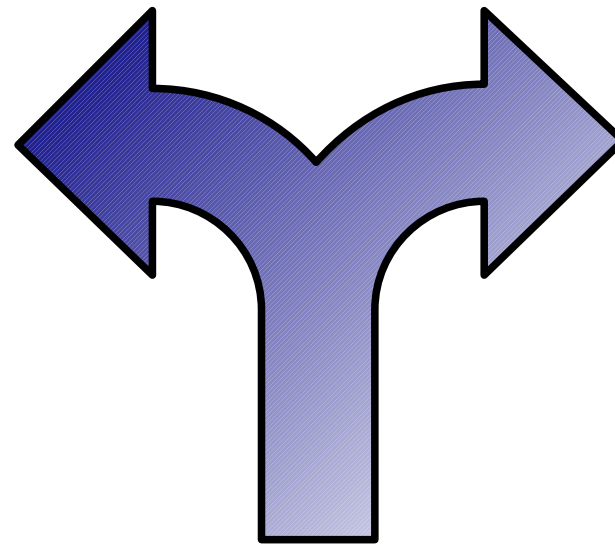


«Vi sono tre giocatori: un uomo ( A ), una donna ( B ), e un interrogante ( C ), che può essere dell'uno o dell'altro sesso. [...] Scopo per l'interrogante è quello di determinare quale delle due persone sia l'uomo e quale la donna. [...] Scopo del gioco per il terzo giocatore ( B ) è quello di aiutare l'interrogante. [...] Chiediamoci ora “Che cosa accadrebbe se in questo gioco una macchina prenderà il posto di A?” L'interrogante sbaglierà altrettanto spesso in questo caso di quando il gioco è effettuato tra un uomo e una donna? Queste domande sostituiscono la nostra domanda originaria “Le macchine possono pensare?”»



# AI Debole: la Stanza Cinese

Si tratta di un esperimento mentale fatto da John R. Searle, e pubblicato nell'articolo "Menti, Cervelli e Programmi", dove viene espressa essenzialmente la tesi che un computer non è condizione sufficiente di intenzionalità.



«Supponiamo che io sia chiuso dentro una stanza e che mi si dia una serie di fogli scritti in cinese. [...] Ora supponiamo anche che dopo questo primo esperimento mi si dia un secondo pacco di fogli, sempre scritto in cinese, insieme con *una serie di regole per mettere in relazione il secondo plico con il primo*. Le regole sono in inglese e io capisco queste regole come qualunque altro inglese madrelingua. Esse mi rendono possibile *mettere in relazione una serie di simboli formali con un'altra serie di simboli formali*.[...] Ora supponiamo anche che mi si dia una terza serie di simboli cinesi con relative istruzioni, sempre in inglese, che mi rendano possibile correlare elementi di questo terzo pacco con i primi due, e che queste regole mi istruiscano su come riprodurre certi simboli cinesi con certi tipi di forme datemi nel terzo plico..[...] Nel caso del cinese, [...] **produco risposte col manipolare di simboli formali non interpretati**.[...] Per il caso del cinese, io sono semplicemente un'istanza di un programma per computer.»

# Intelligenza Artificiale: applicazioni

## Eliza (1966)

Si tratta di un programma che simula le domande di uno psicoterapeuta (come disse l'autore J. Weizebaum) basando il dialogo sulla riformulazione delle risposte dell'interlocutore.

## SHRDLU (1968-1970)

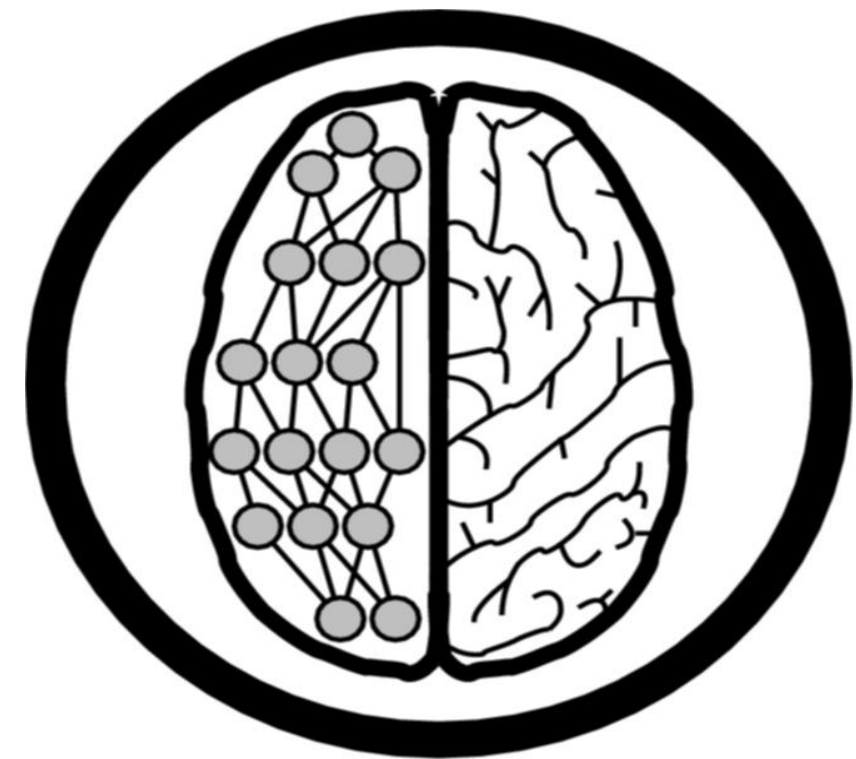
Scritto in lisp, era capace di comprendere il linguaggio naturale inglese, all'interno di un piccolo mondo dove era in grado di spostare oggetti.

Gnu GCC

# Reti Neurali

*"La facoltà della nostra intelligenza scaturisce dalla nostra poliedricità, e non da un unico principio preciso."*

Martin Minski



*"Le reti neurali artificiali: sono [...] costrutti matematici che in qualche misura imitano le proprietà dei neuroni viventi. Questi modelli matematici possono essere utilizzati sia per ottenere una comprensione delle reti neurali biologiche, ma ancor di più per risolvere problemi ingegneristici di intelligenza artificiale come quelli che si pongono in diversi ambiti tecnologici (in elettronica, informatica, simulazione, e altre discipline)."*

**Wikipedia**, The Free Encyclopedia.



# Reti Neurali Biologiche: il Sistema Nervoso

Per ***Sistema Nervoso*** s'intende un'unità morfo-funzionale caratterizzata da cellule altamente specializzate nell'elaborazione di segnali bioelettrici.

***Cellule Nervose,***  
Vettori dell'informazione.

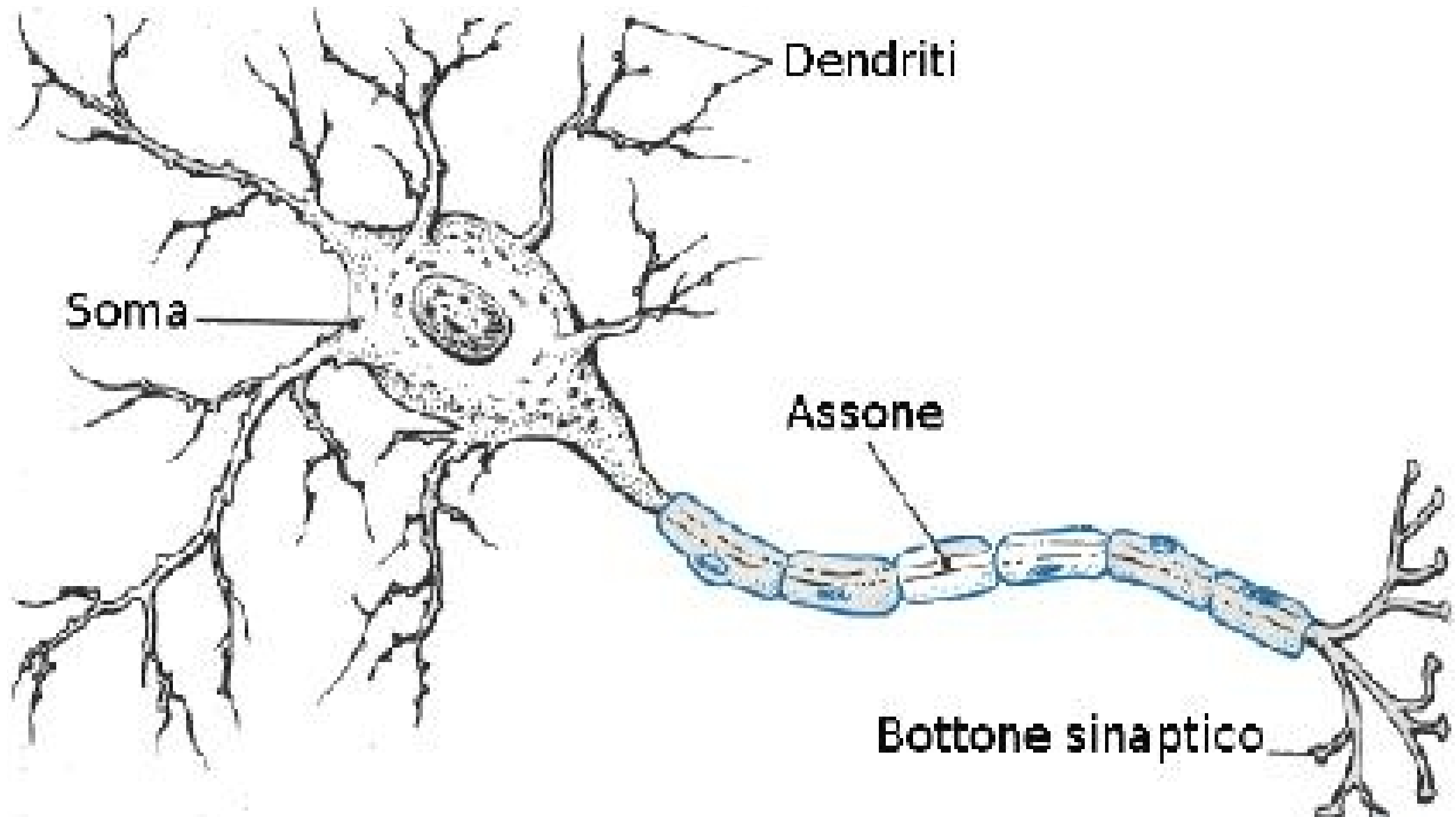
***Cellule della Glia,***  
Supporto metabolico.

Acquisizione sensoriale → neuroni sensoriali;

Stimolo motorio → neuroni motori;

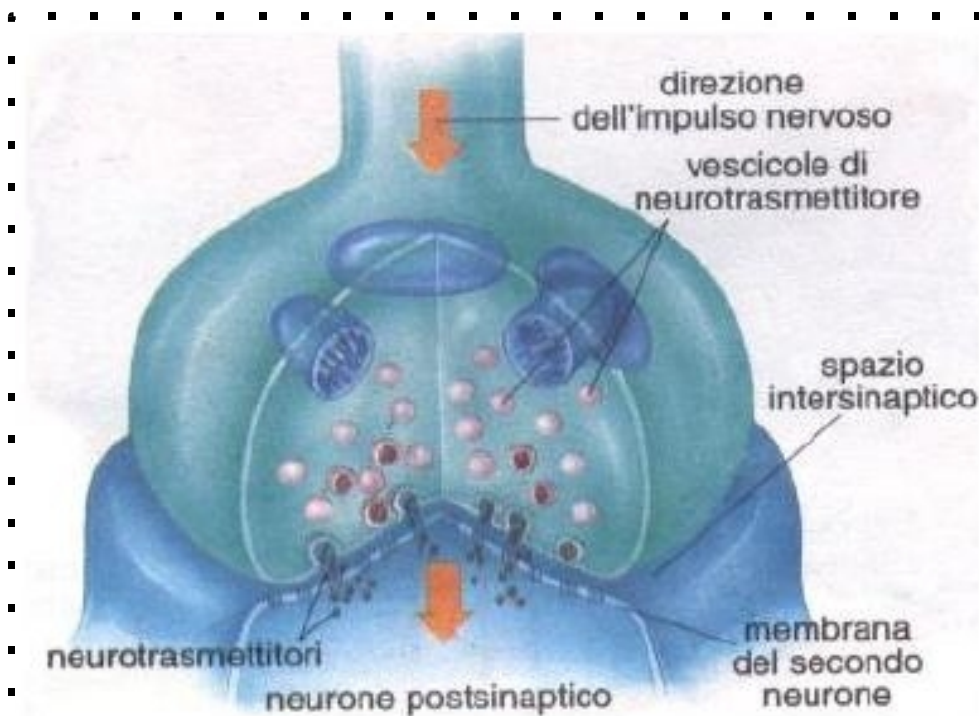
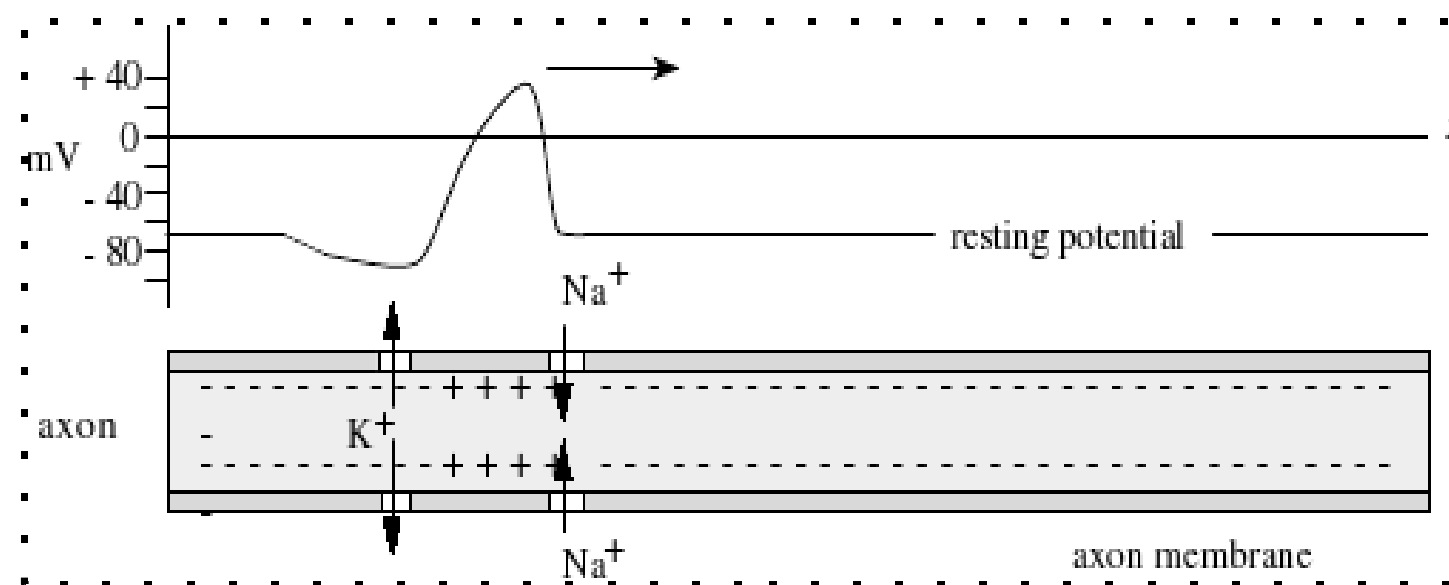
Integrazione → interneuroni (SNC);

# Reti Neurali Biologiche: il Neurone



# Reti Neurali Biologiche: propagazione segnale

Un neurone a riposo ha un potenziale d'azione, di circa **-70mV**. Se uno stimolo esterno è abbastanza forte da far salire questa carica al potenziale di soglia (solitamente **-50mV**), il neurone inverte bruscamente la sua polarità (arriva a circa **+35mV**), scaricando *verso destra*.

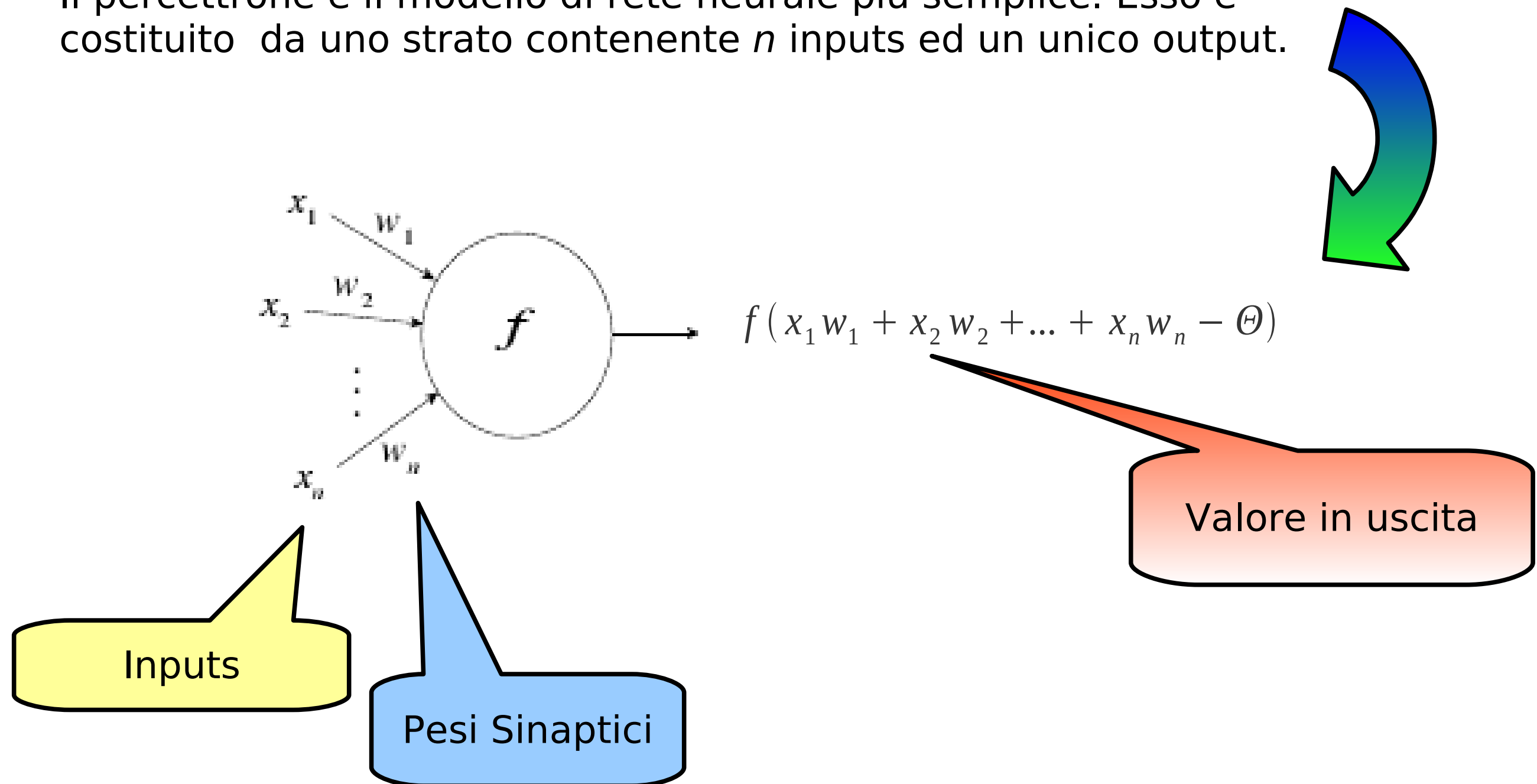


All'arrivo dell'impulso elettrico nei bottoni sinaptici il segnale viene convertito in *segnale chimico (attraverso i neurotrasmettitori)*, e successivamente trasportato ai neuroni successivi attraverso delle apposite vescicole. Il legame tra neurotrasmettitore e recettore provoca una *trasduzione* del segnale (sinapsi **eccitatoria** o **inibitoria**).

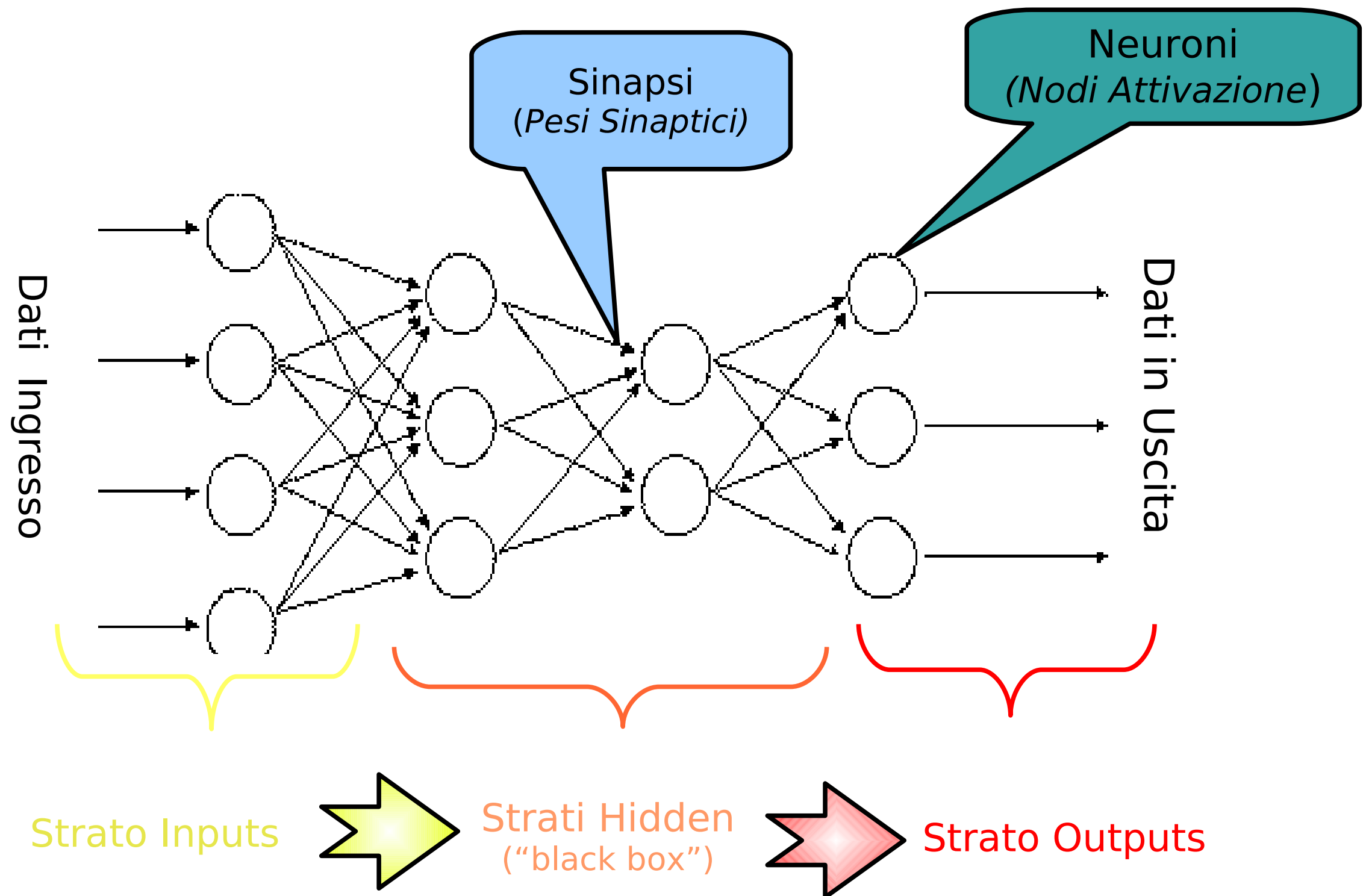
# Reti Neurali: il percettrone

*“Cogito, ergo sum[mo].”*

Il percettrone è il modello di rete neurale più semplice. Esso è costituito da uno strato contenente  $n$  inputs ed un unico output.

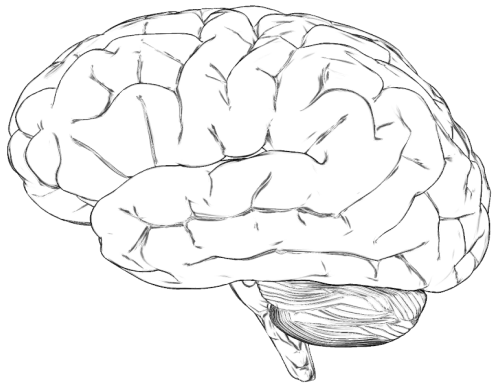
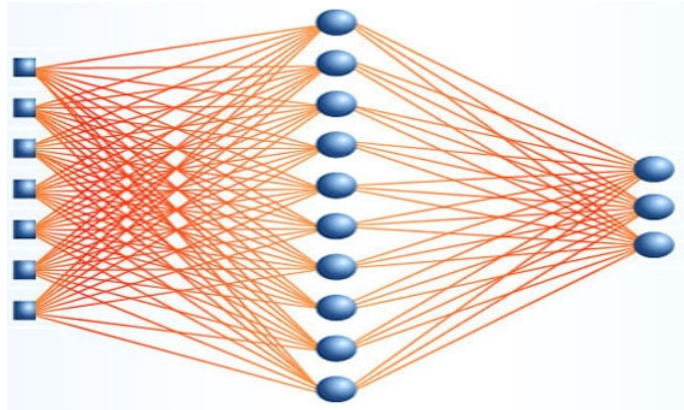


# Reti Neurali Artificiali

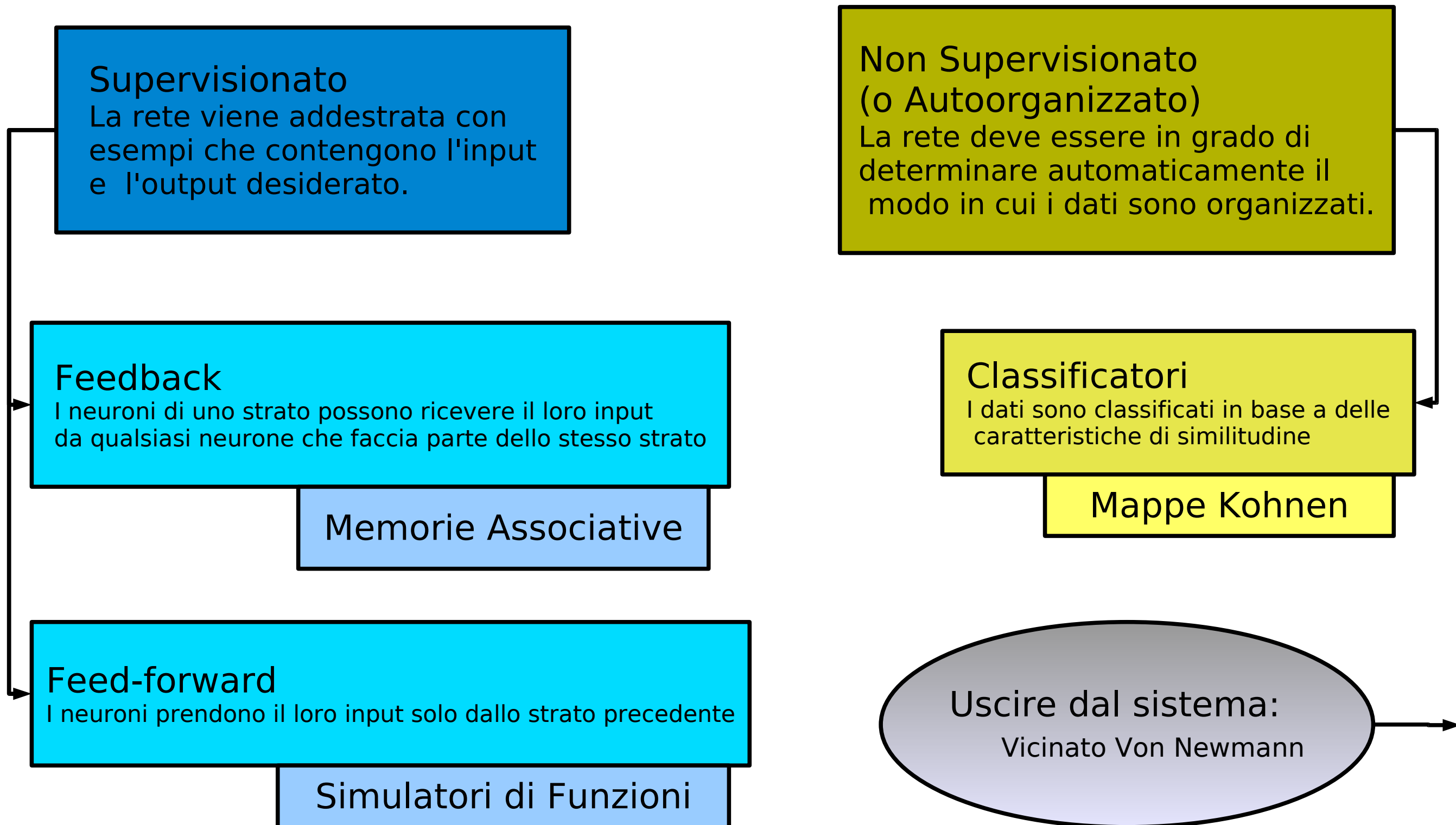




# Reti Neurali: confronto

	<p>BNN</p> 	<p>ANN</p> 
<i>struttura</i>	$V_m \sim 150 \frac{m}{s}$	<p>“almeno un milione di volte superiore”*</p>
<i>metodologia</i>	<p>Le reti neurali biologiche si intersecano in una fittissima rete di neuroni (si parla di circa 100 miliardi nel solo cervello), che per il loro parallelismo e per la loro complessità non è stato ancora possibile emularle.</p>	<p>Le reti neurali artificiali non considerano l'intera complessità della rete, bensì rendono dei principi fondamentali delle reti biologiche astratti, concependo così ciascun neurone come una funzione.</p>
<i>evoluzione</i>	<p>”[...] i mammiferi hanno aggiunto circa un pollice cubo di materia grigia ogni centomila anni”*</p>	<p>“[...] abbiamo raddoppiato la capacità dei computer ogni anno.”*</p>

# Modelli di Reti Neurali



# Reti Neurali Artificiali: storia

W. S. Culloch e W. Pitts mostrano come possa essere possibile realizzare una rete neurale usando algoritmi matematici.

Paul Werbros crea la prima rete che fa uso di strati hidden, utilizzando la retropropagazione dell'errore.

Frank Rosenblatt crea la prime rete neurale che implementa l'apprendimento precedentemente proposto da Hebb.

Hebb introduce l'addestramento di una rete neurale suggerendo la modifica delle sinapsi in biologia.

Martin Minsky e S. Papert mostrano l'incapacità di una rete neurale di risolvere un'operazione XOR (risolvibile con l'uso di almeno uno strato hidden).

1943      1949      1962      1969      1974      ~1980

# Reti Feed Forward: propagazione

Attivazione neuroni

$$y_j = f(P_j - \Theta)$$

Somma Pesata

$$P_j = \sum_{i=1}^n w_{ij} x_i$$

$$w_{0j} \cdot x_0 + w_{1j} \cdot x_1 + \dots + w_{nj} \cdot x_n - \Theta \geq 0$$

Soglia attivazione

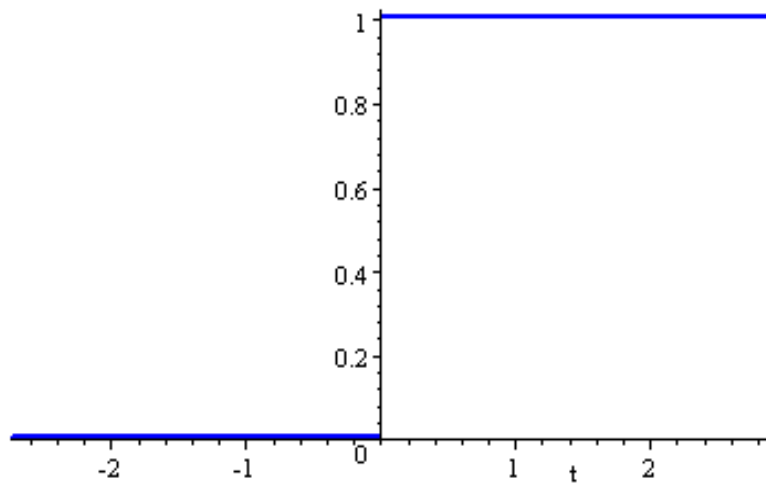
$$P_j \geq \Theta$$

Funzione di Trasferimento

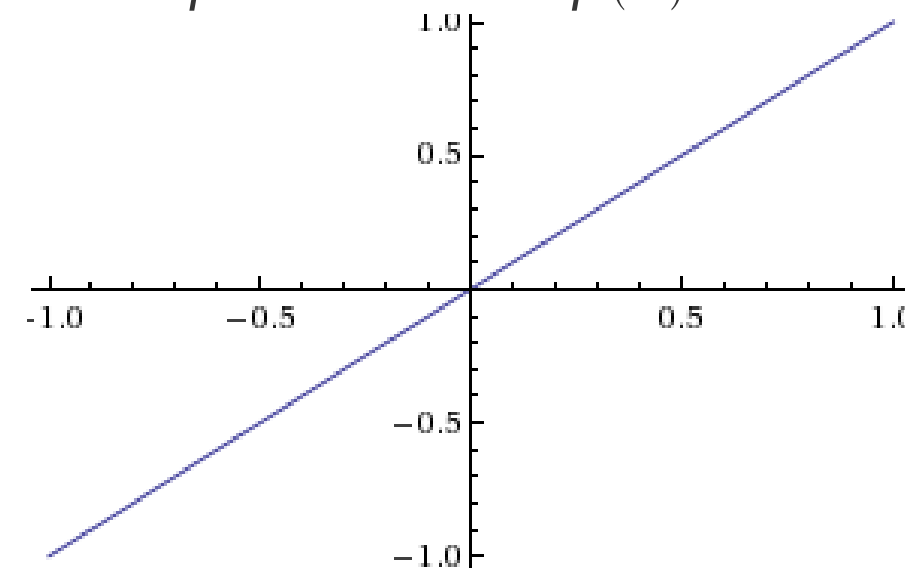
$$\begin{aligned} f: x \rightarrow x & \quad f(x) = x \\ f: x \rightarrow \{0, 1\} & \quad f(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x \geq 0 \\ 0 & \text{if } x < 0 \end{cases} \\ f: x \rightarrow [0, 1] & \quad f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \\ f: x \rightarrow [-1, 1] & \quad f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \end{aligned}$$

# Reti Neurali Artificiali: funzioni di trasferimento

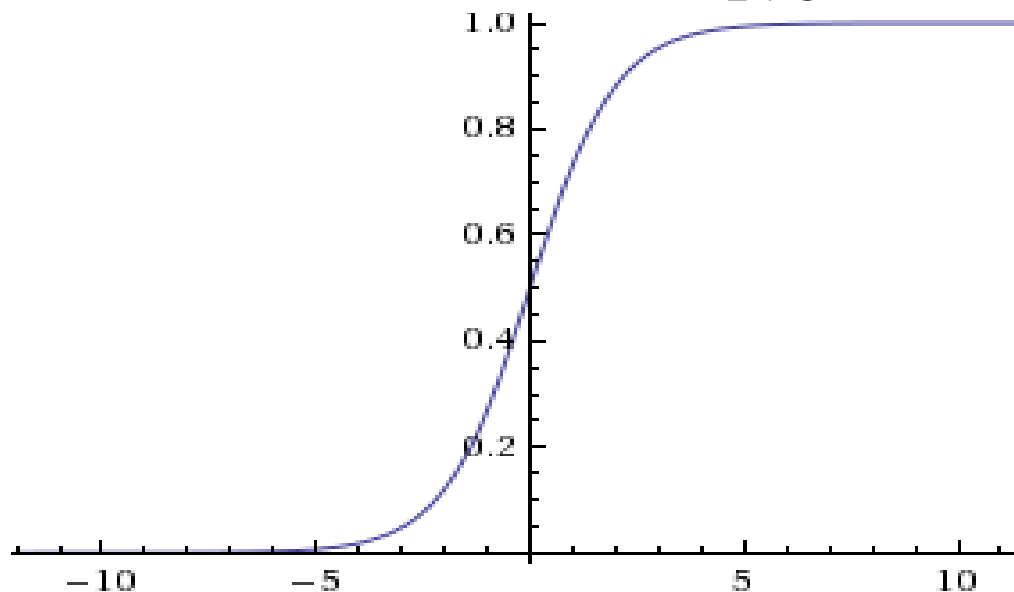
$$f : x \rightarrow \{0, 1\} \quad f(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x \geq 0 \\ 0 & \text{if } x < 0 \end{cases}$$



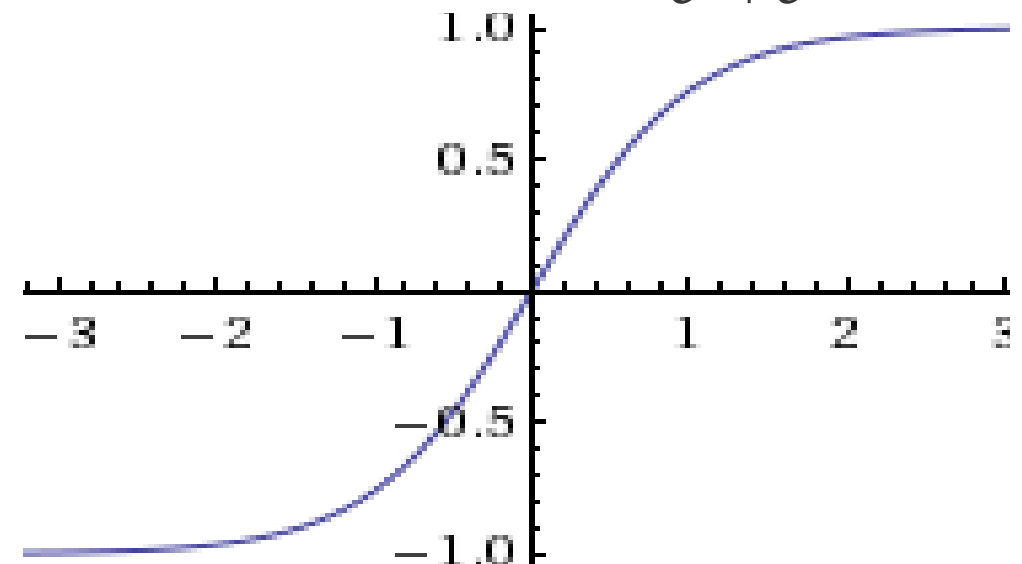
$$f : x \rightarrow x \quad f(x) = x$$



$$f : x \rightarrow [0, 1] \quad f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$



$$f : x \rightarrow [-1, 1] \quad f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$$





# Reti Feed-forward: modifica pesi

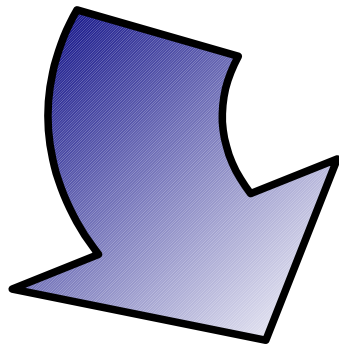
$$Err_{tot} = \sum_i \frac{(d_i - y_i)^2}{2}$$

Apprendimento  
 $\Delta w_{ij} = w_{ij}(t+1) - w_{ij}(t)$

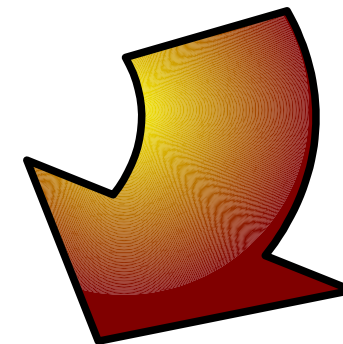
Retropropagazione dell'errore  
*backpropagation*

Algoritmi Genetici  
*GAs*

....



È un particolare tipo di apprendimento che sfrutta l'errore tra le uscite vere e quelle desiderate. L'algoritmo usa questo risultato per modificare i pesi delle connessioni in uscita e degli strati precedenti.



È un metodo euristico di ricerca ed ottimizzazione, ispirato al principio della selezione naturale di Charles Darwin che regola l'evoluzione biologica.

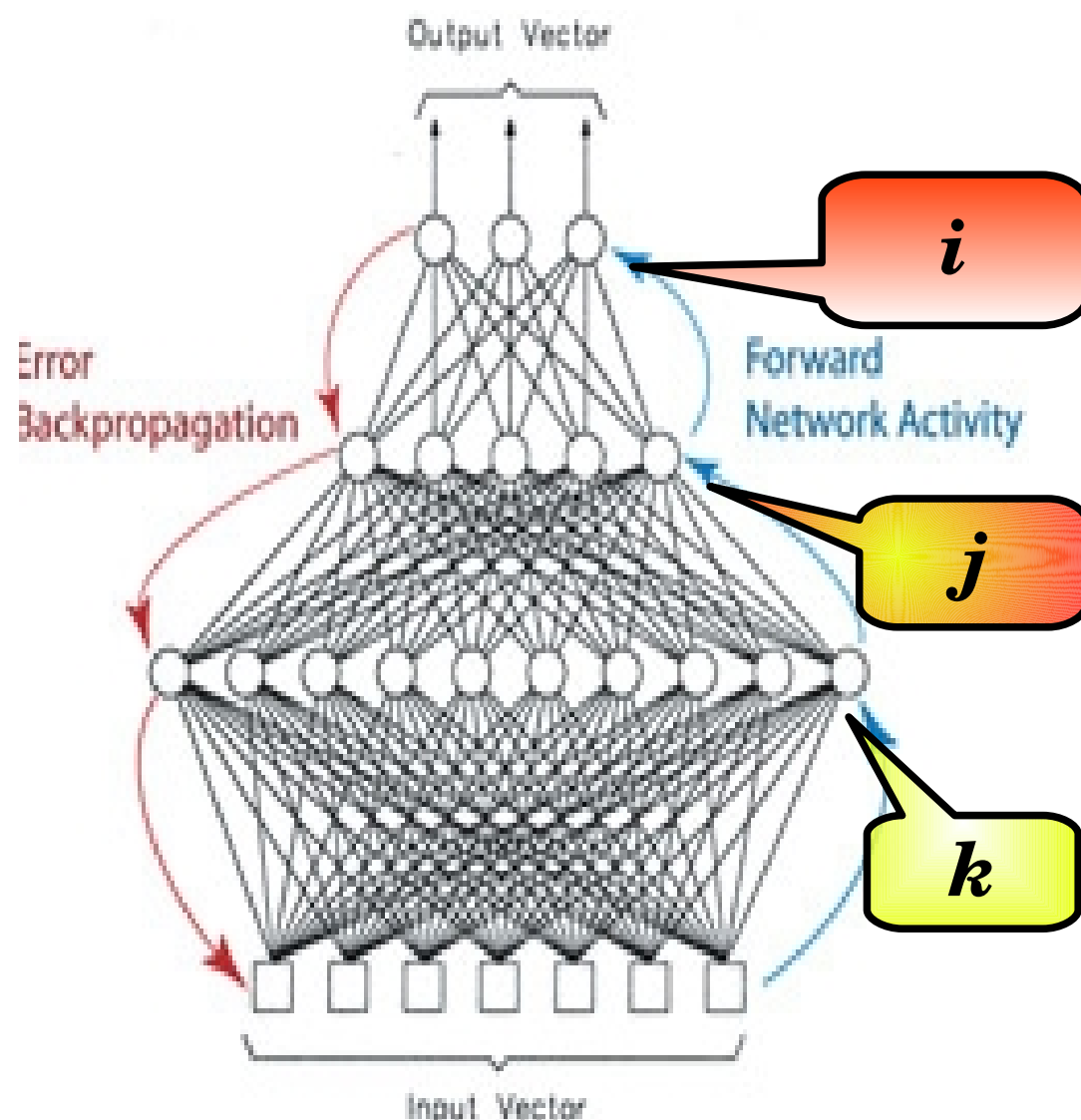
# Reti FeedForward: retropropagazione

$$\Delta w_{i(i-1)} = \varepsilon P_i \Delta_{(i-1)}$$

$\eta, \varepsilon$ , o costante di apprendimento, è scelta in base allo scopo della rete. Assume valori compresi tra 0 e 1:  
Valori Bassi: maggiore precisione;  
Valori Alti: minor tempo;

$$\Delta_i = Err_i f'(\sum_k w_{ik} \cdot a_k)$$

$$\Delta_j = f'(\sum_i w_{ji} \cdot a_i) \sum_k w_{jk} \cdot \Delta_k$$

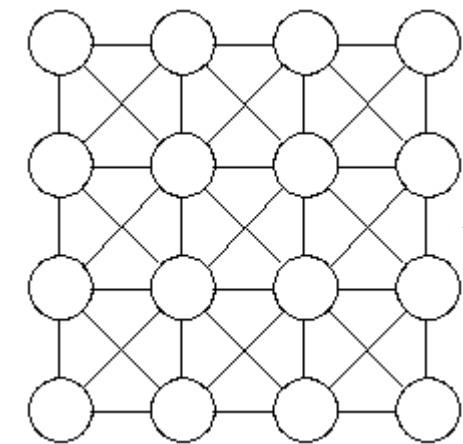


# Reti autoorganizzanti

Le reti autoorganizzanti trovano applicazione in tutti quei casi dove si desidera riordinare secondo delle classi un gruppo disordinato di dati.

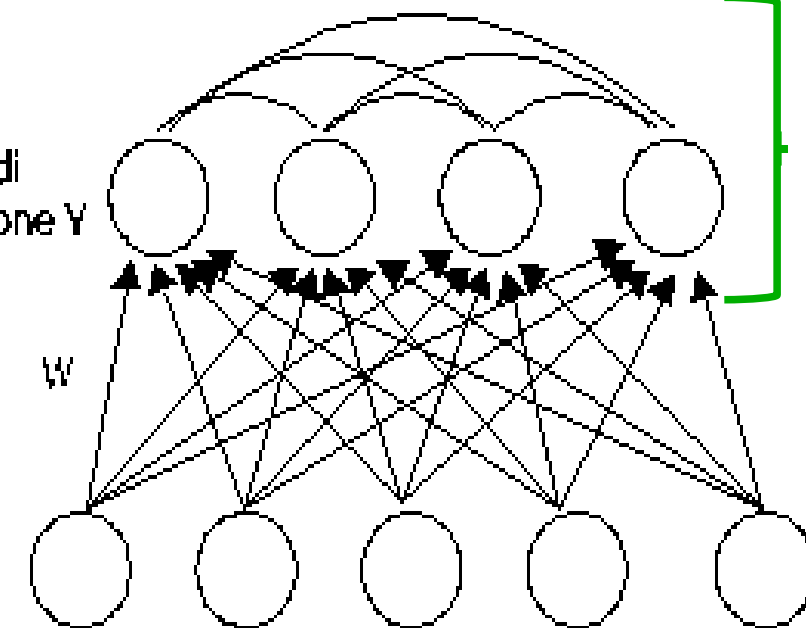
Le "Mappe di Kohlen" sono sicuramente il modello più conosciuto di reti neurali autoorganizzanti.

La rete è costituita da due soli strati (input e output). Nell'ultimo strato (strato di kohlen) i neuroni sono collegati tra loro secondo uno strato di *inibizione laterale*. In questo modo vengono a crearsi delle "**bolle di attivazione**" che identificano inputs simili.

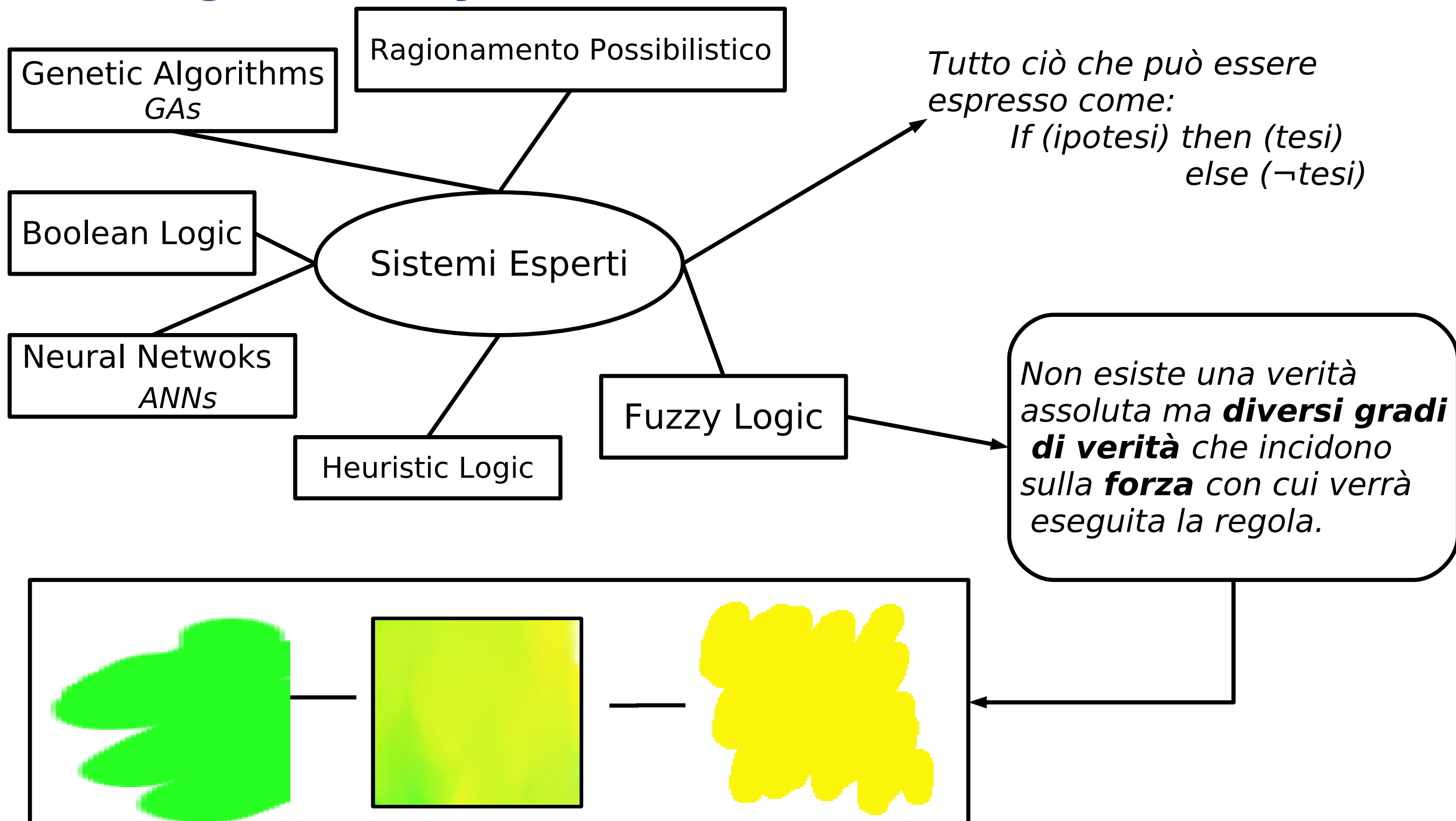


Connessioni laterali

Livello di classificazione Y



# La logica fuzzy



# Una basilare implementazione

*“Parlare è facile; mostrami il codice”*

Linus Torvalds

- Codice in:
  - Python
  - C++
    - Libreria opensource Gnuplot-cpp
- Disponibile su:
  - <http://gitorious.org/gulch-ann>

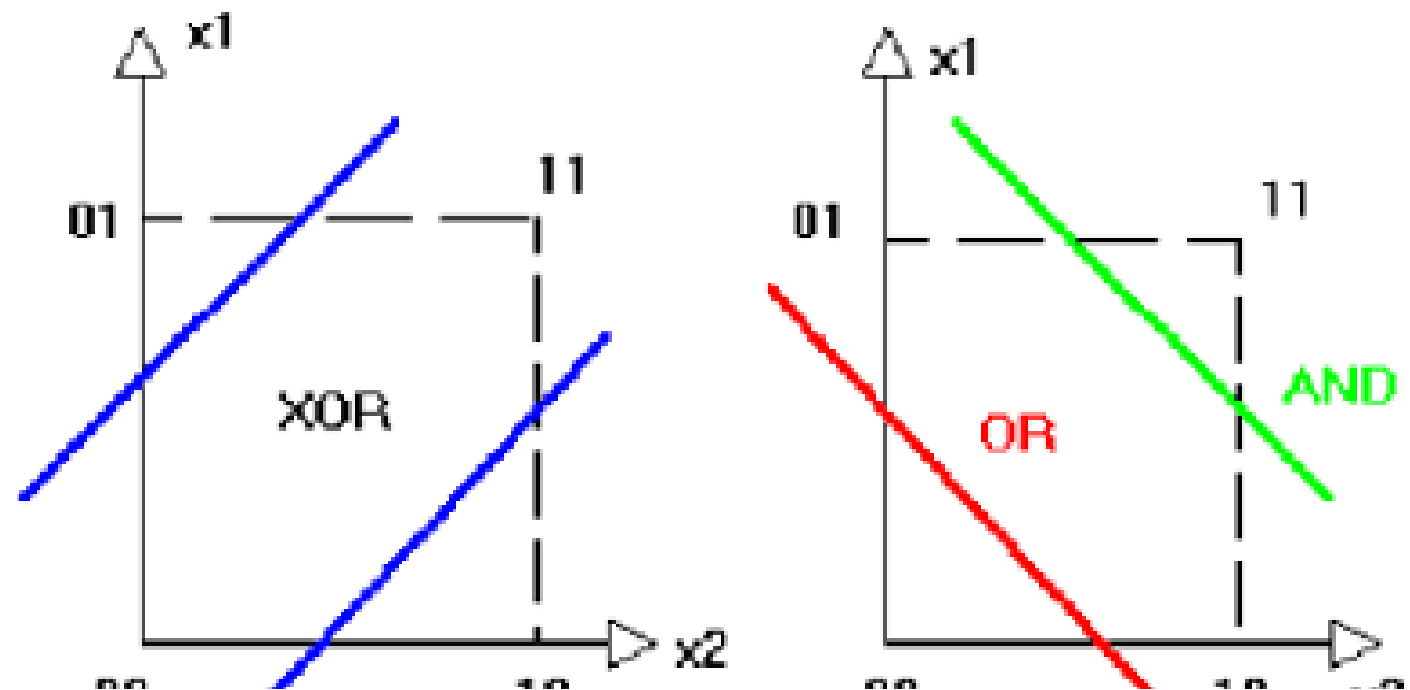




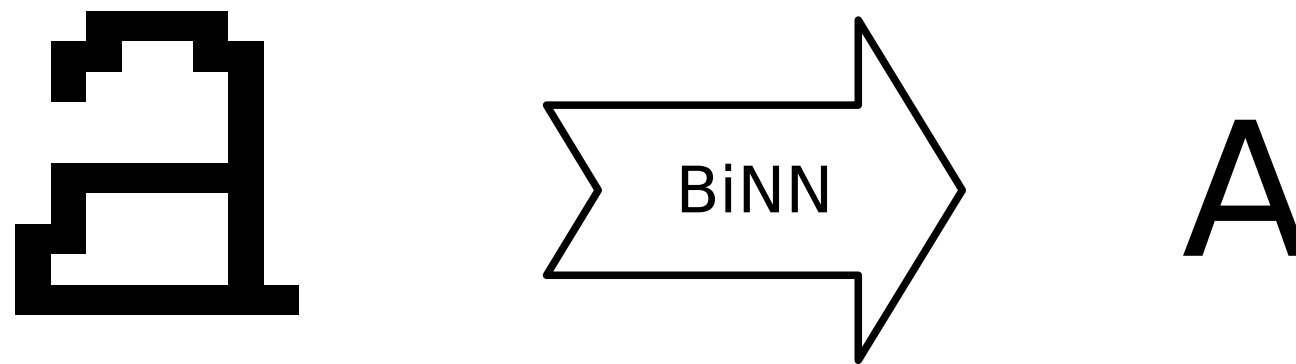
# c++: and, or e xor logico

Verremo come una rete neurale possa apprendere operatori logici come l'and, l'or e l'xor, e il problema della separabilità lineare per ciò che concerne l'xor.

Visualizzeremo dei grafici per visualizzare la fase di apprendimento di una rete, interfacciandoci a gnuplot via PIPES attraverso la libreria open source [gnuplot-cpp](#).



# Python: un semplice OCR



Lo script python, ricevendo in input immagini 10x10px, è in grado (attraverso la classe BiNN) di riconoscere la scrittura manuale.



## Attenzione!

- Al fine di poter eseguire la fase di addestramento durante il talk, la rete neurale è in grado di riconoscere *solo le prime 10 lettere* (la 'J' considerata).
- Ogni immagine deve contenere *una lettera centrata*. Nel caso in cui si abbia un input ridotto e/o eccessivamente traslato sarebbe richiesta la presenza di un preprocessor.

*"Close the world, open the nExt"*  
*Serial Experiments Lain*

***Run Code!***

***Spazio alle domande!***

# Fonti

Reti neurali su personal computer + fuzzy logic, di Luca Marchese;  
An introduction to neural networks, dell' IBM;  
Reti neurali Artificiali, di Daniele Lamartino;  
Neural Network tutorial, di Mat Buckland;  
Menti, Cervelli e Programmi, di John R. Searle;  
An introduction to neural networks using Neural++ library, di "blacklight";  
Neural Networks: a Systematic Introduction, di Raùl Rojas;

Douglas R. Hofstadter:  
*"Un'Eterna Ghirlanda Brillante"*  
*"Concetti Fluidi E Analogie Creative"*  
Daniel C. Dennett:  
*"L'io Della Mente" (con Hofstadter)*  
*"La mente e le menti"*

Richard Dawkins:  
*"Il Gene Egoista"*

Ray Kurzweil:  
*"La singolarità è vicina"*



**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**