

# **L'intelligenza artificiale da Turing a oggi**

**Salvatore Gaglio**

*Professore Emerito di Intelligenza Artificiale*

*Dipartimento di Ingegneria – Università degli Studi di Palermo*

*ICAR – CNR*

# Intelligenza Artificiale

Il termine viene coniato nel 1956 a una Conferenza presso il Dartmouth College, New Hampshire.



PROPOSTA DI UN PROGETTO DI RICERCA ESTIVO  
SULL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE PRESSO IL DARTMOUTH  
COLLEGE\*

J. McCarthy, Dartmouth College

M. L. Minsky, Università di Harvard

N. Rochester, I.B.M. Corporation

C.E. Shannon, Bell Telephone Laboratories

# I Nobel e l'IA

- Herbert Simon, Nobel per l'economia nel 1978, è stato anche un pioniere nel campo dell'IA, creando con Newell i programmi «Logic Theorist» (1956) e «General Problem Solver" (G.P.S.) (1957)
- Nobel 2024 per la fisica va a John Hopfield e Geoffrey Hinton per il *machine learning*.
- David Baker, Demis Hassabis e John M. Jumper vincono il Premio Nobel per la Chimica 2024.

Hassabis e Jumper sono ricercatori di Google DeepMind e hanno messo a punto il modello di intelligenza artificiale chiamato AlphaFold2 in grado di vedere la struttura di oltre 200 milioni di proteine.

DEC 25, 1995

# PERSON OF THE YEAR

THE  
ARCHITECTS  
OF AI



DEC 25, 1995

# PERSON OF THE YEAR

THE  
ARCHITECTS  
OF AI



# Leibniz (1646-1716)



- Necessità di descrivere il mondo mediante simboli
- Il primo a proporre l'idea che il pensiero è calcolo e a costruire una macchina per manipolare simboli (prima utilizzazione del sistema binario).
- Risolvere i conflitti umani con una tecnica formale imparziale e automatica.

# Matematica, Logica e Informatica



David  
Hilbert



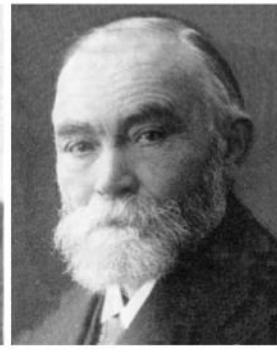
Stephen  
Kleene



Kurt  
Gödel



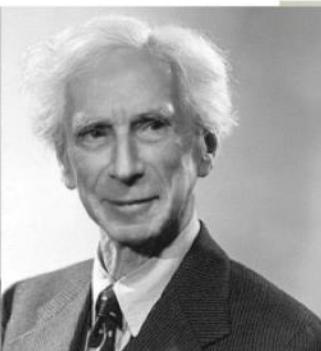
Giuseppe  
Peano



Gottlob  
Frege



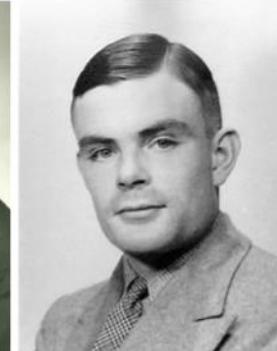
Richard  
Dedekind



Bertrand  
Russell



Alonzo  
Church



Alan  
Turing



John von  
Neumann

# Le Radici dell'IA

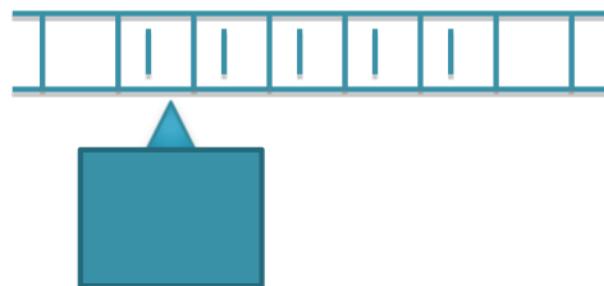
Alan Turing (1912-1954)



# Macchina di Turing

Tabella di funzionamento (algoritmo formale) :

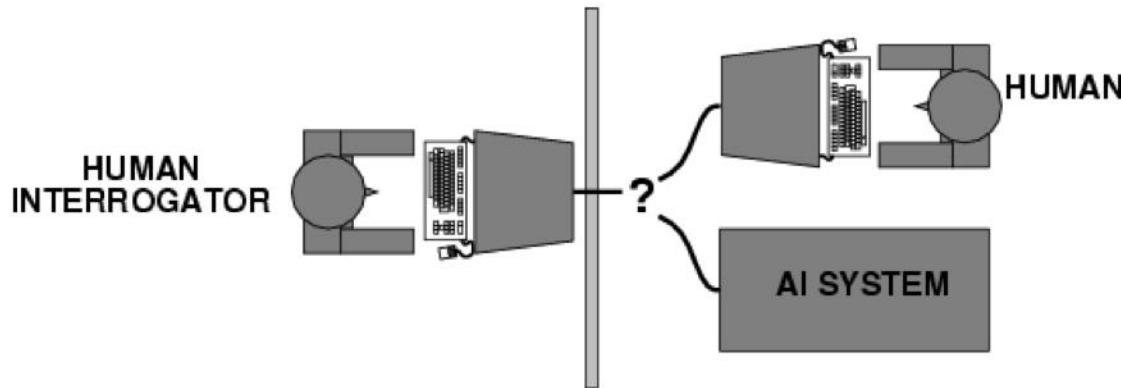
- 1)  $q_1 | s_0 D q_2$
- 2)  $q_2 | | D q_2$
- 3)  $q_2 s_0 s_0 D q_3$
- 4)  $q_3 s_0 | D q_4$
- 5)  $q_4 s_0 | S q_5$
- 6)  $q_5 | | S q_5$
- 7)  $q_5 s_0 s_0 S q_6$
- 8)  $q_6 | | S q_7$
- 9)  $q_7 | | S q_7$
- 10)  $q_7 s_0 s_0 D q_1$
- 11)  $q_3 | | D q_3$
- 12)  $q_6 s_0 s_0 C q_0$



- **Tesi di Church-Turing** sulla calcolabilità effettiva.
- Concetto di **macchina universale**.

# Test di Turing

- Turing (1950) "Computing machinery and intelligence":
- "Can machines think?" → "Can machines behave intelligently?"
- **The Imitation Game**



- Predicted that by 2000, a machine might have a 30% chance of fooling a lay person for 5 minutes
- Anticipated all major arguments against AI in following 50 years
- Suggested major components of AI: knowledge, reasoning, language understanding, learning

# I primi sistemi di IA

Nel 1945 McCulloch e Pitts propongono un modello di rete neurale in grado di effettuare operazioni logiche.

Nel 1950 Minsky e Edmond costruiscono il primo computer neurale, SNARC.

Nel 1950 Shannon, Newell, Shaw e Simon propongono dei programmi per il gioco degli scacchi. Nel 1959 Samuel realizza un programma per il gioco della dama.

Nel 1957 Newell, Shaw e Simon con un programma chiamato *Logic Theorist* sono in grado di provare teoremi nella logica proposizionale.

Nel 1959 Gelernter prova teoremi in modo automatico nella geometria piana.

Nel 1959 Newell, Shaw e Simon realizzano un programma in grado di usare dell'euristica risolvere problemi. Il programma è noto come *General Problem Solver* (GPS).

# La Cibernetica in Italia

AMN  
ACADEMIA MUSICALE NAPOLETANA  
fondata da Alfredo Casella nel 1933

**musica&scienza**  
in  
**FUTUROTOMER**  
*Outline of a Theory  
of Thought Processes  
and Thinking Machines*  
Le Reti Neurali a Napoli

Ricordo di  
**EDUARDO CAIANIELLO**  
a vent'anni dalla morte  
a cura di  
Massimo Fargnoli  
con la partecipazione della pianista  
**ORIETTA CAIANIELLO**

**Fraumusik** musiche di  
MIRELA TERESA ANDREA PINTOTTO  
FANNY MENGELDORF-BARTHELDT  
CLARA WIECK SCHUMANN

interventi  
**ERNESTO BURATTINI**  
Università "Federico II" - Napoli  
**ROBERTO CORDESCHI**  
Università "La Sapienza" - Roma  
**ALFREDO PETROSINO**  
Università "Parthenope" - Napoli

saluti  
**GIOVANNI LA RANA**  
Direttore Dipartimento di Fisica  
Università "Federico II" - Napoli  
Direttore sezione napoletana INFN

Città della Scienza – Sala Archimede  
Napoli • sabato 16 novembre 2013 - ore 12,00

in collaborazione con Steinway & Sons

con i contributi di  
**CARIPARMA**  
CREDIT AGRICOLE

Ditta Alberto Napolitano - Piazza Carità - Napoli

FONDAZIONE VALENZI

Eduardo Caianiello e l'Istituto di Cibernetica del CNR ad Arco Felice (NA)

E.R.Caianiello, Outline of a theory of thought-processes and thinking machines, J. theor. Biol. 1, 204–235 (1961)

L'istituto ha avuto intense collaborazioni com Wiener ed altri importanti scienziati

# La Cibernetica in Italia

**Antonio Borsellino:  
dalla fisica  
alle nuove scienze**

A cura di Matteo Leone, Giunio Luzzatto,  
Nadia Robotti

**Uno studioso a largo spettro  
nella seconda metà del Novecento**

**Carocci**

**Antonino Borsellino e  
l'Istituto di Cibernetica e  
Biofisica del CNR a Camogli  
(GE)**

**PAPA machine (Programmatore  
e Analizzatore Probabilistico  
Automatico)**

# Nucleo del CNR di Bioingegneria e Robotica Antropomorfa

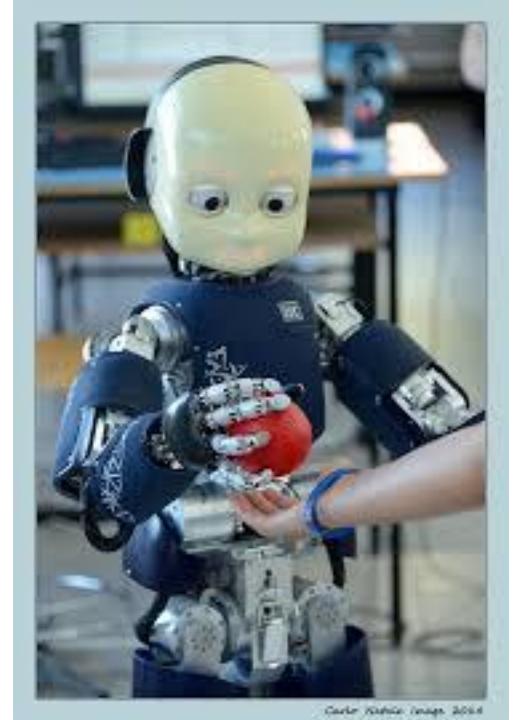
## Vincenzo Tagliasco

Università di Genova



Nel 1982 le prime cattedre universitarie in

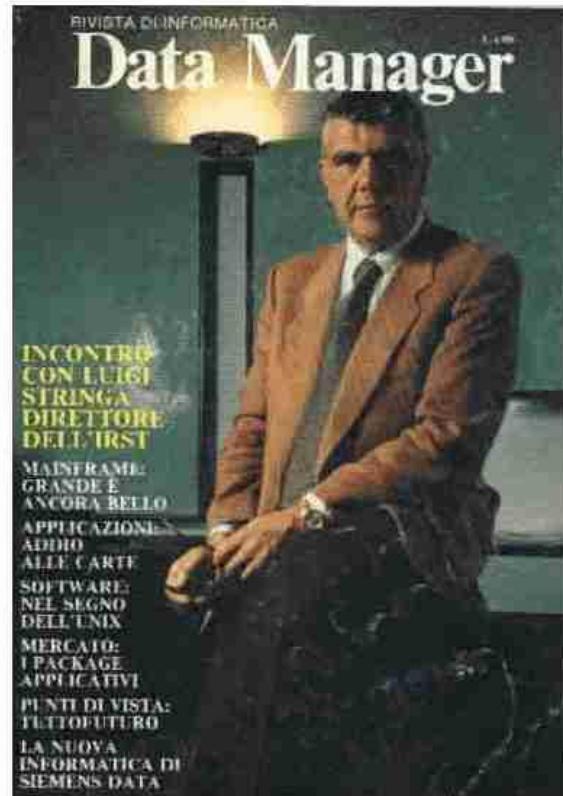
- Intelligenza Artificiale
- Robotica Antropomorfa



iCub -IIT

# EMMA Project

Luigi Stringa nel 1977  
dirige il progetto EMMA  
presso ELSAG a Genova  
per la lettura automatica  
del codice di avviamento  
postale.



# Artificial Intelligence in Italy



Marco Somalvico  
Politecnico di Milano

Progetto di Intelligenza  
Artificiale



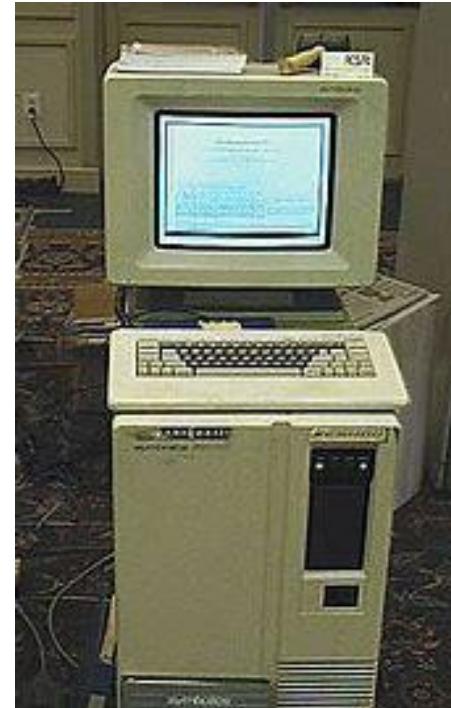
Luigia Carlucci Aiello  
Università di Roma «La  
Sapienza» e CNR  
(Pisa)



# Lisp Machine

Progetto al MIT nel 1973

Commercializzazione nel 1979 (Symbolics, TI Explorer) –  
La sua architettura ha influenzato quelle delle workstation  
e quelle della Apple.



# LISP

Linguaggio inventato da John McCarthy nel 1958 analogo alla Macchina di Turing e ispirato dalla teoria delle funzioni ricorsive (K. Gödel, Kleene, ...) e dal lambda calcolo (Church).

Linguaggio funzionale sul dominio delle espressioni simboliche (S-expr).

Lo spazio delle funzioni è definito da 5 funzioni base, da un costrutto condizionale, dalla composizione di funzioni e dalla ricorsione.

Nessuna distinzione sintattica tra programmi e dati.

# Knowledge Engineering

KEE (Knowledge Engineering Environment)

Sistema di sviluppo per sistemi esperti,  
sviluppato e venduto da Intellicorp, rilasciato  
nel 1983 su machine Lisp.

L'informatica lascia il posto all'ingegneria  
della conoscenza.

# I Sistemi Esperti

## ES examples - MYCIN (cont'd)

---

**About 450 rules. One example is:**

**If**

**the site of the culture is blood**

**the gram of the organism is neg**

**the morphology of the organism is rod**

**the burn of the patient is serious**

**then**

**there is weakly suggestive evidence (0.4) that**

**the identity of the organism is pseudomonas.**

# **Ma, sta arrivando l'inverno dell'IA?**

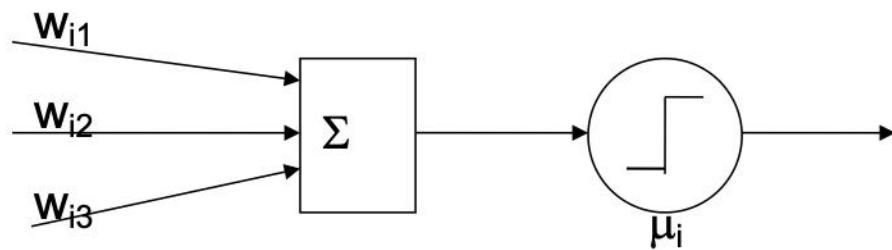
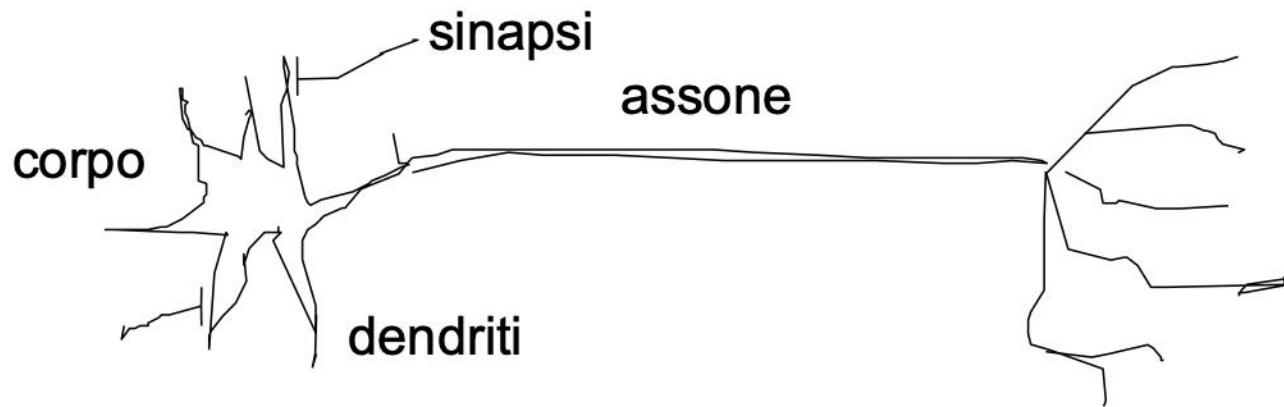
Pav\_Ka - Medium

*Michael Wooldridge: La strada verso le macchine coscienti*

**Anni '70.** Gli obiettivi erano ambiziosi, gli esempi banali e gli algoritmi si bloccavano fuori dai laboratori. I finanziamenti crollarono e il settore entrò nel suo primo inverno.

**Anni '80.** I sistemi esperti sembravano inarrestabili. Le aziende acquistavano macchine LISP. Poi il mercato crollò. Le macchine divennero obsolete, i sistemi non riuscivano a generalizzare e iniziò il secondo inverno

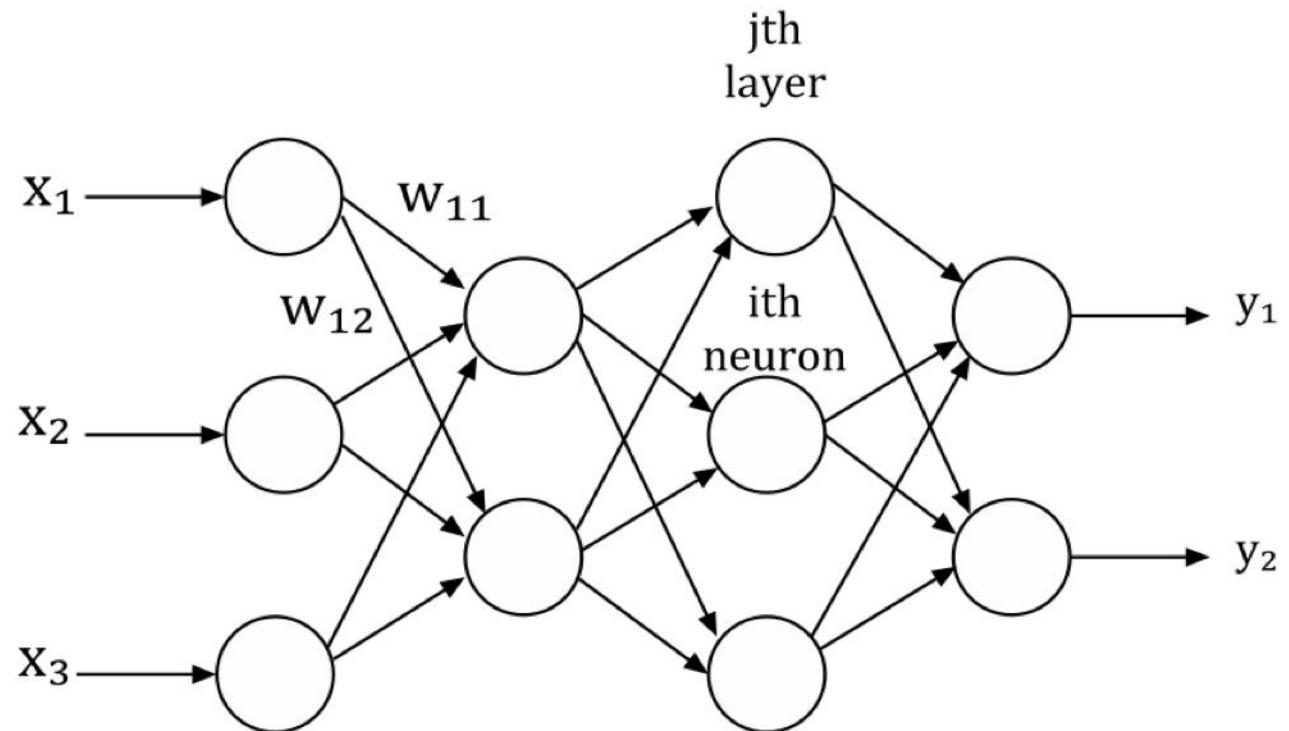
# Reti Neurali



McCulloch & Pitts, 1943



# Le Reti Neurali



# Il Connessionismo

## ◦ La Connection Machine della Thinking Machines

- Supercomputer sviluppato negli anni ottanta al MIT.
- Elevato parallelismo con topologia a ipercubo che collega i vari nodi.
- Progettata per applicazioni di intelligenza artificiale e di calcolo simbolico.





# Le Nuove Tecnologie dell'Intelligenza Artificiale

# Le Reti Neurali Profonde

very high level representation:

MAN   SITTING ...



... etc ...



slightly higher level representation



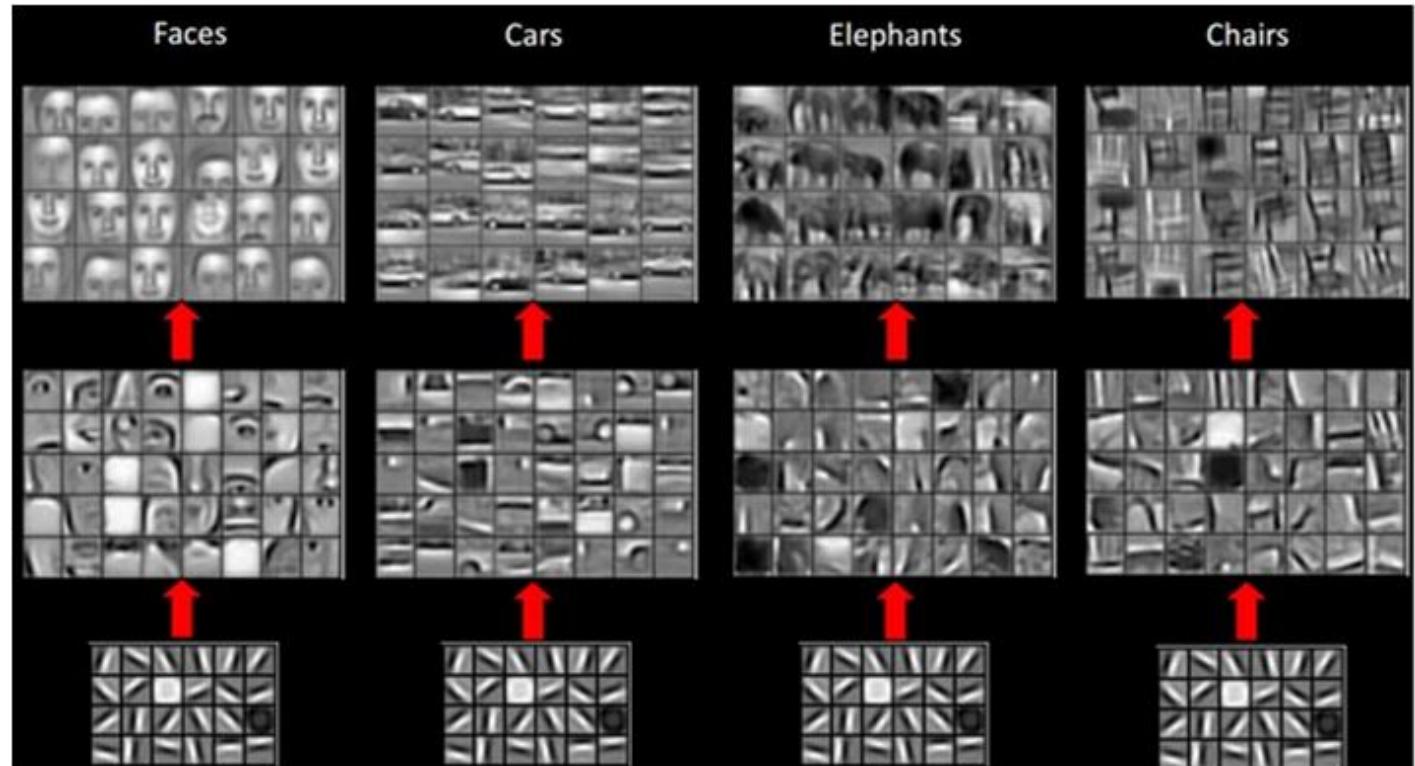
raw input vector representation:

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} 23 & 19 & 20 & \cdots & 18 \end{bmatrix}$$

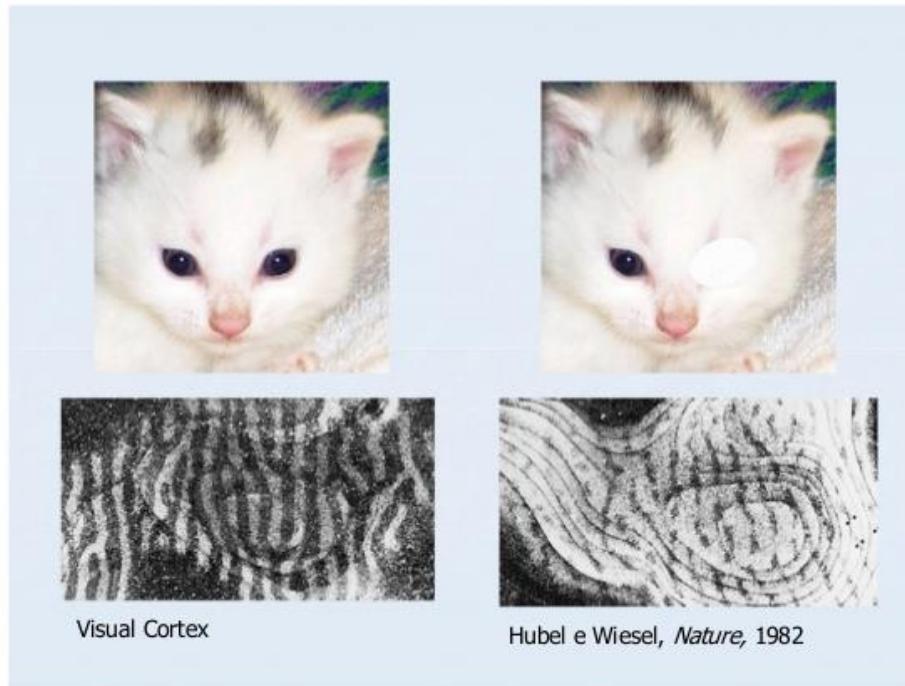
$x_1$     $x_2$     $x_3$     $\vdots$     $x_n$



# Deep Learning in CNNs

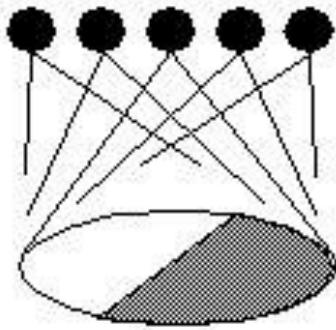


# Come elabora l'informazione il cervello?



## Hubel & Weisel

topographical mapping

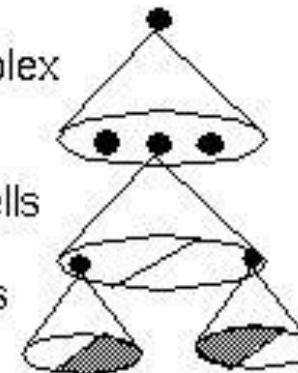


## featural hierarchy

hyper-complex  
cells

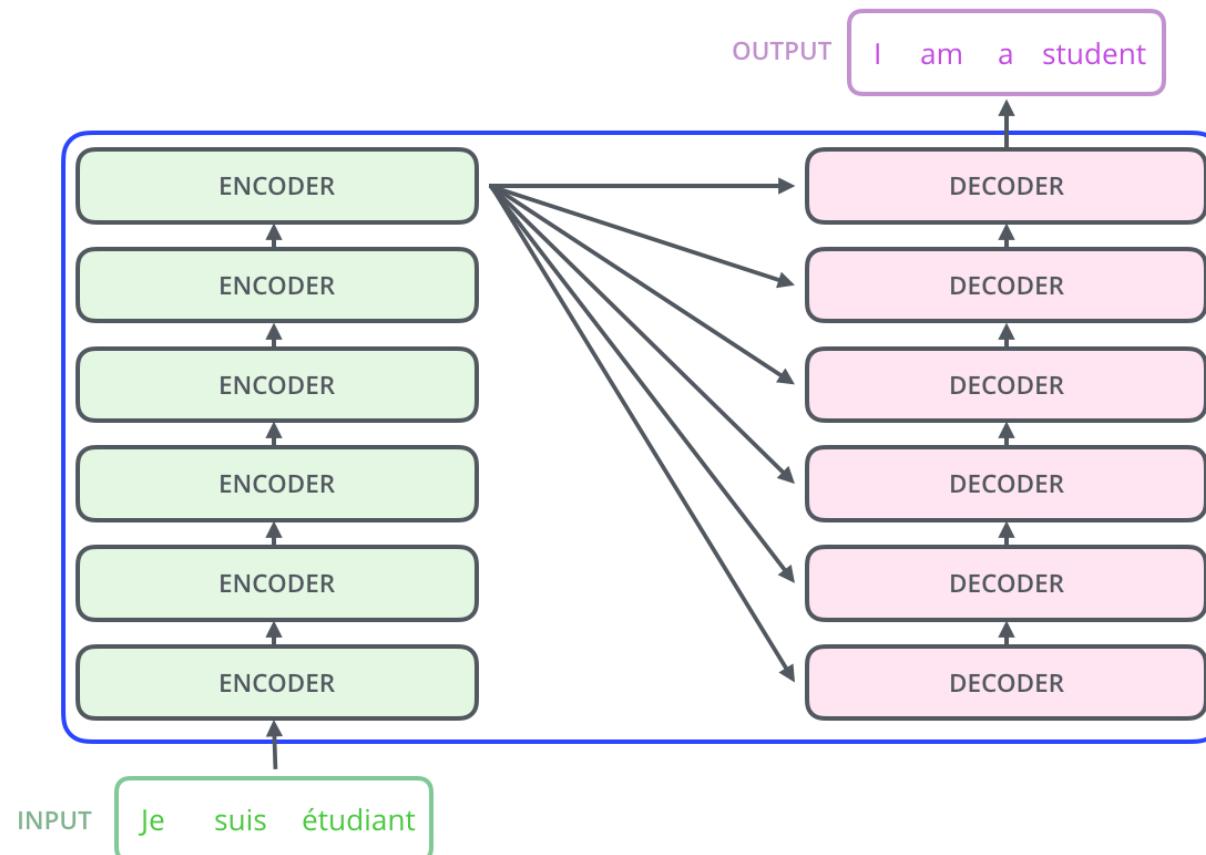
complex cells

simple cells

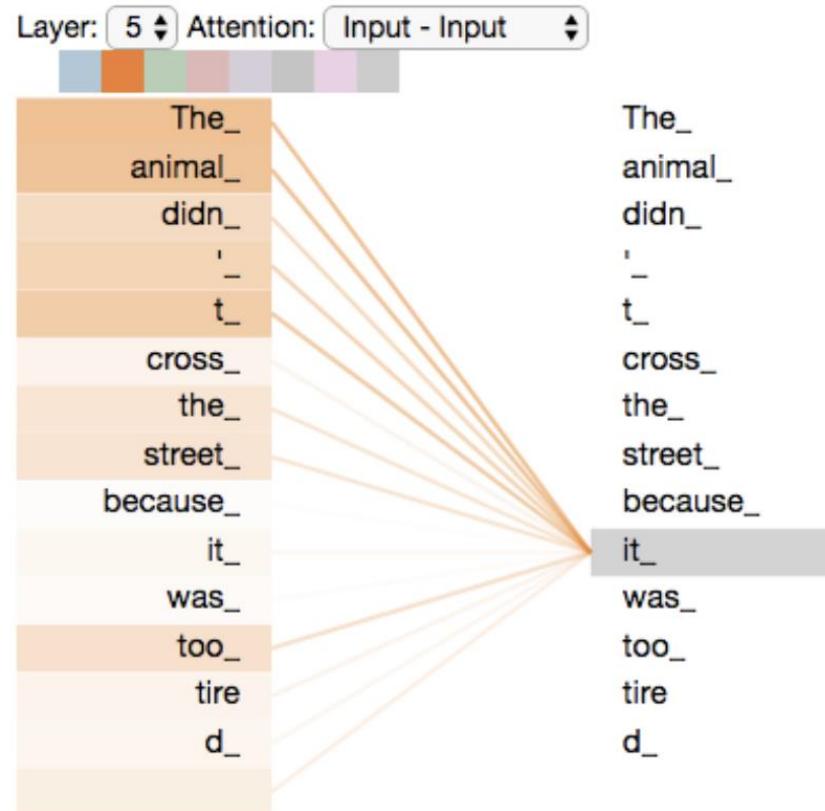


-  high level
-  mid level
-  low level

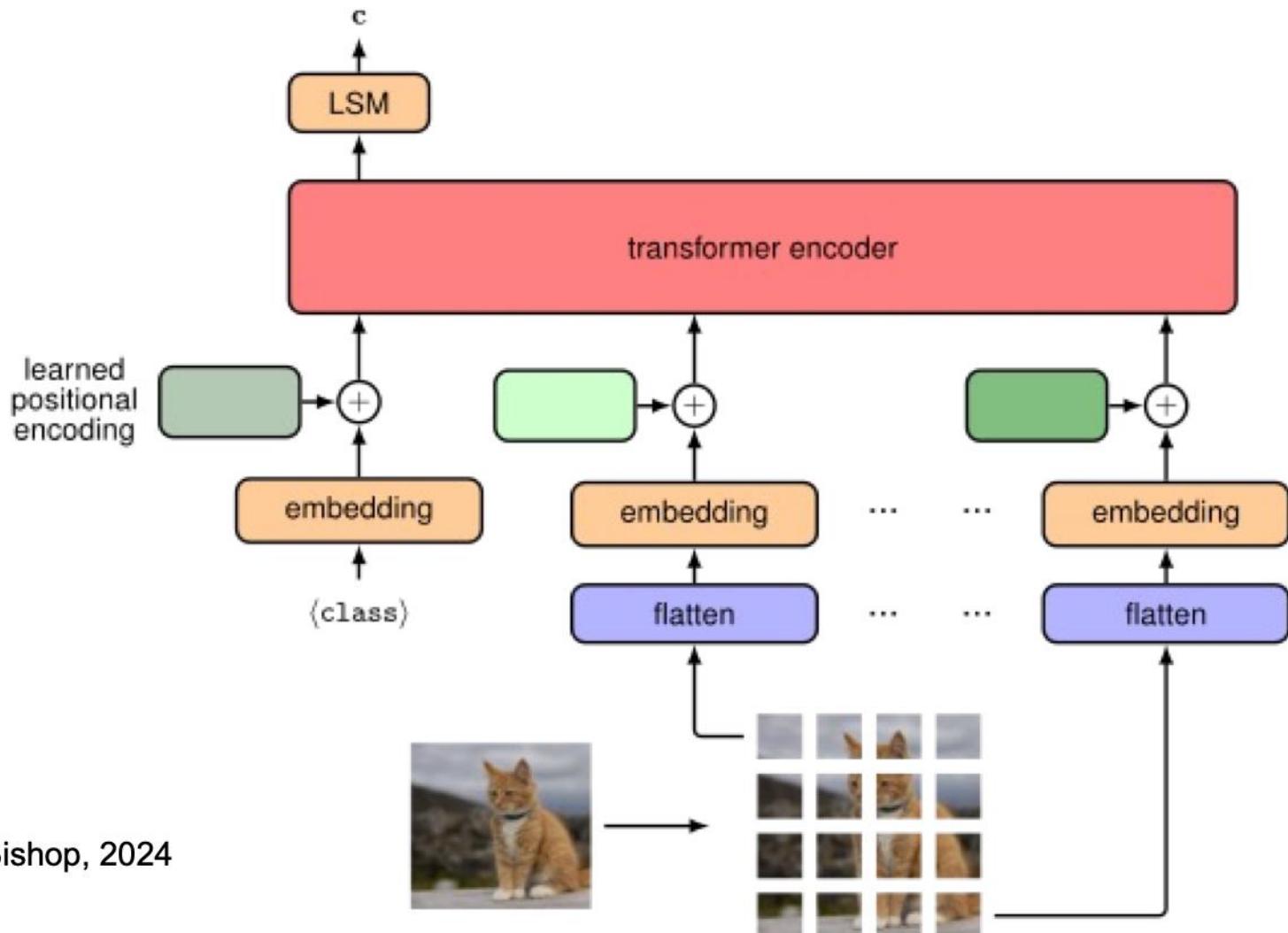
# LLM: Architettura a transformer



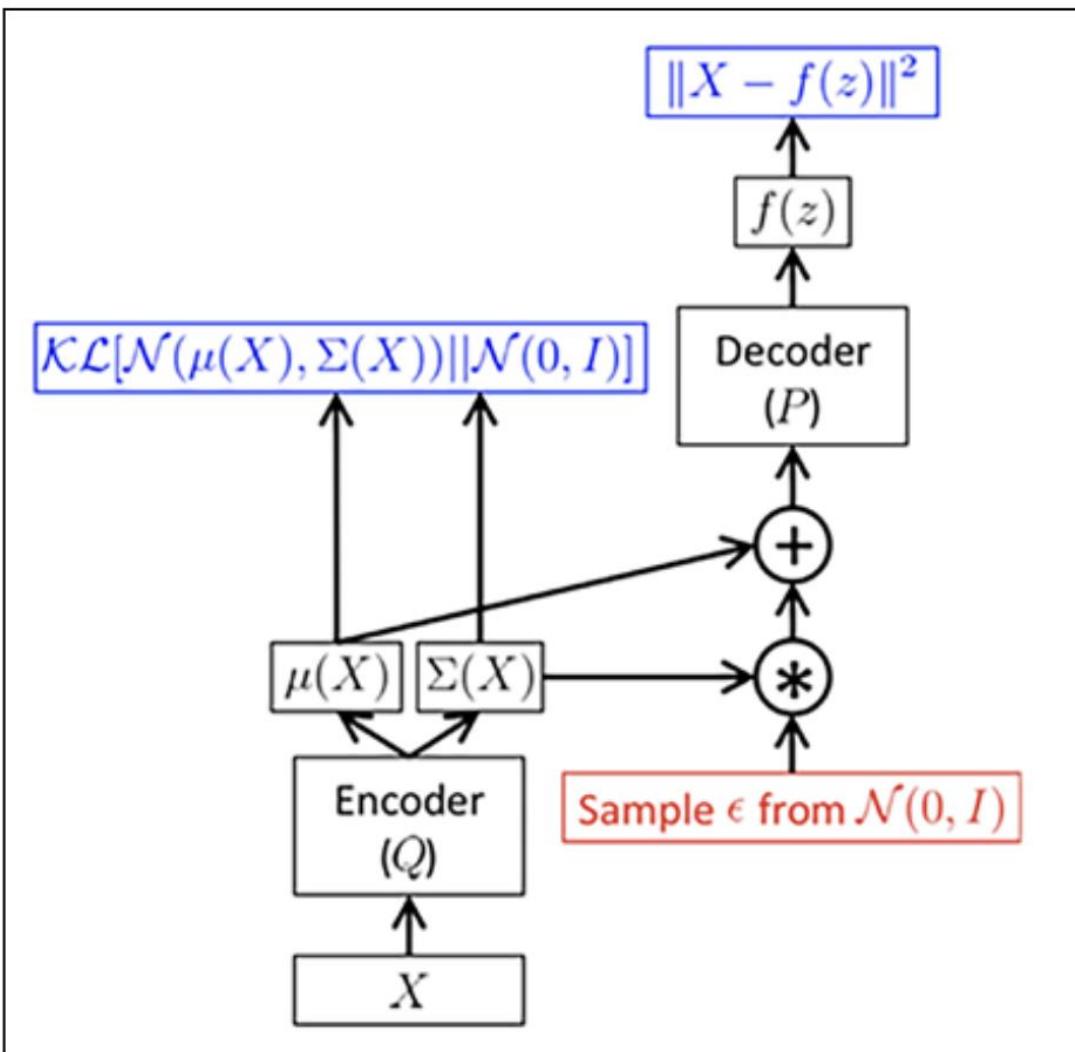
## Attention Mechanism



# Multimodalità

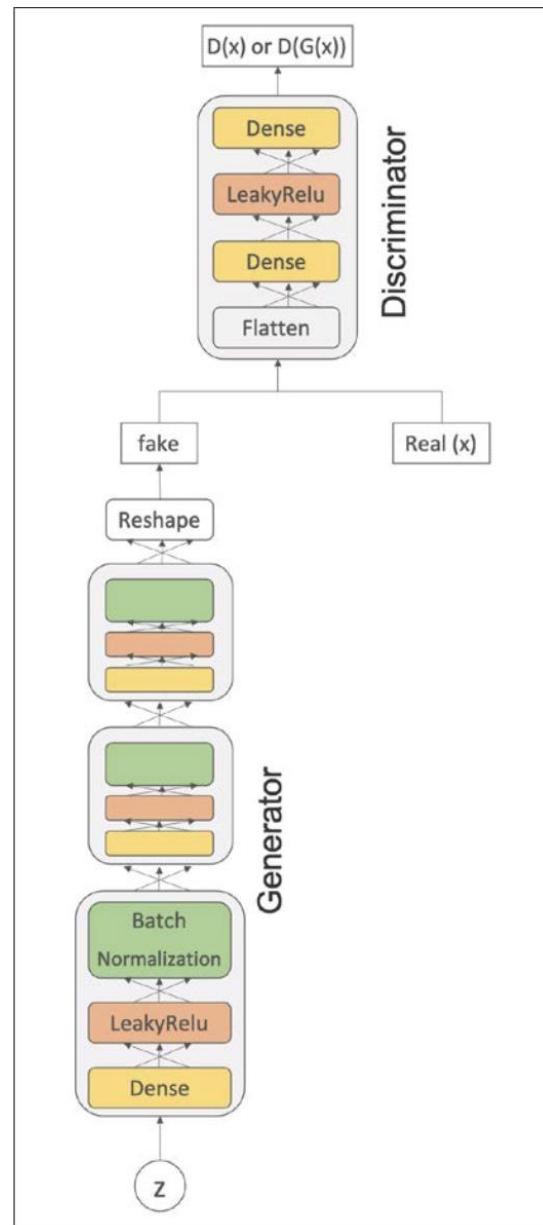


# IA Generativa



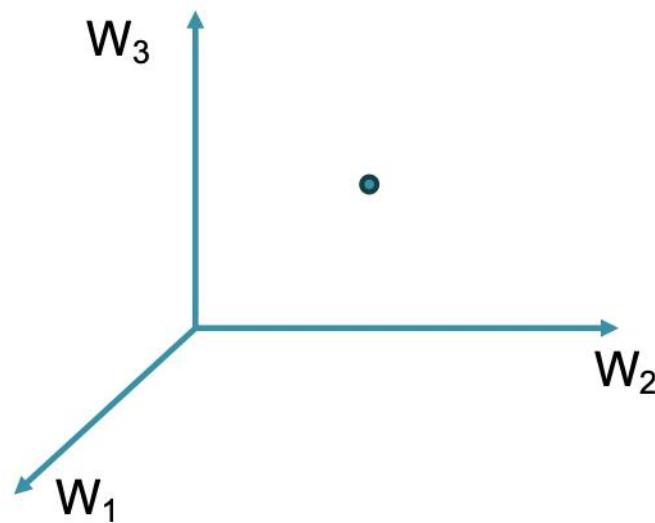
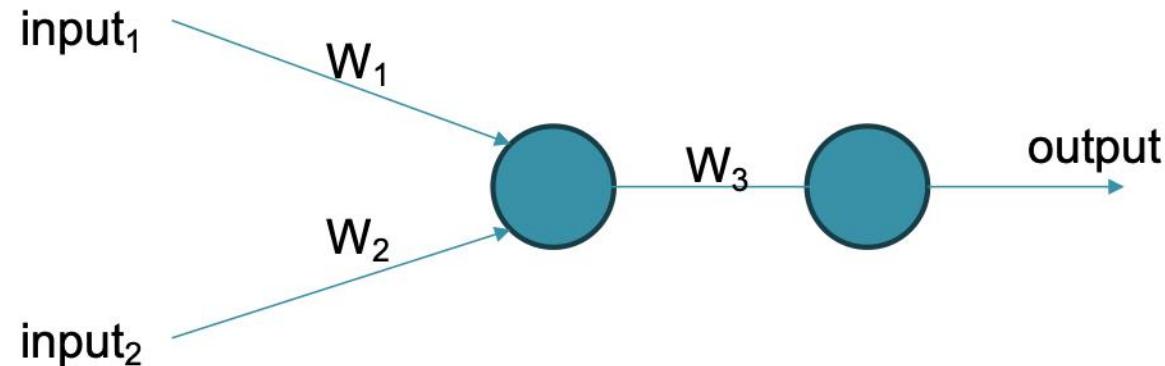
From Babcock  
& Bali, 2021

# Generative Adversarial Networks (GANs)



From Babcock & Bali, 2021

# Geometria di una rete neurale



# Una rete neurale è una black-box

- Una rete neurale come ChatGPT è definita da un numero enorme di parametri (circa 1000.000.000.000) - le sue sinapsi - per cui si comporta come una vera e propria **black-box**.
- E' un **approssimatore universale** di soluzioni.
- Il suo comportamento **non-spiegabile** è anche il suo punto di forza. L'algoritmo di apprendimento esplora uno spazio di soluzioni (1000.000.000.000 di dimensioni) **per noi umani assolutamente inimmaginabile**.
- E' in grado quindi di proporre soluzioni a cui noi non potremmo neppure pensare.

# Costo Energetico dell'IA

L'intelligenza artificiale (AI) è una tecnologia estremamente energivora:

**Addestramento dei modelli:** L'addestramento di un LLM può richiedere circa 1.300 megawattora (MWh) di elettricità, equivalente al consumo annuale di circa 130 case americane

**Inferenza:** Generare testo con l'AI richiede meno energia rispetto alla generazione di immagini. Ad esempio, generare 1.000 inferenze di testo può consumare circa 0,047 kWh, mentre la generazione di immagini può richiedere fino a 2,907 kWh

**Consumo globale:** Si stima che l'intera industria dell'AI potrebbe consumare tra 85 e 134 terawattora (TWh) all'anno entro il 2027. Attualmente, l'AI consuma circa 4,3 gigawatt (GW) di energia a livello mondiale, una cifra simile alla domanda energetica di piccoli stati.

# Grazie per l'attenzione!

