

# Reti Neurali Biologiche

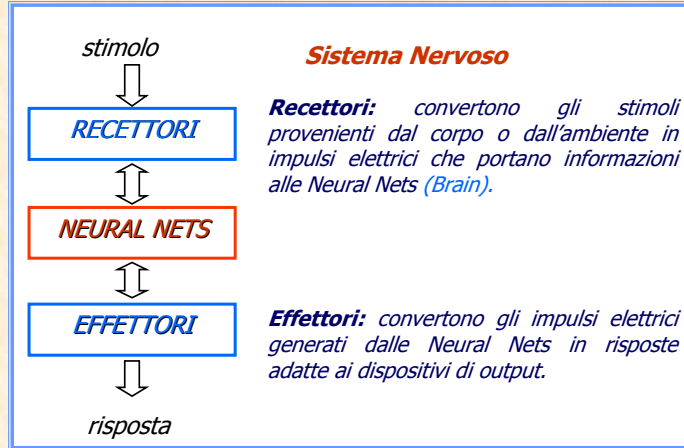
- ❖ **Struttura e funzionalità dei neuroni biologici**
- ❖ **Reti di McCullock e Pitts**

# Reti Neurali Biologiche

- **Organizzazione strutturale del cervello**
  - ❖ Reti Neurali, modelli computazionali ispirati al modo in cui il cervello (**Brain**) effettua particolari tasks.
- **Modello neurofisiologico del neurone**
  - ❖ **Neuroni**, componenti strutturali del cervello (Ramon y Cajal, 1911).

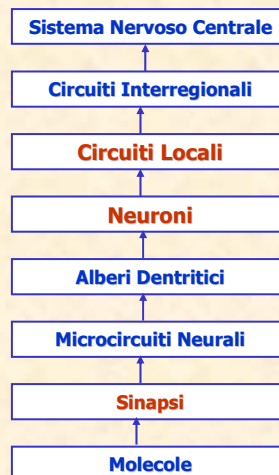
*Formulazione del modello di un neurone artificiale e di rete neurale artificiale*

# Reti Neurali Biologiche



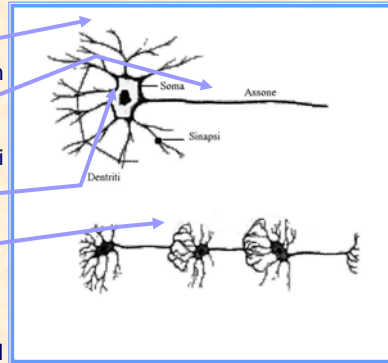
# Reti Neurali Biologiche

- ❑ **Sistema Nervoso**
  - ❖ Organizzazione strutturata a livelli.
    - Non presente nei calcolatori convenzionali.
    - Non facilmente realizzabile con le Reti Neurali Artificiali.
  - ❖ Rete neurale artificiale: circuito locale, assemblaggio di neuroni che genera funzionalità caratteristiche di regioni localizzate.



# Struttura del Neurone Biologico

- **Dentriti**
  - Ramificazioni per segnali in input.
- **Assone**
  - Ramificazione per segnale di output.
    - 0,1 micrometri-1metro
- **Soma**
  - Corpo cellulare
    - 5-100micrometri.
- **Sinapsi**
  - Connessioni tra dentriti ed assone.



# Funzionalità del Neurone Biologico

- **Funzionalità del Neurone Biologico**
  - ❖ Trasmissione dei segnali tra neuroni mediante **impulsi elettrici** che si propagano lungo l'assone.
- **Sinapsi**
  - ❖ Punto di contatto tra l'assone di un neurone (**neurone pre-sinaptico**) e il ramo dentritico di un altro neurone (**neurone post-sinaptico**). Punto in cui avviene il passaggio del segnale con un processo elettrochimico.

Vescicole Sinaptiche

Assone Presinaptico



Dentriti Postsinaptici

## Funzionalità del Neurone Biologico

---

- ❖ L'impulso elettrico, proveniente dall'assone presinaptico provoca nelle sinapsi la emissione di **sostanze chimiche (neurotrasmettitori)** che, attraverso i dendriti, entrano nel corpo cellulare di altri neuroni.
- ❖ I neurotrasmettitori (**eccitatori o inibitori**) agiscono sulla **membrana** che riveste il corpo cellulare di ogni neurone.
- ❖ Le proprietà della membrana rendono possibile il fenomeno elettrico che determina la trasmissione dei segnali.

## Funzionalità del Neurone Biologico

---

- **Membrana**
  - ❖ Separa due **soluzioni ioniche** a diversa concentrazione (5 nanometri).
  - ❖ **Potenziale di membrana**
    - Differenza di potenziale tra esterno e interno della membrana (- 70 mV).
- **Neurotrasmettitori**
  - ❖ Agiscono sulla membrana facendo aprire dei **microcanali**.
    - Variazione di permeabilità.
    - Assorbimento di ioni positivi e negativi.
    - Variazione del potenziale di membrana.
    - Generazione di un **impulso elettrico** che si trasmette al soma del neurone post-sinaptico.

# Funzionalità del Neurone Biologico

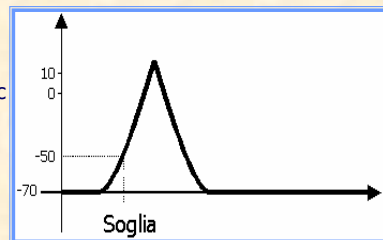
## □ **Soma del neurone post-sinaptico**

- ❖ Combina i segnali ricevuti sui dendriti ed eventualmente produce un segnale di output.
- ❖ **Comportamento passivo**
  - Segnali ricevuti di piccola intensità (variazione di potenziale di pochi mV): impulso non generato.
- ❖ **Comportamento attivo**
  - Segnali ricevuti di maggiore intensità (variazione di potenziale  $\geq$  valore critico): generazione di impulso elettrico (*spike*).

# Funzionalità del Neurone Biologico

## □ **Impulso**

- ❖ Hodgkin (1952)
  - Durata impulso  $\approx 3-50$  msec
  - 250 – 300 Impulsi/sec



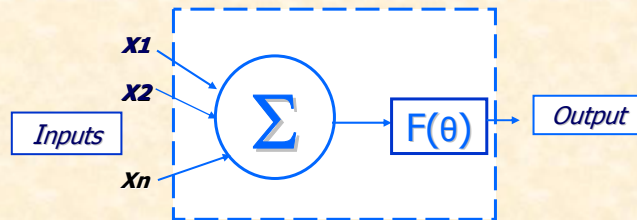
- ❖ **Refrattarietà:** resa possibile da variazione dinamica della soglia.
  - **Assoluta:**  $\sim 0.5$  msec; soglia  $\sim \infty$
  - **Relativa:**  $\sim 9$  msec; soglia più alta

# Funzionalità del Neurone Biologico

---

## □ **Schema funzionale del Neurone Biologico**

- ❖ Rappresentazione schematica delle caratteristiche essenziali del comportamento del neurone biologico



# Reti di McCullock e Pitts

---

# Reti Neurali di McCullock e Pitts

## □ **McCullock and Pitts(1943)**

- ❖ Prima formalizzazione di Reti Neurali Artificiali.
  - Modello dell'attività dai neuroni che fa uso della logica delle proposizioni.
  - **Reti neurali precostituite**, senza capacità di learning.

## □ **Hebb(1949)**

- ❖ Primo meccanismo di learning in Reti Neurali.
  - Rinforzo della connessione tra neurone presinaptico e neurone postsinaptico, se entrambi attivi.

*Lavoro di Mc-Cullock-Pitts: punto di partenza di teorie più generali.*

# Reti Neurali di McCullock e Pitts

## □ **Kleen**

- ❖ Rappresentazione degli *eventi* nelle reti neuroniche.
- ❖ **Teoria degli automi**
  - Teoria matematica che studia in maniera astratta le *capacità* di una qualunque macchina a stati finiti.
- ❖ **Teoria degli elementi a soglia lineare(Threshold Logic Unit )**
  - Una funzione logica  $f$  di  $n$  variabili può essere realizzata  $2^n + 1$  elementi a soglia (  $n \cdot 2^n$  elementi a scatto).
  - Elementi a soglia oggi usati nei calcolatori.

# Reti Neurali di McCullock e Pitts

## □ **Assunzioni del modello**

- ❖ Attività del neurone: del tipo tutto o niente
- ❖ Inibizione di una sinapsi: assoluta
- ❖ Soglia del neurone: costante nel tempo
- ❖ Struttura della rete: invariante nel tempo
- ❖ Tempo: variabile discreta,  $t = p \cdot a$ ,  $p \in \mathbb{Z}$ ,  $a$  ritardo sinaptico



# Reti Neurali di McCullock e Pitts

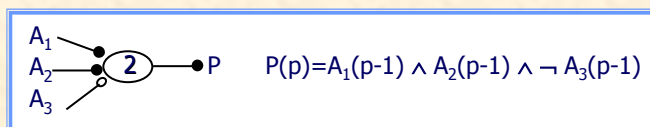
## □ **Attività del neurone**

- ❖ Formalismo della *logica delle proposizioni* per rappresentare la attività di un neurone in funzione della attività di sparo o non sparo dei neuroni ad esso collegati.

### ❖ **P(p)**

- VERO: P spara al tempo p;
- FALSO: P non spara al tempo p.

### ❖ **P**: neurone centrale    **A**: neurone afferente



# Reti Neurali di McCullock e Pitts


- **Neurone**
  - ❖ Macchina a stati finiti operante a tempi discreti.
- **Stato di un neurone**
  - ❖ Cambia in conseguenza degli input all'istante precedente.
- **Soglia**
  - ❖ Determina le proprietà di transizione di stato.

*Un neurone spara all'istante  $t$  se e solo se il numero di input eccitatori attivi eguaglia o eccede la soglia e nessun input inibitorio è attivo.*

# Reti Neurali di McCullock e Pitts

**And**  $P(p) = A_1(p-1) \wedge A_2(p-1)$  

**Or**  $P(p) = A_1(p-1) \vee A_2(p-1)$  

**Not**  $P(p) = \neg A_1(p-1)$  

**Memoria** 

Il neurone *ricorda* con il suo stato l'ultimo segnale ricevuto, eccitatorio (start) o inibitorio (stop).

# Reti Neurali di McCullock e Pitts

---

- **Rete di neuroni**

- ❖ Insieme di neuroni , opportunamente collegati, con la stessa scala dei tempi.

- **Rete di neuroni  $\equiv$  Automa a stati finiti**

*La conoscenza degli input all'istante  $p$  e lo stato della rete allo stesso istante, determina lo stato della rete all'istante  $p+1$ .*