



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## NEUROMORPHIC ENGINEERING

### CALOGERO MARIA ODDO

Anno accademico	2021/22
CdS	BIONICS ENGINEERING
Codice	706II
CFU	6

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
NEUROMORPHIC ENGINEERING	ING-IND/34	LEZIONI	60	ALBERTO MAZZONI CALOGERO MARIA ODDO

#### Obiettivi di apprendimento

##### *Conoscenze*

Il corso esplorerà modelli computazionali e fisici per emulare la dinamica e l'efficienza dell'attività di neuroni biologici del sistema nervoso periferico e centrale.

Una particolare attenzione sarà dedicata all'implementazione in tempo reale di artefatti neuro-robotici basati su logica impulsata e a eventi, integrati in studi neurofisiologici e in sistemi bionici-ibridi a ciclo chiuso finalizzati al recupero di funzioni sensorimotorie, o per la compressione del volume dei dati generati da reti di sensori ad alta densità.

##### *Modalità di verifica delle conoscenze*

La verifica delle conoscenze sarà oggetto della valutazione del progettino in cui lo/la studente dovrà dimostrare di essere in grado di progettare graficamente la generazione/acquisizione/elaborazione di dati di sistemi neuromorfi. Nella prova orale lo/la studente dovrà dimostrare un'approfondita conoscenza dei concetti trattati durante il corso.

##### *Capacità*

Al termine del corso lo/la studente:

- avrà conoscenze sulle principali soluzioni tecnologiche per realizzare sistemi artificiali "a spike", anche con logiche "embedded"
- avrà conoscenze sulle principali tecniche di elaborazione dei dati di segnali "a spike", sia fisiologici che artificiali
- saprà utilizzare il metodo di Eulero per discretizzare equazioni differenziali, con particolare riferimento al modello di neurone artificiale di Izhikevich, e lo saprà implementare mediante software di programmazione grafica
- saprà utilizzare il software National Instruments LabVIEW, con particolare riferimento ai moduli Core 1 e Real-Time, per acquisire, elaborare, rappresentare e memorizzare dati di sistemi neuromorfi

##### *Modalità di verifica delle capacità*

Sia durante le lezioni sia in sede di esame finale sono proposti allo/alla studente quesiti, esercizi o progetti che richiedono l'utilizzo delle capacità acquisite.

##### *Comportamenti*

Lo/la studente potrà:

- saper progettare e presentare un sistema di generazione, acquisizione, elaborazione, rappresentazione e memorizzazione di dati di sistemi neuromorfi
- comprendere le principali sfide tecnico-scientifiche per realizzare sistemi protesici in grado di conseguire il parziale recupero di funzioni sensoriali con sistemi neuromorfi

##### *Modalità di verifica dei comportamenti*

La verifica dei comportamenti avviene attraverso un progettino e attraverso la discussione nella prova orale.

##### *Prerequisiti (conoscenze iniziali)*

Conoscenze di analisi matematica e fisica, fondamenti di elettronica ed elettrotecnica, principi di chimica e fisiologia, conoscenze di base di software di programmazione.



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

### Indicazioni metodologiche

- lezioni frontali e seminari con ausilio slide
- esercitazioni, anche pratiche con l'ausilio di codice Labview
- ricevimento su appuntamento

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

#### **SISTEMI NEUROMORFI**

- Introduzione al corso
- Obiettivi del corso
- Piano del corso e modalità di esame
- Introduzione alla neuro-robotica
- Introduzione al tatto artificiale neuromorfo
- Basi della fisiologia neuronale
- Introduzione ai metodi elettrofisiologici di microneurografia e microstimolazione
- Modelli di neuroni e di reti per applicazioni bioingegneristiche
- Modello di Izhikevich applicato al tatto artificiale
- Classificazione di spike train offline
- Classificazione di spike train on line con architetture neuroispirate (ad es. ispirate al nucleo cuneato)
- Basi del neural coding
- Introduzione alla codifica corticale degli stimoli somatosensoriali
- Teoria dell'informazione per l'analisi del segnale neurale
- Tatto artificiale neuromorfo per protesi di arto bioniche via microstimolazione e impianti neurali
- Stimolazione intraneurale e induzione di discriminazione di caratteristiche tattili in soggetti amputati e intatti
- Neuroni tattili di secondo ordine (modelli di nucleo cuneato)
- Neuroni di secondo ordine nell'udito (modello di Jeffress)
- Modelli di oscillazioni neurali
- Recupero del tatto, neuroprotesi e biorobotica
- Stimolazione neuromorfa e registrazioni corticali

#### **PROGRAMMAZIONE GRAFICA PER SISTEMI NEUROMORFI**

- Introduzione a LabVIEW
- Navigazione in LabVIEW
- Front panel, e diagramma a blocchi in LabVIEW
- Aiuto e funzioni di ricerca in LabVIEW
- Wiring e dataflow in LabVIEW
- Troubleshooting e debugging con Vis in LabVIEW
- Implementare una VI in LabVIEW
- Documentare il codice in LabVIEW
- Cicli while e for in LabVIEW
- Settare il tempo a una VI e cicli di data feedback in LabVIEW
- Disegnare dati in LabVIEW
- Case structures in LabVIEW
- Sviluppo di applicazioni modulari in LabVIEW
- Uso di subVIs e gestione degli errori in LabVIEW
- Creare e utilizzare strutture di dati in LabVIEW
- Clusters in LabVIEW
- Gestione di file e risorse hardware in LabVIEW
- Risolvere problemi di dataflow in LabVIEW
- Uso di algoritmi sequenziali e di stato in LabVIEW
- Introduzione a LabVIEW real-time per l'ingegneria neuromorfa
- Oltre dataflow in LabVIEW
- Uso di LabVIEW per lo sviluppo di modelli di neuroni spiking
- Esercitazioni con LabVIEW per lo sviluppo di modelli di neuroni spiking
- Uso di LabVIEW in real-time con schede elettroniche
- Uso di LabVIEW per lo sviluppo di modelli di neuroni spiking con elettronica embedded

### Bibliografia e materiale didattico

Materiale didattico: dispense di lezioni ed esercitazioni scaricabili da una cartella condivisa in cloud.  
Testi suggeriti per la consultazione:

- Principles of Neural Science, E.R. Kandel et al. Part V, Perception
- Selezione di articoli scientifici fornita dal docente



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

### Indicazioni per non frequentanti

Non ci sono variazioni per studenti non frequentanti.

### Modalità d'esame

- Progettino sui temi del corso
- Si accede all'orale avendo preparato il progettino
- Esame orale orientato alla verifica delle nozioni teoriche di base

*Ultimo aggiornamento 20/07/2021 09:40*