



UNIVERSITÀ DI PISA

NEUROMORPHIC ENGINEERING

CALOGERO MARIA ODDO

Anno accademico **2023/24**
CdS **BIONICS ENGINEERING**
Codice **706II**
CFU **6**

Moduli NEUROMORPHIC ENGINEERING	Settore/i ING-IND/34	Tipo LEZIONI	Ore 60	Docente/i 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 07/09/2023 15:47