



## UNIVERSITÀ DI PISA

## PROSTHETICS AND REHABILITATION ROBOTICS

NICOLA VITIELLO

Academic year

2019/20

Course

BIONICS ENGINEERING

Code

698II

Credits

12

Modules	Area	Type	Hours	Teacher(s)
ARTIFICIAL LIMBS	ING-IND/34	LEZIONI	60	CHRISTIAN CIPRIANI FRANCESCO CLEMENTE
ROBOTIC EXOSKELETON	ING-IND/34	LEZIONI	60	SIMONA CREA NICOLA VITIELLO

## Obiettivi di apprendimento

*Conoscenze*

L'insegnamento mira a fornire le conoscenze in merito ai principali aspetti, metodologie e strumenti per la progettazione, la sperimentazione e la valutazione di sistemi protesici ed esoscheletrici robotizzati, di arto superiore e inferiore. L'insegnamento mira inoltre a fornire le conoscenze circa l'architettura del microcontrollore e delle sue periferiche più importanti nell'ambito della progettazione di sistemi robotici. Particolare enfasi è dedicata ai metodi per la progettazione meccatronica, ivi inclusa l'integrazione con interfacce di controllo e ritorno sensoriale, e lo sviluppo del controllo embedded delle protesi ed esoscheletri.

*Modalità di verifica delle conoscenze*

L'accertamento delle conoscenze avviene attraverso esercitazioni in classe in itinere, e attraverso l'esame finale. Quest'ultimo si compone, per il modulo Artificial Limbs, di un progetto elaborato da un gruppo di studenti, della discussione del progetto, di gruppo ed individuale, e di un colloquio di verifica degli argomenti teorici trattati durante il corso. Per quanto riguarda il modulo Robotics Exoskeletons la verifica delle conoscenze sarà oggetto della valutazione di un elaborato da svolgere al computer e/o di un colloquio.

*Capacità*

Al termine del corso:

- Lo studente sarà in grado di sviluppare sistemi di controllo real-time con architettura gerarchica;
- lo studente saprà utilizzare l'ambiente di programmazione Microchip MPLABX e il compilatore XC8 per la programmazione embedded di sistemi protesici ed ortesici robotizzati;
- lo studente saprà utilizzare il software NI Labview, NI Labview RT, NI Labview FPGA per la programmazione ad alto livello di sistemi protesici ed ortesici robotizzati;
- lo studente saprà utilizzare sniffer seriali (es. RealTerm) e strumenti di laboratorio quali l'alimentatore da banco e l'oscilloscopio per lo sviluppo, il debug e la caratterizzazione elettrica di sistemi protesici ed ortesici robotizzati;
- lo studente sarà in grado di analizzare i data-sheet commerciali delle componenti fondamentali, e di discuterne le limitazioni nell'ambito della progettazione di un sistema protesico o ortesico robotizzato.
- lo studente sarà in grado di analizzare, discutere i limiti e progettare l'architettura e alcuni dei moduli software di sistemi protesici ed ortesici robotizzati.

*Modalità di verifica delle capacità*

Durante le lezioni svolte in aula informatica lo studente svolgerà esercitazioni al computer mirate ad affrontare le problematiche tipiche, utilizzando il software Labview e Microchip, alimentatori da banco, oscilloscopi digitali, schede di sviluppo con microcontrollore appositamente progettate del corso, e schede elettroniche commerciali equipaggiate con sensori e periferiche tipicamente utilizzate in meccatronica.

*Comportamenti*

- Lo studente potrà acquisire capacità di analisi di problematiche complesse legate allo sviluppo di macchine destinate ad una forte interazione con l'uomo;
- Lo studente potrà acquisire e/o sviluppare sensibilità alla disabilità;
- Lo studente potrà saper gestire responsabilità di conduzione di un team di progetto.

*Modalità di verifica dei comportamenti*



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

- Durante le sessioni di laboratorio saranno valutati il grado di accuratezza e precisione delle attività svolte;
- Durante le lezioni frontali saranno valutati le capacità di analisi progressivamente maturate attraverso la discussione delle prestazioni di dispositivi presenti nello stato dell'arte.

### Prerequisiti (conoscenze iniziali)

Conoscenze di base di matematica, fisica, programmazione al calcolatore, meccanica, meccanica applicata, teoria dei controlli, elettrotecnica, elettronica analogica, elettronica digitale, biomeccanica.

### Indicazioni metodologiche

- Il corso è articolato in lezioni frontali con l'ausilio di lucidi e filmati e lezioni in laboratorio con l'ausilio di PC e schede elettroniche di sviluppo;
- Gli studenti possono interagire con il docente mediante ricevimenti, posta elettronica e/o colloqui via Skype;
- Le lezioni sono svolte in lingua inglese;
- Durante alcune delle lezioni gli studenti possono usufruire del supporto di co-docenti.

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

Il corso è strutturato in due moduli:

Il modulo "Artificial Limbs" tratta i seguenti macro argomenti:

- Introduzione e storia delle protesi
- Cenni di anatomia dell'arto superiore
- Protesi di arto superiore
- Protesi di arto inferiore
- Trasmissioni tipiche nelle protesi
- Cenni sulle invasature e osseointegrazione
- Controllo mioelettrico
- Feedback sensoriale
- Interfacce uomo-robot di frontiera
- Batterie
- Architettura e periferiche del microcontrollore

Il modulo "Robotic Exoskeleton" tratta i seguenti macro argomenti:

- Introduzione alla robotica indossabile
- Series elastic actuators
- Introduzione alla biomeccanica del cammino
- Introduzione a Labview Real Time
- Introduzione a Labview FPGA
- Esoscheletri di arto inferiore
- Esoscheletri di arto superiore
- Esoscheletri di mano
- Caso di studio: reverse engineering di un esoscheletro di mano

### Bibliografia e materiale didattico

- Diapositive delle lezioni
- Codice sviluppato durante le attività di laboratorio
- Una selezione di articoli scientifici su alcuni dei sistemi protesici ed ortesici più rilevanti in letteratura

### Modalità d'esame

Per il modulo "Artificial Limbs" l'esame è composto da un progetto di gruppo (volto alla realizzazione di un sistema embedded in ambito di protesi di arto) e da una prova orale che consiste nella discussione del progetto e in un colloquio orale tra il candidato, il docente ed i co-docenti. La discussione del progetto sarà sia di gruppo che individuale. La durata prevista è di 20 minuti. Il progetto è superato se il dispositivo risponde alle specifiche iniziali (o alla maggior parte delle stesse) e se il candidato sarà in grado di discutere le scelte di programmazione adottate. Per la prova orale la durata media prevista è di 20 minuti. La prova orale è superata se il candidato conosce sufficientemente gli argomenti e mostra sufficienti capacità di analisi delle problematiche riguardanti la progettazione di protesi.

Per il modulo "Robotic Exoskeleton" l'esame è composto da una prova orale che consiste in un colloquio orale tra il candidato, il docente ed i co-docenti. In una prima parte del colloquio il candidato inizialmente dovrà risolvere un esercizio al calcolatore mediante il software Labview. Nella seconda parte del colloquio al candidato saranno poste domande riguardanti gli argomenti trattati durante le lezioni frontali. La durata media prevista per la prima parte del colloquio sarà di 2 ore. Per la seconda parte del colloquio la durata media prevista è di 20 minuti.

La prova orale è superata se il candidato:

- mostrerà sufficienti capacità di analisi delle problematiche riguardanti la progettazione di sistemi robotici esoscheletrici;
- mostrerà sufficiente capacità di elaborare soluzioni efficaci (in ambiente Labview) a tipiche problematiche del controllo real-time di robot esoscheletrici;
- mostrerà sufficienti capacità di discutere i limiti prestazionali delle soluzioni approntate.

