UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

# COURSE SYLLABUS

# Robotics and Automation

**2425-3-E3101Q114**

## Obiettivi

Questo insegnamento ha lo scopo di fornire una introduzione alla robotica ed alla automatica. Relativamente alla robotica si introdurranno la robotica industriale e la robotica mobile. Relativamente all'automatica si affronteranno la teoria dei sistemi ed il controllo di sistemi lineari.

## Contenuti sintetici

Robotica

- Rappresentazione delle roto-traslazioni
- Manipolatori industriali
- Basi mobili
- Rassegna di sensori

Automatica

- Introduzione ai Sistemi Dinamici (tempo continuo e tempo discreto)
- Teoria del Controllo per Sistemi Lineari (tempo continuo e tempo discreto)
- Progetto di un controllo retroazionato per Motori a corrente continua

## Programma esteso

Robotica

- rassegna di applicazioni della robotica;
- rappresentazione delle rotazioni in coordinate cartesiane;
- rappresentazione delle traslazioni in coordinate cartesiane;
- rappresentazione delle roto-traslazioni in coordinate omogenee;
- introduzione alla cinematica dei manipolatori industriali;
- modellazione con convenzioni di Denavit - Hartemberg degli elementi di catene cinematiche aperte;
- interpolazione di traiettoria con profili trapezoidali di velocità per manipolatori con controllo indipendente ai giunti;
- controllo dei singoli giunti;
- rassegna di cinematiche di basi mobili;
- tassonomie di sensori;
- sensori propriocettivi (rotazione, fine corsa, etc);
- misura di distanza a triangolazione (diodo emettitore - rivelatore, luce strutturata semplice e con pattern pseudo-casuale, stereo camere, etc.);
- misura di distanza a tempo di volo (ultrasuoni, laser range finder, laser scanner ad 1 e più piani di scansione, scansione meccanica, mems micro-mirrors, phased arrays, flash lidars, etc.);
- misura di prossimità (induzione, condensatori, effetto Hall, fotocellule, etc.);

Automatica

- Definizione di Sistema;
- Sistemi lineari e stazionari: approccio nel dominio del tempo;
- Modi naturali di un sistema lineare stazionario;
- Sistemi lineari e stazionari: approccio in frequenza, trasformata di Laplace e Trasformata Zeta. Diagrammi di Bode;
- Punti di equilibrio e stabilità;
- Stabilità per sistemi lineari stazionari a retroazione a tempo continuo: il criterio di Nyquist;
- Caratterizzazione dei sistemi di controllo a controreazione per sistemi a 1 ingresso e 1 uscita: fedeltà di risposta, reiezione di disturbi, risposta al gradino, sintesi per tentativi, PID, controllo digitale;
- Progetto di un controllo retroazionato per Motori a corrente continua;
- Modello Motore DC (Leggi di Lorentz e Faraday-Henry);
- Controllo lineare retroazionato di un Motore DC.

## Prerequisiti

Prerequisiti suggeriti

- stima a minimi quadrati, regressione lineare;
- ottimizzazione non-lineare non vincolata;
- elementi di calcolo matriciale e proprietà delle matrici;
- sistemi di equazioni differenziali lineari del 1º ordine (di cosa si tratta, non metodi risolutivi);

## Modalità didattica

Le attività didattiche saranno svolte in lingua italiana

Le attività didattiche includeranno:

- lezioni erogative;

- esercitazioni interattive con svolgimento di esercizi e sviluppo di codice (in C) su piccoli robot didattici;
- lezioni pre-registrate, consistenti in audio e video dello schermo di tablet usato come lavagna, di lezioni di anni precedenti;
- incontri interattivi con attività programmativa (in matlab).

## Materiale didattico

- Libri di testo
- P. Bolzern, R. Scatolini, N. Schiavoni, "Fondamenti di Controlli Automatici", 2 Ed., McGraw-Hill, 2004;
- A. Ruberti, A. Isidori, "Teoria dei SIstemi", Boringhieri, 1985
- A. Isidori, "Sistemi di Controllo", Siderea, 1979
- P. Palumbo, Appunti delle lezioni di Automatica
- testo complementare: R. C. Dorf, R. H. Bishop, "Controlli Automatici", Prentice Hall;
- testo sui motori DC: G. Ferretti, G. Magnani, "Modellistica e controllo dei servomeccanismi di posizione con motori a magneti permanenti", Pitagora Editrice, Bologna, 2002;
- Siciliano, B., Sciavicco, L., Villani, L., Oriolo, G., "Robotics: Modelling, Planning and Control", Advanced Textbooks in Control and Signal Processing, Springer, 2009;
- (out of print) K. S. Fu, R. C. Gonzalez, C. S. G. Lee, "Robotics: Control, Sensing, Vision, and Intelligence", McGraw-Hill, 1987;
- J. J. Craig, "Introduction to Robotics, Mechanics and Control", 3rd ed, Pearson Ed. Int., 2005
- R. Siegwart, I. R. Nourbakhsh, D. Scaramuzza, "Introduction to Autonomous Mobile Robots", 2nd ed., MIT Press, 2011
- Altro materiale
- Ulteriore materiale, disponibile sulla piattaforma elearning

## Periodo di erogazione dell'insegnamento

Secondo semestre

## Modalità di verifica del profitto e valutazione

Il voto è la media aritmetica tra i voti ottenuti in Robotica ed in Automatica.

Voto di Robotica

- Varanno valutati dei programmi matlab / C, sviluppati di solito durante il periodo di erogazione dell'insegnamento (su richiesta è possibile organizzarsi per svolgere questi lavori fuori dal periodo di erogazione dell'insegnamento) che convolgeranno alcuni dei seguenti temi:
- Roto-traslazioni di corpi rigidi nel piano;
- Roto-traslazioni di corpi rigidi nello spazio;
- Movimentazione di catene cinematiche aperte definite con le convenzioni di Denavit - Hartemberg / movimentazione di un piccolo robot mobile didattico;
- Saranno valutate le risposte scritte (scritto svolto successivamente alla fine della erogazione dell'insegnamento) sugli argomenti non oggetto dei programmi matlab (cinematica diretta ed inversa di bracci manipolatori, controllo del movimento di un manipolatore: infrastruttura tecnologica (motori, trasmissione, driver di potenza, etc.) ed interpolazione di traiettoria mediante profili trapezoidali di velocità, sensoristica, principalmente sensoristica di misura della distanza.

Voto di Automatica

- domande (o esercizi da svolgere al momento col docente) sugli argomenti dell'insegnamento;

A meno di improbabili aggiustamenti secondari, i pesi con cui saranno valutate le varie parti sono i seguenti:

voto = 0.5 * voto_parte_robotica + 0.5 * voto_parte_automatica

voto_parte_automatica
attribuito tutto insieme

voto_parte_robotica
è la media pesata delle valutazioni delle varie parti, con i seguenti pesi:
controllo del movimento di un manipolatore (domanda in scritto finale) . 0.10
cinematica diretta ed inversa (domanda in scritto finale) ..... 0.15
sensoristica esercizio (domanda in scritto finale) ..... 0.15
sensoristica (domanda in scritto finale) ..... 0.10
lab1 rototraslazioni 2D (prima consegna mlab) ..... 0.15
differenze tra i 2 modi di uso di patch3D (consegna pdf) ..... 0.05
lab2 rototraslazioni 3D (seconda consegna mlab) ..... 0.15
lab3 ..... 0.15
convenzioni DH (terza consegna mlab) oppure software di gestione del movimento di Coderbot.

## Orario di ricevimento

Inviare email per concordare un appuntamento

## Sustainable Development Goals

ENERGIA PULITA E ACCESSIBILE