



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

<b>DIPARTIMENTO</b>	Ingegneria
<b>ANNO ACCADEMICO OFFERTA</b>	2023/2024
<b>ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE</b>	2024/2025
<b>CORSO DILAUREA MAGISTRALE</b>	INGEGNERIA BIOMEDICA
<b>INSEGNAMENTO</b>	INDUSTRIAL ROBOTICS
<b>TIPO DI ATTIVITA'</b>	C
<b>AMBITO</b>	20909-Attivit Formative Affini o Integrative
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	20510
<b>SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI</b>	ING-INF/04
<b>DOCENTE RESPONSABILE</b>	D'IPPOLITO FILIPPO      Professore Ordinario      Univ. di PALERMO
<b>ALTRI DOCENTI</b>	
<b>CFU</b>	6
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	96
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLA DIDATTICA ASSISTITA</b>	54
<b>PROPEDEUTICITA'</b>	
<b>MUTUAZIONI</b>	INDUSTRIAL ROBOTICS - Corso: INGEGNERIA DEI SISTEMI CIBER-FISICI PER L'INDUSTRIA
<b>ANNO DI CORSO</b>	2
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	1° semestre
<b>MODALITA' DI FREQUENZA</b>	Facoltativa
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	<b>D'IPPOLITO FILIPPO</b> Lunedì    15:30    17:30    Piattaforma MS-TEAMS codice n0hly57 Mercoledì    9:00    10:00    Edificio 10

**DOCENTE:** Prof. FILIPPO D'IPPOLITO

<b>PREREQUISITI</b>	Corsi di Matematica sia di primo che di secondo livello, Fondamenti di Meccanica
<b>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</b>	<p><b>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</b></p> <p>Conoscenza e capacita' di comprensione:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Lo studente al termine del corso avra' conoscenza delle problematiche inerenti la cinematica, la dinamica e le modalita' di controllo dei robot industriali.</li> </ul> <p>Capacita' di applicare conoscenza e comprensione</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Lo studente sara' in grado di effettuare la scelta corretta sia della struttura del robot che della programmazione in relazione alla necessita' specifica della cella di lavorazione flessibile.</li> </ul> <p>Autonomia di giudizio:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Lo studente sara' in grado di interpretare il corretto modo di funzionamento della scelta operata in relazione alla applicazione.</li> </ul> <p>Abilita' comunicative:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Lo studente acquisira' la capacita' di comunicare ed esprimere problematiche inerenti l'oggetto del corso. Sara' in grado di sostenere conversazioni su tematiche inerenti le applicazioni dei robot nell'ambito della industria flessibile.</li> </ul> <p>Capacita' d'apprendimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Lo studente avra' consolidato molte delle conoscenze in ambito matematico, della geometria analitica e della meccanica razionale, e questo gli consentira' di proseguire gli studi ingegneristici con maggiore autonomia e discernimento.</li> </ul>
<b>VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO</b>	<p>Prova scritta volta ad accertare la capacita' di associare un opportuno modello sia cinematico che dinamico a una struttura cinematica seriale;</p> <p>Prova di programmazione in Matlab di alcune funzioni del robot industriale, Jacobiano, cinematica diretta e inversa, dinamica diretta e inversa, pianificazione del moto.</p> <p>Le modalita' con le quali si formula la valutazione finale (voto d'esame) : a partire dal voto di 18/30, conferito quando gli obiettivi raggiunti sono almeno elementari, fino al voto di 30/30 con eventuale lode, quanto gli obiettivi sono raggiunti in maniera eccellente.</p> <p>Stesse modalita' valgono per gli studenti non frequentanti.</p>
<b>OBIETTIVI FORMATIVI</b>	Il corso ha la finalita' di fornire le conoscenze di base necessarie a scrivere in modo sistematico le equazioni cinematiche e del moto (modello dinamico) di un sistema meccanico spaziale (robot). Le conoscenze acquisite nel corso servono per scrivere programmi di uso generale che simulano il comportamento cinematico e/o dinamico delle macchine, per mettere a punto algoritmi di controllo del moto di macchine automatiche e/o manipolatori ed, infine, per leggere la letteratura specializzata del settore.
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	Lezioni teoriche/esercitazioni. Durante il corso, oltre alle lezioni teoriche, vengono assegnati degli esercizi che richiedono l'implementazione in ambiente MATLAB di alcuni degli algoritmi presentati a lezione e la redazione di brevi relazioni.
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Dispense e slide fornite dal Docente, in lingua inglese/Handouts and slides provided by the Teacher, in English</li> <li>•L. Sciavicco, B. Siciliano, L. Villani, G. Oriolo, Robotica, McGraw-Hill, 3 a edizione, 2008, ISBN 978-8838663222</li> <li>•L. Sciavicco, B. Siciliano, L. Villani, G. Oriolo, Robotics: Model Planning and Control, Springer, ISBN 978-1846286414</li> </ul>

### PROGRAMMA

ORE	Lezioni
10	introduzione cinematica matrice di rotazione; composizione di matrici di rotazione; angoli di eulero; asse angolo; trasformazioni omogenee; cinematica diretta; cinematica di strutture tipiche di manipolazione; spazio dei giunti e spazio operativo; calibrazione cinematica; problema cinematico inverso;

## PROGRAMMA

ORE	Lezioni
10	cinematica differenziale; jacobiano geometrico; jacobiano di strutture tipiche di manipolazione singolarita' cinematiche analisi della ridondanza; inversione della cinematica differenziale; jacobiano analitico; algoritmi per l'inversione cinematica; statica; ellissoidi di manipolabilita
7	dinamica formulazione di Lagrange proprieta' del modello identificazione dei parametri dinamici dinamica diretta e inversa modello dinamico nello spazio operativo ellissoide di manipolabilita' dinamica
4	pianificazione di traiettorie; traiettorie nello spazio dei giunti; traiettorie nello spazio cartesiano
5	controllo del moto; controllo del moto indipendente ai giunti; controllo del moto PD con compensazione della gravita; controllo del moto a coppia precalcolata controllo del moto adattativo
2	sensori e attuatori
ORE	Esercitazioni
4	Relazione cinematica diretta di un robot Cinematica inversa di un robot
4	Cinematica differenziale; Inversione della cinematica differenziale e gestione della ridondanza cinematica;
4	Modello dinamico dei robot Modello dinamico del robot SCARA AMADEUS 2
ORE	Laboratori
4	Esercitazione sperimentale sui robot disponibili nel laboratorio di Motion Control e Robotica Industriale (COMAU SMART SIX, antropomorfo e AMADEUS II, scara) del Dipartimento di Ingegneria, ed.10