

Corso di Laurea specialistica in Ingegneria dell'Automazione
(Classe delle Lauree specialistiche in Ingegneria dell'Automazione, Classe n. 29/S)

Il Corso di Laurea specialistica in Ingegneria dell'Automazione ha come obiettivo formativo la preparazione di ingegneri in grado di affrontare e risolvere problemi legati alla riduzione o eliminazione dell'intervento dell'uomo nella produzione di beni e servizi e nella gestione di macchine, con l'obiettivo di migliorare la qualità e l'affidabilità del prodotto, ridurre i costi e aumentare la sicurezza sia nel processo di produzione che nell'utilizzazione di macchine.

Il percorso didattico sarà orientato a conferire a tale laureato specialista:

- una conoscenza approfondita degli aspetti teorico-scientifici della matematica e delle altre scienze di base così da poterli utilizzare per interpretare e descrivere problemi ingegneristici complessi o che richiedono un approccio interdisciplinare;
- una conoscenza approfondita degli aspetti teorico-scientifici dell'ingegneria, sia in generale che con particolare riferimento a quelli dell'ingegneria dell'automazione, così da essere in grado di identificare, formulare e risolvere, anche in modo innovativo, problemi ingegneristici complessi o che richiedono un approccio interdisciplinare;
- una capacità di ideare, pianificare, progettare e gestire sistemi, processi e servizi complessi e/o innovativi;
- una capacità di progettare e gestire esperimenti di elevata complessità;
- conoscenze sia di contesto che di carattere trasversale rispetto alle altre discipline ingegneristiche.

Un tale laureato specialista potrà essere inserito a livello aziendale per svolgere, in maniera autonoma, funzioni di progettazione, realizzazione, installazione, manutenzione e conduzione di sistemi di automazione anche complessi.

I settori di sbocco si possono suddividere in: società produttrici di componenti e sistemi per l'automazione; società di ingegneria specificamente operanti nel campo delle tecnologie dell'informazione per l'automazione della produzione industriale; industrie di progettazione e produzione di macchine e/o sistemi ad alto contenuto di automazione (industria automobilistica, aeronautica/aerospaziale, trasporti); società utilizzatrici di sistemi di automazione (industria di processo, industria manifatturiera, società di gestione di reti di servizi).

Per il conseguimento della laurea specialistica lo studente dovrà sostenere una prova finale consistente nella discussione di una tesi scritta, ovvero di un elaborato progettuale corredato da grafici, redatta in modo originale dallo studente sotto la guida di uno o più relatori.

Curriculum

Insegnamento	Modulo	Settore scientifico-disciplinare	CFU	Attività formativa	Propedeuticità
I Anno – 1° semestre					
Ricerca operativa	Ricerca operativa	MAT/09	6	a	Analisi matematica I Geometria e algebra
Controlli automatici II	Complementi di controlli automatici	ING-INF/04	3	b	Controlli automatici
	Controllo digitale	ING-INF/04	3	b	Controlli automatici
Fisica matematica	Fisica matematica	MAT/07	6	a	Analisi matematica II Fisica generale I
Introduzione ai campi elettromagnetici	Introduzione ai campi elettromagnetici	ING-INF/02	3	c	Metodi matematici per l'ingegneria
Elementi di calcolo delle variazioni	Elementi di calcolo delle variazioni	MAT/05	3	a	Metodi matematici per l'ingegneria
I Anno – 2° semestre					
Dinamica di macchine e azionamenti elettrici	Dinamica di macchine e azionamenti elettrici	ING-IND/32	6	b	Fisica matematica
Meccanica dei robot	Meccanica dei robot	ING-IND/13	6	b	Fondamenti di meccanica

Controllo nonlineare I	Controllo nonlineare I	ING-INF/04	3	b	Controlli automatici II
Tecnologia dei sistemi di automazione	Tecnologia dei sistemi di automazione	ING-INF/04	6	b	Controlli automatici Programmazione I
Basi di dati	Basi di dati	ING-INF/05	6	c	Elementi di informatica
Progettazione molecolare delle funzionalità	Progettazione molecolare delle funzionalità	CHIM/07	3	a	Nessuna
Identificazione e controllo ottimo	Identificazione e controllo ottimo	ING-INF/04	6	b	Controlli automatici II Ricerca operativa
Sistemi elettrici industriali	Sistemi elettrici industriali	ING-IND/33	3	c	Introduzione ai circuiti
Calcolatori elettronici II	Calcolatori elettronici II	ING-INF/05	6	c	Calcolatori elettronici I
II Anno – 1° semestre					
Controllo degli azionamenti elettrici	Controllo degli azionamenti elettrici	ING-IND/32	6	b	Dinamica di macchine e azionamenti elettrici
Complementi di meccanica	Complementi di meccanica	ING-IND/13	6	b	Fisica matematica
Modelli numerici per i campi	Modelli numerici per i campi	ING-IND/31	6	c	Fisica matematica Introduzione ai campi elettromagnetici Elementi di calcolo delle variazioni
A scelta autonoma dello studente			6	d	
II Anno – 2° semestre					
Controllo dei robot	Controllo di robot	ING-INF/04	6	b	Controlli Automatici II, Fisica matematica, Meccanica dei robot
Automazione e controllo industriale	Automazione e controllo industriale	ING-INF/04	3	b	Controlli automatici II, Tecnologie dei sistemi di automazione
A scelta dalla Tabella I		ING-INF/04	3	b	
	Ulteriori conoscenze		9	f	
	Prova finale		6	e	

Tabella I

Modulo	Insegnamento	Settore scientifico-disciplinare	CFU	Attività formativa	Propedeuticità
Controllo non lineare II	Controllo non lineare II	ING-INF/04	3	b	Controllo non lineare I
Controllo robusto	Controllo robusto	ING-INF/04	3	b	Identificazione e controllo ottimo
Controllo di moto	Controllo di moto	ING-INF/04	3	b	Dinamica di macchine e azionamenti elettrici
Controllo di supervisione	Controllo di supervisione	ING-INF/04	3	b	Tecnologia dei sistemi di automazione
Robotica avanzata	Robotica avanzata	ING-INF/04	3	b	Controllo dei robot
Sistemi real time per il controllo	Sistemi real time per il controllo	ING-INF/04	3	b	Tecnologia dei Sistemi di Automazione, Calcolatori Elettronici II

Attività formative del Corso di Laurea specialistica in Ingegneria dell'Automazione.

Insegnamento: Automazione e controllo industriale

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Automazione e controllo industriale	ING-INF/04	b	II	3
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 15	Ore impegno studente: 45		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 10	Ore impegno studente: 25		
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 2	Ore impegno studente: 5		

Obiettivi formativi:

Fornire allo studente le conoscenze per la progettazione, realizzazione e messa in esercizio di sistemi di automazione e controllo.

Contenuti:

Nel corso verranno sviluppati tre progetti, che cambieranno di anno in anno, uno nel campo dell'industria manifatturiera, uno in quello dell'industria di processo ed uno nell'ambito delle reti di pubblica utilità. Lo sviluppo di ogni progetto avverrà secondo le seguenti fasi: a) descrizione del sistema reale da controllare con parole, disegni, foto, dati e semplici formule; b) scelta dei sensori e degli attuatori tra quelli presenti sul mercato; c) modellazione a ciclo aperto del sistema da controllare con i sensori e gli attuatori; d) validazione del modello; e) progettazione di un sistema di monitoraggio e controllo; f) implementazione del sistema progettato utilizzando come supporto hardware PC, schede di I/O, PIC e PLC, e come supporto software prevalentemente il Matlab/Simulink e il CCS; g) considerazioni conclusive riguardanti aspetti affidabilistici ed economici inerenti la realizzazione, l'esercizio e la manutenzione.

Propedeuticità: Controlli automatici II, Tecnologie dei sistemi di automazione.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Elaborato progettuale.

Insegnamento: Basi di dati

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Basi di dati	ING-INF/05	c	I	6
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 35	Ore impegno studente: 105		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 18	Ore impegno studente: 45		

Obiettivi formativi:

Il corso ha come obiettivo di presentare modelli, metodi e sistemi per la definizione, progettazione e realizzazione di sistemi software che gestiscono insiemi di dati di grandi dimensioni. Le abilità che lo studente acquisirà superato l'esame del corso gli consentiranno di partecipare al progetto e alla realizzazione di basi di dati di media complessità.

Contenuti:

Le basi di dati e i sistemi di gestione.

Basi dati relazionali modello e linguaggi: Il modello relazionale: Strutture e Vincoli di integrità. Algebra relazionale con esercitazioni. Linguaggio SQL: definizione dei dati, interrogazioni in SQL, manipolazione dei dati, vincoli, viste, controllo dell'accesso. Esercitazioni di SQL usando Microsoft Access. SQL nei linguaggi di programmazione: SQL Embedded, Uso di Call Level Interface, procedure.

Progettazione di Basi di dati: Modelli concettuali: Il modello Entità-Relazione. Il modello a oggetti ODMG. La normalizzazione: Normalizzazione del modello relazionale e del modello Entità-Relazione. La progettazione di basi di dati relazionali. Fasi della progettazione. Raccolta e analisi dei requisiti. Progettazione concettuale. Ristrutturazione dei diagrammi E-R e traduzione verso il modello relazionale. Progettazione logica. Basi di dati attive: Trigger. Applicazioni delle basi dati attive. Cenni di tecnologia: La struttura del data base server e definizione di transazione. Microsoft Access: Caratteristiche del sistema, definizione tabelle, Definizione query, maschere e report, Macro.

Propedeuticità: Elementi di informatica.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova scritta e orale.

Insegnamento: Calcolatori elettronici II

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Calcolatori elettronici II	ING-INF/05	c	I	6

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 32	Ore impegno studente: 96
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 10	Ore impegno studente: 30
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 12	Ore impegno studente: 24

Obiettivi formativi:

Il corso si propone di fornire una conoscenza approfondita delle metodologie e strumenti tecnologici per la progettazione di sistemi digitali e delle principali architetture dei sistemi a microprocessore per lo sviluppo dei sistemi informatici di tipo general purpose ed embedded. Il corso fa ampio riferimento agli argomenti trattati nel corso di Calcolatori elettronici I.

Contenuti:

Architettura e programmazione dei sistemi a microprocessore: organizzazione di un computer; processori CISC/RISC general e special purpose, in logica cablata e microprogrammata; pipeline e processori superscalari; microcontrollori; repertorio codici operativi e programmazione a basso livello (assembler, C, mista); architettura di principali famiglie di processori commerciali (ARM, Motorola, Intel). Il sistema memoria: tecnologie; architetture; memorie centrali e cache. Il sistema BUS: bus sincroni, asincroni e protocolli di handshaking; esempi di Bus commerciali. Il sistema I/O: organizzazione dell'I/O; dispositivi di I/O, funzionalità principali e modello di programmazione; programmazione di driver di controllo per dispositivi di I/O commerciali; principali periferiche dei microcomputer. Progettazione dei sistemi embedded: ciclo di sviluppo e semplice progetto di microsistema per controllo processo. Processori ad elevate prestazioni: processori con uso di pipeline, superscalari; multiprocessori.

Propedeuticità: Calcolatori elettronici I.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Sviluppo di un elaborato, test al calcolatore e prova orale.

Insegnamento: Complementi di meccanica

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Complementi di meccanica	ING-IND/13	b	II	6

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 35	Ore impegno studente: 105
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 10	Ore impegno studente: 30
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 5	Ore impegno studente: 10
Modalità di insegnamento: Seminario	Ore impegno docente: 5	Ore impegno studente: 5

Obiettivi formativi:

Fornire allo studente le nozioni fondamentali per:

- La comprensione e lo studio di alcuni fenomeni meccanici che si possono verificare negli organi di macchine
- Impostare la progettazione di alcuni organi meccanici e di semplici sistemi meccanici impiegati nel campo dell'automazione.
- Impostare la progettazione di alcuni organi meccanici e di semplici sistemi meccanici impiegati nel campo dell'automazione.

Contenuti:

Rigidità e deformabilità di componenti meccanici. Determinazione delle sollecitazioni negli organi di macchina. Sistemi a più gradi di libertà: matrici di inerzia e matrici di rigidità, equazioni del moto, frequenze naturali, linee elastiche. Dinamica dei rotori rigidi. Elementi di dinamica dei rotori elastici e velocità critiche flessionali e torsionali. Bilanciamento dei rotori rigidi e macchine bilanciatrici. Cenni sul bilanciamento dei rotori elastici. Studio del comportamento cinematico e dinamico di sistemi meccanici mediante simulazione al calcolatore. Criteri di progettazione di elementi meccanici. Esempi di progettazione di sistemi meccanici e di un robot industriale.

Propedeuticità: Fisica matematica

Prerequisiti : Nessuno

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale; Elaborati, facoltativi, durante il corso

Insegnamento: Controlli automatici II

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Complementi di controlli automatici	ING-INF/04	b	II	3

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 15	Ore impegno studente: 45
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 10	Ore impegno studente: 25
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 2	Ore impegno studente: 5

Obiettivi formativi:

Fornire allo studente gli elementi per la progettazione di sistemi di controllo avanzati nell'ambito di sistemi SISO. Introdurre lo studente alle tecniche del controllo moderno mediante retroazione dello stato.

Contenuti:

Taratura di regolatori PID. Sistemi di controllo avanzati: feedback e feedforward, il predittore di Smith, controllo cascata, controllori di disaccoppiamento. Proprietà strutturali dei sistemi: controllabilità e osservabilità. Controllo con reazione di stato: assegnamento dei poli. Osservatori dello stato. Controllo in retroazione mediante osservatore: principio di separazione.

Propedeuticità: Controlli automatici.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova scritta e colloquio orale.

Insegnamento: Controllo degli azionamenti elettrici

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Controllo degli azionamenti elettrici	ING-IND/32	b	II	6

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 35	Ore impegno studente: 105
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 15	Ore impegno studente: 30
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 15	Ore impegno studente: 15

Obiettivi formativi:

Completare la formazione dello studente con l'acquisizione di nozioni di base sulla progettazione di sistemi di controllo degli azionamenti elettrici.

Contenuti:

Tecniche di modulazione e controllo per i convertitori statici, loro impiego per rifasamento e filtraggio di armoniche (filtri attivi); Algoritmi di controllo scalare e vettoriale; Architetture Hardware e Software per il pilotaggio degli azionamenti elettrici; Esempi applicativi di simulazione ed implementazione di algoritmi di controllo.

Propedeuticità: Dinamica di macchine e azionamenti elettrici.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Discussione di elaborato progettuale.

Insegnamento: Controllo dei robot

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Controllo dei robot	ING-INF/04	b	II	6

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 32	Ore impegno studente: 96
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 24	Ore impegno studente: 48
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 6	Ore impegno studente: 6

Obiettivi formativi:

Formare le competenze per l'analisi e la sintesi dei principali sistemi di controllo del moto dei robot. Presentare casi di studio significativi per la simulazione di algoritmi di inversione cinematica, pianificazione di traiettoria e leggi di controllo. Fornire alcuni elementi per la sperimentazione di tecniche di controllo in tempo reale su robot industriali.

Contenuti:

Cinematica diretta e cinematica inversa. Spazio dei giunti e spazio operativo. Calibrazione cinematica. Cinematica differenziale. Jacobiano geometrico e Jacobiano analitico. Ridondanza e singolarità. Algoritmi per l'inversione cinematica con inversa e trasposta dello Jacobiano. Dualità cineto-statica. Ellissoidi di manipolabilità. Modello Lagrangiano. Equazioni del moto. Proprietà notevoli del modello dinamico. Algoritmo ricorsivo di Newton-Eulero. Identificazione dei parametri dinamici. Dinamica diretta e dinamica inversa. Pianificazione di traiettorie nello spazio dei giunti e nello spazio operativo. Scalatura dinamica di traiettorie. Controllo decentralizzato. Controllo centralizzato. Controllo a coppia precalcolata. Controllo PD con compensazione di gravità. Controllo a dinamica inversa. Controllo robusto e adattativo. Simulazione in ambiente MATLAB/Simulink®. Dimostrazione sperimentale di algoritmi di controllo del moto su robot manipolatori a struttura antropomorfa dotati di unità di governo aperta.

Propedeuticità: Controlli automatici II, Fisica matematica, Meccanica dei robot.

Prerequisiti: Teoria dei sistemi, Elementi di robotica industriale, Identificazione e controllo ottimo.

Modalità di accertamento del profitto: Elaborato in MATLAB/Simulink® e prova orale.

Insegnamento: Controllo di moto

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Controllo di moto	ING-INF/04	b	II	3
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 15	Ore impegno studente: 45		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 10	Ore impegno studente: 25		
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 2	Ore impegno studente: 5		

Obiettivi formativi:

Fornire le conoscenze per la progettazione di azionamenti per il controllo di coppia velocità e posizione di sistemi inerziali in presenza di trasduttori rumorosi e accoppiamenti meccanici imperfetti.

Contenuti:

La progettazione del sistema di controllo d'asse per sistemi inerziali in condizioni ideali e non. Accoppiamenti meccanici con gioco, elasticità e attriti non lineari di tipo coulombiano, loro modellazione e influenza nel sistema azionamento. Tecniche di controllo in presenza di accoppiamenti meccanici imperfetti. La progettazione dell'Azionamento in presenza di trasduttori digitali e di trasduttori rumorosi.

Propedeuticità: Dinamica di macchine e azionamenti elettrici.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Elaborato individuale e accertamento orale.

Insegnamento: Controllo di supervisione

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Controllo di supervisione	ING-INF/04	b	II	3
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 16	Ore impegno studente: 50		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 10	Ore impegno studente: 23		
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 2	Ore impegno studente: 2		

Obiettivi formativi:

Il corso si propone di presentare le metodologie di modellizzazione dei sistemi a eventi discreti (sistemi di automazione industriale, sistemi informatici, reti di comunicazione, reti di trasporto, ecc...), le specifiche desiderate che si possono imporre su tali sistemi, e le metodologie per il progetto e la realizzazione di controllori di supervisione che le realizzano.

Contenuti:

Algebra dei linguaggi. Automi a stati e loro proprietà. Reti di Petri e loro proprietà. Teorema della controllabilità. Progetto di controllori di supervisione mediante automi a stati. Progetto di controllori di supervisione mediante reti di Petri. Realizzazione dei controllori di supervisione.

Propedeuticità: Tecnologia dei sistemi di automazione.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Controlli automatici II

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Controllo digitale	ING-INF/04	b	II	3
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 16	Ore impegno studente: 59		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 6	Ore impegno studente: 12		
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 4	Ore impegno studente: 4		

Obiettivi formativi:

Fornire gli elementi di analisi e progetto dei sistemi di controllo a retroazione con leggi di controllo a tempo-discreto.

Contenuti:

Richiami sul campionamento e la ricostruzione dei segnali: campionamento ideale e reale; organi di conversione A/D e D/A; filtro ZOH. Il teorema del campionamento. Tecniche di approssimazione di sistemi LTI a tempo continuo tramite sistemi LTI a tempo-discreto: metodo di Eulero in avanti, di Eulero in indietro, di Tustin, di Tustin con pre-warping, metodo ZOH, metodo FOH predittivo. Progetto di compensatori per discretizzazione e direttamente nel dominio a tempo-discreto. Progetto con metodi analitici: assegnamento dei poli e assegnamento del modello. Problemi di realizzazione del controllo digitale: strutturazione dell'algoritmo di controllo, filtraggio anti-aliasing, considerazioni sulla scelta del periodo di campionamento. Discretizzazione dei PID: schemi di anti-windup e bumpless transfer.

Propedeuticità: Controlli automatici.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova scritta e orale.

Insegnamento: Controllo non lineare I

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Controllo non lineare I	ING-INF/04	b	I	3
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 24	Ore impegno studente: 60		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 6	Ore impegno studente: 15		

Obiettivi formativi:

Introdurre gli studenti ai fondamenti dell'analisi dei sistemi non lineari, ovvero caratterizzati da campi vettoriali non lineari, con particolare riferimento al concetto di stabilità di un sistema dinamico e ai criteri principali per analizzarla in ambito non lineare.

Contenuti:

Introduzione ai sistemi dinamici non lineari; Metodi Il piano delle fasi; Il metodo della linearizzazione; esistenza di cicli limite e altri insiemi invarianti; Il metodo della funzione descrittiva; Stabilità: metodo di Lyapunov diretto e indiretto; Applicazioni ai sistemi di tipo Lure – il criterio di Popov e il criterio del cerchio. Stabilità ingresso-uscita e stabilità strutturale.

Propedeuticità: Controlli automatici II.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova scritta.

Insegnamento: Controllo non lineare II

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Controllo non lineare II	ING-INF/04	b	II	3

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 24	Ore impegno studente: 60
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 6	Ore impegno studente: 15

Obiettivi formativi:

Introdurre gli studenti alle principali strategie di controllo non lineare attraverso esempi illustrativi e applicazioni caratteristiche mettendone in evidenza i vantaggi e gli svantaggi delle diverse tecniche di controllo proposte.

Contenuti:

Introduzione al controllo nonlineare; Il metodo del Gain Scheduling; fondamenti di controllo geometrico; i sistemi di controllo ibrido e discontinuo.

Propedeuticità: Controllo non lineare I.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova scritta.

Insegnamento: Controllo robusto

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Controllo robusto	ING-INF/04	b	II	3

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 19	Ore impegno studente: 57
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 5	Ore impegno studente: 15
Modalità di insegnamento: Seminario	Ore impegno docente: 2	Ore impegno studente: 3

Obiettivi formativi:

Fornire allo studente la conoscenza delle principali metodologie per affrontare il problema della progettazione di sistemi di controllo per impianti multivariabili incerti.

Contenuti:

Richiami di algebra delle matrici: valori singolari, norma di una matrice. Gli spazi H_2 e H_∞ , norme di segnali e sistemi. Introduzione ai sistemi multivariabili: matrici di trasferimento; zeri e poli; stabilità interna ed esterna. Proprietà della retroazione per sistemi multivariabili: guadagno di anello; funzioni di sensitività e sensitività complementare; sistemi in retroazione ben posti; margini di stabilità per sistemi multivariabili.

Classificazione delle incertezze di modello, stabilità robusta del sistema a ciclo chiuso, il teorema del piccolo guadagno. Margini garantiti dal controllore LQ. Progettazione del controllore nel dominio della frequenza per sistemi multivariabili. Il problema standard H_∞ . Soluzione del problema standard H_∞ . Cenni sulla μ -sintesi. Cenni sulle tecniche di riduzione dell'ordine.

È previsto un seminario su una specifica applicazione del controllo robusto.

Propedeuticità: Identificazione e controllo ottimo.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Sviluppo di un elaborato durante lo svolgimento del corso, accertamento orale finale.

Insegnamento: Dinamica di macchine e azionamenti elettrici

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Dinamica di macchine e azionamenti elettrici	ING-IND/32	b	I	6

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 35	Ore impegno studente: 105
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 15	Ore impegno studente: 30
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 15	Ore impegno studente: 15

Obiettivi formativi:

Provvedere alla formazione di base degli studenti per consentire loro l'estensivo uso dei modelli matematici di macchine ed azionamenti elettrici per l'analisi dinamica del loro comportamento.

Contenuti:

Teoria dei vettori spaziali e applicazione alle macchine asincrone, sincrone, brushless: analisi delle caratteristiche di funzionamento da motore, generatore e freno; fondamenti per la determinazione degli algoritmi di controllo; modelli matematici tempo varianti delle principali strutture di conversione statica dell'energia: Convertitori Dc-Dc, Convertitori Ac-Dc.

Propedeuticità: Fisica matematica.

Prerequisiti: Macchine e azionamenti elettrici,.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Elementi di calcolo delle variazioni

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Elementi di calcolo delle variazioni	MAT/05	a	I	3

Modalità di insegnamento: Lezione

Ore impegno docente: 20 **Ore impegno studente:** 60

Modalità di insegnamento: Esercitazione

Ore impegno docente: 5 **Ore impegno studente:** 15

Obiettivi formativi:

Il corso si propone di fornire i concetti fondamentali del calcolo delle variazioni con riferimento al problema base, alle condizioni necessarie, sufficienti, e al metodo diretto.

Contenuti:

Estremi locali e globali per funzioni di più variabili, teorema di Weierstrass in ipotesi di semicontinuità. Funzioni convesse, caratterizzazione di I e II ordine, punti critici e minimo globale.

Il problema base del calcolo delle variazioni, cenno ad altri problemi. Estremanti regolari a tratti, equazione di Eulero, condizione di Weierstrass e significato geometrico, condizione di Legendre, condizione di Jacobi, teoremi di regolarità. Condizioni sufficienti, integrando convesso, funzione verifica, funzione valore.

Il metodo diretto: cenni sugli spazi di Banach, teorema di Weierstrass per i funzionali, teoremi di semicontinuità, esempio di teorema di esistenza.

Propedeuticità: Metodi matematici per l'ingegneria.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova applicativa e colloquio.

Insegnamento: Fisica matematica

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Fisica matematica	MAT/07	a	I	6

Modalità di insegnamento: Lezione

Ore impegno docente: 35 **Ore impegno studente:** 110

Modalità di insegnamento: Esercitazione

Ore impegno docente: 21 **Ore impegno studente:** 45

Obiettivi formativi:

Fare conoscere agli allievi alcuni semplici e fondamentali modelli della fisica matematica a cui possono essere ricondotti diversi metodi di carattere applicativo.

Contenuti:

Tensori e algebra tensoriale. Geometria delle masse. Tensore d'inerzia. Cinematica dei sistemi rigidi. Principi ed equazioni fondamentali della dinamica. Modelli: corpo rigido con asse fisso e con punto fisso; corpo rigido libero. Applicazioni. Approccio lagrangiano al problema del moto. Equazioni di Lagrange. Esercizi. Fondamenti di cinematica dei sistemi continui deformabili. Tensore di deformazione. Elementi di dinamica dei sistemi deformabili. Tensore degli sforzi. Equazioni di bilancio. Caso elastico. Applicazioni a vari casi di vibrazioni.

Propedeuticità: Analisi matematica II. Fisica generale I.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova unica comprendente la parte teorica e quella applicativa.

Insegnamento: Identificazione e controllo ottimo

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Identificazione e controllo ottimo	ING-INF/04	b	I	6

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 40	Ore impegno studente: 90
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 10	Ore impegno studente: 30
Modalità di insegnamento: Laboratorio numerico	Ore impegno docente: 10	Ore impegno studente: 15
Modalità di insegnamento: Seminario	Ore impegno docente: 2	Ore impegno studente: 9
Modalità di insegnamento: Prova intracorso	Ore impegno docente: 0	Ore impegno studente: 6

Obiettivi formativi:

Fornire allo studente la preparazione teorico-pratica per l'utilizzo delle tecniche di ottimizzazione nell'identificazione di un modello e nella sintesi di un sistema di controllo per varie tipologie di processi industriali.

Contenuti:

Proprietà strutturali dei sistemi lineari e forme canoniche. La ricostruzione dello stato in ambiente deterministico. Identificazione dei modelli a partire dai dati sperimentali. Famiglia di modelli ARX e ARMAX. Metodi a minimizzazione dell'errore di predizione: il metodo dei minimi quadrati; il metodo dei minimi quadrati ricorsivi, il metodo della massima verosimiglianza. Identificazione di un modello attraverso campioni della risposta armonica. Incertezze di modello e di misura. Stima dello stato in ambiente stocastico. Il filtro di Kalman. Ottimizzazione parametrica di controllori lineari. Principio di ottimalità. Controllo ottimo lineare quadratico su orizzonte finito e infinito. Controllo ottimo lineare quadratico gaussiano e principio di separazione. Decisioni ottime con informazione perfetta o imperfetta dello stato. Controllo predittivo. Controllo a orizzonte recedente.

Propedeuticità: Controlli automatici II, Ricerca operativa.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova laboratorio numerico, prova orale.

Insegnamento: Introduzione ai campi elettromagnetici

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Introduzione ai campi elettromagnetici	ING-INF/02	c	I	3

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 25	Ore impegno studente: 75
--	--------------------------------	---------------------------------

Obiettivi formativi:

Fornire allo studente i fondamenti fisico-matematici necessari alla comprensione delle proprietà fondamentali dei campi elettromagnetici e all'impostazione dei problemi di elettromagnetismo, con particolare riguardo alla irradiazione e alla diffusione.

Contenuti:

Interazioni elettromagnetiche e concetto di campo. L'approccio macroscopico alla descrizione delle interazioni elettromagnetiche. Richiami di algebra ad analisi vettoriale. Densità di carica e di corrente. I vettori del campo elettromagnetico. Equazioni di Maxwell sotto forma integrale e differenziale. Equazione di continuità. Condizioni d'interfaccia. Equazioni di Maxwell nel dominio della frequenza. Il caso sinusoidale: rappresentazione fasoriale. Relazioni costitutive: necessità e significato. L'approccio fenomenologico alle relazioni costitutive. Proprietà generali di un mezzo: omogeneità, isotropia, non dispersività, linearità. Il caso di mezzi lineari: risposta impulsiva e suo significato. Mezzi normali: permeabilità, permittività, conducibilità, permittività equivalente. Relazioni di dispersione e loro significato. Relazioni costitutive di un plasma freddo. Teorema di Poynting. Il caso del plasma freddo. Teorema di Poynting nel caso sinusoidale. Perdite per isteresi: legame tra dissipazione e dispersione. Potenza reattiva. Teoremi di unicità nel dominio del tempo e dei fasori. Irradiazione: potenziali elettromagnetici. Equazioni dei potenziali in un mezzo omogeneo. Gauge di Lorentz. Soluzione dell'equazione dei potenziali. Campo irradato da una sorgente elementare.

Campo di una sorgente piccola rispetto alla lunghezza d'onda: momento dipolare elettrico. Irradiazione in presenza di disomogeneità: campo incidente e campo diffuso. Equazione integrale della diffusione.

Propedeuticità: Metodi matematici per l'ingegneria.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Meccanica dei robot

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Meccanica dei robot	ING-IND/13	b	I	6
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 35	Ore impegno studente: 105		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 10	Ore impegno studente: 30		
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 5	Ore impegno studente: 10		
Modalità di insegnamento: Seminario	Ore impegno docente: 5	Ore impegno studente: 5		

Obiettivi formativi:

Fornire allo studente le nozioni fondamentali per:

- lo studio della cinematica e della dinamica, dirette e inverse, dei sistemi multilink;
- la comprensione dei principi di funzionamento dei più comuni trasduttori, impiegati nelle applicazioni dell'automazione industriale, per la misura di forze e spostamenti,
- lo studio e la pianificazione delle leggi del moto degli attuatori di un robot o di un azionamento industriale;
- l'impostazione del progetto "di massima" di un robot o di una macchina automatica.

Contenuti:

Descrizione e principi di funzionamento di un robot. Problema cinematico diretto e inverso. Statica del braccio. Matrici di rotazione. Coordinate omogenee. Matrici di trasformazione. Struttura dei link e parametri dei giunti. Rappresentazione di Denavit e Hartenberg. Posizione della pinza. Velocità e accelerazioni. Leggi del moto e traiettorie. Traiettoria della pinza di un robot a n assi. Equazioni di equilibrio dinamico di un manipolatore a più gradi di libertà. Matrici delle azioni, le forze che agiscono sui link, equilibrio dinamico dei segmenti. Dinamica di manipolatori non rigidi. Esercitazioni di laboratorio sulla visualizzazione e pianificazione delle leggi del moto e delle traiettorie di un robot. Attuatori pneumatici, idraulici, elettrici; cenni sulla regolazione dei motori elettrici. Trasduttori e sensori; cenni sul controllo. Elementi per la progettazione di un braccio meccanico.

Propedeuticità: Fondamenti di meccanica.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale; elaborati, facoltativi, durante il corso.

Insegnamento: Modelli numerici per i campi

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Modelli numerici per i campi	ING-IND/31	c	II	6
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 36	Ore impegno studente: 108		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 12	Ore impegno studente: 20		
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 12	Ore impegno studente: 22		

Obiettivi formativi:

L'obiettivo del corso è duplice: fare conoscere i principi del calcolo scientifico; fornire gli strumenti per la risoluzione con il calcolatore di alcune classi di problemi di campo. Nel laboratorio numerico è utilizzato il linguaggio di programmazione MATLAB®.

Contenuti

Soluzione di sistemi di equazioni algebriche lineari. Metodi diretti: sistemi triangolari, metodo di Gauss, la decomposizione LU, il problema del condizionamento, analisi degli errori. Metodi iterativi: metodi di Jacobi, Gauss-Seidel e rilassamento, il problema della convergenza. Metodi del gradiente, metodo del gradiente coniugato,

precondizionamento. Metodi rapidi. Decomposizione SVD. Soluzione di sistemi di equazioni algebriche non lineari: iterazione di punto fisso, metodo di Newton-Raphson, convergenza. Soluzione di sistemi di equazioni differenziali ordinarie: il metodo di Eulero, il metodo di Crank-Nicolson, metodi espliciti ed impliciti; consistenza, stabilità e convergenza. Formulazioni differenziali di alcune classi di problemi di campo. Il problema delle condizioni al contorno. Metodo delle differenze finite. Formulazioni deboli. Metodo dei residui pesati: metodo della collocazione e metodo di Galerkin. Approssimazione in uno spazio a dimensione finita. Metodo degli elementi finiti. Formulazioni integrali di alcune classi di problemi di campo. Laboratorio numerico.

Propedeuticità: Fisica matematica, Introduzione ai campi elettromagnetici, Elementi di calcolo delle variazioni.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale con discussione di un problema risolto numericamente al calcolatore.

Insegnamento: Progettazione molecolare delle funzionalità

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Progettazione molecolare delle funzionalità	CHIM/07	a	I	3
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 17	Ore impegno studente: 51		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 8	Ore impegno studente: 16		
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 8	Ore impegno studente: 8		

Obiettivi formativi:

Obiettivo del corso è quello di fornire agli allievi i fondamenti di natura chimica per la comprensione delle proprietà dei materiali sulla base delle loro caratteristiche molecolari. Una attenzione particolare sarà rivolta alle caratteristiche strutturali dei cristalli liquidi in relazione alle loro applicazioni

Contenuti:

Introduzione alla struttura atomica; atomi e molecole; legame chimico e geometria molecolare; stato solido; solidi amorfi e cristallini; forze intermolecolari; introduzione alla chimica del carbonio; chimica dei polimeri; cenni sulle reazioni di polimerizzazione; cristalli liquidi; polimeri liquido cristallini; cristalli liquidi e sensori.

Propedeuticità: Nessuna.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Ricerca operativa

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Ricerca operativa	MAT/09	a	I	6
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 35	Ore impegno studente: 105		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 15	Ore impegno studente: 45		

Obiettivi formativi:

Il corso ha l'obiettivo di introdurre gli allievi alla costruzione e all'uso di modelli in programmazione matematica, con particolare riferimento alla programmazione lineare, per la soluzione di problemi decisionali relativi alla gestione di risorse limitate su usi alternativi.

Contenuti:

Sistemi e modelli. Problemi di programmazione matematica e loro classificazioni. Generalità sulla programmazione lineare e impostazione di modelli in programmazione lineare. Richiami su insiemi convessi e sistemi di equazioni lineari. L'algoritmo del simplesso standard. L'algoritmo del simplesso revisionato. La dualità in programmazione lineare. L'analisi post-ottimale in programmazione Lineare. L'algoritmo di decomposizione di Dantzig-Wolfe. Il trasporto e i problemi di flusso su rete.

Propedeuticità: Analisi matematica I, Geometria e algebra.

Prerequisiti: Geometria e algebra.

Modalità di accertamento del profitto: Prova d'esame scritta e orale

Insegnamento: Robotica avanzata

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Robotica avanzata	ING-INF/04	b	II	3

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 16	Ore impegno studente: 48
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 12	Ore impegno studente: 24
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 3	Ore impegno studente: 3

Obiettivi formativi:

Illustrare le problematiche del controllo sensoriale nell'interazione tra un robot e un ambiente a scarsa strutturazione. Presentare casi di studio significativi per la simulazione di leggi di controllo dell'interazione. Fornire alcuni elementi per la sperimentazione di tecniche di controllo in forza e controllo visuale su robot industriali.

Contenuti:

Controllo nello spazio operativo. Controllo con trasposta e inversa dello Jacobiano. Sensori esterocezionali: sensori di forza, sensori di visione. Controllo di cedevolezza. Controllo di impedenza. Controllo di forza: con anello interno di posizione, con anello interno di velocità, parallelo forza/posizione. Vincoli naturali e vincoli artificiali. Controllo ibrido forza/posizione. Jacobiano nello spazio delle immagini. Problematiche di stima della posizione e dell'orientamento di oggetti. Filtro esteso di Kalman. Strutture dati BSP. Controllo con asservimento visivo: basato sulla posizione, basato sulle immagini. Sistemi di robot cooperanti: cooperazione lasca e cooperazione stretta. Simulazione in ambiente MATLAB/Simulink®. Dimostrazione sperimentale di algoritmi di controllo dell'interazione con uso di sensori esterocezionali. Elementi di robotica mobile: modelli cinematici, modelli dinamici, cenni sul controllo e la localizzazione.

Propedeuticità: Controllo dei robot.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Sistemi elettrici industriali

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Sistemi elettrici industriali	ING-IND/33	c	I	3

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 18	Ore impegno studente: 54
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 8	Ore impegno studente: 16
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 4	Ore impegno studente: 5

Obiettivi formativi:

L'obiettivo del corso è introdurre gli allievi ai criteri della progettazione e alle problematiche dell'esercizio degli Impianti elettrici a uso industriale. L'insegnamento si propone di ampliare la formazione di base nel settore elettrico attraverso la presentazione delle caratteristiche tecnologiche degli elementi e la definizione degli aspetti metodologici propri della progettazione dei sistemi elettrici industriali.

Contenuti:

Generalità sui sistemi elettrici per l'energia. Criteri per la progettazione ed esigenze di esercizio dei sistemi elettrici industriali. Componenti dei sistemi elettrici. Strutture elettriche per la trasformazione e distribuzione. Metodologie di analisi e di sintesi. Sistemi di protezione: dispositivi automatici; modalità operative per regolarne l'intervento; principi di selettività dei dispositivi (selettività amperometrica e cronometrica). Sistemi automatici per le applicazioni industriali: logiche per il distacco carichi; avviatori per motori elettrici. Generazione autonoma: gestione e controllo di sistemi integrati con sorgenti rinnovabili e innovative di energia elettrica. Laboratorio sperimentale di automazione dei sistemi elettrici industriali. Strumenti operativi, analitici ed informatici, idonei a caratterizzare il funzionamento dei sistemi elettrici industriali.

Propedeuticità: Introduzione ai circuiti.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Sistemi Real Time per il Controllo

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Sistemi Real Time per il Controllo	ING-INF/04	b	II	3

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 18	Ore impegno studente: 54
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 5	Ore impegno studente: 10
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 4	Ore impegno studente: 11

Obiettivi formativi:

Scopo del corso è fornire agli studenti la conoscenza necessaria ad implementare su macchine digitali algoritmi di controllo complessi.

Contenuti:

Introduzione. Programmazione real-time. Sincronizzazione e mutua esclusione. Schedulazione. Implementazione al calcolatore di algoritmi di controllo. Analisi e confronto delle caratteristiche di alcuni sistemi operativi real-time: QNX, VxWorks, RTAI, RT-Linux e Shark. Ambienti di sviluppo visuali per la generazione di applicazioni in real-time: LabView-RT, Real time Workshop, xPC-target.

Propedeuticità: Tecnologia dei Sistemi di Automazione, Calcolatori Elettronici II.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Elaborato da svolgere durante il corso, prova scritta, prova orale.

Insegnamento: Tecnologia dei sistemi di automazione

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Tecnologia dei sistemi di automazione	ING-INF/04	b	I	6

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 38	Ore impegno studente: 114
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 4	Ore impegno studente: 6
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 10	Ore impegno studente: 30

Obiettivi formativi:

Educare lo studente alle problematiche di progettazione hardware e software di sistemi di automazione industriale basati su Controllori a Logica Programmabile (PLC).

Contenuti:

Supervisione e Controllo logico/sequenziale. Strumenti per la descrizione di sistemi logici e degli algoritmi di controllo (Sequential Functional Chart, Ladder diagram). Architetture hardware per la realizzazione del controllo. Lo standard IEC-1131. Sistemi per il controllo di supervisione e l'acquisizione dati. Reti informatiche per l'automazione: il modello OSI, integrazioni tra reti, il protocollo MAP, reti di campo (ASI, Seriplex, Interbus-S, reti basate sul bus CAN, Fieldbus, Profibus). Cenni sulla modellistica dei sistemi ad eventi discreti. Gli automi a stati. Le reti di Petri. Specifiche del controllo supervisivo. Sintesi del supervisore. Problematiche di realizzazione del supervisore. Il corso prevede attività di laboratorio che gli studenti svolgeranno autonomamente. È richiesto che gli studenti preparino in anticipo tali attività.

Propedeuticità: Controlli automatici, Programmazione I.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Elaborato da svolgere durante il corso, prova scritta, prova orale.

Calendario delle attività didattiche nell'a.a. 2006/2007

I ANNO

1° semestre	Inizio 25 settembre 2006	Termine 16 Dicembre 2006
Esami	Inizio 18 Dicembre 2006	Termine 24 Febbraio 2007
2° semestre	Inizio 26 Febbraio 2007	Termine 09 Giugno 2007
Esami	Inizio 11 Giugno 2007	Termine 04 Agosto 2007
Esami	Inizio 20 Agosto 2007	Termine 29 Settembre 2007