



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II
SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA ELETTRICA E
DELLE TECNOLOGIE DELL'INFORMAZIONE**

GUIDA DELLO STUDENTE

**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN
INGEGNERIA DELL'AUTOMAZIONE**

Classe delle Lauree in Ingegneria dell'Informazione, Classe N. LM-25

ANNO ACCADEMICO 2016/2017

Napoli, settembre 2016

Finalità del Corso di Laurea Magistrale e sbocchi occupazionali

Il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dell'Automazione forma tecnici di elevato livello, dotati di una significativa padronanza dei metodi della modellistica analitica e numerica e dei contenuti tecnico scientifici generali dell'Ingegneria dell'Automazione. Il laureato in Ingegneria dell'Automazione ha un'elevata preparazione scientifica interdisciplinare sui settori specifici che riguardano l'automazione industriale. Il livello di approfondimento dei temi trattati durante il percorso formativo caratterizza il Laureato Magistrale per una ottima padronanza tecnico-culturale nei campi dell'automazione, e gli conferisce competenze qualificate nel trattare problemi complessi, secondo un approccio interdisciplinare, con consapevolezza e capacità di assumere le proprie responsabilità nei molteplici ruoli che è in grado di ricoprire.

Gli obiettivi formativi specifici si identificano a partire dalle capacità professionali per le quali viene preparato lo studente, e che possono così sintetizzarsi:

- condurre ricerche, ovvero applicare le conoscenze esistenti per progettare, controllare in modo automatico, disegnare e gestire sistemi, motori, apparati e attrezzature rivolte alla automazione dei sistemi, degli impianti e dei processi;
- condurre ricerche, ovvero applicare le conoscenze esistenti nei contesti applicativi dei sistemi dinamici;
- essere capaci di concepire, progettare e gestire sistemi, processi e servizi complessi e innovativi sia nel settore specifico dell'Automazione che, più in generale, in tutti i comparti dove l'Automazione gioca un ruolo rilevante.

Per raggiungere tali obiettivi, le figure professionali prodotte dal corso di laurea devono:

- conoscere approfonditamente gli aspetti teorico-scientifici della matematica e delle altre scienze di base ed essere capaci di utilizzare tale conoscenza per interpretare e descrivere i problemi dell'ingegneria complessi o che richiedono un approccio interdisciplinare;
- conoscere approfonditamente gli aspetti teorico-scientifici dell'ingegneria, sia in generale sia in modo approfondito relativamente a quelli dell'ingegneria dell'automazione, nella quale sono capaci di identificare, formulare e risolvere, anche in modo innovativo, problemi complessi o che richiedono un approccio interdisciplinare;
- essere capaci di ideare, pianificare, progettare e gestire sistemi, processi e servizi complessi e/o innovativi;
- essere capaci di progettare e gestire esperimenti di elevata complessità;
- essere dotati di conoscenze di contesto e di capacità trasversali;
- avere conoscenze nel campo dell'organizzazione aziendale (cultura d'impresa) e dell'etica professionale;
- essere in grado di utilizzare fluentemente, in forma scritta e orale, almeno una lingua dell'Unione Europea oltre l'italiano, con riferimento anche ai lessici disciplinari.

La formazione del laureato magistrale in Ingegneria dell'Automazione ha anche l'obiettivo di fornire le competenze per l'apprendimento permanente in un settore ad elevata evoluzione tecnologica, per l'ulteriore specializzazione in settori specifici o scientificamente avanzati, per la prosecuzione degli studi in livelli di formazione superiore quali Master e Scuole di dottorato.

Gli ambiti professionali tipici per i laureati magistrali della classe sono quelli dell'innovazione e dello sviluppo della produzione, della progettazione avanzata, della pianificazione e della programmazione, della gestione di sistemi complessi, sia nella libera professione sia nelle imprese manifatturiere o di servizi che nelle amministrazioni pubbliche. I laureati magistrali potranno saranno professionisti 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. Potranno essere inserito a livello aziendale sia 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).

Il Laureato Magistrale in Ingegneria dell'Automazione dovrà, inoltre, essere in grado di utilizzare correttamente la lingua Inglese in forma scritta e orale ed essere in possesso di adeguate conoscenze che permettano l'uso degli strumenti informatici, necessari nell'ambito specifico di competenza e per lo scambio di informazioni generali.

Manifesto degli Studi

Insegnamento	Modulo	SSD	CFU	Tipologia	Propedeuticità
I Anno – 1° semestre					
Controllo di macchine e azionamenti elettrici	Dinamica e controllo di macchine e azionamenti elettrici	ING-IND/32	6	2	
Controllo di sistemi multivariabili	Sistemi multivariabili	ING-INF/04	6	2	
Complementi di meccanica	Elementi di meccanica avanzata	ING-IND/13	6	2	
	Meccanica dei robot	ING-IND/13	6	2	
I Anno – 2° semestre					
Controllo di macchine e azionamenti elettrici	Laboratorio di azionamenti elettrici ed elettronica di potenza	ING-IND/32	6	2	
Ricerca operativa		MAT/09	9	4	
Programmazione II		ING-INF/05	6	4	
Controllo di sistemi multivariabili	Identificazione e controllo ottimo	ING-INF/04	6	2	
Modellazione geometrica e prototipazione virtuale		ING-IND/15	6	4	
Sistemi real time		ING-INF/05	6	4	
II Anno – 1° semestre					
Dinamica e controllo nonlineare		ING-INF/04	6	2	Controllo di sistemi multivariabili
Controllo dei robot		ING-INF/04	6	2	Complementi di meccanica Controllo di sistemi multivariabili
A scelta dalla Tabella II		ING-INF/02	9	4	
		ING-IND/31			
A scelta dello studente (per es. Tabella III)			9	3	
II Anno – 2° semestre					
A scelta dalla Tabella I		ING-INF/04	6	2	
	Ulteriori conoscenze		3	6	
	Prova finale		18	5	
Totale CFU			120		

Tabella I

Insegnamento	Modulo	SSD	CFU	Tipologia	Propedeuticità
Analisi e controllo di reti e sistemi complessi		ING-INF/04	6	2	Dinamica e controllo nonlineare
Robotica avanzata		ING-INF/04	6	2	Controllo dei robot Dinamica e controllo nonlineare
Progettazione di sistemi di controllo		ING-INF/04	6	2	Controllo dei robot
Sistemi ad eventi discreti		ING-INF/04	6	2	

Tabella II

Insegnamento	Modulo	SSD	CFU	Tipologia	Propedeuticità
Modellistica e dinamica dei campi		ING-INF/02	9	4	
Modelli numerici per i campi		ING-IND/31	9	4	

Tabella III

Attività formative disponibili per la scelta autonoma dello studente

Insegnamento o attività formativa	Modulo	SSD	CFU	Tipologia	Propedeuticità
Un insegnamento di Tabella I		ING-INF/04	6	3	Nessuna
Basi di dati		ING-INF/05	9	3	Nessuna
Circuiti per DSP		ING-INF/01	9	3	Nessuna
Dispositivi e circuiti di potenza		ING-INF/01	9	3	Nessuna
Economia ed organizzazione Aziendale I		ING-IND/35	9	3	Nessuna
Elaborazione di segnali multimediali		ING-INF/03	9	3	Nessuna
Elementi di analisi funzionale e applicazioni		MAT/05	9	3	Nessuna
Image processing for computer vision		ING-INF/03	9	3	Nessuna
Ingegneria del software		ING-INF/05	9	3	Nessuna
Intelligenza artificiale		ING-INF/05	6	3	Nessuna
Machine learning e applicazioni	Modulo A	INF/01 (Area Didattica di Scienze)	6	3	Nessuna
	Modulo B		6	3	
Mente e macchine		INF/01 (Area Didattica di Scienze)	6	3	Nessuna
Misure su reti di comunicazione		ING-INF/07	6	3	Nessuna
Plasmi e fusione termonucleare		ING-IND/31	9	3	Nessuna
Progettazione e sviluppo di prodotto		ING-IND/15	9	3	Nessuna
Propulsione dei veicoli elettrici		ING-IND/32	6	3	Nessuna
Reti di calcolatori I		ING-INF/05	6	3	Nessuna
Teoria dei fenomeni aleatori		ING-INF/03	9	3	Nessuna
Sistemi embedded		ING-INF/05	6	3	Nessuna
Sistemi multi-agente		INF/01 (Area Didattica di Scienze)	6	3	Nessuna
Sistemi per il governo dei robot	Modulo A	INF/01 (Area Didattica di Scienze)	6	3	Nessuna
	Modulo B		6	3	
Visione computazionale		INF/01 (Area Didattica di Scienze)	6	3	Nessuna

(*) Legenda delle tipologie delle attività formative ai sensi del DM 270/04

Attività formativa	1	2	3	4	5	6	7
rif. DM 270/04	Art. 10 1, a)	Art. 10 1, b)	Art. 10 5, a)	Art. 10 5, b)	Art. 10 5, c)	Art. 10 5, d)	Art. 10 5, e)

Attività formative

Insegnamento: Analisi e controllo dei sistemi complessi	
CFU: 6	SSD: ING-INF/04
Ore di lezione: 44	Ore di esercitazione: 10
Anno di corso: II	
Obiettivi formativi: Il corso di Analisi e Controllo dei Sistemi Complessi intende fornire agli studenti un insieme di strumenti sia teorici che numerici per l'analisi e il controllo di sistemi complessi e reti di sistemi dinamici interconnessi. I concetti introdotti saranno illustrati attraverso un insieme di applicazioni rappresentative.	
Contenuti: Introduzione ai sistemi complessi. Elementi di teoria dei grafi: definizione di grafo e delle sue proprietà topologiche; distribuzione del grado, misure di clustering e altri osservabili macroscopici, definizione e proprietà della matrice Laplaciana. Sistemi dinamici in interazione su rete: analisi delle dinamiche emergenti. I problemi del consenso e della sincronizzazione in reti complesse. Stabilità e convergenza di sistemi a rete: tecnica della master stability function, stabilità incrementale e teoria della contrattività, approcci basati sul metodo di Lyapunov. Osservabilità e controllabilità di una rete complessa. Controllo centralizzato e decentralizzato di reti complesse; tecniche di controllo pinning. Cenni su schemi di controllo adattativo su rete. Applicazioni.	
Codice: U1157	Semestre: II
Propedeuticità: Dinamica e controllo non lineare	
Metodo didattico: Lezioni ed esercitazioni in aula	
Materiale didattico: [1] A. Barrat, M. Barthelemy, A. Vespignani, Dynamical Processes on Complex Networks, Cambridge University Press, 2008. [2] M. E. J. Newman, A. L. Barabasi, and D. J. Watts, The structure and dynamics of complex networks, Princeton University Press, 2006. [3] Materiale disponibile sul sito www.docenti.unina.it	
Modalità di esame: Colloquio orale e discussione di un elaborato progettuale.	

Insegnamento: Complementi di meccanica	
Modulo: Elementi di meccanica avanzata	
CFU: 6	SSD: ING-IND/13
Ore di lezione: 42	Ore di esercitazione: 6
Anno di corso: I	

Obiettivi formativi: Fornire allo studente, nozioni su alcuni fenomeni meccanici che si possono verificare negli organi di macchine e le nozioni fondamentali per la progettazione di organi meccanici.	
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. 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. Trasformata Wavelet ed applicazioni. Esempio di progettazione di un sistema meccanico.	
Codice: 17062	Semestre: I
Propedeuticità: Nessuna	
Metodo didattico: Lezioni ed esercitazioni	
Materiale didattico: Libri di riferimento, dispense fornite dal docente	
Modalità di esame: Esame orale	

Insegnamento: Complementi di meccanica	
Modulo: Meccanica dei robot	
CFU: 6	SSD: ING-IND/13
Ore di lezione: 40	Ore di esercitazione: 8
Anno di corso: I	
Obiettivi formativi: Fornire allo studente le nozioni fondamentali per lo studio della cinematica e della dinamica, dirette ed inverse, dei sistemi multilink in generale, e dei robot industriali in particolare e per la pianificazione del moto di questi ultimi. Fornire inoltre le conoscenze dei principali componenti meccanici ed elettromeccanici, le basi per la progettazione meccanica di un robot ed infine i fondamenti per lo studio dei sistemi di visione applicati ai robot.	
Contenuti: Descrizione e principi di funzionamento di un robot. Attuatori ed altri componenti meccanici per l'automazione. Sistemi articolati piani. Problema cinematico diretto ed inverso. Matrici di rotazione. Coordinate omogenee. Matrici di trasformazione. Struttura dei link e parametri dei giunti. Rappresentazione di Denavit ed Hartenberg. Posizione della pinza. Velocità ed accelerazioni. Leggi del moto e traiettorie. Traiettoria della pinza di un robot ad n assi. Calibrazione cinematica. Statica del braccio. Equazioni di equilibrio dinamico di un manipolatore a più gradi di libertà. Problema dinamico diretto ed inverso. Matrici delle azioni, le forze che agiscono sui link, equilibrio dinamico dei segmenti. Dinamica di manipolatori non rigidi. Pianificazione delle leggi del moto e delle traiettorie di un robot ed esercitazioni di laboratorio sulla visualizzazione delle traiettorie. Cenni sulla progettazione meccanica di un robot seriale. Integrazione tra sistemi di visione e manipolatori. Esperienze di laboratorio.	
Codice: 31685/30203 (modulo)	Semestre: I
Propedeuticità:	
Metodo didattico: Lezioni ed esercitazioni di laboratorio	

Materiale didattico: C. Rossi, *Lezioni di meccanica dei robot*, ESA Torre del Greco, 2010, ISBN: 8895430182

Modalità di esame: Esame orale finale ed esercitazioni numeriche facoltative durante il corso

Insegnamento: Controllo di macchine e azionamenti elettrici

Modulo: Dinamica e controllo di macchine e azionamenti elettrici

CFU: 6

SSD: ING-IND/32

Ore di lezione: 38

Ore di esercitazione: 10

Anno di corso: I

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, e Dc-Ac; Algoritmi di controllo scalare e vettoriale degli azionamenti elettrici in corrente alternata e corrente continua.

Codice: 17061/30206 (modulo)

Semestre: I

Propedeuticità:

Metodo didattico: Lezioni, esercitazioni e laboratorio

Materiale didattico:

L. Fusco, D. Iannuzzi, E. Pagano, L. Piegari, *Macchine Elettriche – Esercizi, prove di laboratorio e nozioni complementari di teoria*, Liguori Ed., 2003

E. Pagano, P. Tricoli, *Nozioni Complementari di Macchine Elettriche ed Azionamenti Elettrici*, Liguori Ed., 2010

A. Del Pizzo, *Azionamenti Elettrici Volume 1,2,3 – Lezioni del Corso di Azionamenti Elettrici*, Editore EDISU

N. Mohan, T.M. Undeland, W.P. Robbins, *Power Electronics: Converters, Applications, and Design*, Hoepli

Modalità di esame: Discussione orale e scritta

Insegnamento: Controllo di macchine e azionamenti elettrici

Modulo: Laboratorio di azionamenti elettrici ed elettronica di potenza

CFU: 6

SSD: ING-IND/32

Ore di lezione: 28

Ore di esercitazione: 20

Anno di corso: I

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; Architetture Hardware e Software per il pilotaggio degli azionamenti elettrici; Elementi di microcontrollori per implementazione real-time di algoritmi di controllo, Piattaforma DSPACE, Esempi applicativi di simulazione ed implementazione di algoritmi di controllo in laboratorio; Esercitazioni di laboratorio sulle principali strutture di conversione statica dell'energia.	
Codice: 17061/U1156 (modulo)	Semestre: II
Propedeuticità: Dinamica di macchine ed azionamenti elettrici	
Metodo didattico: Lezioni, esercitazioni e laboratorio	
Materiale didattico: L. Fusco, D. Iannuzzi, E. Pagano, L. Piegari, <i>Macchine Elettriche – Esercizi, prove di laboratorio e nozioni complementari di teoria</i> , Liguori Ed., 2003 E. Pagano, P. Tricoli, <i>Nozioni Complementari di Macchine Elettriche ed Azionamenti Elettrici</i> , Liguori Ed., 2010 A. Del Pizzo, <i>Azionamenti Elettrici Volume 1,2,3 – Lezioni del Corso di Azionamenti Elettrici</i> , Editore EDISU N. Mohan, T.M. Undeland, W.P. Robbins, <i>Power Electronics: Converters, Applications, and Design</i> , Hoepli	
Modalità di esame: Discussione orale (elaborato progettuale sulle prove di laboratorio)	

Insegnamento: Controllo dei robot	
Modulo:	
CFU: 6	SSD: ING-INF/04
Ore di lezione: 30	Ore di esercitazione: 18
Anno di corso: II	
Obiettivi formativi: Fornire le competenze per l'analisi e la sintesi dei principali sistemi di controllo dei robot.	
Contenuti: Robot industriali. Cinematica diretta. Calibrazione cinematica. Cinematica differenziale e Jacobiano. Ridondanza e singolarità. Algoritmi per l'inversione cinematica. Dualità cineto-statica. Pianificazione di traiettorie nello spazio dei giunti e nello spazio operativo. Attuatori e sensori. Unità di governo. Modello Lagrangiano. Proprietà notevoli del modello dinamico. Algoritmo ricorsivo di Newton-Eulero. Identificazione dei parametri dinamici. Dinamica diretta e dinamica inversa. Controllo decentralizzato. Controllo indipendente ai giunti. Controllo centralizzato. Controllo a coppia precalcolata. Controllo PD con compensazione di gravità. Controllo a dinamica inversa. Controllo robusto e adattativo. Dimostrazione sperimentale di algoritmi di inversione cinematica e di algoritmi di controllo. Controllo nello spazio operativo.	
Codice: 17063	Semestre: I
Prerequisiti / Propedeuticità: Meccanica dei sistemi articolati, Identificazione e controllo ottimo	
Metodo didattico: Lezioni, esercitazioni e laboratorio	

Materiale didattico:

B. Siciliano, L. Sciacicco, L. Villani, G. Oriolo, *Robotica – Modellistica, Pianificazione e Controllo*, McGraw-Hill Libri Italia, Milano, 2008, ISBN 978-88-386-6322-2

Modalità di esame: Elaborato in Matlab/Simulink® e prova orale

Insegnamento: Controllo di sistemi multivariabili

Modulo: Sistemi multivariabili

CFU: 6

SSD: ING-INF/04

Ore di lezione: 40

Ore di esercitazione: 8

Anno di corso: I

Obiettivi formativi:

Fornire allo studente la preparazione teorico/pratica per l'analisi ed il controllo di sistemi lineari multivariabili.

Contenuti:Analisi dei sistemi lineari nel dominio del tempo

Autovalori, autovettori e diagonalizzazione di una matrice. Polinomio caratteristico e polinomio minimo. Decomposizione modale della matrice di transizione. La risposta dei sistemi lineari tempo-varianti.

Proprietà strutturali

Raggiungibilità, controllabilità e osservabilità. Forme canoniche per sistemi lineari. Test per la controllabilità e l'osservabilità per sistemi lineari tempo-invarianti. Poli e zeri di sistemi multivariabili.

Stabilità

Punti di equilibrio. Caratterizzazione qualitativa dei punti di equilibrio. Stabilità di Lyapunov dei sistemi lineari. L'equazione matriciale di Lyapunov. Approccio ingresso-uscita alla stabilità.

Retroazione di stato ed osservatori dello stato

Assegnamento degli autovalori. Stima dello stato ed osservatori. Leggi di controllo basate sull'uso della retroazione di stato e degli osservatori. Principio di separazione per l'assegnamento degli autovalori.

Ottimizzazione statica

Richiami sull'utilizzo delle tecniche variazionali in ottimizzazione.

Generalità sul trattamento numerico di un problema di ottimizzazione. Rassegna dei metodi numerici utilizzabili per la soluzione di problemi di ottimizzazione statica. Metodi Monte Carlo, metodi evolutivi basati sulla valutazione del gradiente e/o della matrice Hessiana. Metodi del gradiente e di Newton e loro derivati. Metodi di penalità e di barriera per problemi vincolati. La piattaforma Matlab e il toolbox di ottimizzazione: costruzione di funzioni di più variabili e calcolo di minimi locali, in assenza od in presenza di vincoli.

Controllo ottimo

Formulazione del problema del controllo ottimo a ciclo aperto e a ciclo chiuso. Il principio del Massimo. L'equazione di Hamilton-Jacobi. Il controllo Lineare Quadratico (LQ). Robustezza dei regolatori (LQ).

<u>Cenni alla progettazione di controllori multivariabili via loop-shaping</u> Il criterio di Nyquist per sistemi multivariabili. Requisiti di un sistema di controllo nel dominio della frequenza. Limiti alle prestazioni dei sistemi a ciclo chiuso. Formulazione del problema del controllo a ciclo chiuso attraverso il problema standard. Soluzione del problema standard.	
Codice: U1151/U1152 (modulo)	Semestre: I
Propedeuticità:	
Metodo didattico: Lezioni ed esercitazioni	
Materiale didattico: Appunti dalle lezioni. P. J. Antsaklis, A. N. Michel, <i>Linear Systems</i> , McGraw-Hill Companies, 1997 F.L. Lewis, D.L. Vrabie, V.L. Syrmos, <i>Optimal Control</i> , 3 rd ed., Wiley S. Skogestad, I. Postlethwhite, <i>Multivariable Feedback Control</i> , Wiley 1996	
Modalità di esame: Discussione di un elaborato numerico e prova orale	

Insegnamento: Controllo di sistemi multivariabili	
Modulo: Identificazione e controllo ottimo	
CFU: 6	SSD: ING-INF/04
Ore di lezione: 42	Ore di esercitazione: 25% delle ore totali
Anno di corso: I	
Obiettivi formativi: Fornire allo studente la preparazione teorico-pratica per l'utilizzo delle tecniche di ottimizzazione e di identificazione nella sintesi di un sistema di controllo per diverse tipologie di processi, con particolare enfasi ai temi di stima e controllo in ambiente incerto.	
Contenuti: <u>Ottimizzazione dinamica</u> Processi decisionali a stadi e vincoli dinamici: definizione e significato della funzione obiettivo e metodo di soluzione mediante approccio variazionale. Sistema aggiunto e condizioni necessarie di ottimalità. Il problema del controllo ottimo per sistemi a tempo discreto. Decisioni a stadi successivi. Il caso Lineare Quadratico (LQ). Soluzione per retroazione dello stato e equazione di Riccati. Soluzione del problema regolatore LQ in ciclo chiuso ed in ciclo aperto. Principio di Bellman e Programmazione Dinamica (PD). Soluzione del problema di controllo ottimo discreto attraverso l'algoritmo della Programmazione Dinamica. Applicazione al caso LQ con possibili varianti. Soluzioni asintotiche del problema di controllo ottimo e stabilità del ciclo chiuso. <u>Ottimizzazione dinamica in presenza di incertezza</u> Brevi richiami di probabilità e statistica. Metodi di ottimizzazione statica in presenza di incertezza: Metodo della certezza equivalente e metodo del valore atteso. Decisioni in presenza di incertezza. Modellistica dell'incertezza. Rumore di misura e rumore di processo. Rumore bianco gaussiano e propagazione del rumore attraverso un sistema dinamico discreto. Processo decisionale a stadi in presenza di incertezza. Cifre di merito incerte. Il valore dell'informazione sullo stato e della soluzione in anello chiuso. Soluzione del problema di	

ottimizzazione lineare quadratico gaussiano (LQG) via PD.

Stima filtraggio e predizione dello stato

Stima dello stato di un sistema dinamico lineare incerto. Predittore di Kalman. Predittore/correttore/filtro di Kalman. Ottimalità del filtro.

Il filtro di Kalman esteso al caso dei sistemi non lineari.

Il controllo ottimo con retroazione della stima dello stato.

Implementazione in Matlab/Simulink del controllo ottimo per retroazione dello stato.

Implementazione in Matlab/Simulink del filtro di Kalman nella sua versione asintotica. Esempi numerici di applicazioni.

Teoria della stima.

Stima parametrica e stima Bayesiana.

Stima parametrica

Modelli di generazione dei dati. Modelli dell'incertezza. Stime e stimatori. Proprietà degli stimatori.

Stima a minimi quadrati e stima di Gauss Markov. Qualità della stima ai minimi quadrati.

Ortogonalità tra stima ed errore di predizione.

Stima ricorsiva a minimi quadrati. Problemi di implementazione numerica. Stima ricorsiva con fattore di oblio.

La stima a minimo scarto quadratico, stima non polarizzata a minima varianza, stimatore lineare non polarizzato a minima varianza.

La stima a massima verosimiglianza.

Stima bayesiana

Il problema della stima bayesiana. Minimizzazione dello scarto quadratico condizionale. Proprietà dello stimatore bayesiano. Stima bayesiana da sorgenti di informazione correlate. Stimatore bayesiano lineare: proprietà.

Il filtro di Kalman come stimatore bayesiano. Innovazione predizione a priori, correzione e aggiornamento della stima.

Relazioni tra stima parametrica ricorsiva e filtraggio ottimale dello stato.

Applicazioni numeriche della teoria della stima con implementazioni in Matlab/Simulink.

Identificazione

Modelli per l'identificazione. Richiami sulle rappresentazioni in variabili di stato e sulle rappresentazioni ingresso-uscita. Rappresentazioni in termini polinomiali nell'operatore. Errore di modello ed errore di equazione. Modelli ARMAX.

Il problema di identificazione. Identificazione del modello e identificazione parametrica. Accuratezza dei modelli e loro complessità. Validazione del modello identificato ed analisi dei residui.

Modelli stocastici di serie temporali AR, ARX, MA, ARMAX, ARIMAX. Analisi di correlazione e analisi spettrale. Predittori di modelli di serie temporali.

Formulazione del problema di identificazione dei parametri del predittore come problema di stima parametrica. Identificabilità strutturale e sperimentale

Taratura on-line dei predittori. Controllo adattativo self tuning.

Codice: U1151/U1153 (modulo)

Semestre: II

Propedeuticità:

Metodo didattico: Lezioni ed esercitazioni

Materiale didattico:

Appunti per le lezioni di Identificazione e Controllo ottimo, disponibili sulla pagina del sito docenti <https://www.docenti.unina.it/FRANCESCO.GAROFALO>

F.L. Lewis, D.L. Vrabie, V.L. Syrmos, *Optimal Control*, 3rd ed., Wiley

R.F. Stengel, *Optimal Control and Estimation*, Dover Publication Inc., New York

R. Guidorzi, *Multivariable System Identification: From Observations to Models*, Bononia University Press, 2003

A.E. Bryson Y.C. Ho, *Applied Optimal Control: Optimization, Estimation, and Control*, Taylor & Francis 1975

J. Rice, *Mathematical Statistics and Data Analysis*, Brooks/Cole Pub. Co, 1988
L. Ljung, *System Identification – Theory For the User*, Prentice Hall 1999

Modalità di esame: Discussione di un elaborato numerico e prova orale

Insegnamento: Dinamica e controllo non lineare

Modulo:

CFU: 6

SSD: ING/INF-04

Ore di lezione: 44

Ore di esercitazione: 10

Anno di corso: II

Obiettivi formativi:

Il corso si propone di introdurre gli studenti ai fondamenti dell'analisi e del controllo dei sistemi non lineari e di illustrarne le applicazioni più rappresentative. Si introdurranno inoltre i problemi del consenso e del controllo di coordinamento di reti e di sistemi complessi.

Contenuti:

Introduzione ai sistemi dinamici non lineari. Applicazioni rappresentative e casi studio. Il piano delle fasi; Il metodo della linearizzazione; esistenza di cicli limite ed altri insiemi invarianti; Stabilità nello stato; metodo di Lyapunov diretto ed indiretto; Sintesi di controllori attraverso il metodo di Lyapunov; Stabilità ingresso-uscita e passività; Stabilità strutturale e teoria delle biforcazioni; Introduzione al problema della sintesi di controllori non lineari; Feedback Linearization; Controllo Ibrido e discontinuo; Controllo Adattativo e Controllo MRAC; Controllo, sincronizzazione e consenso di reti complesse.

Codice: 17066

Semestre: I

Propedeuticità:

Metodo didattico: Lezioni ed esercitazioni

Materiale didattico: Appunti delle lezioni;

Li, Slotine, "Applied Nonlinear Control", Prentice Hall, 1991

Khalil, "Nonlinear Systems", Prentice Hall 2002

Strogatz, "Nonlinear Dynamics and Chaos", Perseus publishing, 1994

Modalità di esame: Colloquio orale e discussione di un elaborato progettuale

Insegnamento: Modellazione geometrica e prototipazione virtuale

Modulo:

CFU: 6

SSD: ING-IND/15

Ore di lezione: 24

Ore di esercitazione: 24

Anno di corso: I

Obiettivi formativi:

Impostare e sviluppare i modelli 3D di assiemi meccanici. Gestire protocolli di riferimento per lo

scambio-dati. Simulare ed analizzare il comportamento cinematico di sistemi meccanici. Conoscere i sistemi di gestione dei dati del prodotto (PDM) e del ciclo di vita del prodotto (PLM). Impiegare le tecnologie di prototipazione virtuale e di Human modeling per l'analisi e la validazione di prodotti industriali.

Contenuti:

Sistemi di rappresentazione: Drafting 2D, Modellazione 3D Wireframe; Modellazione 3D per Superfici. Modellazione B-Rep e CSG. Modellazione solida feature-based. Approccio parametrico e variazionale alla modellazione.

Metodi di rappresentazione di Curve e Superfici a forma libera: Rappresentazione analitica e parametrica, Curve e superfici di HERMITE, BEZIER, B-SPLINE, NURBS.

Scambio-dati tra differenti sistemi di progettazione assistita dal calcolatore.

Metodi e strumenti per la simulazione e l'analisi cinematica di sistemi meccanici.

Sistemi per la gestione dei dati di prodotto (PDM) e per la gestione del ciclo di vita del prodotto (PLM): Definizioni e scopi ; Funzionalità ; Architettura.

Elaborazione dei modelli geometrici per la prototipazione virtuale: tassellazione, Rendering e Texture mapping. Introduzione al Reverse Engineering per l'acquisizione di forma: sistemi a contatto e sistemi ottici non a contatto attivi e passivi. Tecniche di gestione delle nuvole di punti.

Tecniche di ricostruzione di curve e superfici a partire da nuvole di punti. Human modeling: misure antropometriche convenzionali e task oriented; modelli cinematici; assegnazione di compiti umani e metodi di valutazione delle performance; analisi delle forze e dei momenti; indici di valutazione posturale. La Realtà Virtuale nella progettazione industriale: la visione stereoscopica; dispositivi di input: sistemi di tracking, sistemi di navigazione, sistemi di manipolazione, sistemi haptic; dispositivi di output: sistemi di visualizzazione, applicazioni in ambito ferroviario, automobilistico, aeronautico ed energetico.

Codice: 30214

Semestre: II

Propedeuticità: Fondamenti di meccanica

Metodo didattico: Lezioni ed esercitazioni in aula, attività di laboratorio

Materiale didattico: Caputo Francesco, Di Gironimo Giuseppe, La Realtà Virtuale nella Progettazione Industriale, Aracne, 2007.

Gary R. Bertoline, Eric N. Wiebe, Fondamenti di comunicazione grafica, McGraw Hill, 2003

Mortenson M.E., Geometric Modeling, Ed. John Wiley & Sons, 1997

Mortenson M.E., Modelli geometrici in Computer Graphics, McGraw-Hill, 1989

Slides e dispense integrative fornite dal docente, materiale esercitativo.

Modalità di esame: Elaborato grafico e prova orale

Insegnamento: Modellistica e dinamica di campi

Modulo: Introduzione ai campi elettromagnetici

CFU: 4

SSD: ING-INF/02

Ore di lezione: 32

Ore di esercitazione: 0

Anno di corso: II

Obiettivi formativi:

Con principale riferimento all'elettromagnetismo e alla dinamica del continuo, l'insegnamento ha lo scopo di fornire i fondamenti fisico-matematici necessari alla comprensione delle proprietà dei campi quali modelli per la descrizione macroscopica dei mezzi materiali e dei fenomeni elettromagnetici.

Contenuti: Richiami di algebra e analisi tensoriale. Descrizione microscopica e macroscopica di un sistema fisico. Il concetto di campo nella descrizione dei sistemi continui e il concetto di forza. Il Campo Elettromagnetico. Conservazione della carica elettrica. Densità di carica e di corrente. Le Equazioni di Maxwell. La Forza di Lorentz. Le Equazioni di Maxwell nei mezzi materiali: equazioni costitutive e loro proprietà. Le Equazioni di Maxwell nel dominio della frequenza e dei fasori. Il Campo Elettromagnetico ed il concetto di energia: i teoremi di Poynting. Impostazione di un problema elettromagnetico. Applicazioni. Introduzione alla Meccanica del Continuo. Elementi di Cinematica del Continuo. Le leggi di bilancio. Le equazioni costitutive dei materiali. Impostazione di un problema di meccanica del continuo. Applicazioni. Un modello di sistema fisico la cui descrizione richiede le leggi fisico-matematiche della dinamica del continuo e dell'elettromagnetismo. Cenni alla meccanica quantistica. Soluzione numerica di un problema di elettromagnetismo e di dinamica del continuo: gli approcci FEM, FDTD e MoM. Accelerazione algoritmica del calcolo numerico. Accelerazione del calcolo numerico basata sull'impiego di piattaforme per High Performance Computing. Il GPU Computing. Semplici esempi di soluzione numerica di problemi reali dell'Elettromagnetismo e della Meccanica del Continuo.	
Codice: 31686/17058 (modulo)	Semestre: I
Propedeuticità: Nessuna	
Metodo didattico: Lezioni frontali ed esercitazioni	
Materiale didattico: 1. G.Franceschetti, Campi elettromagnetici, Bollati Boringhieri, 1988; 2. O. Gonzalez, A.M. Stuart, A First Course in Continuum Mechanics, Cambridge University Press, 2008. 3. Appunti dalle Lezioni.	
Modalità di esame: Colloquio orale	

Insegnamento: Modellistica e dinamica dei campi	
Modulo: Modelli numerici per i campi	
CFU: 5	SSD: ING-IND/31
Ore di lezione: 32	Ore di esercitazione: 8
Anno di corso: II	
Obiettivi formativi: Fornire le basi fisico-matematiche dell'elettromagnetismo e gli strumenti numerici per la soluzione di problemi di campo. Il linguaggio di programmazione MATLAB [®] è utilizzato nel laboratorio numerico.	
Contenuti: 1. Soluzione di sistemi di equazioni algebriche lineari con metodi diretti e metodi iterativi. Metodi del gradiente. Metodo del gradiente coniugato. Il problema della convergenza. Numero di condizionamento. Analisi dell'errore. 2. Soluzione di sistemi di equazioni algebriche non lineari. Iterazione di punto fisso. Metodo di Newton-Raphson. Convergenza. Analisi dell'errore. 3. Soluzione di sistemi di equazioni differenziali ordinarie con condizioni iniziali assegnate.	

<p>Metodi espliciti ed impliciti. Consistenza, stabilità e convergenza. Analisi dell'errore.</p> <p>4. Il problema dell'interpolazione. Integrazione numerica. Convergenza. Analisi dell'errore.</p> <p>5. Formulazioni differenziali di problemi di campo. Il problema delle condizioni al contorno. Metodo delle differenze finite. Metodo dei residui pesati e formulazione debole. Metodo di Galerkin. Metodo della collocazione, metodo dei momenti. Elementi finiti. Rappresentazione di campi vettoriali. Convergenza. Analisi dell'errore.</p> <p>6. Formulazioni integrali di problemi di campo. Soluzione di equazioni integrali attraverso il metodo dei residui pesati.</p> <p>7. Rappresentazione di campi vettoriali. Elementi edge.</p> <p>8. Laboratorio numerico. Soluzione di problemi di campo scalari e vettoriali in mezzi non omogenei e non lineari. Equazione di Poisson, equazione di reazione - diffusione, equazione delle onde, equazione di Helmholtz, equazioni di Maxwell, in domini chiusi e aperti.</p>	
Codice: 31686/30208 (modulo)	Semestre: I
Propedeuticità: Nessuna	
Metodo didattico: Lezioni ed esercitazioni	
<p>Materiale didattico:</p> <p>1. A. Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri, <i>Matematica Numerica</i>, Springer 2008</p> <p>2. A. Quarteroni, <i>Modellistica Numerica per Problemi Differenziali</i>, Springer 2008</p> <p>3. Dispense del corso disponibili all'indirizzo www.elettrotecnica.unina.it</p>	
Modalità di esame: Colloquio orale con la presentazione di un problema risolto dallo studente	

Insegnamento: Progettazione di sistemi di controllo	
Modulo:	
CFU: 6	SSD: ING/INF-04
Ore di lezione: 28	Ore di esercitazione: 20
Anno di corso: II	
<p>Obiettivi formativi:</p> <p>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.. Fornire allo studente le conoscenze per la progettazione, realizzazione e messa in esercizio di sistemi di automazione e controllo.</p>	
<p>Contenuti:</p> <p>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.</p> <p>Tecniche di controllo in presenza di accoppiamenti meccanici imperfetti. La progettazione dell'Azionamento in presenza di trasduttori digitali e di trasduttori rumorosi.</p> <p>Nel corso verranno anche sviluppati alcuni progetti, che cambieranno di anno in anno, nel campo dell'industria manifatturiera, in quello dell'industria di processo e 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 taratura, monitoraggio e controllo in ambiente NI LabVIEW; f) implementazione del sistema progettato utilizzando come supporto hardware PC, schede di I/O, DSP e/o microcontrollori (ARM/PIC) e</p>	

PLC, e come supporto software prevalentemente il Matlab/Simulink, PSIM e ambienti di sviluppo relativi al controllore scelto; g) considerazioni conclusive riguardanti aspetti affidabilistici ed economici inerenti la realizzazione, l'esercizio e la manutenzione.	
Codice: 30212	Semestre: II
Propedeuticità: Controllo dei robot, Dinamica e controllo di macchine e azionamenti elettrici	
Metodo didattico: Lezioni ed esercitazioni	
Materiale didattico: Appunti delle lezioni	
Modalità di esame: Elaborato progettuale	

Insegnamento: Programmazione II	
Modulo:	
CFU: 6	SSD: ING-INF/05
Ore di lezione: 38	Ore di esercitazione: 10
Anno di corso: I	
<p>Obiettivi formativi: Il corso ha l'obiettivo di fornire conoscenze e competenze di programmazione avanzata in ambito concorrente e distribuito, introducendo gli strumenti per la programmazione di applicazioni distribuite in linguaggio Java e fornendo le basi del concetto di middleware e delle diverse soluzioni adottate in ambito industriale, basate sul modello ad oggetti distribuiti, sul modello orientato ai messaggi e sul modello a componenti, con applicazioni su tecnologie reali in ambiente Java.</p>	
<p>Contenuti: Il linguaggio Java. Introduzione al linguaggio. La macchina virtuale Java. Il bytecode. Ciclo di sviluppo dei programmi. Tipi di dato. Scambio parametri. La gestione della memoria. Ereditarietà. Polimorfismo. Gestione delle eccezioni. Il sistema di I/O. Programmazione concorrente in Java: Definizione di un thread. Differenza tra concorrenza e parallelismo. Threads in Java. Pool di threads. Mutua Esclusione e Meccanismi di sincronizzazione: monitor, mutex e condition variables. Il package java.util.concurrent di JAVA 5: variabili atomiche, semafori, barrier e lock. Programmazione su rete in Java: Il package java.net. Le classi URL, URLConnection e InetAddress. Le socket TCP in Java: la classe Socket e la classe ServerSocket. Server multithread. Le socket UDP: le classi DatagramPacket e Datagram socket. Design Patterns: Singleton, Factory Method, Facade, Decorator, Adapter, Proxy con le varianti Proxy remoto e Proxy-Skeleton, Broker, Observer, Strategy, MVC. Modelli di middleware: Definizione e proprietà del livello middleware. Enterprise Application Integration (EAI). Modelli di sistemi middleware: chiamata di procedura remota (RPC), scambio di messaggi (MOM), elaborazione transazionale (TP), spazio delle tuple (TS), accesso a dati remoti, oggetti distribuiti (DOM), componenti (CM). Programmazione middleware in Java: Modello a oggetti distribuiti. Basi di CORBA. Java Remote Method Invocation (RMI). JavaEE e EJB. Tipologie di EJB. Modello a scambio di messaggi. Specifica Java Message Service (JMS). Comunicazione point-to-point e publish/subscribe. Messaggio, JMS Client e JMS Provider.</p>	
Codice: 12343	Semestre: II
Propedeuticità:	

Metodo didattico: Lezioni e esercitazioni in aula, attività di laboratorio
Materiale didattico: trasparenze dalle lezioni del corso, libri di testo: B. Eckel "Thinking in Java" – C. Savy, S. Russo, D. Cotroneo, A. Sergio "Introduzione a CORBA", materiale esercitativo, risorse su rete.
Modalità di esame: Prova pratica al calcolatore e prova orale

Insegnamento: Ricerca operativa	
Modulo:	
CFU: 9	CFU: MAT/09
Ore di lezione: 54	Ore di esercitazione: 18
Anno di corso: I	
Obiettivi formativi: Il corso ha l'obiettivo di fornire gli strumenti metodologici di base per analizzare e risolvere problemi di ottimizzazione multidimensionale lineare e non lineare attraverso modelli di programmazione matematica. In particolare a fine corso lo studente sarà in grado di formulare e risolvere problemi di programmazione lineare, conoscerà i problemi e gli algoritmi fondamentali di ottimizzazione su rete e gli elementi di base di ottimizzazione intera.	
Contenuti: Introduzione alla Ricerca Operativa Decision problem solving, ottimizzazione e problemi di programmazione matematica. Problemi di ottimizzazione continua Cenni di ottimizzazione non lineare monodimensionale e multidimensionale (non vincolata e vincolata). Ottimizzazione lineare continua (PL) Elementi di algebra lineare e geometria poliedrale; formulazione di problemi P.L.; rappresentazione grafica di un problema P.L.; algoritmo del Simplexso standard; struttura algebrica della PL e algoritmo del simplexso revisionato; analisi post-ottimale e analisi parametrica; teoria della dualità. Ottimizzazione lineare intera (PLI) Introduzione alla formulazione di problemi di ottimizzazione lineare intera e binaria; principali problemi applicativi ed elementi fondamentali degli algoritmi risolutivi (cutting plane e branch and bound). Teoria dei grafi Elementi di teoria dei grafi e proprietà topologiche; algoritmi di visita; strutture dati di un grafo. Ottimizzazione su rete Modellazione di problemi di ottimizzazione su rete tramite PL e PLI; introduzione ai problemi ed ai modelli base di percorso, flusso e albero minimo ed algoritmi risolutivi; algoritmi di Dantzig, Dijkstra, Floyd, simplexso su rete; Ford e Fulkerson, Sollin e Kruskal. Tecniche reticolari di programmazione e controllo PERT (Program Evaluation and Review Technique).	
Codice: 31688	Semestre: II
Propedeuticità:	
Metodo didattico: Il corso si articolerà attraverso lezioni frontali di tipo teorico, esercitazioni di tipo numerico e di introduzione all'uso di software di ottimizzazione	

<p>Materiale didattico: A. Sforza, Modelli e Metodi della Ricerca Operativa, 2a ed., ESI, Napoli. F. S. Hillier, G. J. Lieberman, Ricerca operativa - Fondamenti, 9/ed., McGraw-Hill. Slides e dispense integrative fornite dal docente.</p>
<p>Modalità di esame: Prova scritta e colloquio orale</p>

<p>Insegnamento: Robotica avanzata</p>	
<p>Modulo:</p>	
<p>CFU: 6</p>	<p>SSD: ING/INF-04</p>
<p>Ore di lezione: 30</p>	<p>Ore di esercitazione: 18</p>
<p>Anno di corso: II</p>	
<p>Obiettivi formativi: Fornire le competenze per la modellistica e il controllo di robot in applicazioni avanzate.</p>	
<p>Contenuti: Controllo di cedevolezza. Controllo di impedenza. Controllo di forza. Controllo ibrido forza/moto. Elaborazione dell'immagine. Stima della posa. Controllo visuale nello spazio operativo e nello spazio delle immagini. Scenari applicativi di robot per l'esplorazione e robot di servizio. Robot mobili. Vincoli anolonomi. Modello cinematico. Modello dinamico. Controllo del moto. Localizzazione odometrica. Pianificazione del moto. Il problema canonico. Spazio delle configurazioni. Pianificazione mediante ritrazione. Pianificazione mediante decomposizione in celle. Pianificazione probabilistica. Pianificazione mediante potenziali artificiali. Il caso dei robot manipolatori.</p>	
<p>Codice: 21990</p>	<p>Semestre: I</p>
<p>Propedeuticità: Controllo dei robot</p>	
<p>Metodo didattico: Lezioni, esercitazioni e laboratorio</p>	
<p>Materiale didattico: B. Siciliano, L. Sciavicco, L. Villani, G. Oriolo, <i>Robotica – Modellistica, Pianificazione e Controllo</i>, McGraw-Hill Libri Italia, Milano, 2008, ISBN 978-88-386-6322-2</p>	
<p>Modalità di esame: Prova orale ed elaborato progettuale da sviluppare in laboratorio</p>	

<p>Insegnamento: Sistemi ad eventi discreti</p>	
<p>CFU: 6</p>	<p>SSD: ING-INF/04</p>
<p>Ore di lezione: 40</p>	<p>Ore di esercitazione: 8</p>
<p>Anno di corso: II</p>	
<p>Obiettivi formativi: Il corso di Sistemi ad Eventi Discreti (SED) intende fornire un insieme di strumenti formali per la modellistica, la verifica e il controllo dei SED, sia logici che temporizzati. I SED sono sistemi dinamici non-lineari a spazio di stato discreto, la cui evoluzione dinamica dipende dall'occorrenza di determinati eventi.</p>	
<p>Contenuti:</p>	

Introduzione ai sistemi ad eventi discreti: modelli logici, temporizzati e stocastici. Linguaggi e automi. Operazioni definite sui linguaggi. Linguaggi generati e marcati da automi. Operazioni definite su automi. Riconoscitore canonico di un linguaggio regolare. Stati equivalenti e minimizzazione dello spazio di stato di un automa. Automi logici non deterministici. Automa osservatore. Espressioni regolari. Le classi dei linguaggi regolari e dei linguaggi riconoscibili: il teorema di Kleene. Grammatiche di Chomsky. Decidibilità e complessità – cenni. Automi temporizzati deterministici. Evoluzione temporale di un automa temporizzato deterministico. Automi temporizzati stocastici. Catene di Markov. Reti di Petri. Linguaggio generato da una rete di Petri. Insieme di raggiungibilità ed equazione di stato di una rete di Petri. Reti etichettate e linguaggi generati e marcati da reti etichettate. Grafo di raggiungibilità e grafo di copertura. Proprietà comportamentali di una rete di Petri: raggiungibilità, limitatezza, conservatività, ripetitività, reversibilità, vivezza e blocco. Stima dell'insieme di raggiungibilità mediante equazione di stato e vettori invarianti. Classi di reti di Petri e sottoclassi di reti ordinarie. Reti di Petri temporizzate. Controllo supervisivo: specifiche di controllo; concetto di supervisore; controllo supervisivo in presenza di eventi non controllabili e condizione di ammissibilità; controllo supervisivo in presenza di eventi non controllabili e non osservabili; supervisore parziale; traduzione di specifiche di controllo in automi; teorema di controllabilità; controllabilità; realizzazione di supervisori mediante automi a stati finiti; supremal controllable sublanguage e infimal prefix-closed and controllable superlanguage; teorema di controllabilità e non bloccaggio. Controllo di reti di Petri mediante monitor: vincoli GMEC; posti monitor; sistema a ciclo chiuso e condizione di realizzabilità; reti con transizioni non controllabili. Diagnosi dei guasti in sistemi ad eventi discreti: diagnosi in sistemi ad eventi discreti modellati con automi e automa diagnosticatore; *K*-diagnosticabilità; *K*-diagnosticabilità in sistemi ad eventi discreti modellati con reti di Petri.

Codice: 33772

Semestre: II

Propedeuticità:

Metodo didattico: Lezioni ed esercitazioni in aula

Materiale didattico:

[1] C. G. Cassandras e S. Lafortune, *Introduction to Discrete Event Systems*. Springer, 1999.

[2] A. Di Febbraro e A. Giua, *Sistemi ad eventi discreti*. McGraw-Hill, 2002.

[3] S. Haar e T. Masopust, *Control of Discrete-Event Systems*. Springer, 2013. *Capitolo 2: Languages, Decidability, and Complexity*.

[4] S. Arora e B. Barak, *Computational complexity: A modern approach*. Princeton University Press, 2009.

[5] Materiale disponibile alla pagina <http://wpage.unina.it/detommas/sed.html>.

Modalità di esame: Prova scritta e colloquio orale

Insegnamento: Sistemi real time

CFU: 6

SSD: ING-INF/05

Ore di lezione: 38

Ore di esercitazione: 10

Anno di corso: I

Obiettivi formativi:

Il corso fornisce le conoscenze di base sui sistemi in tempo reale, sulla schedulazione di task real-time, sulla gestione delle risorse, sulle reti di calcolatori e sui sistemi operativi adottati in ambito industriale. Fornisce inoltre le competenze necessarie alla progettazione, il dimensionamento e lo sviluppo di sistemi in tempo reale. Le esercitazioni consistono in applicazioni di programmazione concorrente con task real-time sviluppate in ambiente LINUX

real-time (patch RTAI) e progettazione OO di software real-time attraverso il profilo OMG MARTE.

Contenuti:

Concetti Introduttivi. Introduzione ai sistemi in tempo reale: campi applicativi, l'esempio del controllo digitale, dimensionamento, deadline, sistemi hard e soft real-time, tempo reale e velocità; caratteristiche desiderabili: timeliness, prevedibilità, tolleranza ai sovraccarichi, monitorabilità, flessibilità; problematiche di progetto e sviluppo; ruolo dei sistemi operativi real time (RTOS). Prevedibilità di un sistema di calcolo. Fonti di non determinismo del hardware e del Sistema Operativo. Valutazione del WCET.

Introduzione allo Scheduling. Processo e programma. Schedulazione, fattibilità, schedulabilità, ottimalità, preemption. Classificazione degli algoritmi di scheduling. Metriche di scheduling. Vincoli sui processi. Cenni allo scheduling di sistemi non real time.

Scheduling di task real time. scheduling di task aperiodici: algoritmo di Jackson, algoritmo di Horn, algoritmo di Bratley. Scheduling con vincoli di precedenza. Scheduling di task periodici: timeline Scheduling, Rate Monotonic (RM). Earliest Deadline First (EDF), Deadline Monotonic. Ottimalità e test di garanzia. Response Time Analysis. Cenni al Processor Demand Criterion per EDF.

Server aperiodici. Schedulazione in background. Polling Server (PS). Server aperiodici a priorità fissa: Deferrable Server (DS), Sporadic Server (SS), Slack Stealer. Server aperiodici a priorità dinamica: Dynamic Sporadic Server (DSS), Total Bandwidth Server (TBS), Costant Bandwidth Server (CBS).

Accesso a risorse condivise. Il problema della priority inversion. Non-preemptive protocol. Highest locker priority. Priority Inheritance e Priority Ceiling: bloccaggio diretto e indiretto, analisi di schedulabilità e test di garanzia, calcolo dei tempi di bloccaggio.

Gestione dei sovraccarichi. Carico, valore cumulativo. Gestione di sovraccarichi transistori: admission control; robust scheduling, resource reservation con CBS. Algoritmo RED: schedulabilità, strategia di rigetto e resource reclaiming. Gestione di sovraccarichi permanenti: job skipping, period adaptation e service adaptation.

Comunicazione Real-time. I protocolli CSMA/CD e Token Ring. Modelli di traffico real-time. Fonti di non determinismo nelle reti. Soluzioni per la comunicazione real-time a livello data link: Controller Area Network (CAN), ProfiNET ed Ethernet Power Link.

Real Time Operating Systems (RTOS): Standard ed esempi.

Real Time Application Interface (RTAI): primitive ed esercitazioni.

Progettazione OO di Sistemi Real Time con OMG MARTE. Esempi di progettazione in ambiente integrato (Papyrus).

Codice: 31682

Semestre: II

Propedeuticità:

Metodo didattico: Lezioni e esercitazioni in aula, attività di laboratorio

Materiale didattico: trasparenze dalle lezioni del corso, libro di testo: G. Buttazzo "Sistemi in tempo reale", materiale esercitativo, risorse su rete.

Modalità di esame: Prova scritta (opzionalmente basata su esercizi di progettazione/programmazione assegnati durante il corso) e colloquio orale.

Calendario delle attività didattiche - a.a. 2016/2017

	Inizio	Termine
1° periodo didattico	21 settembre 2015	18 dicembre 2015
1° periodo di esami ^(a)	19 dicembre 2015	5 marzo 2016
2° periodo didattico	7 marzo 2016	10 giugno 2016
2° periodo di esami ^(a)	11 giugno 2016	30 luglio 2016
3° periodo di esami ^(a)	1 settembre 2016	24 settembre 2016

(a): per allievi in corso

Referenti del Corso di Studio

Coordinatore Didattico del Corso di Studio in Ingegneria dell'Automazione: Prof. Bruno Siciliano – Dipartimento di Ingegneria Elettrica e delle Tecnologie dell'Informazione - tel. 081/7683179 – e-mail: bruno.siciliano@unina.it

Referente del Corso di Studio per il Programma SOCRATES/ERASMUS: Prof. Bruno Siciliano – Dipartimento di Ingegneria Elettrica e delle Tecnologie dell'Informazione - tel. 081/7683179 – e-mail: bruno.siciliano@unina.it

Eventuali disposizioni particolari