



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 in INGEGNERIA
DELL'AUTOMAZIONE E ROBOTICA

Classe delle Lauree in Ingegneria dell'Informazione L-8

BSc AUTOMATION ENGINEERING AND ROBOTICS

ANNO ACCADEMICO 2026/2027

Napoli, settembre 2026

Generalità sul Corso di Studi

Il Corso di Studi in breve

La progettazione e la gestione di sistemi capaci di operare in maniera autonoma senza l'intervento dell'uomo ha assunto un ruolo centrale nella società odierna. Sebbene in passato la spinta principale all'automazione provenisse dall'ambito della produzione industriale, con la diffusione di veicoli autonomi, di robot e più in generale di dispositivi intelligenti capaci di operare scelte in maniera autonoma, si è registrata una crescita esponenziale degli ambiti di applicazione dei controlli automatici. Tale disciplina è quella branca dell'ingegneria che studia come progettare un sistema che si comporti come desiderato in maniera autonoma e viene spesso chiamata "tecnologia nascosta", per la sua pervasività e per il fatto che risulta "invisibile" (cioè non percepita dall'utente) se funziona correttamente.

La realizzazione di un sistema automatico, oltre alla capacità di sviluppare ed implementare algoritmi di controllo, richiede anche la capacità di misurare le grandezze di interesse (attraverso sensori) e di agire sul processo da controllare (attraverso attuatori). Pertanto, il bagaglio culturale di un Ingegnere dell'Automazione include conoscenze di ingegneria elettrica, elettronica di potenza e meccanica, oltre alle conoscenze dell'ingegneria dell'informazione e quelle della teoria del controllo.

L'Ingegnere dell'Automazione avrà una conoscenza delle metodologie di analisi e progettazione di semplici sistemi di controllo e di automazione industriale, e una professionalità specifica nel campo dell'informatica industriale. In particolare, il percorso didattico è orientato a conferire:

- una buona preparazione fisico-matematica di base che consenta di descrivere svariati problemi dell'ingegneria mediante modelli matematici;
- una conoscenza dei sistemi di controllo e di automazione, sia per quanto riguarda gli aspetti di processo, sia per quanto riguarda le architetture informatiche di elaborazione, gli apparati di misura, i sistemi di trasmissione dei segnali e gli organi di attuazione.

Sbocchi occupazionali

Il mercato dell'automazione riguarda tutti i comparti della produzione industriale e dei servizi, tra i quali:

- l'industria produttrice di macchine automatiche (robot, sistemi di lavorazione, ecc.) o ad automazione spinta (aerei, auto, treni, ecc.)
- l'industria produttrice di beni di largo consumo
- l'industria di processo (chimica, energia, ecc.)
- il settore dei trasporti e della logistica
- le reti di pubblica utilità (acqua, gas, energia)
- la *building automation*

L'Ingegnere dell'Automazione potrà essere inserito a livello aziendale sia per svolgere, in maniera autonoma, funzioni di realizzazione, installazione, manutenzione e conduzione di semplici sistemi di automazione, sia per concorrere, all'interno di gruppi di lavoro interdisciplinari, alla progettazione e pianificazione di impianti automatizzati complessi.

Testimonianze di ex-studenti laureati e laureati magistrali sono riportate al link <https://www.youtube.com/watch?v=rePs1YFS4DI&t=3s>

Il Corso di Laurea in Ingegneria dell'Automazione trova un naturale completamento nel Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dell'Automazione e Robotica.

Conoscenze richieste per l'accesso: termini e modalità di ammissione

Come per tutti i Corsi di Laurea in Ingegneria dell'Università di Napoli Federico II, è previsto un test di orientamento non selettivo ma obbligatorio. Il test (TOLC-I) è erogato dal Consorzio Interuniversitario CISIA con struttura uniforme sul territorio nazionale ed è basato su un questionario a risposta multipla su argomenti di Matematica, Scienze, Logica e Comprensione Verbale.

Il TOLC può essere sostenuto in modalità on-line da febbraio a novembre di ciascun anno. Se l'esito del test è negativo, l'iscrizione è consentita ma è previsto un debito formativo da colmare.

Per maggiori informazioni consultare:

- la pagina dedicata della Scuola Politecnica e delle Scienze di Base <http://www.scuolapsb.unina.it/index.php/studiare-al-napoli/ammissione-ai-corsi>
- il sito del Consorzio Interuniversitario CISIA <https://www.cisiaonline.it/area-tematica-tolc-cisia/home-tolc-generale/>

Piano di Studi

I anno									
I semestre									
Denominazione Insegnamento	SSD	Modulo	CFU	Ore	Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.)	Modalità (in presenza, a distanza)	TAF	Ambito disciplinare	obbligatorio /a scelta
Analisi matematica I	MATH-03/A MAT/05	unico	9	72	Lezione frontale	In presenza	A	Matematica, informatica e statistica	Obbligatorio
Fondamenti di informatica	IINF-05/A ING-INF/05	Fondamenti di Informatica	6	48	Lezione frontale	In presenza	A	Matematica, informatica e statistica	Obbligatorio
Fondamenti di informatica	IINF-05/A ING-INF/05	Laboratorio di Informatica	6	48	Lezione frontale	2/3 a distanza	A	Matematica, informatica e statistica	Obbligatorio
Geometria e algebra	MATH-02/B MAT/03	unico	6	48	Lezione frontale	In presenza	A	Matematica, informatica e statistica	Obbligatorio
II semestre									
Denominazione Insegnamento	SSD	Modulo	CFU	Ore	Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.)	Modalità (in presenza, a distanza)	TAF	Ambito disciplinare	obbligatorio /a scelta
Fisica generale I	FIS/01	unico	6	48	Lezione frontale	In presenza	A	Fisica e chimica	Obbligatorio
Analisi matematica II	MATH-03/A MAT/05	unico	9	72	Lezione frontale	In presenza	A	Matematica, informatica e statistica	Obbligatorio
Architettura dei calcolatori	IINF-05/A ING-INF/05	unico	6	48	Lezione frontale	In presenza	B	Ingegneria informatica	Obbligatorio
Lingua inglese			3	24			E	Conoscenze linguistiche	Obbligatorio

II anno									
I semestre									
Denominazione Insegnamento	SSD	Modulo	CFU	Ore	Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.)	Modalità (in presenza, a distanza)	TAF	Ambito disciplinare	obbligatorio /a scelta
Fisica generale II	FIS/01	unico	6	48	Lezione frontale	In presenza	A	Fisica e chimica	Obbligatorio
Metodi matematici per l'ingegneria	MATH-03/A MAT/05	unico	6	48	Lezione frontale	In presenza	A	Matematica, informatica e statistica	Obbligatorio (a scelta fino a 6 CFU)
Ricerca Operativa	MATH-06/A MAT/09								
Modellistica e simulazione	IINF-04/A ING-INF/04	unico	9	72	Lezione frontale	In presenza	B	Ingegneria dell'automazione	Obbligatorio
Teoria dei sistemi	IINF-04/A ING-INF/04	Modulo A	6	48	Lezione frontale	In presenza	B	Ingegneria dell'automazione	Obbligatorio
II semestre									
Denominazione Insegnamento	SSD	Modulo	CFU	Ore	Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.)	Modalità (in presenza, a distanza)	TAF	Ambito disciplinare	obbligatorio /a scelta
Teoria dei sistemi	IINF-04/A ING-INF/04	Modulo B	6	48	Lezione frontale	In presenza	B	Ingegneria dell'automazione	Obbligatorio
Elettrotecnica	IJET-01/A ING-IND/31	unico	9	72	Lezione frontale	In presenza	C	Affini o integrativi	Obbligatorio
Programmazione ad oggetti	IINF-05/A ING-INF/05	unico	6	48	Lezione frontale	1/3 a distanza	B	Ingegneria informatica	Obbligatorio
Teoria dei segnali	IINF-03/A ING-INF/03	unico	9	72	Lezione frontale	In presenza	C	Affini o integrativi	Obbligatorio
Ulteriori conoscenze		unico	3	24	Laboratorio	Mista	F	Ulteriori attività formative	Obbligatorio

III Anno									
I semestre									
Denominazione Insegnamento	SSD	Modulo	CFU	Ore	Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.)	Modalità (in presenza, a distanza)	TAF	Ambito disciplinare	obbligatorio /a scelta
Controlli automatici	IINF-04/A ING-INF/04	unico	9	72	Lezione frontale	In presenza	B	Ingegneria dell'automazione	Obbligatorio
Elettronica	IINF-01/A ING-INF/01	unico	9	72	Lezione frontale	In presenza	B	Ingegneria elettronica	Obbligatorio
Macchine ed impianti elettrici	IIND-08/A ING-IND/32	Macchine ed azionamenti elettrici	8	72	Lezione frontale e laboratorio	In presenza	B	Ingegneria dell'automazione	Obbligatorio
Macchine ed impianti elettrici	IIND-08/B ING-IND/33	Smart grid	4	24	Lezione frontale e laboratorio	In presenza	C	Affini o integrativi	Obbligatorio
II semestre									
Denominazione Insegnamento	SSD	Modulo	CFU	Ore	Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.)	Modalità (in presenza, a distanza)	TAF	Ambito disciplinare	obbligatorio /a scelta
Fondamenti di meccanica	IIND-02/A ING-IND/13	unico	6	48	Lezione frontale	In presenza	B	Ingegneria dell'automazione	Obbligatorio
Misure elettriche ed elettroniche	IMIS-01/B ING-INF/07	unico	6	48	Lezione frontale	In presenza	B	Ingegneria elettronica	Obbligatorio
Automazione e robotica	IINF-04/A ING-INF/04	Tecnologie dei sistemi di automazione	6	48	Lezione frontale e laboratorio	In presenza	B	Ingegneria informatica	Obbligatorio
Automazione e robotica	IINF-04/A ING-INF/04	Fondamenti di robotica	6	48	Lezione frontale	In presenza	B	Ingegneria dell'automazione	Obbligatorio
A scelta dello studente (si veda tabella riportata sotto)			6+6	48 +48	Lezione frontale	In presenza	D	Attività a scelta	Obbligatorio (a scelta fino a 12 CFU)
Prova finale			3				E		Obbligatorio

III anno (a scelta autonoma per PdS di automatica approvazione)					
Denominazione Insegnamento	SSD	Codice esame	CFU	Ore	CdS di riferimento
AI Technologies	INFO-01/A INF/01		6	48	L Informatica
Basi di dati	IINF-05/A ING-INF/05		6	48	L Ing. Informatica
Calcolo numerico	MATH-05/A MAT/08		6	48	L Informatica
Chimica	CHEM-06/A CHIM/07	00194	6	48	L Ing. Aerospaziale
Economia ed organizzazione aziendale	IEGE-01/A ING-IND/35	00105	6	48	L Informatica
Fisica tecnica	IIND-07/A ING-IND/10	00175	6	48	L Ing. Civile
Metodi matematici per l'ingegneria	MATH-03/A MAT/05		6	48	L Ing. dell'Automazione e Robotica
Reti di calcolatori	IINF-05/A ING-INF/05	13946	6	48	L Ing. Delle Telecom. MD
Ricerca operativa	MATH-06/A MAT/09		6	48	L Ing. dell'Automazione e Robotica

Tipologia di Attività Formativa (TAF):

A = Base - B = Caratterizzanti - C = Affini o integrativi - D = Attività a scelta
E = Prova finale/conoscenze linguistiche - F = Ulteriori attività formative

Elenco delle propedeuticità

Insegnamento	Propedeuticità
Analisi matematica II	Analisi matematica I
Fisica generale II	Fisica generale I
Metodi matematici per l'ingegneria	Analisi matematica II Geometria e algebra
Ricerca operativa	Analisi matematica II Geometria e algebra
Modellistica e simulazione	Analisi matematica I Geometria e algebra Fondamenti di informatica
Teoria dei sistemi	Analisi matematica I Geometria e algebra Fisica generale I
Programmazione ad oggetti	Fondamenti di informatica
Elettrotecnica	Analisi matematica II
Teoria dei segnali	Analisi matematica II
Elettronica Generale	Fisica generale II
Controlli automatici	Teoria dei sistemi
Macchine ed impianti elettrici	Elettrotecnica
Fondamenti di meccanica	Fisica generale I
Automazione e robotica	Teoria dei sistemi
Misure elettriche ed elettroniche	Fisica generale II Elettrotecnica

Personalizzazione del piano di studi

Nel caso in cui lo studente voglia inserire come scelta autonoma degli insegnamenti diversi da quelli di automatica approvazione dovrà compilare il proprio di studi. Maggiori informazioni al link

<https://ingegneria-automazione.dieti.unina.it/index.php/it/servizi-agli-studenti/modulistica/13-servizi-agli-studenti/modulistica/440-manifesti-degli-studi>

Attività di tirocinio curriculare

Il Corso di Studi non prevede un'attività di tirocinio curriculare obbligatoria. Tuttavia, su richiesta dello studente è possibile svolgere tirocini aziendali finalizzati allo sviluppo dell'elaborato per la prova finale. Per maggior informazioni contattare il Coordinatore del Corso di Studi.

Attività per la preparazione e lo svolgimento della prova finale

La Laurea in Ingegneria dell'Automazione si consegue dopo aver superato una prova finale alla quale si viene ammessi una volta conseguiti tutti i crediti previsti dal proprio piano di studi esclusi quelli relativi alla prova finale stessa. Tale prova consiste nella valutazione di una relazione scritta, elaborata dallo studente sotto la guida di un relatore, che verte su attività formative svolte nell'ambito di uno o più insegnamenti ovvero di attività di tirocinio.

La prova finale è sostenuta dal Candidato innanzi a una Commissione presieduta dal Coordinatore del Corso di Studi e consiste nella presentazione del lavoro svolto sotto la guida di un docente Relatore e nella successiva discussione con i componenti della Commissione.

Al candidato è consentito di avvalersi di un supporto audio-visivo, da proiettare pubblicamente, oppure, in alternativa, di redigere un fascicoletto di sintesi, da consegnare in copia a ciascun componente della Commissione.

Al termine della presentazione, ciascun docente può rivolgere osservazioni al candidato, inerenti all'argomento del lavoro di tesi. La presentazione ha una durata di 10 minuti, comprensiva della discussione con i commissari.

Periodi di formazione all'estero – Programmi ERASMUS

La principale opportunità di formazione all'estero è rappresentata dai programmi di scambio Erasmus. Per maggiori informazioni fare riferimento al portale Erasmus del Dipartimento di Ingegneria Elettrica e delle Tecnologie dell'Informazione al link

<http://erasmus.dieti.unina.it/>

Percorsi speciali

NON PREVISTI

Orientamento e Tutorato

Orientamento in ingresso

Le attività di orientamento sono rivolte sia a singoli studenti che agli Istituti di Istruzione Superiore.

SINGOLO STUDENTE

Il futuro studente può raccogliere informazioni interagendo direttamente con personale universitario delegato all'orientamento, in eventi on-line ed in presenza, che si sviluppano durante l'anno per approfondire diversi aspetti dell'orientamento in ingresso: l'orientamento vocazionale, l'orientamento disciplinare, le istruzioni per l'uso e gli eventi di benvenuto.

Sul sito di Ateneo al portale www.orientamento.unina.it è disponibile il calendario dei singoli eventi, che è anche riportato sul sito della Scuola Politecnica e delle Scienze di base (PSB), www.scuolapsb.unina.it sezione orientamento.

In particolare, il Corso di Studi organizza varie iniziative di orientamento in ingresso coordinate a livello Dipartimentale, di Scuola e di Ateneo.

A metà febbraio si svolge l'evento "Porte Aperte", evento in cui è possibile assistere a presentazioni dell'offerta didattica del collegio di Ingegneria, visitare le strutture dei dipartimenti e i laboratori di ricerca. Le date di questi eventi sono disponibili a Gennaio di ogni anno. Successivamente agli eventi, sono disponibili le relative registrazioni sulla piattaforma Youtube. Tutte le informazioni necessarie sono reperibili ai link sopra.

Nel periodo gennaio-settembre si svolge on-line la serie di eventi "Futuri Studenti", le cui istruzioni di accesso sono riportate ai link sopra. Sarà possibile interagire con docenti universitari per porre domande specifiche sugli sbocchi professionali associati a ciascun percorso, su come vivere pienamente l'esperienza universitaria e ricevere informazioni specifiche sui vari percorsi di studio.

Nel periodo marzo-luglio sono organizzati gli eventi "Open Days" per visitare in presenza le strutture o assistere ad eventi specifici. Le date di questi eventi sono fornite durante l'evento "Porte Aperte" e le modalità di partecipazione possono essere reperite sul sito del Dipartimento di Ingegneria Elettrica e delle Tecnologie dell'Informazione (www.dieti.unina.it).

ISTITUTI DI ISTRUZIONE SUPERIORE

E' possibile definire date specifiche per eventi di orientamento on-line o in presenza, consultando la specifica sezione del sito www.orientamento.unina.it

E' anche possibile definire dei percorsi di PCTO o seminari tematici. Per questo si può far riferimento al coordinatore del Corso di Studi, i cui riferimenti sono riportati in seguito, per avere un primo contatto su cui costruire un percorso, anche multi-disciplinare su più aree tematiche.

Orientamento e tutorato in itinere

Il Corso di Studi partecipa all'iniziativa di tutoraggio coordinata dal Dipartimento di Ingegneria Elettrica e delle Tecnologie dell'Informazione.

Il supporto dei tutor è orientato soprattutto a potenziare, dove necessario, le conoscenze di base matematica, fisica ed informatica, per consentire allo studente di affrontare il percorso formativo professionalizzante con sicurezza.

L'attività di tutoraggio si svolge a integrazione e approfondimento delle lezioni e si riferisce agli argomenti trattati dal Docente titolare del corso. Potranno essere forniti chiarimenti teorici, ma soprattutto vengono presentati agli studenti esercizi e prove d'esame, con svolgimenti dettagliati e spiegazioni.

Per maggiori informazioni fare riferimento alla pagina

<https://www.dieti.unina.it/index.php/it/dieti2/tutorato>

Orientamento in uscita e attività di placement

Il Corso di Studi organizza attività di orientamento in uscita in maniera coordinata con il proprio Dipartimento, con la Scuola Politecnica e delle Scienze di Base (SPSB) e l'Ateneo.

Ogni anno viene organizzato l'evento Magistrali@SPSB in cui vengono mostrati: l'offerta didattica delle lauree magistrali, gli sbocchi professionali e le opportunità di tesi e tirocini. Le registrazioni Youtube di tali eventi sono reperibili anche successivamente tramite il sito della SPSB riportato nelle sezioni precedenti.

Sul sito www.orientamento.unina.it è disponibile una lista di opportunità per tirocini extra-curricolari (i.e. post-laurea) e offerte di lavoro. Inoltre, la SPSB gestisce una piattaforma dinamica di job placement, all'indirizzo www.jobservice.unina.it. La piattaforma è rivolta a studenti e aziende per favorire l'incontro tra l'offerta e la richiesta di tirocini curriculari (pre-laurea), tirocini extra-curricolari (post-laurea) e lavoro.

Allo scopo di ridurre i tempi del placement e rendere la scelta lavorativa più consapevole, in primavera, il Corso di Studi contribuisce all'evento della SPSB "Career Day@SPSB". Durante questo evento gli studenti e i neo-laureati hanno modo di approfondire di persona i domini produttivi delle singole aziende e i profili lavorativi offerti.

Inoltre, la presentazione delle opportunità professionali e degli sbocchi lavorativi e di ricerca è promossa anche con eventi organizzati dal Corso di Studi durante l'anno e pubblicizzati attraverso canali di comunicazione del Corso di Studi stesso (<https://ingegneria-automazione.dieti.unina.it/index.php/it/avvisi/avvisi-agli-studenti>).

Calendario, scadenze e date da ricordare

Termini e scadenze

Le modalità per l'immatricolazione e l'iscrizione agli anni successivi sono rese note con una specifica Guida alla iscrizione e al pagamento delle tasse pubblicata alla URL:

<https://www.unina.it/didattica/sportello-studenti/guide-dello-studente>

Ulteriori scadenze (termini per la presentazione dei piani di studio, termini per la presentazione delle candidature ERASMUS, etc.) sono segnalate nella sezione avvisi del sito del Corso di Studi:

<https://ingegneria-automazione.dieti.unina.it/index.php/it/avvisi/avvisi-agli-studenti>

Calendario delle attività didattiche e degli esami di profitto

Il calendario didattico del Corso di Studi viene reso disponibile sui siti web della Scuola, del Dipartimento e del Corso di Studi, prima dell'inizio delle lezioni.

Link al calendario didattico:

<https://ingegneria-automazione.dieti.unina.it/index.php/it/servizi-agli-studenti/calendario-attivita-didattiche>

Link al calendario degli esami di profitto:

<https://ingegneria-automazione.dieti.unina.it/index.php/it/servizi-agli-studenti/calendario-degli-esami>

Orario delle attività formative

I corsi del primo anno sono erogati sia nel plesso di Napoli Est, a San Giovanni a Teduccio, sia nei plessi di Napoli Ovest, a Fuorigrotta. Per gli anni successivi al primo, i corsi si tengono solo presso il plesso di Fuorigrotta. In ogni plesso la suddivisione in canali avviene in base al cognome. L'orario dettagliato è consultabile al link

http://easyacademy.unina.it/agendastudenti/index.php?view=easycourse&_lang=it

Calendario delle sedute di laurea

Il Calendario dettagliato è disponibile sul portale della Scuola Politecnica e delle Scienze di Base al link

<https://www.scuolapsb.unina.it/esame-di-laurea-collegio-degli-studi-di-ingegneria/>

Referenti del Corso di Studi

Coordinatore Didattico: Prof. Pietro De Lellis;
tel. 081/7683862; e-mail: pietro.delellis@unina.it

Vice Coordinatore: Prof. Fabio Ruggiero (fabio.ruggiero@unina.it)

Referente Programma ERASMUS: Prof. Francesco Lo Iudice (francesco.loiudice2@unina.it)

Segreteria Didattica dipartimentale: uff.didattica.dieti@unina.it

Contatti e Strutture

Indicazione della Sede (georeferenziata, **cliccare sui link**)

I corsi del primo anno sono erogati sia nel plesso di Napoli Est, a San Giovanni a Teduccio, sia nei plessi di Napoli Ovest, a Fuorigrotta.

Polo Fuorigrotta

- [Via Claudio 21](#)
- [Via Nuova Agnano 11](#)

Polo San Giovanni (solo primo anno)

- [Corso Nicolangelo Protopisani 70](#)

Sito web del Corso di Studi

<https://ingegneria-automazione.dieti.unina.it/>

Canali Social ufficiali del Corso di Studi

Pagina Facebook

<https://www.facebook.com/Automazione-UNINA-880210735350675/>

Profilo Twitter

<https://twitter.com/AutomaUNINA>

Canale Telegram

<https://t.me/AutomaUNINA>

Sito web del Dipartimento

<https://www.dieti.unina.it/index.php/it/>

Sito web della Scuola

<http://www.scuolapsb.unina.it/>

Sito web di Ateneo

<http://www.unina.it/home>

Portale Orientamento

<http://www.orientamento.unina.it/>

Schede degli insegnamenti

ANALISI MATEMATICA I SSD MATH-03/A

EVENTUALI PREREQUISITI

Il contenuto matematico dei programmi della scuola secondaria

OBIETTIVI FORMATIVI

Fornire i concetti fondamentali, in vista delle applicazioni, relativi al calcolo infinitesimale, differenziale e integrale per le funzioni reali di una variabile reale; fare acquisire adeguate capacità di formalizzazione logica e abilità operativa consapevole.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente deve dimostrare di conoscere le nozioni (definizioni, enunciati, dimostrazioni se previste dal programma) relative al calcolo infinitesimale, differenziale ed integrale per le funzioni reali di una variabile reale e gli strumenti di calcolo sviluppati, e saper comprendere argomenti affini elaborando le nozioni acquisite.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare di saper applicare quanto appreso nella risoluzione di esercizi di verifica elaborati dal Docente, in linea di massima legati ad argomenti quali: campi di esistenza, limiti di successioni e di funzioni, serie numeriche, studi di funzione, integrazione definita e indefinita.

PROGRAMMA-SYLLABUS

(1 cfu) Insiemi numerici - Numeri naturali, interi, razionali. Gli assiomi dei numeri reali. Estremo superiore, estremo inferiore, massimo, minimo. Principio di Archimede. Densità di $\mathbb{Q}$ in $\mathbb{R}$; radice n -ma; potenza con esponente reale (s.d.). Principio di induzione. Disuguaglianza di Bernoulli. Formula del binomio.

(1 cfu) Funzioni elementari.

(1.5 cfu) Successioni - Limite di una successione; prime proprietà dei limiti: teoremi di unicità del limite, del confronto, della permanenza del segno. Operazioni con i limiti e forme indeterminate. Successioni monotone: teorema di regolarità; il numero e . Criterio del rapporto. Criterio della radice. Tema della media aritmetica e della media geometrica. Criterio rapporto-radice. Criterio di convergenza di Cauchy. Successioni estratte. Teorema di Bolzano-Weierstrass.

(1 cfu) Serie numeriche - Definizioni e prime proprietà; operazioni con le serie. Serie geometrica, serie armonica e serie armonica generalizzata. Criterio di Cauchy per le serie. Serie a termini non negativi: criteri della radice, del rapporto, del confronto, del confronto asintotico, degli infinitesimi. Costante di Eulero-Mascheroni. Serie a segni alterni: criterio di Leibniz; stima del resto. Serie assolutamente convergenti e loro proprietà.

(1 cfu) Funzioni - Topologia della retta reale: punti di accumulazione, chiusi, aperti, compatti. Limiti di funzioni e relative proprietà. Definizione equivalente di limite. Operazioni con i limiti e forme indeterminate. Funzioni monotone: teoremi di regolarità; funzioni continue; funzioni lipschitziane; funzioni inverse; funzioni composte. Limite di una funzione composta. Estremi assoluti: teorema di

Weierstrass. Teorema degli zeri, teorema dei valori intermedi. Funzioni uniformemente continue, teorema di Cantor.

(2 cfu) Calcolo differenziale - Definizione di derivata e suo significato geometrico. Regole di derivazione; derivate delle funzioni elementari. Estremi relativi: condizione necessaria del primo ordine. Teoremi di Rolle e Lagrange; caratterizzazione delle funzioni monotone in intervalli. Estremi relativi: condizioni sufficienti del primo ordine. Teorema di prolungabilità della derivata. Primo teorema di de L'Hôpital; secondo teorema di de L'Hôpital; calcolo di limiti che si presentano in forma indeterminata. Infinitesimi e infiniti: principi di cancellazione. Formula di Taylor con resto in forma di Peano. Formula di Taylor con resto in forma di Lagrange. Cenni alle serie di Taylor. Estremi relativi: condizioni necessarie e condizioni sufficienti del secondo ordine. Significato geometrico della derivata seconda. Convessità e concavità in un intervallo; caratterizzazione delle funzioni convesse in intervalli; flessi; asintoti; grafici di funzioni.

(1,5 cfu) Calcolo integrale - Cenni sulla misura secondo Peano-Jordan. Integrale di Riemann di una funzione limitata in un intervallo compatto. Area del rettangoloide. Integrabilità delle funzioni monotone in intervalli compatti. Integrabilità delle funzioni continue in intervalli compatti. Proprietà dell'integrale definito. Teorema della media integrale. Teorema fondamentale del calcolo integrale. Primitive ed integrazione indefinita. Regole di integrazione indefinita: decomposizione in somma, integrazione per parti, integrazione per sostituzione, integrazione di funzioni razionali. Generalizzazione del concetto di integrale: sommabilità. Criteri di sommabilità.

MATERIALE DIDATTICO

SI VEDA SITO WEB DEL DOCENTE DELLA MATERIA

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Le lezioni saranno frontali, e circa un terzo delle lezioni avrà carattere esercitativo.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono	A risposta multipla	X
	A risposta libera	X
	Esercizi numerici	X

ANALISI MATEMATICA II

SSD MATH-03/A

OBIETTIVI FORMATIVI

Fornire i concetti fondamentali, in vista delle applicazioni, relativi al calcolo differenziale e integrale per le funzioni reali di più variabili reali, e alle equazioni differenziali ordinarie; fare acquisire abilità operativa consapevole.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRIPTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente deve dimostrare di conoscere le nozioni (definizioni, enunciati, dimostrazioni se previste dal programma) relative al calcolo infinitesimale, differenziale ed integrale per le funzioni reali di più variabili reali e gli strumenti di calcolo sviluppati, e saper comprendere argomenti affini elaborando le nozioni acquisite.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare di saper applicare quanto appreso nella risoluzione di esercizi di verifica elaborati dal Docente, in linea di massima legati ad argomenti quali: successioni e serie di funzioni, limiti e studi di funzioni di più variabili, integrazione multipla, equazioni differenziali ordinarie e problemi di Cauchy.

PROGRAMMA-SYLLABUS

(1 cfu) Successioni e serie di funzioni. Convergenza puntuale ed uniforme; criteri di convergenza di Cauchy puntuale ed uniforme. Teoremi sulla continuità del limite uniforme, di passaggio al limite sotto il segno di integrale e di derivata. Serie di funzioni: convergenza puntuale, convergenza uniforme. Serie assolutamente convergenti e totalmente convergenti. Teoremi di continuità della somma uniforme di una serie, di integrazione per serie e derivazione per serie. Serie di potenze: teoremi sul raggio di convergenza. Serie di Taylor: sviluppabilità e sviluppi notevoli. Funzioni analitiche.

(2.5 cfu) Calcolo differenziale per funzioni di più variabili.

Elementi di topologia. Distanza euclidea; definizione di intorno. Punti interni, esterni, punti di frontiera. Insiemi aperti e chiusi; punti di accumulazione e punti isolati. Insiemi aperti, aperti connessi. chiusi, limitati, compatti. Funzioni di più variabili: limiti, continuità e proprietà relative; teorema di Weierstrass. Derivate parziali; differenziabilità e teorema del differenziale; derivate direzionali e gradiente; derivazione delle funzioni composte. Funzioni con gradiente nullo in un aperto connesso. Derivate di ordine superiore e teorema di Schwarz. Formula di Taylor del primo e second'ordine. Estremi relativi: condizione necessaria del prim'ordine. Estremi relativi di funzioni di due variabili: condizione necessaria del second'ordine, condizione sufficiente del second'ordine. Ricerca di massimi e minimi assoluti di funzioni continue in insiemi compatti del piano.

(0.5 cfu) Curve. Curve semplici, chiuse, Curve regolari e generalmente regolari: retta tangente; curve orientate. Lunghezza di una curva, rettificabilità delle curve regolari. Ascissa curvilinea. Curvatura di una curva piana. Integrale curvilineo di una funzione.

(1 cfu) Integrali multipli. Integrali doppi su domini normali. Integrabilità delle funzioni continue. Formule di riduzione per gli integrali doppi. Cambiamento di variabili negli integrali doppi. Integrali tripli; formule di riduzione; cambiamento di variabili. Solidi di rotazione e Teorema di Guldino.

(1 cfu) Superfici. Superfici regolari: piano tangente; superfici orientabili; superfici con bordo; superfici chiuse. Area di una superficie. Superfici di rotazione e Teorema di Guldino. Integrale superficiale di una funzione. Integrali di flusso di un campo vettoriale. Teorema della divergenza in $\mathbf{R}^3$.

(1.5 cfu) Forme differenziali lineari. Forme differenziali esatte e campi conservativi. Integrale curvilineo di una forma differenziale lineare. Criterio di integrabilità delle forme differenziali. Forme differenziali chiuse. Formule di Gauss-Green nel piano. Teorema della divergenza nel piano. Formula di Stokes nel piano. Forme differenziali chiuse in aperti semplicemente connessi del piano. Forme differenziali nello spazio. Campi irrotazionali. Formula di Stokes in $\mathbf{R}^3$. Forme differenziali chiuse in aperti semplicemente connessi dello spazio.

(1.5 cfu) Equazioni differenziali. Problema di Cauchy per equazioni differenziali di ordine n : teoremi di esistenza e unicità locale e globale. Integrali generali; integrali particolari, integrali singolari. Equazioni differenziali lineari di ordine n : teorema sull'integrale generale di un'equazione omogenea, teorema del Wronskiano, teorema sull'integrale generale di un'equazione completa. Equazioni lineari del prim'ordine; equazioni lineari a coefficienti costanti. Metodo della variazione delle costanti. Equazioni a variabili separabili. Equazioni della forma $y' = f(y/x)$. Equazioni di Bernoulli. Equazioni della forma $y'' = f(x, y')$.

MATERIALE DIDATTICO

SI VEDA SITO WEB DEL DOCENTE DELLA MATERIA

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Le lezioni saranno frontali, e circa un terzo delle lezioni avrà carattere esercitativo.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono	A risposta multipla	X
	A risposta libera	X
	Esercizi numerici	X

ARCHITETTURA DEI CALCOLATORI

SSD IINF-05/A

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenza base di linguaggi di programmazione e di algoritmi fondamentali per gestire strutture dati elementari

OBIETTIVI FORMATIVI

Fornire gli strumenti metodologici per l'analisi e la sintesi di macchine elementari per l'elaborazione delle informazioni (reti logiche combinatorie e sequenziali).

Presentare i fondamenti dell'architettura dei calcolatori elettronici di tipo von Neumann, il repertorio dei codici operativi e la programmazione in linguaggio assembly.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente deve dimostrare di conoscere e comprendere le problematiche relative al progetto di macchine elementari per l'elaborazione dell'informazione di tipo combinatorio e sequenziale (registri, contatori, flip flop). Tali conoscenze sono necessarie sia per la realizzazione di sistemi dedicati sia per comprendere l'architettura di un sistema di calcolo. Lo studente assumerà le conoscenze di base relative all'architettura dei processori e delle memorie, alla programmazione degli stessi e ai principi di funzionamento dei dispositivi periferici di I/O.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare di essere in grado di progettare e sintetizzare reti combinatorie e sequenziali elementari e di sviluppare semplici programmi in linguaggio assembly per la gestione di strutture dati elementari, che consentano di comprendere il funzionamento del processore.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Analisi e sintesi di reti combinatorie. Specifica, progetto e sintesi di funzioni booleane. Principi di minimizzazione e applicazione del metodo delle Mappe di Karnaugh. Elementi di tempificazione delle macchine. Reti combinatorie elementari: Multiplexer e de-multiplexer; Encoder e decoder; Controllori di parità. Macchine aritmetiche elementari: addizionatori, sottrattori, comparatori.

Analisi e sintesi di reti sequenziali. Definizione dei modelli per la descrizione dei sistemi sequenziali. Modelli comportamentali dei latch e flip-flop (tipo D, JK, RS, T). Sintesi di macchine mediante l'impiego di flip-flop di tipo D.

Macchine elementari sequenziali. Registri a scorrimento. Contatori sincroni e asincroni. Memorie.

Il processore. Modello di funzionamento e architettura del processore. Modello di programmazione del processore: codici operativi, registri, modello di indirizzamento, codifica delle istruzioni. Gestione delle interruzioni interne ed esterne.

Linguaggio macchina e linguaggio assembly. Linguaggio assembly e confronto fra linguaggi di alto livello e assembly. Sviluppo di programmi mediante linguaggi assembly. Applicazione dei concetti al processore Motorola 68000. Analisi di programmi mediante simulatori volti a illustrare il funzionamento del processore rispetto al modello di programmazione.

Elementi di I/O. Modelli, architetture e collegamento dei sistemi di I/O nell'architettura di un sistema di elaborazione. Principi dei protocolli di comunicazione (sincroni e asincroni). Introduzione alla scrittura di driver.

MATERIALE DIDATTICO

Libri di testo, dispense integrative, strumenti software:

G. Conte, A. Mazzeo, N. Mazzocca, P. Prinetto. Architettura dei calcolatori. Città Studi Edizioni, 2015. C. Bolchini, C. Brandolese, F. Salice, D. Sciuto, Reti logiche, Apogeo Ed., 2008.

B. Fadini, N. Mazzocca. Reti logiche: complementi ed esercizi. Liguori Editore, 1995.

Dispense e presentazioni fornite dai docenti relative ad argomenti teorici e applicativi trattati al corso.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Il corso prevede circa il 70% di lezioni frontali in cui vengono affrontati gli argomenti teorici, mentre il restante 30% è riservato a lezioni pratiche ed esercitazioni riguardanti lo sviluppo di macchine combinatorie, macchine sincrone e sviluppo di programmi in linguaggio assembler.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

Modalità di esame:

L'esame prevede una prova scritta propedeutica che include esercizi su analisi e progetto di reti combinatorie, reti sequenziali, sviluppo di un programma assembler.

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	x
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	x
	Esercizi numerici	x

(*) È possibile rispondere a più opzioni



AUTOMAZIONE E ROBOTICA

SSD IINF-04/A

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenze di base di elettrotecnica; conoscenze di base di elettronica analogica e digitale; conoscenze di base di macchine elettriche; conoscenze di base sui sistemi di controllo a ciclo chiuso.

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso ha lo scopo:

- di educare lo studente alle problematiche di progettazione hardware e software di sistemi di controllo ed automazione industriale, con particolare enfasi alla programmazione dei controllori a logica programmabile (PLC);
- di fornire le nozioni fondamentali sui sistemi robotici, con riferimento a: cinematica diretta e inversa, cinematica differenziale, pianificazione delle traiettorie e controllo del moto.

È prevista la sperimentazione diretta delle fasi salienti della progettazione e della realizzazione di sistemi di automazione e di sistemi di controllo attraverso l'utilizzo di strumenti professionali e di simulatori di impianto e di sistemi robotici.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRIPTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Nel settore dell'Automazione, il percorso formativo intende fornire agli studenti gli strumenti metodologici per la progettazione di software di automazione basato su Controllori a Logica Programmabile (PLC). Verranno introdotti i requisiti principali per i dispositivi di controllo industriale, per focalizzare successivamente l'attenzione sul principio di funzionamento ed i linguaggi di programmazione per PLC. Lo studente deve dimostrare di avere appreso quali siano i requisiti peculiari dei sistemi hardware e software dedicati al controllo di processi industriali. Lo studente dovrà inoltre dimostrare la conoscenza delle fasi principali di progettazione di un sistema di automazione e del ruolo della validazione delle logiche di controllo mediante strumenti di simulazione.

Nel settore della Robotica, il percorso formativo si propone di fornire agli studenti gli strumenti metodologici per la modellazione, la pianificazione e il controllo dei sistemi robotici. Vengono introdotti i componenti dei robot, la cinematica, la cinematica differenziale, la statica, la pianificazione delle traiettorie e gli schemi di controllo di base. Lo studente deve dimostrare di possedere conoscenze nella derivazione dei modelli e nella validazione degli algoritmi per la pianificazione delle traiettorie e l'inversione cinematica mediante strumenti di simulazione.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Nel settore dell'Automazione, lo studente deve dimostrare di sapere formalizzare mediante linguaggi formali (come ad esempio, il Sequential Functional Chart, SFC) le specifiche di funzionamento a ciclo chiuso espresse in linguaggio naturale per semplici processi da automatizzare. A partire dalle specifiche formali, poi, lo studente deve dimostrare di sapere sviluppare semplici algoritmi di automazione ed implementarli su un PLC utilizzando i linguaggi previsti dallo standard IEC 61131-3. Lo studente dovrà mostrare la capacità di sviluppare semplici sinottici da utilizzare come *pannello utente* per la conduzione di un impianto industriale. Infine, lo studente dovrà mostrare la capacità di progettare i test di validazione della logica di controllo avvalendosi anche dell'utilizzo di semplici simulatori di impianto.

Nel settore della Robotica, lo studente deve dimostrare di essere in grado di derivare modelli cinematici e statici e di saperli applicare a casi studio pratici riguardanti manipolatori robotici a catena aperta. A partire da questi, deve dimostrare di saper progettare schemi di controllo cinematico e di saperli validare nell'ambiente Matlab / Simulink®.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Modulo di Tecnologie dei sistemi di automazione

- 1 Introduzione all'automazione industriale
 - 1.1 L'automazione industriale
 - 1.2 Modello di un sistema di controllo industriale
 - 1.3 Modello di un dispositivo di controllo
- 2 Dispositivi di controllo
 - 2.1 Requisiti di un dispositivo di controllo
 - 2.2 Controllori per applicazioni generiche
 - 2.3 Controllori specializzati
- 3 Regolatori Proporzionali-Integrali-Derivativi (PID) industriali
 - 3.1 Leggi di controllo
 - 3.2 Taratura manuale e automatica
 - 3.3 Problemi implementativi (wind-up, commutazione manuale/automatico e automatico/manuale)
 - 3.4 Realizzazione digitale
 - 3.5 Taratura automatica di un PID
- 4 Programmazione dei dispositivi di controllo - Lo standard IEC 61131-3
 - 4.1 Il controllore a logica programmabile (PLC)
 - 4.2 Variabili e tipi di variabili
 - 4.3 Linguaggi di programmazione (Structured Text, Ladder Diagram, Functional Block Diagram, Instruction List)
 - 4.4 Unità di organizzazione della programmazione (Program organization units - POU)
 - 4.5 Diagramma funzionale sequenziale (Sequential functional chart - SFC)
- 5 Sistemi di supervisione controllo e acquisizione dati – SCADA
- 6 Ciclo di sviluppo dei sistemi di automazione

Modulo di Fondamenti di robotica

- 1 Robotica industriale e robotica avanzata
- 2 Componenti principali di un robot
- 3 Cinematica diretta
- 4 Calibrazione cinematica
- 5 Cinematica differenziale e Jacobiano
- 6 Ridondanza e singolarità
- 7 Algoritmi di inversione cinematica
- 8 Dualità cinetostatica
- 9 Pianificazione di traiettorie nello spazio dei giunti e nello spazio operativo
- 10 Attuatori e sensori
- 11 Unità di controllo
- 12 Controllo indipendente ai giunti

MATERIALE DIDATTICO

Modulo di Tecnologie dei sistemi di automazione

P. Chiacchio e F. Basile, Tecnologie Informatiche per l'Automazione, seconda ed., McGraw-Hill, 2004.

P. Bolzern, R. Scattolini e N. Schiavoni, Fondamenti di controlli automatici, quarta ed., McGraw-Hill, 2015.

Modulo di Fondamenti di robotica

B. Siciliano, L. Sciavicco, L. Villani, G. Oriolo, Robotics – Modelling, Planning and Control, [Springer](#), London, UK, 2009, DOI: [10.1007/978-1-84628-642-1](https://doi.org/10.1007/978-1-84628-642-1). Italian translation: Robotica – Modellistica, Pianificazione e Controllo, [McGraw-Hill Libri Italia](#), Milano, I, 2008

B. Siciliano, Robotics Foundations I, MOOC available on the platform www.federica.eu

B. Siciliano, Robotics Foundations II, MOOC available on the platform www.federica.eu

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Modulo di Tecnologie dei sistemi di automazione

Il docente utilizzerà: a) lezioni frontali per circa il 60% delle ore totali, b) esercitazioni in aula mediante l'utilizzo del tool CODESYS (<https://www.codesys.com/>) e/o in laboratorio per circa il 40% delle ore totali.

Modulo di Fondamenti di robotica

Il docente utilizzerà: a) lezioni frontali per circa il 70% delle ore totali, b) esercitazioni in aula per circa il 30% delle ore totali.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	x
altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono	A risposta multipla	
	A risposta libera	X
	Esercizi numerici	

Il modulo di **Tecnologie dei sistemi di automazione** comprende sia una prova scritta che una orale. La prova scritta è rivolta a verificare la capacità dello studente di progettare semplici algoritmi di automazione e controllo e consiste nella soluzione di 1 o 2 semplici problemi di automazione industriale ed, eventualmente, di un esercizio di dimensionamento dei guadagni di un regolatore standard di tipo PID. La progettazione dei problemi di automazione richiede lo sviluppo di algoritmi di controllo in uno o più dei linguaggi di programmazione grafici previsti dallo standard IEC 61131-3 (Ladder Diagram, Function Block Diagram, Sequential Functional Chart). Tipicamente lo studente ha a disposizione 3 ore per la prova scritta.

Il colloquio orale segue la prova scritta ed è rivolto ad una discussione critica della/e soluzione/i data/e dallo studente ai problemi proposti nella prova scritta, ed all'accertamento dell'acquisizione dei concetti e dei contenuti introdotti durante le lezioni.

Per il modulo di **Fondamenti di robotica** l'esame consiste in una discussione critica di un elaborato e nell'accertamento dell'acquisizione dei concetti e dei contenuti introdotti durante le lezioni. Gli studenti sono ammessi all'esame orale dopo aver svolto un progetto di progettazione in Matlab/Simulink® riguardante la simulazione di algoritmi di cinematica inversa per manipolatori robotici.

Modalità di valutazione:

Il voto finale sarà ponderato sui CFU di ciascun modulo e quindi così composto:

- Modulo di Tecnologie dei sistemi di automazione, 6 CFU, 50%
- Modulo di Sistemi elettrici industriali, 6 CFU, 50%

L'esito della prova scritta del modulo di Tecnologie dei sistemi di automazione è vincolante ai fini dell'accesso alla relativa prova orale. Le prova scritta e quella orale per questo modulo contribuiscono ognuna per il 50% della relativa aliquota sul voto finale, pertanto il superamento della prova scritta non è sufficiente per il superamento dell'esame.

Lo sviluppo del progetto per il modulo di Fondamenti di robotica è vincolante ai fini dell'accesso all'esame orale. Il progetto e l'esame orale contribuiscono ciascuno per il 50% alla valutazione finale e, pertanto, lo svolgimento del progetto non è sufficiente per superare l'esame.

CONTROLLI AUTOMATICI

SSD IINF-04/A

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenze di base di analisi dei sistemi dinamici lineari a tempo continuo e a tempo discreto. Utilizzo delle trasformate di Laplace, Zeta e di Fourier e di strumenti software per l'analisi e la simulazione di sistemi dinamici.

OBIETTIVI FORMATIVI

L'insegnamento si propone di introdurre gli studenti alla progettazione di leggi di controllo in retroazione per sistemi dinamici e illustrarne le possibili applicazioni. In particolare, vengono approfondite le principali metodologie per la sintesi di sistemi di controllo lineari, sia analogici che digitali. Al termine del corso lo studente sarà in grado di progettare controllori di tipo lineare, anche con l'ausilio di strumenti software per l'analisi, la progettazione e la simulazione di sistemi di controllo.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Il percorso formativo intende fornire gli strumenti metodologici per comprendere i principi fondamentali del controllo automatico e gli effetti della retroazione sulle caratteristiche dinamiche dei sistemi lineari o resi tali dopo linearizzazione. Verranno introdotte le principali metodologie di progettazione di controllo in retroazione, sia analogico che digitale, nel dominio del tempo e nei domini trasformati. Tali conoscenze consentiranno agli studenti di comprendere le principali problematiche connesse all'utilizzo dei diversi metodi di sintesi, in dipendenza dei requisiti richiesti e delle caratteristiche dei processi da controllare.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Le conoscenze acquisite consentiranno agli studenti di formalizzare le specifiche richieste ad un sistema di controllo nel dominio del tempo e nei domini trasformati. Sulla base di tali specifiche e delle caratteristiche del processo da controllare, gli studenti saranno in grado di compiere scelte progettuali, ovvero di progettare la legge di controllo utilizzando diversi metodi di sintesi. A supporto della sintesi del controllore e per la verifica delle prestazioni, sarà utilizzato il software Matlab/Simulink.

PROGRAMMA-SYLLABUS

- Proprietà fondamentali dei sistemi di controllo in retroazione: specifiche di un sistema di controllo nel dominio del tempo.
- Raggiungibilità e controllabilità nel tempo continuo e nel tempo discreto. Controllo a uno stato di equilibrio con retroazione dello stato. Regolazione dell'uscita con assegnamento degli autovalori e del guadagno.
- Cenni sulla realizzazione analogica e sulla realizzazione digitale di un sistema di controllo. Sistema a dati campionati. Regolatore dell'uscita con azione integrale e retroazione di stato nel tempo continuo e nel tempo discreto.
- Osservabilità nel tempo continuo e nel tempo discreto. Osservatore dello stato. Separazione degli autovalori e controllo con retroazione dell'uscita.
- Analisi di sistemi con retroazione dell'uscita: precisione a regime e tipo di un sistema, risposta in transitorio.
- Analisi del ciclo chiuso con il metodo del luogo delle radici. Progetto di sistemi di controllo con luogo delle radici nel tempo continuo e nel tempo discreto. Strutture tipiche di regolatore. Controllo di processi instabili.
- Analisi nel dominio della frequenza di sistemi a tempo continuo: stabilità e robustezza con il criterio di Nyquist. Margini di stabilità.
- Funzioni di sensitività. Legami tra la risposta nel dominio del tempo, la funzione risposta armonica a ciclo aperto e le funzioni di sensitività.

- Progetto di sistemi di controllo nel dominio della frequenza con il metodo della funzione di anello. Reti correttrici.
- Progetto di controllori digitali per discretizzazione e direttamente nel dominio a tempo-discreto con il metodo dell'assegnamento del modello.
- Problemi di realizzazione del controllo digitale: strutturazione dell'algoritmo di controllo, filtraggio anti-aliasing, considerazioni sulla scelta del periodo di campionamento.
- Regolatori PID: analisi delle prestazioni nel dominio della frequenza e cenni sui metodi sperimentali di taratura.
- Sistemi di controllo avanzati: predittore di Smith, controllo in cascata, schemi di controllo misti con feedback e feedforward.

MATERIALE DIDATTICO

- G. Celentano, L. Celentano, Elementi di Controlli Automatici, vol. III, Edises, 2015
- P. Bolzern, R. Scattolini, N. Schiavoni, Fondamenti di Controlli Automatici, McGraw-Hill, 4/ed, 2015
- Note e registrazioni video delle lezioni.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

a) Lezioni frontali per l'70% delle ore totali, b) Esercitazioni in aula, anche mediante utilizzo del software MATLAB/SIMULINK (<https://www.mathworks.com/>) per circa il 30% delle ore totali.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	x
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono	A risposta multipla	
	A risposta libera	
	Esercizi numerici	x

ELETTRONICA

SSD IINF-01/A

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenza delle tecniche operative e dei principali teoremi per l'analisi dei circuiti elettrici nel dominio del tempo e nei domini trasformati

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso di Elettronica I si pone come obiettivo l'apprendimento di alcuni concetti fondamentali relativi al funzionamento e l'utilizzo di dispositivi elettronici a semiconduttore per il trattamento di segnali analogici e digitali. Gli studenti sono posti in condizione di analizzare il comportamento di semplici circuiti, anche a vari livelli di astrazione, quali diodi, transistor, amplificatori operazionali. Sono forniti gli strumenti teorici per l'analisi di circuiti in regime sinusoidale a piccoli segnali. L'analisi di circuiti operanti in presenza di ampi segnali è prevalentemente svolta per via grafica. Il corso prevede altresì una parte di sintesi circuitale con lo scopo di fornire agli studenti gli elementi di base necessari per la progettazione di circuiti digitali basati su porte logiche realizzate con MOSFET.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRIPTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

A seguito del superamento dell'esame, lo studente possiede concetti essenziali sui principi fisici che sono alla base del funzionamento di semplici dispositivi elettronici a stato solido. Conosce le caratteristiche fondamentali dei dispositivi a stato solido maggiormente utilizzati in elettronica (diodi, transistori MOSFET e BJT), ed è in grado di evidenziarne, dal punto di vista delle caratteristiche ai terminali, similitudini e differenze. Conosce la classificazione degli amplificatori dal punto di vista delle caratteristiche ingresso-uscita, e le principali configurazioni circuitali di amplificatori basati su BJT e MOSFET. Conosce alcune fondamentali applicazioni dei MOSFET nell'ambito dei circuiti per l'elaborazione e la memorizzazione di segnali logici. Conosce le proprietà degli Amplificatori Operazionali ed alcuni fondamentali circuiti basati su di essi.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Ai fini del superamento dell'esame, lo studente deve essere in grado di illustrare le motivazioni teoriche e tecniche che sono alla base delle proprietà di circuiti fondamentali analogici e digitali. Deve in particolare dimostrare di essere in grado di analizzare semplici circuiti elettronici che utilizzano diodi e transistori MOSFET o BJT, utilizzando i modelli più appropriati di tali dispositivi a seconda dell'applicazione prevista per il circuito. Deve essere inoltre in grado di prevedere il comportamento elettrico di semplici configurazioni circuitali, siano esse per applicazioni digitali o analogiche, note in letteratura, ricorrendo, laddove necessario, allo studio in corrente continua, in presenza di piccoli segnali in regime sinusoidale, o per ampi segnali.

Lo studente deve anche essere in grado di analizzare alcuni fondamentali circuiti basati su Amplificatori Operazionali, a singolo stadio o multi-stadio, ovvero, partendo da essi, dimensionarne opportunamente i componenti passivi per ottenere assegnate specifiche in termini di amplificazione o resistenza di ingresso e uscita.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Segnali analogici e segnali digitali, l'amplificazione di segnali analogici, modelli generali degli amplificatori e parametri caratteristici. L'Amplificatore Operazionale (OpAmp): modello semplificato e circuiti fondamentali ad OpAmp (invertente, non-invertente, sommatore, integratore, derivatore).

Materiali semiconduttori, trasporto della carica nei semiconduttori, drogaggio. La giunzione p-n: barriera di potenziale, capacità della giunzione. Polarizzazione del diodo, raddrizzatori, modello a piccoli segnali del diodo. La commutazione del diodo. Simulatori circuitali: SPICE.

Principi di funzionamento del MOSFET, modello ad ampi segnali, il MOSFET come interruttore comandato. Parametri caratteristici dei circuiti logici reali, margini di rumore, prestazioni, dissipazione di potenza. Circuiti logici basati su MOSFET, la tecnologia CMOS, sintesi di reti logiche CMOS statiche. Memorie a semiconduttore. Modelli a piccoli segnali del MOSFET, il MOSFET come amplificatore, stadi amplificatori a MOSFET.

Principio di funzionamento del BJT, modello ad ampi segnali, modelli a piccoli segnali. Il BJT come amplificatore, caratteristiche degli amplificatori a BJT.

Introduzione all'acquisizione ed elaborazione di segnali mediante semplici sistemi programmabili.

MATERIALE DIDATTICO

A. Sedra, K. Smith, Circuiti per la microelettronica

S. Daliento, A. Irace, Elettronica generale

A. Agarwal, J. H. Lang, Foundations of analog and digital electronic circuits

Slide utilizzate durante le lezioni, videoregistrazioni di lezioni e soluzioni di esercizi.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Il docente utilizzerà: a) lezioni frontali per circa il 70% delle ore totali, b) esercitazioni per l'applicazione e l'approfondimento degli aspetti teorici, sia numeriche che basate sull'utilizzo di simulatori circuitali o semplici sistemi programmabili.

Sono inoltre previsti brevi seminari tenuti da esperti nell'ambito della progettazione di circuiti analogici o digitali.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono	A risposta multipla	
	A risposta libera	X
	Esercizi numerici	X

Sono previste prove intercorso facoltative.

Modalità di valutazione:

gli esami di accertamento e di valutazione consistono:

- in una prova scritta, volta ad accertare la capacità di analizzare e risolvere circuiti pratici che includono componenti elettronici standard (diodi, transistor, resistori, condensatori, porte logiche ed elementi di memoria);

- in una prova orale, volta ad accertare la comprensione dei metodi teorici per l'analisi e la sintesi di circuiti elettronici elementari.

Il voto finale è la media aritmetica dei voti conseguiti nelle due prove.

Ai fine del superamento dell'esame con votazione minima di 18/30 è necessario che le conoscenze/competenze della materia siano almeno ad un livello elementare, sia per la parte scritta che per quella orale. E' attribuito un voto compreso fra 20/30 e 24/30 quando lo studente sia in grado di svolgere correttamente la parte scritta ma possieda competenze elementari nella parte teorica. E' attribuito un voto compreso fra 25/30 e 30/30 quando lo studente sia in grado di svolgere correttamente la parte scritta e dimostri buone competenze nella parte teorica. Agli studenti che abbiano acquisito competenze eccellenti sia nella parte scritta che in quella teorica può essere attribuita la lode.

ELETTROTECNICA

SSD IIET-01/A

PREREQUISITI

Analisi matematica II
Fisica generale II

OBIETTIVI FORMATIVI

L'insegnamento si propone di fornire agli studenti le nozioni di base della teoria dei circuiti in condizioni di funzionamento stazionario, sinusoidale e periodico e dei circuiti dinamici lineari del I e del II ordine; di introdurre sistematicamente le proprietà generali del modello circuitale, i principali teoremi e le principali metodologie di analisi.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Il percorso formativo fornisce agli studenti le conoscenze e gli strumenti metodologici di base necessari per analizzare circuiti lineari, in condizioni di funzionamento stazionario, sinusoidale e periodico e per analizzare circuiti dinamici lineari del I e del II ordine. Lo studente saprà riconoscere i limiti di validità e le principali implicazioni dei teoremi fondamentali dei circuiti.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare di essere in grado di risolvere circuiti lineari, in condizioni di funzionamento stazionario, sinusoidale e periodico e circuiti dinamici lineari del I e del II ordine, individuando il metodo di soluzione più appropriato, e utilizzando ove necessario i principali teoremi dei circuiti. Lo studente dovrà essere in grado di esporre i concetti di base della teoria dei circuiti e di derivare i principali teoremi utilizzando correttamente il linguaggio disciplinare.

PROGRAMMA-SYLLABUS

1. LE LEGGI DELL'ELETTROMAGNETISMO

Carica elettrica, corrente elettrica, densità di corrente. Campo elettrico, campo magnetico, forza di Lorentz. Le leggi dell'elettromagnetismo nel vuoto in forma integrale. Legge di conservazione della carica. Lavoro del campo elettrico, energia immagazzinata nel campo elettrico, energia immagazzinata nel campo magnetico, Potenza elettrica, energia elettrica. Unità di misura.

2. IL MODELLO CIRCUITALE

I circuiti elettrici in condizioni lentamente variabili. Bipolo: intensità della corrente elettrica, tensione elettrica, potenza elettrica, energia elettrica. Convenzione dell'utilizzatore e del generatore. Circuiti di bipoli: leggi di Kirchhoff. Bipoli canonici: resistore, interruttore, generatori indipendenti, condensatore, induttore. Generatori reali. Bipoli attivi, bipoli passivi, bipoli dissipativi e bipoli conservativi. Limiti in frequenza del modello circuitale.

3. LE EQUAZIONI CIRCUITALI

Circuito resistivo semplice; circuito resistivo non lineare e metodo di soluzione grafico; {algoritmo di Newton Raphson}; circuiti dinamici lineari del primo ordine, regime stazionario e sinusoidale. Grafo di un circuito, sottografo, grafo connesso, albero, coalbero, maglia, insieme di taglio; grafi planari ed anelli; insieme delle maglie fondamentale ed insieme di taglio fondamentale; matrice di incidenza e matrice di incidenza ridotta, matrice di maglia e matrice di maglia ridotta, equazioni di Kirchhoff in forma matriciale, equazioni di Kirchhoff indipendenti, il sistema di equazioni fondamentali. Potenziali di nodo. Conservazione delle potenze virtuali (teorema di Tellegen); conservazione delle potenze elettriche.

4. CIRCUITI RESISTIVI

Bipolo equivalente, resistori in serie, resistori in parallelo; partitori di tensione e corrente, serie e parallelo di generatori ideali e casi patologici, equivalenza di generatori reali; circuiti resistivi lineari, sovrapposizione degli effetti; generatore equivalente di Thevenin-Norton; non amplificazione delle tensioni e delle correnti. Trasformazione stella-triangolo.

5. ELEMENTI CIRCUITALI A PIÙ TERMINALI

N-poli, correnti e tensioni descrittive, doppi bipoli, condizione di porta. potenza elettrica assorbita; generatori controllati lineari, trasformatore ideale; giratore, doppi bipoli di resistori, teorema di reciprocità, matrice delle resistenze, matrice delle conduttanze, matrici ibride, matrice di trasmissione. Collegamento di doppi bipoli in serie parallelo e cascata. Sintesi di doppi bipoli: configurazioni a T e π .

6. CIRCUITI A REGIME

Circuiti in regime permanente. Circuiti in regime stazionario. Circuiti in regime sinusoidale. Fasori, metodo simbolico; numeri complessi. Impedenza, circuiti di impedenze, proprietà dei circuiti di impedenze. Potenza complessa, potenza media, potenza reattiva. Diagrammi fasoriali dei bipoli elementari. Conservazione della potenza complessa, potenza media e potenza reattiva. Bipoli di impedenze; reti in regime periodico. Circuito risonante, fattore di qualità, bilanci di potenza ed energia, curve universali di risonanza. Risposta in frequenza di un circuito; filtri.

7. CIRCUITI DINAMICI LINEARI

Equazioni di stato di circuiti del primo ordine, equazioni di stato di circuiti del secondo ordine, circuito resistivo associato. Continuità delle grandezze di stato; soluzione di circuiti del primo e del secondo ordine. Evoluzione libera, evoluzione forzata, modi naturali di evoluzione, frequenza naturale, costante di tempo, termine transitorio, termine permanente, circuito dissipativo, circuito tempo-variante, circuito con forzamento impulsivo; soluzione di circuiti del secondo ordine, circuito RLC serie, circuito RLC parallelo, modi naturali aperiodici, modi naturali oscillanti, circuiti RC e circuiti RL del secondo ordine. Soluzione con autovalori ed autovettori. Risposta all'impulso e integrale di convoluzione.

8. APPLICAZIONI

Circuiti mutuamente accoppiati (trasformatore), relazioni caratteristiche, accoppiamento perfetto, circuiti equivalenti. Rifasamento. Sistemi trifase equilibrati e squilibrati. Formula di Millman. Potenza nei sistemi trifase. Teorema di Aron. Amperometro, Voltmetro e Wattmetro.

MATERIALE DIDATTICO

Testi di riferimento

M. de Magistris, G. Miano, *Circuiti*, II edizione, SPRINGER, settembre 2009.

Testi Di Consultazione

- [1] L.O. Chua, C.A. Desoer, E.S. Kuh, *Circuiti Lineari E Non Lineari*, Jackson, 1991.
- [2] G. Miano, *Lezioni Di Elettrotecnica*, Ed. Cuen, 1998;
- [3] L. De Menna, *Elettrotecnica*, Ed. Pironti, Napoli, 1998.
- [4] I.D. Mayergoyz, W. Lawson, *Elementi Di Teoria Dei Circuiti*, Utet, 2000.
- [5] H. A. Haus, J.R. Melcher, "Electromagnetic Fields And Energy," Prentice Hall, 1989 Per Ulteriori Esercizi Svolti

Eserciziari

- [1] S. Bobbio, L. De Menna, G. Miano, L. Verolino, *Quaderno N° 1: Circuiti In Regime Stazionario*, Ed. Cuen, Napoli, 1998.
- [2] " " *Quaderno N° 2: Circuiti In Regime Sinusoidale*, Ed. Cuen, Napoli, 1998.
- [3] " " *Quaderno N° 3: Circuiti In Evoluzione Dinamica: Analisi Nel Dominio Del Tempo* Ed. Cuen, Napoli, 1998.
- [4] S. Bobbio, *Esercizi Di Elettrotecnica*, Ed. Cuen, Napoli, 1995.

Mooc

Corso online aperto e di massa (Mooc) disponibile su <https://www.federica.eu/>

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni frontali (60% circa) ed esercitazioni frontali (40% circa)

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	
	Esercizi numerici	X

FISICA GENERALE I

SSD FIS/01

OBIETTIVI FORMATIVI

Lo studente acquisirà i concetti fondamentali della Meccanica Classica e i primi concetti della Termodinamica, privilegiando gli aspetti metodologici e fenomenologici. Inoltre, acquisirà una abilità operativa consapevole nella risoluzione di semplici esercizi.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRIPTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di:

- 1) Comprendere i principi fondamentali della fisica e le loro applicazioni in situazioni problematiche. In particolare:
 - a. enunciare i principi;
 - b. indicare le relazioni tra i principi;
 - c. confrontare spiegazioni dello stesso fenomeno o situazione mediante principi diversi.
- 2) Conoscere le principali leggi che spiegano i fenomeni fisici. In particolare:
 - a. illustrare la legge in termini matematici;
 - b. valutare i limiti della legge;
 - c. estendere la legge a situazioni simili e a situazioni non note.
- 3) Conoscere le grandezze fisiche operativamente indicando le corrette unità di misura. In particolare:
 - a. definire le grandezze fondamentali;
 - b. conoscere le operazioni tra le grandezze fondamentali;
 - c. descrivere le grandezze derivate in termini delle grandezze fondamentali.
- 4) Conoscere il campo di indagine della fisica. In particolare:
 - a. comprendere il significato fisico degli enti matematici utilizzati per descrivere i fenomeni;
 - b. delineare il campo di applicabilità (macroscopico/microscopico) delle leggi utilizzate per descrivere i fenomeni;
 - c. descrivere i metodi di indagine utilizzati in fisica.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di essere in grado di:

- 1) analizzare ed esaminare le situazioni fisiche proposte formulando ipotesi esplicative attraverso modelli matematici, analogie o leggi fisiche;
- 2) formalizzare situazioni problematiche e applicare i concetti esposti al corso, i metodi matematici e gli strumenti disciplinari appresi durante il corso e rilevanti per la loro risoluzione, eseguendo, ove necessario, calcoli, stime, ragionamenti qualitativi;
- 3) interpretare e/o elaborare dati proposti e/o ricavati, anche di natura sperimentale, verificandone la pertinenza al modello scelto e rappresentandoli, ove necessario, mediante linguaggio grafico-simbolico;
- 4) argomentare e descrivere strategie risolutive adottate in situazioni fisiche problematiche, comunicando i risultati ottenuti valutandone al contempo la coerenza con la situazione problematica proposta.

Livelli per tutti i descrittori: L1 – ingenuo o inadeguato; L2 – superficiale o frammentario; L3 – parziale; L4 – completo o generalmente completo.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Il Metodo Scientifico. Grandezze fisiche e loro definizione operativa, unità di misura, dimensioni. Cinematica del punto materiale in una dimensione. Grandezze vettoriali e cinematica del punto in più

dimensioni. Moto parabolico dei corpi e moto circolare. Sistemi di riferimento inerziali, definizione di forza e di massa. Principi della dinamica. Forze fondamentali e leggi di forza. Forze di contatto, forze vincolari, leggi di forza empiriche (forza elastica, forze di attrito e viscosi). Problemi notevoli: piano inclinato, oscillatore armonico, pendolo semplice. Impulso e quantità di moto. Lavoro ed energia cinetica. Forze conservative ed energia potenziale. Conservazione dell'energia meccanica e della quantità di moto. Urti in una dimensione. Momento angolare e momento delle forze. Moti relativi, sistemi di riferimento non inerziali e concetto di forza apparente. Cenni sul moto dei pianeti nel sistema solare. Dinamica dei sistemi di punti materiali: equazioni cardinali, centro di massa, leggi di conservazione, teorema di Koenig per l'energia cinetica. Elementi di dinamica del corpo rigido, rotazioni attorno ad asse fisso. Elementi di statica e dinamica dei fluidi. Temperatura e calore, primo principio della termodinamica. Gas ideali.

MATERIALE DIDATTICO

Libro di testo (es. Mazzoldi-Nigro-Voci, Halliday-Resnick, Serway-Jevett), esercizi o questionari da svolgere a casa.

SI VEDA SITO WEB DEL DOCENTE DELLA MATERIA

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni frontali ed esercitazioni in aula.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono	A risposta multipla	X
	A risposta libera	X
	Esercizi numerici	X

FISICA GENERALE 2

SSD FIS/01

OBIETTIVI FORMATIVI

Lo studente acquisirà i concetti di base dell'elettromagnetismo, privilegiando gli aspetti metodologici e fenomenologici. Inoltre, acquisirà una abilità operativa consapevole nella risoluzione di semplici esercizi.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRIPTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di:

- comprendere i principi fondamentali dell'elettromagnetismo e le sue leggi fondanti in termini matematici, con gli adeguati strumenti di calcolo integro-differenziale
- conoscere gli ambiti di validità delle leggi che regolano l'interazione della materia con il campo elettromagnetico nei regimi macroscopici e microscopici e come applicarle sia ai fenomeni illustrati durante il corso sia a situazioni non note
- saper descrivere le tecniche di indagine utilizzate in elettromagnetismo ed i principali ambiti applicativi delle sue leggi

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Al termine del processo di apprendimento lo studente sarà in grado di:

- formulare ipotesi esplicative dei fenomeni elettrici e magnetici proposti durante il corso attraverso modelli matematici, analogie o leggi fisiche;
- analizzare e formalizzare situazioni fisiche problematiche pertinenti l'elettromagnetismo con l'uso corretto di concetti esposti al corso, applicando gli appropriati metodi matematici e gli strumenti disciplinari appresi e rilevanti per la loro risoluzione, ed eseguendo, ove necessario, calcoli, stime, ragionamenti qualitativi;
- esaminare ed elaborare dati proposti e/o ricavati, anche di natura sperimentale, verificandone la pertinenza al modello scelto per descrivere i processi elettromagnetici e rappresentandoli, ove necessario, mediante linguaggio grafico-simbolico;
- argomentare e descrivere con adeguato approccio scientifico strategie risolutive adottate in applicazioni dell'elettromagnetismo, comunicando i risultati ottenuti e valutandone al contempo la coerenza con la situazione problematica proposta.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Fenomeni d'interazione elettrica. Conduttori ed isolanti, elettrizzazione. Carica elettrica, legge di conservazione, quantizzazione. Legge di Coulomb. Principio di sovrapposizione.

Campo elettrico. Moto di particella carica in presenza di un campo elettrico. Campi generati da distribuzioni di carica.

Potenziale elettrostatico. Potenziale generato da distribuzioni di carica. Energia elettrostatica. Relazione tra campo e potenziale elettrostatico. Calcolo del campo elettrico generato da un dipolo. Forza e momento meccanico su dipolo posto in campo elettrico esterno.

Legge di Gauss. Flusso di un campo vettoriale. Enunciato e semplici applicazioni della legge di Gauss. Divergenza del campo elettrostatico.

I conduttori nei campi elettrici. Proprietà elettrostatiche dei conduttori. Condensatore. Densità di energia del campo elettrico.

Gli isolanti nei campi elettrici. Polarizzazione dei dielettrici. Equazioni generali dell'elettrostatica in presenza di dielettrici.

Corrente elettrica. Interpretazione microscopica della corrente. Legge di Ohm. Legge di Joule. Generatore elettrico, forza elettromotrice. Leggi di Kirchhoff. Circuito RC.

Fenomeni d'interazione magnetica. Forza di Lorentz e campo magnetico. Moto di particella carica in campo magnetico uniforme. Forza su un conduttore percorso da corrente. Momento meccanico su una spira di corrente.

Il campo magnetico generato da correnti stazionarie. Il campo di una spira a grande distanza, dipolo magnetico, momento magnetico di una spira. Legge di Gauss per il magnetismo. Legge della circuitazione di Ampere.

Introduzione alle proprietà magnetiche della materia. Meccanismi di magnetizzazione e correnti amperiane. Classificazione dei materiali magnetici.

L'induzione elettromagnetica. Legge di Faraday e sue applicazioni. Auto e mutua induzione elettromagnetica. Circuito RL. Densità di energia del campo magnetico. Corrente di spostamento.

Equazioni di Maxwell. Introduzione alle onde elettromagnetiche piane. Energia dell'onda elettromagnetica.

MATERIALE DIDATTICO

Libro di testo (es. Mazzoldi-Nigro-Voci, Mencuccini-Silvestrini, Halliday-Resnick, Serway-Jevett), esercizi o questionari da svolgere a casa.

SI VEDA SITO WEB DEL DOCENTE DELLA MATERIA

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni frontali per circa 80% delle ore totali ed esercitazioni in aula con semplici applicazioni delle leggi dell'elettromagnetismo.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	✓
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	✓
	A risposta libera	✓
	Esercizi numerici	✓

Modalità di valutazione:

L'esito della prova scritta è generalmente vincolante ai fini dell'accesso alla prova orale. Nel caso di prova scritta a risposta multipla, la numerosità n delle risposte è compresa tra 3 e 4, e ogni risposta selezionata contribuisce al punteggio finale con peso normalizzato: 1 per scelta corretta, $-1/(n-1)$ per scelta non corretta.

FONDAMENTI DI INFORMATICA

MODULO: FONDAMENTI DI INFORMATICA

SSD IINF-05/A

OBIETTIVI FORMATIVI

Fornire le nozioni di base per le discipline informatiche, introducendo lo studente allo studio dei fondamenti teorici dell'informatica, dell'architettura dei calcolatori e dei linguaggi di programmazione ad alto livello. Fornire le conoscenze necessarie per lo sviluppo di programmi per la risoluzione di problemi di limitata complessità.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente deve dimostrare di conoscere, saper comprendere e saper descrivere i concetti di base relativi all'informatica teorica, all'architettura dei calcolatori e ai linguaggi di programmazione ad alto livello. Inoltre, lo studente deve dimostrare di conoscere e saper comprendere i programmi per la risoluzione di problemi di limitata complessità.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare di saper applicare le conoscenze apprese per la soluzione di semplici problemi di programmazione, progettando e sviluppando programmi per la soluzione di problemi di limitata complessità.

PROGRAMMA-SYLLABUS

(1 cfu) L'INFORMAZIONE E LE SUE RAPPRESENTAZIONI: l'informatica ed il mondo moderno; il concetto di "informazione"; rappresentazione e codifica dell'informazione, la rappresentazione digitale; numeri in binario; rappresentazione dei numeri relativi (segno e modulo, complemento a uno, complemento a due, eccesso-k); rappresentazione dei numeri reali (IEEE 754); convergenza digitale (campionamento e quantizzazione); codifica delle informazioni testuali, di immagini e video.

(0.5 cfu) INTRODUZIONE ALGEBRA DI BOOLE: logica proposizionale; operatori booleani; algebra di Boole; funzioni booleane e tabelle di verità; teorema di De Morgan.

(1 cfu) IL MODELLO DI ESECUTORE: processi e processori; cenni alla macchina di Turing; il modello di Von Neumann; le memorie; la CPU; il bus; il clock; firmware, software e middleware; Il modello astratto di esecutore.

(0.5 cfu) ALGORITMI E PROGRAMMI: Informatica come studio di algoritmi; La soluzione dei problemi: calcolabilità degli algoritmi. La trattabilità degli algoritmi: complessità computazionale; La descrizione degli algoritmi; Sequenza statica e dinamica di algoritmi; I linguaggi di programmazione.

(0.5 cfu) LA TRADUZIONE DEI PROGRAMMI: Il processo di traduzione; La compilazione; il collegamento; Il caricamento; Gli interpreti; La verifica della correttezza dei programmi; Gli ambienti integrati; L'ambiente di sviluppo; Progettazione ed implementazione di librerie di programmi.

(1 cfu) LA STRUTTURA DEI PROGRAMMI - DATI e CONTROLLO: Le frasi di un linguaggio di programmazione. Informazione e dato; La classificazione dei tipi; I tipi atomici; tipo booleano; tipo carattere; tipo intero; tipo reale. Tipi strutturati: array monodimensionali, matrici, stringhe, record, array di record. I puntatori. File di testo. Strutture di Controllo. Modularità e parametrizzazione del codice; Sottoprogrammi: procedure e funzioni; Scambio dei parametri. Tipi di dato astratto: Pila, Lista, e Coda

(1 cfu) IL LINGUAGGIO C: Introduzione: Le caratteristiche generali del linguaggio C; Programmi e gestione tipi; funzioni; Scope e Visibilità, Variabili globali e locali; Meccanismi di sostituzione per valore e per riferimento; array; record; librerie per la gestione delle stringhe di caratteri; Puntatori singoli, doppi, e loro uso; Specifica di un algoritmo in C; Strutture di Controllo in C; La gestione dell'I/O in C; File di testo in C.

(0.5 cfu) **ALGORITMI DI BASE IN C:** Inserimento in un vettore.; Eliminazione di elementi da un vettore; Ricerca lineare (o sequenziale); Ricerca binaria; La ricerca del valore massimo/minimo in un vettore; La ricerca della posizione del valore minimo/massimo in un vettore; Ordinamento di un vettore; Operazioni di base su Pila, Lista, e Coda. Esempi di programmi completi in C.

MATERIALE DIDATTICO

Testi di riferimento:

- A. Chianese, V. Moscato, A. Picariello, C. Sansone, "Le radici dell'Informatica: dai bit alla programmazione strutturata", Maggioli Editore, 2017.

- Brian W. Kernighan, Dennis M. Ritchie, *Il linguaggio C: principi di programmazione e manuale di riferimento*, 2ª ed., Milano, Pearson Paravia Bruno Mondadori

Altro materiale didattico:

- E. Burattini, A. Chianese, A. Picariello, V. Moscato, C. Sansone, "Che C serve? Per iniziare a programmare", Maggioli Editore, 2016.

- MOOC "Fondamenti di Informatica" disponibile sulla piattaforma Federica.EU (www.federica.eu)

- Slide utilizzate a supporto delle lezioni, Esempi svolti in C

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO-MODULO

I docenti utilizzeranno: a) lezioni frontali per circa il 60% delle ore totali, b) ed esercitazioni sullo sviluppo di programmi in linguaggio C per circa il 40% delle ore totali. Le esercitazioni vengono svolte in aula e/o in laboratorio con l'utilizzo di un ambiente di sviluppo integrato ed attraverso piattaforme per laboratori didattici virtuali.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
Altro: Prova di programmazione al calcolatore	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	X
	A risposta libera	X
	Esercizi numerici	X

(*) È possibile rispondere a più opzioni

Modalità di valutazione:

L'esito della prova scritta è vincolante ai fini dell'accesso alla prova orale. L'esito della prova orale utilizzato insieme all'esito della prova al calcolatore del modulo di Laboratorio di Informatica per definire la valutazione ultima dell'insegnamento.

OBIETTIVI FORMATIVI

Fornire le nozioni di base per le discipline informatiche, introducendo lo studente allo studio dei fondamenti teorici dell'informatica, dell'architettura dei calcolatori e dei linguaggi di programmazione ad alto livello. Fornire le conoscenze necessarie per lo sviluppo di programmi per la risoluzione di problemi di limitata complessità.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente deve dimostrare di conoscere, saper comprendere e saper descrivere i meccanismi per la rappresentazione dell'informazione e per la progettazione e l'implementazione di soluzioni a problemi di limitata complessità.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare di saper applicare le conoscenze tecnico/pratiche (e.g., linguaggio C) apprese per la soluzione di semplici problemi di programmazione, progettando e sviluppando programmi per la soluzione di problemi di limitata complessità.

PROGRAMMA-SYLLABUS

(0.5 cfu) Laboratorio su L'INFORMAZIONE E LE SUE RAPPRESENTAZIONI: numeri in binario; rappresentazione dei numeri relativi (segno e modulo, complemento a uno, complemento a due, eccesso-k); rappresentazione dei numeri reali (IEEE 754);

(0.5 cfu) Laboratorio su ALGEBRA DI BOOLE: logica proposizionale; operatori booleani; algebra di Boole; funzioni booleane e tabelle di verità; teorema di De Morgan.

(3 cfu) Laboratorio su SVILUPPO e STRUTTURA DEI PROGRAMMI, DATI, CONTROLLO in C: Il processo di traduzione; La compilazione; il collegamento; Il caricamento; Compilatore vs Interprete; L'ambiente di sviluppo; Progettazione ed implementazione di librerie di programmi; Le caratteristiche generali del linguaggio C; Programmi e gestione tipi; funzioni; Scope e Visibilità, Variabili globali e locali; Meccanismi di sostituzione per valore e per riferimento; array; record; librerie per la gestione delle stringhe di caratteri; Puntatori singoli, doppi, e loro uso; Specifica di un algoritmo in C; Strutture di Controllo in C; La gestione dell'I/O in C; File di testo in C; Modularità e parametrizzazione del codice; Sottoprogrammi: procedure e funzioni; Scambio dei parametri. Tipi di dato astratto: Pila, Lista, e Coda

(2 cfu) Laboratorio sugli ALGORITMI DI BASE IMPLEMENTATI IN C: Inserimento in un vettore.; Eliminazione di elementi da un vettore; Ricerca lineare (o sequenziale); Ricerca binaria; La ricerca del valore massimo/minimo in un vettore; La ricerca della posizione del valore minimo/massimo in un vettore; Ordinamento di un vettore; Operazioni di base su Pila, Lista, e Coda. Esempi di programmi completi in C.

MATERIALE DIDATTICO

Testi di riferimento:

- Brian W. Kernighan, Dennis M. Ritchie, *Il linguaggio C: principi di programmazione e manuale di riferimento*, 2ª ed., Milano, Pearson Paravia Bruno Mondadori

Altro materiale didattico:

- MOOC "Fondamenti di Informatica" disponibile sulla piattaforma Federica.EU (www.federica.eu)
- Slide utilizzate a supporto delle lezioni, Esempi svolti in C

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO-MODULO

I docenti utilizzeranno: a) lezioni esercitative frontali per circa il 35% delle ore totali che verranno svolte in laboratorio con l'utilizzo di un ambiente di sviluppo integrato ed attraverso piattaforme per laboratori didattici

virtuali; b) lezioni esercitative in modalità asincrona per circa il 65% delle ore totali, per le quali sarà assegnato allo studente la risoluzione di problemi studiati nel modulo di Fondamenti di Informatica e le implementazioni relative in linguaggio C.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
Altro: Prova di programmazione al calcolatore	X

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	
	Esercizi numerici	

(*) È possibile rispondere a più opzioni

Modalità di valutazione:

L'esito della prova di programmazione è vincolante ai fini dell'accesso alla prova orale. L'esito della prova di programmazione sarà utilizzato insieme all'esito della prova del modulo di Fondamenti di Informatica per definire la valutazione ultima dell'insegnamento.

FONDAMENTI DI MECCANICA

SSD IIND-02/A

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenze di base della meccanica teorica

OBIETTIVI FORMATIVI

L'obiettivo del corso è quello di fornire le nozioni di base per la definizione e l'analisi dei principali fenomeni che si presentano nel funzionamento delle macchine dinamiche e dei subsistemi che le costituiscono quali: sistemi rotanti, meccanismi articolati, meccanismi a camma, trasmissioni meccaniche, la meccanica dei mobili su ruote. Viene inoltre introdotto il tema delle vibrazioni meccaniche e dei principali fenomeni tribologici dovuti al contatto di superfici in moto relativo.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRIPTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Al termine del corso, lo studente avrà acquisito la capacità di individuare lo schema fisico ideale di un sistema meccanico e di svilupparne il corrispondente modello matematico per studiarne le caratteristiche funzionali. La soluzione del modello matematico fornirà la possibilità di comprendere le relazioni che sussistono tra le principali grandezze caratteristiche del sistema e di definire in che modo esse ne influenzano il comportamento meccanico.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Il percorso formativo è orientato a fornire la capacità di analizzare:

- il comportamento funzionale di diverse tipologie di sistemi meccanici quali macchine motrici ed operatrici, trasmissioni meccaniche, meccanismi articolati, meccanismi a camma che trovano la loro applicazioni in sistemi più complessi quali veicoli, robot, sistemi biomeccanici, ecc.
- lo studio dinamico dei sistemi vibranti nel caso in cui siano riconducibili ad un modello ad un grado di libertà.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Macchine e meccanismi - Terminologia e caratteristiche, classificazione dei vincoli, coppie cinematiche, catene cinematiche e meccanismi, schema cinematico, gradi di libertà. Esempi di analisi cinematica di meccanismi piani.

Forze agenti sui sistemi meccanici - Classificazione delle forze, forze conservative, rigidità equivalente di sistemi elastici in serie ed in parallelo, azioni dovute all'attrito radente e volvente, forze viscosse, forze fluidodinamiche. Cenni sulle forze di contatto fra solidi e sui meccanismi di lubrificazione. Cuscinetti di rotolamento. Rendimento meccanico.

Geometria delle masse - Baricentro, momento statico prodotto d'inerzia, momento d'inerzia, raggio d'inerzia, teorema di trasposizione, assi principali ed assi centrali d'inerzia.

Studi di sistemi meccanici – elementi di statica, studio cinematico di meccanismi articolati piani (manovellismo, quadrilatero, manipolatore a due bracci); cenni sui meccanismi a camma. Scrittura delle equazioni del moto con il principio di d'Alembert. Masse equivalenti di un corpo rigido. Sistemi ridotti.

Funzionamento di un gruppo di macchine – Curva caratteristica meccanica di una macchina, stabilità della condizione di regime stazionario, grado di irregolarità nel periodo.

Meccanica delle vibrazioni - Moti periodici. Sistemi lineari ad un grado di libertà. Vibrazioni libere e forzate: sistemi conservativi e dissipativi. L'isolamento delle vibrazioni. Velocità critiche flessionali.

Trasmissioni meccaniche - Classificazione. Rapporto di trasmissione. Ruote di frizione cilindriche e coniche. Ruote dentate. Rotismi ordinari ed epicicloidali. Trasmissioni con cinghie.

MATERIALE DIDATTICO

M. Callegari, P. Fanghella, F. Pellicano - Meccanica applicata alle macchine – Citta Studi ed.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Il docente utilizzerà: a) lezioni frontali, per il 65 % delle ore totali; b) esercitazioni in aula, per il 30%; c) attività di laboratorio, per il 5%.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	
solo scritta	
solo orale	X
discussione di elaborato progettuale	
altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	
	Esercizi numerici	

(*) È possibile rispondere a più opzioni

Modalità di valutazione:

La valutazione viene effettuata sulla base dell'esposizione e della discussione di tre argomenti trattati durante il corso.

GEOMETRIA E ALGEBRA

SSD MAT/03

EVENTUALI PREREQUISITI

Il contenuto matematico dei programmi della scuola secondaria

OBIETTIVI FORMATIVI

Si dovranno acquisire gli strumenti di base dell'algebra lineare e della geometria. L'obiettivo di questo insegnamento è, da un lato, quello di abituare lo studente ad affrontare problemi formali, utilizzando strumenti adeguati ed un linguaggio corretto, e dall'altro di risolvere problemi specifici di tipo algebrico e geometrico, con gli strumenti classici dell'algebra lineare.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRIPTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente deve dimostrare di conoscere le nozioni (definizioni, enunciati, dimostrazioni se previste dal programma) relative alle strutture algebriche e geometriche studiate (spazi vettoriali, spazi della geometria elementare in dimensione 2 e 3, spazi di matrici) e gli strumenti di calcolo sviluppati, e saper comprendere argomenti affini elaborando le nozioni acquisite.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare di saper applicare quanto appreso nella risoluzione di esercizi di verifica elaborati dal Docente, in linea di massima legati ad argomenti quali : rette e piani, matrici, equazioni, vettori. Lo studente deve, inoltre, dimostrare di conoscere le problematiche relative alle strutture algebriche

PROGRAMMA-SYLLABUS

Richiami di teoria degli insiemi e strutture algebriche: **0,5 CFU**

Unione, intersezione, complemento, prodotto cartesiano; corrispondenze e relazioni, applicazioni o funzioni, restrizioni, applicazioni iniettive, suriettive, biettive, composizione di applicazioni, caratterizzazione delle applicazioni biettive; relazioni di equivalenza (esempio: equipollenza tra vettori applicati). Operazioni interne: proprietà associativa, esistenza dell'elemento neutro (e unicità), esistenza degli elementi simmetrici (e unicità, se l'operazione soddisfa la proprietà associativa), proprietà commutativa, (esempi: operazioni di addizione in insiemi numerici e sui vettori liberi ed applicati). Gruppi abeliani e non (esempi). Definizione di campo. Esempi: campo dei numeri reali, campo il cui sostegno contiene solo due elementi. Operazioni esterne (esempio: operazione di moltiplicazione esterna sui vettori liberi ed applicati).

Spazi vettoriali ed euclidei (su un campo): **1,5 CFU**

Definizione, proprietà elementari; esempi (spazi vettoriali numerici, di polinomi, di matrici, di vettori liberi ed applicati della geometria elementare). Combinazioni lineari, dipendenza e indipendenza lineare e loro caratterizzazioni; sistemi di generatori. Sottospazi vettoriali e caratterizzazione; insiemi di vettori che generano lo stesso sottospazio vettoriale; basi e componenti di un vettore in una base ordinata; teorema di estrazione di una base da un sistema di generatori; lemma di Steinitz e conseguenze: dimensione di uno spazio vettoriale, teorema di completamento in una base di un insieme linearmente indipendente; sottospazio intersezione, sottospazio somma, somma diretta, relazione di Grassmann. Spazi vettoriali euclidei: prodotto scalare in uno spazio vettoriale sui reali: lunghezza di un vettore, angolo tra due vettori, esistenza di basi ortonormali: procedimento di Gram-Schmidt; prodotto scalare canonico (o naturale) tra vettori numerici. Prodotto scalare tra vettori geometrici. Calcolo di un prodotto scalare usando le componenti dei vettori in una base ortonormale ordinata. Teorema di Pitagora.

Matrici e determinanti: **1 CFU**

Operazioni elementari di riga; matrici ridotte a scalini. Rango di una matrice e numero di pivot di una matrice a scalini. Matrici triangolari e diagonali; prodotto righe per colonne; definizione classica di determinante (con l'uso delle permutazioni) e proprietà elementari (senza dimostrazione); caratterizzazione del rango massimo mediante il non annullarsi del determinante; metodi di calcolo del determinante: enunciati del Teorema di Laplace e del secondo teorema di Laplace; enunciato del Teorema degli orlati (Kronecker); matrici invertibili e determinazione della matrice inversa; matrici simili.

Sistemi lineari: **1 CFU**

Soluzioni, compatibilità (Teorema di Rouchè-Capelli); Teorema di Cramer; metodo di riduzione a scalini (metodo di eliminazione di Gauss) e risoluzione di un sistema di equazioni lineari; determinazione di una base dello spazio vettoriale delle soluzioni di un sistema lineare omogeneo; ogni sottospazio di uno spazio vettoriale numerico è lo spazio delle soluzioni di un sistema lineare omogeneo e viceversa: rappresentazione cartesiana e parametrica dei sottospazi vettoriali numerici.

Applicazioni lineari: **0,5 CFU**

definizione e prime proprietà; conservazione della dipendenza lineare; nucleo e immagine; caratterizzazione delle applicazioni lineari iniettive e suriettive; teorema fondamentale delle applicazioni lineari; endomorfismi, isomorfismi; isomorfismo associato a una base ordinata; matrici associate e di cambiamento di base. Enunciato del Teorema della dimensione. Relazione di similitudine tra matrici associate a endomorfismi in basi ordinate diverse.

Diagonalizzazione di endomorfismi e matrici: **0,5 CFU**

autovalori, autovettori e autospazi di endomorfismi (e di matrici quadrate); polinomio caratteristico; molteplicità geometrica e molteplicità algebrica di un autovalore; caratterizzazione degli endomorfismi e delle matrici diagonalizzabili mediante l'esistenza di una base di autovettori; determinazione degli autovalori e di una base di autovettori di un endomorfismo diagonalizzabile e di una matrice diagonalizzabile.

Spazi (affini) euclidei su un campo: **1 CFU**

definizione, riferimenti (affini) cartesiani e coordinate di un punto, sottospazi (affini) euclidei, definizione di parallelismo, rette sghembe, rappresentazione parametrica e cartesiana dei sottospazi (affini) euclidei. Studio di incidenza e parallelismo tra sottospazi. Condizioni di ortogonalità tra sottospazi in dimensione 2 e 3. Distanza tra insiemi di punti; distanza di un punto da un iperpiano; studio della distanza tra sottospazi euclidei in dimensione 2 e 3, Teorema della comune perpendicolare. Definizione di fasci impropri e fasci propri di piani in dimensione 3.

MATERIALE DIDATTICO

SI VEDA SITO WEB DEL DOCENTE DELLA MATERIA

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Le lezioni saranno frontali, e circa un terzo delle lezioni avrà carattere esercitativo.

Descrivere le modalità in cui verrà erogata la didattica: lezioni frontali, esercitazioni, laboratorio, tirocinio o stage seminari, altro.

Eventualmente indicare anche la strumentazione adottata (lezioni registrate, supporti multimediali, software specialistico, materiale on line ecc.).

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	x
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono	A risposta multipla	x
	A risposta libera	x
	Esercizi numerici	x

MACCHINE E IMPIANTI ELETTRICI

SSD IIND-08/A IIND-08/B

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

FONDAMENTI DI CIRCUITI

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenze di base di elettrotecnica; conoscenze di base di elettronica analogica e digitale; conoscenza di base della magnetostatica, dei circuiti elettrici e dei sistemi trifase; conoscenze di base delle tecniche di risoluzione dei circuiti elettrici in regime sinusoidale/distorto con approcci nel dominio dei fasori e scomposizione dei forzamenti nelle componenti armoniche; conoscenze di base delle tecniche di scomposizione di variabili trifase in componenti omopolari, dirette, inverse e differenziali; conoscenza di base dei dispositivi a semiconduttore (diodi, mosfet, IGBT,...); conoscenze di base sui sistemi di controllo a ciclo chiuso.

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso ha lo scopo:

- di fornire allo studente gli elementi necessari alla comprensione delle architetture degli azionamenti elettrici sia a basso livello (ovvero fornendo le conoscenze che consentano allo studente di discernere i componenti dell'azionamento comprendendone il principio di funzionamento) sia ad alto livello (ovvero fornendo le conoscenze che consentano di acquisire dimestichezza con la strategia di controllo del sistema nel suo complesso);
- di ampliare la formazione nel settore della tecnica elettrica attraverso la presentazione delle caratteristiche tecnologico-applicative dei principali componenti per le applicazioni industriali e la definizione di metodi per la progettazione degli impianti elettrici in media e bassa tensione, con particolare riferimento agli innovativi sistemi Smart-Grid.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRIPTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Nel settore dei Convertitori, Macchine e Azionamenti Elettrici, il percorso formativo è finalizzato a fornire le conoscenze necessarie per comprendere le diverse configurazioni degli azionamenti elettrici e contemporaneamente affrontarne le problematiche connesse con il relativo controllo. A valle dell'introduzione delle macchine elettriche statiche e rotanti, verranno definite le architetture dei convertitori di potenza a semiconduttore evidenziando come il controllo del sistema debba essere condizionato all'architettura di conversione. Lo studente deve dimostrare di aver compreso il principio di funzionamento delle macchine elettriche riuscendo anche a sottolineare le differenze caratterizzanti tra le diverse tipologie relazionandole al contempo ai corrispondenti punti di forza. Lo studente dovrà inoltre dimostrare di aver compreso il funzionamento dei convertitori a semiconduttori riuscendo anche ad evidenziare per ogni tipologia i campi di applicazione e le problematiche di rilievo.

Nel settore dei Sistemi Elettrici, il percorso formativo intende presentare agli studenti le caratteristiche tecnologiche dei componenti e fornire gli strumenti metodologici propri della progettazione degli impianti elettrici in media e bassa tensione. Inizialmente, verranno descritti i principali componenti dei sistemi elettrici in media e bassa tensione, evidenziandone le caratteristiche tecnologiche e prestazionali. Successivamente, verranno discussi i metodi per l'integrazione dei componenti nei sistemi, con particolare riferimento agli aspetti della sicurezza elettrica, della continuità della fornitura e dell'efficienza. Lo studente deve dimostrare di avere appreso quali siano le specifiche che portano alla scelta dei componenti tecnologici e di saperne elaborare l'integrazione nei sistemi mediante dell'applicazione dei criteri della progettazione elettrica a regola d'arte.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Nel settore dei Convertitori, Macchine e Azionamenti Elettrici, lo studente deve dimostrare di essere in grado di stabilire la legge di alimentazione di una macchina elettrica sulla base degli obiettivi di regolazione.

Contemporaneamente deve essere in grado di scegliere una struttura di conversione idonea per garantire alla macchina elettrica una alimentazione variabile. Infine, deve dimostrare la capacità di configurare un azionamento elettrico e di caratterizzarne opportunamente il controllo.

Nel settore dei Sistemi Elettrici, lo studente deve dimostrare di sapere analizzare le informazioni relative alle richieste energetiche, per risolvere i problemi della progettazione degli impianti elettrici negli ambienti applicativi, attraverso l'uso degli strumenti metodologici appresi per il dimensionamento in media e bassa tensione. Lo studente deve mostrare la capacità di sviluppare semplici progetti elettrici che siano in grado di integrare in modo corretto i componenti per l'alimentazione e la gestione elettrica di carichi industriali.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Modulo di Macchine e Azionamenti Elettrici

1. Introduzione alle macchine elettriche
 - 1.1. Componenti delle macchine elettriche
 - 1.2. Circuiti magnetici elementari
2. Macchine elettriche: il trasformatore
 - 2.1. Modello matematico
 - 2.2. Caratteristiche del trasformatore monofase
 - 2.3. Collegamento in parallelo di due trasformatori monofase
 - 2.4. Il trasformatore trifase
3. Macchine elettriche: la macchina asincrona
 - 3.1. Struttura di una macchina elettrica rotante a flusso radiale
 - 3.2. Campo magnetico al traferro sostenuto da un avvolgimento trifase simmetrico
 - 3.3. Campo magnetico al traferro sostenuto dalle correnti di statore e di rotore
 - 3.4. Flussi concatenati con gli avvolgimenti
 - 3.5. Modello matematico
 - 3.6. Espressione del momento della coppia elettromagnetica
 - 3.7. Caratteristica coppia/velocità a regime
 - 3.8. Regolazione di velocità a regime quasi-stazionario
4. Macchine elettriche: la macchina sincrona
 - 4.1. Struttura di una macchina sincrona a poli salienti
 - 4.2. Campo magnetico al traferro sostenuto dall'avvolgimento di eccitazione
 - 4.3. Campo magnetico al traferro risultante
 - 4.4. Flussi concatenati con gli avvolgimenti di statore
 - 4.5. Modello matematico
 - 4.6. Espressione del momento della coppia elettromagnetica
 - 4.7. Regolazione di velocità a regime quasi-stazionario
 - 4.8. Macchine sincrone brushless a magneti permanenti
5. Macchine elettriche: la macchina a corrente continua
 - 5.1. Derivazione della macchina a corrente continua dal sincro a poli salienti
 - 5.2. Modello matematico
 - 5.3. Regolazione di velocità a regime quasi-stazionario
 - 5.4. Il collettore elettromeccanico
6. I convertitori elettronici di potenza
 - 6.1. Il tempo di modulazione nei convertitori
 - 6.2. Schematizzazione dei dispositivi a semiconduttore nei convertitori
 - 6.3. Convertitori AC/DC
 - 6.4. Convertitori DC/DC
 - 6.5. Convertitori DC/AC

Modulo di Smart Grid

- 1 Sistema Elettrico Nazionale
 - 1.1 Suddivisione in blocchi funzionali
 - 1.2 Mercato dell'energia
- 2 Componenti dei Sistemi Elettrici
 - 2.1 Schemi elettrici
 - 2.2 Normativa
 - 2.3 Condutture elettriche
 - 2.4 Apparecchi di manovra
 - 2.5 Cabine elettriche
- 3 Elementi di progettazione elettrica
 - 3.1 Dimensionamento termico ed elettrico delle condutture
 - 3.2 Criteri di dimensionamento dei sistemi di protezione
- 4 Sicurezza Elettrica
 - 4.1 Contatti diretti ed indiretti
 - 4.2 Curva di sicurezza in bassa tensione
 - 4.3 Protezione dai contatti indiretti nei sistemi TT, TN e IT
- 5 Micro- e Smart-Grid
 - 5.1 Risorse energetiche e sistemi di accumulo distribuiti
 - 5.2 Normativa e Comunità Energetiche
 - 5.3 Gestione e controllo delle Smart-Grid

MATERIALE DIDATTICO

Modulo di Macchine e Azionamenti Elettrici

Appunti delle lezioni disponibili sul sito docenti.

A. Fitzgerald e C. Kingsley, Electric Machinery, McGraw-Hill, 2002

N. Mohan, Power Electronics, John Wiley & Sons Inc, 2002

Modulo di Sistemi elettrici industriali

R. Benato, L. Fellin: Impianti elettrici, UTET ed.

V. Cataliotti: Impianti Elettrici, Vol.III, Flaccovio ed.

V. Carrescia: Fondamenti di Sicurezza Elettrica, TNE ed.

B. M. Buchholz , Z. A. Styczynski: Smart Grids Fundamentals and Technologies in Electric Power Systems of the future, Springer Editore, 2020

Appunti alle lezioni

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Modulo di Macchine e Azionamenti Elettrici

Il docente utilizzerà: a) lezioni frontali per circa il 90% delle ore totali, b) esercitazioni in laboratorio per circa il 10% delle ore totali.

Modulo di Smart Grid

Il docente utilizzerà: a) lezioni frontali per circa il 75% delle ore totali, b) esercitazioni in aula e/o in laboratorio per circa il 25% delle ore totali.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono	A risposta multipla	
	A risposta libera	
	Esercizi numerici	X

Il modulo di Macchine e Azionamenti Elettrici comprende sia una prova scritta che una orale. La prova scritta è rivolta a verificare la capacità dello studente di applicare le conoscenze acquisite per la determinazione delle condizioni di funzionamento degli azionamenti elettrici in presenza di vincoli esterni e relativamente ad architetture complesse. Il colloquio orale segue la prova scritta ed è rivolto a verificare l'apprendimento degli argomenti trattati.

Il modulo di Smart Grid prevede una prova orale finale. La prova è rivolta a verificare la capacità dello studente di discutere sulle problematiche di alimentazione dei carichi elettrici e di sicurezza elettrica. Il colloquio orale verte sugli aspetti tecnologici dei componenti e sulle metodologie proprie della progettazione elettrica dei sistemi e può prevedere lo svolgimento di un esercizio numerico. La prova è finalizzata ad accertare l'acquisizione dei concetti e dei contenuti discussi durante le lezioni.

Modalità di valutazione:

Il voto finale sarà ponderato sui CFU di ciascun modulo e quindi così composto:

- Modulo di Macchine e Azionamenti Elettrici, 8 CFU, 67% (*l'esito della prova scritta del modulo di Macchine e Azionamenti Elettrici non è vincolante ai fini dell'accesso alla prova orale. Le prova scritta contribuisce per il 20% alla valutazione finale*)
- Modulo di Smart Grid, 4 CFU, 33%

METODI MATEMATICI PER L'INGEGNERIA

SSD MATH-03/A

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Analisi matematica II – Geometria e Algebra

OBIETTIVI FORMATIVI

Fornire i concetti e i risultati fondamentali, in vista delle applicazioni, relativi alla teoria delle funzioni analitiche, delle distribuzioni, delle serie di Fourier, delle trasformate di Fourier e Laplace e delle loro applicazioni.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di conoscere le nozioni (definizioni, enunciati, dimostrazioni se previste dal programma) relative alla teoria delle funzioni olomorfe e dell'integrazione in campo complesso, delle distribuzioni, delle serie di Fourier, delle trasformate di Fourier e di Laplace e gli strumenti di calcolo sviluppati, e saper comprendere argomenti affini elaborando le nozioni acquisite.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Deve, infine, dimostrare di saper applicare quanto appreso nella risoluzione di esercizi di verifica elaborati dal Docente, in linea di massima legati ad argomenti quali: calcolo di integrali in campo reale e in campo complesso con la teoria dei residui, equazioni alle differenze lineari, serie e trasformate di Fourier di segnali periodici, trasformate di Laplace di funzioni e applicazioni a problemi differenziali lineari, calcolo distribuzionale.

PROGRAMMA-SYLLABUS

(0.5 cfu) Numeri complessi. Forma algebrica, trigonometrica, esponenziale. Proprietà del modulo e dell'argomento. Formule di De Moivre e delle radici n-esime. Funzioni elementari nel campo dei numeri complessi: esponenziale, seno e coseno, seno e coseno iperbolici, logaritmo, potenza. Successioni e serie nel campo dei numeri complessi. Serie di potenze: raggio di convergenza e proprietà, derivazione termine a termine.

(1 cfu) Funzioni analitiche. Olomorfia e condizioni di Cauchy-Riemann. Integrali di linea di funzioni di variabile complessa. Teorema e formule di Cauchy. Sviluppo in serie di Taylor. Sviluppo in serie di Laurent. Zeri delle funzioni analitiche e principi di identità. Classificazione delle singolarità isolate. Teorema di Liouville.

(0.5 cfu) Integrazione. Cenni sulla misura e sull'integrale di Lebesgue. Funzioni sommabili. Teoremi di passaggio al limite sotto il segno di integrale. Integrali nel senso del valore principale secondo Cauchy. Spazi di funzioni sommabili.

(0.5 cfu) Residui. Teorema dei residui. Calcolo dei residui nei poli. Calcolo di integrali col metodo dei residui. Lemmi di Jordan. Scomposizione in fratti semplici.

(0.5 cfu) Equazioni alle differenze. Z-trasformata: definizione e proprietà. Z-antitrasformata. Successioni definite per ricorrenza.

(1 cfu) Trasformazione di Laplace. Segnali. Generalità sui segnali. Segnali periodici. Convoluzione. Definizione e dominio della trasformata bilatera di Laplace. Analiticità e comportamento all'infinito. Esempi notevoli di trasformata di Laplace. Proprietà formali della trasformata di Laplace. Trasformata unilatera di Laplace e proprietà. Teoremi del valore iniziale e finale. Antitrasformata (s.d.). Uso della trasformata di Laplace nei modelli differenziali lineari.

(0.5 cfu) Serie di Fourier. Cenni su spazi di Banach e di Hilbert. Energia di un segnale periodico. Polinomi trigonometrici. Serie di Fourier esponenziale e trigonometrica. Convergenza nel senso puntuale e nel senso dell'energia

(0.5 cfu) Trasformata di Fourier. Definizione di trasformata di Fourier. Proprietà formali della trasformata di Fourier. Antitrasformata.

(1 cfu) Distribuzioni. Funzionali lineari. Limiti nel senso delle distribuzioni. Derivata nel senso delle distribuzioni. Regole di derivazione. Esempi notevoli: δ di Dirac, v.p. $1/t$. Convoluzione di distribuzioni. Spazio delle funzioni a decrescenza rapida e relativa topologia. Distribuzioni temperate e funzioni a crescita lenta. Trasformata di Fourier di distribuzioni temperate. Trasformata di Laplace di distribuzioni. Trasformata di Fourier della δ di Dirac, del treno di impulsi. Trasformata di Fourier di segnali periodici.

MATERIALE DIDATTICO

SI VEDA SITO WEB DEL DOCENTE DELLA MATERIA

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Le lezioni saranno frontali, e circa un terzo delle lezioni avrà carattere esercitativo.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	X
	A risposta libera	X
	Esercizi numerici	X

MISURE ELETTRICHE ED ELETTRONICHE

SSD IMIS-01/B

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenze di elettronica analogica e digitale.

Fondamenti della teoria dei segnali.

OBIETTIVI FORMATIVI

Fornire i fondamenti teorici di base della misurazione. Informare e formare l'allievo sui concetti fondanti della teoria della misurazione, sulle principali metodologie e procedure di misura e sugli strumenti di base per l'analisi dei segnali nel dominio del tempo e delle ampiezze. Mettere in grado l'allievo di comprendere ed utilizzare la strumentazione di base per l'analisi dei segnali nel dominio del tempo e delle ampiezze, di interpretarne adeguatamente le specifiche tecniche e di presentarne correttamente i risultati di misura.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRIPTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente deve dimostrare di conoscere e saper comprendere le problematiche di base relative alla definizione di una procedura di misura, a partire dalla definizione del misurando fino all'espressione finale del risultato della misurazione in accordo con le correnti raccomandazioni. A tale scopo, deve dimostrare di sapere elaborare argomentazioni concernenti le relazioni al fine di individuare i nessi tra le diverse sorgenti di incertezza a partire dalle nozioni apprese che vengono presentati durante le lezioni teoriche.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Alla luce delle conoscenze acquisite, lo studente deve dimostrare la capacità di implementare procedure di misura che siano adatte allo specifico misurando ed alla strumentazione di misura disponibile. Particolare attenzione viene data alla competenza che lo studente acquisisce nel collegare tra loro le diverse nozioni teoriche al fine di enucleare una possibile soluzione al problema che gli viene presentato durante le lezioni in aula o in seduta di esame.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Il Sistema Internazionale: unità fondamentali e supplementari. I Campioni di riferimento nazionali. Architettura di un generico strumento di misura digitale. Classificazione dei segnali. Caratteristiche metrologiche degli strumenti di misura. Incertezze di categoria A e di categoria B. Interpretazione delle specifiche dal manuale di uno strumento di misura. Valutazione dell'incertezza globale. L'incertezza estesa. Espressione dell'incertezza in valore assoluto e relativo. Le cifre significative. Propagazione delle incertezze nelle misure indirette: Approccio probabilistico e deterministico. Compatibilità delle misure.

Misurazioni nel dominio del tempo mediante contatore numerico: misura diretta di frequenza, misura diretta di periodo, risoluzione assoluta e relativa, incertezza di misura, grafici universali e contatori reciproci; misura di intervallo temporale e misura di sfasamento di segnali isofrequenziali.

Misure nel dominio delle ampiezze: voltmetro a semplice integrazione, voltmetro a doppia rampa, voltmetro multi rampa; relazione tra tempo di misura e risoluzione; caratteristiche metrologiche dei voltmetri DC; Voltmetri AC: rilevatore di picco, rilevatore di picco-picco, voltmetro a vero valore efficace; Caratteristiche voltmetri AC; Multimetri numerici: misurazione di resistenza a due e quattro morsetti; misurazione di corrente.

Convertitori analogico-digitale, architettura e principio di funzionamento dei principali ADC: FLASH, SAR, Interleaved e pipelined. Caratterizzazione di ADC: caratterizzazione statica, caratterizzazione dinamica; errore di guadagno e di offset, INL, DNL e ENOB.

Convertitori digitale-analogico, architettura e principio di funzionamento dei principali DAC: Resistenze pesate e R-2R.

Misurazione nel dominio della frequenza: analizzatore di spettro a banchi di filtri; analizzatore di spettro a sintonia variabile; analizzatore di spettro a supereterodina; analizzatore di spettro numerico; risoluzione e selettività di un analizzatore di spettro.

MATERIALE DIDATTICO

Ernest O. Doebelin Strumenti e metodi di misura, McGraw-Hill Education, 2008.

Cesare Svelto, Roberto Ottoboni, Alessandro Pesatori, Michele Norgia, Misure. Dai Fondamenti alla Strumentazione, Società Editrice Esculapio, 2022

JCGM 100:2008 Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement, BIPM, 2010

Arnaldo Brandolini, Roberto Ottoboni, Misure Elettriche e Strumentazione Industriale, Società Editrice Esculapio, 2022

Appunti e dispense del docente

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Il docente utilizzerà:

- a) lezioni frontali per circa il 70% delle ore totali,
- b) esercitazioni per approfondire praticamente aspetti teorici per circa il 20% delle ore totali
- c) laboratorio per approfondire le conoscenze applicate per circa il 10% delle ore totali.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	
solo scritta	
solo orale	X
discussione di elaborato progettuale	
altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	
	Esercizi numerici	

(*) È possibile rispondere a più opzioni

MODELLISTICA E SIMULAZIONE

SSD IINF-04/A

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Analisi II, Fisica II, Programmazione I

OBIETTIVI FORMATIVI

Fornire il concetto di sistema astratto orientato per la modellistica, l'identificazione, la simulazione, l'analisi, la progettazione, la realizzazione, il monitoraggio ed il controllo di sistemi naturali e/o artificiali. Fornire gli elementi di base per la descrizione matematica unificata standard ingresso-stato-uscita di vari sistemi dinamici di tipo meccanico, termico, idraulico, pneumatico, fluidodinamico, elettrico, elettronico, elettromagnetico. Fornire le principali tecniche numeriche per la simulazione di un sistema dinamico in ambiente Matlab/Simulink.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Il percorso formativo intende fornire agli studenti le conoscenze e gli strumenti metodologici di base necessari ad analizzare sistemi reali di varia natura, ad esempio di tipo meccanico, elettrico, a fluido. Lo studente deve conoscere il concetto di sistema astratto orientato e la classificazione dei sistemi dinamici; deve inoltre dimostrare di sapere elaborare argomentazioni concernenti il comportamento dinamico di un sistema a partire dal modello matematico. Lo studente deve infine sviluppare una conoscenza sufficiente di ambienti di simulazione per sistemi dinamici, quali Matlab-Simulink.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve essere in grado di modellare matematicamente semplici sistemi reali di tipo meccanico, elettrico, elettromeccanico o idraulico e di rappresentarli in variabili di stato. Lo studente deve inoltre essere capace realizzare modelli di simulazione, in ambiente matlab simulink, di modelli matematici e simularne il comportamento dinamico al variare degli ingressi e delle condizioni iniziali

PROGRAMMA-SYLLABUS

- **Generalità sui sistemi dinamici**
 - o Definizione di sistema astratto orientato e classificazione dei sistemi
 - o Introduzione del concetto di stato e rappresentazioni i-s-u implicita ed esplicita
 - o Sistemi lineari e non-lineari: tecniche di linearizzazione di sistemi dinamici
- **Modellistica dei sistemi dinamici**
 - o Modellistica sistemi meccanici
Componenti elementari di un sistema meccanico. Equazioni del moto di un sistema di corpi rigidi: approccio Newtoniano. Attrito secco. Meccanica di un sistema di punti materiali. Il principio dei lavori virtuali. Il principio di d'Alembert. Le equazioni del moto di Lagrange. Esempi di sistemi meccanici.
 - o Modellistica sistemi elettrici ed elettromeccanici
Componenti elementari di un sistema elettrico. Richiami alle equazioni dei sistemi elettrici. Esempi di sistemi elettrici. Componenti ed equazioni di un motore elettrico in corrente continua. Esempi di sistemi elettromeccanici.

- Modellistica sistemi idraulici

Richiami alle proprietà caratteristiche dei fluidi. Richiami alle principali leggi per lo studio del moto di un fluido. Componenti elementari di sistemi liquido-livello con liquido ideale. Esempi di sistemi liquido-livello con liquido ideale. Componenti elementari di sistemi idraulici con liquido reale. Esempi di sistemi liquido-livello con liquido reale.

- **Simulazione dei sistemi dinamici in ambiente Matlab-Simulink**

Operazioni elementari su variabili. Creazione di diagrammi in Matlab. Elementi di programmazione: costrutti di controllo, script file e function file. Cenni su algoritmi di integrazione numerica. Creazione di schemi a blocchi Simulink rappresentativi di modelli ingresso-stato-uscita.

MATERIALE DIDATTICO

- P. Bolzern, R. Scattolini, N. Schiavoni, Fondamenti di Controlli Automatici, 3 ed., Mc Graw Hill Italia, 2008
- Dispense del corso

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Il docente utilizzerà:

- lezioni frontali di modellistica per circa il 60% delle ore totali
- lezioni frontali di simulazione in ambiente Matlab-Simulink per circa il 30% delle ore totali
- esercitazioni in aula per circa il 10% delle ore totali

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono	A risposta multipla	
	A risposta libera	
	Esercizi numerici	X

La prova scritta prevede lo svolgimento di uno o più esercizi di modellazione di sistemi dinamici. La prova orale, oltre a prevedere la verifica delle conoscenze teoriche del corso, prevede anche sulla verifica delle conoscenze del codice di simulazione Matlab-Simulink.

Modalità di valutazione:

L'esito della prova scritta è vincolante ai fini dell'accesso alla prova orale. Le prova scritta e quella orale contribuiscono ognuna per il 50% della valutazione finale; pertanto, il superamento della prova scritta non è sufficiente per il superamento dell'esame.

PROGRAMMAZIONE AD OGGETTI

SSD IINF-05/A

EVENTUALI PREREQUISITI

Nessuno oltre le competenze fornite dal corso di Fondamenti di Informatica.

OBIETTIVI FORMATIVI

L'insegnamento si propone di fornire agli studenti le competenze metodologiche, teoriche e pratiche di programmazione orientata agli oggetti necessarie al corretto sviluppo di progetti software di piccole e medie dimensioni, utilizzando come linguaggio di programmazione di riferimento il linguaggio Java. A tale scopo verranno utilizzati anche alcuni elementi del linguaggio di modellazione UML.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente deve dimostrare di conoscere e saper elaborare i concetti alla base della programmazione modulare e del paradigma di programmazione orientata agli oggetti. Il percorso formativo intende fornire le conoscenze e gli strumenti che consentiranno agli studenti di sviluppare capacità autonome di progettazione e sviluppo di semplici applicazioni.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare di saper applicare le competenze acquisite progettando e implementando semplici applicazioni software, utilizzando il linguaggio di programmazione di riferimento (JAVA) e il linguaggio di modellazione UML. In particolare deve comprendere e utilizzare i meccanismi fondamentali per lo sviluppo di applicazioni modulari, i concetti di ereditarietà e polimorfismo, riconoscere e realizzare le relazioni tra classi ed oggetti nel dominio e nel contesto proposto.

PROGRAMMA-SYLLABUS

FONDAMENTI DI PROGRAMMAZIONE IN JAVA: (1 CFU)

Linguaggio Java e confronto con altri linguaggi. Ciclo di sviluppo di un programma Java, Java Virtual Machine, bytecode. SDK. Ciclo di vita delle classi, degli oggetti e delle variabili. Il sistema dei tipi, gli operatori e le strutture per il controllo del flusso in Java. Sottoprogrammi e metodi. Modularizzazione, package, introduzione alle librerie. array.

CONCETTI FONDAMENTALI DELLA PROGRAMMAZIONE ORIENTATA AGLI OGGETTI: (4 CFU)

Il concetto astrazione. Astrazione sui dati e sul controllo. Il concetto di Modulo. Coesione, Accoppiamento, Information Hiding. Tipo di dato astratto. Progettazione di ADT, il ruolo delle interfacce. Incapsulamento, classi ed oggetti. metodi. Riferimento a oggetti. Costruttori e distruttori. Overloading and overriding. Relazione tra classi: composizione, associazione e ereditarietà. Classi derivate e relazione base-derivata. Polimorfismo. Classi e funzioni generiche. Collezioni. Elementi di UML per la descrizione di classi e delle relazioni tra classi. Sviluppo di esercizi in Java.

GESTIONE DELLE ECCEZIONI E I/O IN JAVA (1 CFU)

il modello per la gestione delle eccezioni in Java. eccezioni controllate e non-controllate. le classi del JDK per la gestione delle eccezioni. la generazione di eccezioni.

Classi per I/O. Stream e I/O da file: lettura e scrittura su file di testo.

MATERIALE DIDATTICO

Libro di testo:

Paul J. Deitel - Harvey M. Deitel, Programmare in Java – 11/Ed., Pearson 2020 (in Italiano)

oppure:

Paul J. Deitel - Harvey M. Deitel, Java How to Program, Late Objects – 11/Ed., Pearson 2017

oppure:

Walter Savitch, Daniela Micucci, Programmazione di base e avanzata con Java - 3/Ed., Pearson 2024

Materiale fornito dal docente:

Codice a supporto delle lezioni, esercitazioni, dispense, trasparenze delle lezioni

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO-MODULO

Lezioni frontali (50%), esercitazioni (40%) e attività di laboratorio (10%).

Il corso prevede che un terzo delle lezioni possa essere erogato a distanza, le attività svolte in tali ore saranno prevalentemente attività di esercitazione

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	x
	A risposta libera	x
	Esercizi numerici	

(*) È possibile rispondere a più opzioni

Modalità di valutazione:

La prova scritta consiste nello sviluppo al calcolatore di un programma in linguaggio Java. La prova scritta può inoltre eventualmente prevedere alcune domande a risposta libera o a risposta multipla. L'esito della prova scritta è vincolante ai fini dell'accesso alla prova orale. La prova orale ha l'obiettivo di verificare la conoscenza degli argomenti sviluppati durante il corso, a partire dalla discussione della prova al calcolatore.

RICERCA OPERATIVA

SSD MATH-06/A

EVENTUALI PREREQUISITI

Nessuno

OBIETTIVI FORMATIVI

Obiettivo del corso è di fornire le conoscenze modellistiche ed algoritmiche di base necessarie per l'analisi di sistemi e l'ottimizzazione del loro funzionamento al fine di risolvere problemi reali di carattere industriale (ad esempio pianificazione della produzione, allocazione delle risorse, e schedulazione delle attività). Lo studio teorico sarà inoltre completato dall'introduzione all'utilizzo di risolutori off-the-shelf. Al termine del corso lo studente avrà acquisito gli strumenti fondamentali necessari a formulare problemi decisionali emergenti in contesti industriale automatizzati, mediante modelli di programmazione matematica, e sarà in grado di risolverli in modo esatto utilizzando i relativi algoritmi di ottimizzazione.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Il percorso formativo ha l'obiettivo di fornire agli studenti le metodologie fondamentali di ottimizzazione continua e intera necessarie per la modellazione e risoluzione esatta di problemi ingegneristici in ambito industriale, con particolare riferimento a problemi di pianificazione della produzione, allocazione risorse, schedulazione delle attività/task e dimensionamento ottimale di un sistema. Lo studente deve dimostrare di aver acquisito gli strumenti necessari a formulare un problema decisionale mediante un modello di programmazione matematica con variabile intere e continue, e deve essere in grado di individuare e/o implementare autonomamente il miglior metodo di soluzioni esatto in relazione alle caratteristiche e alla complessità del problema.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Il percorso formativo è orientato a trasmettere gli strumenti metodologici e operativi necessari ad utilizzare concretamente le conoscenze di ottimizzazione continua, intera e combinatoria, a problemi di ottimizzazione emergenti in un contesto industriale e territoriale. In particolare, con riferimento ad un problema decisionale, lo studente deve essere in grado di: formulare modelli di programmazione lineare (continua e intera) a partire da una descrizione testuale di un problema reale industriale; comprendere e applicare algoritmi risolutivi; comprendere/ottimizzare il funzionamento di un sistema su rete; effettuare analisi di tipo analitico-quantitativo sui dati di un problema reale, al fine di valutare i range di variazione della soluzione ottenuta e implementare meccanismi di feedback per il miglioramento della sua qualità..

PROGRAMMA-SYLLABUS

- Introduzione all'ottimizzazione Processi decisionali, Problem Solving, Problemi di Ottimizzazione e Programmazione matematica.
- Programmazione lineare. Geometria della programmazione lineare e condizioni di ottimalità e illimitatezza.. Algoritmo del simplesso.
- Programmazione intera e ottimizzazione combinatoria. Rappresentazione di un problema di programmazione lineare intera e formulazioni equivalenti. Arrotondamenti e approssimazioni. Rilassamenti. Elementi di complessità computazionale. Algoritmo del Branch&Bound. Algoritmo dei piani di taglio.
- Programmazione dinamica. Stadi e stati del sistema. Principio di ottimalità. Relazione ricorsiva della programmazione dinamica.

- Teoria dei grafi e Ottimizzazione su rete. Elementi di teoria dei grafi. Modellazione PL e PLI di problemi di ottimizzazione su rete e algoritmi risolutivi.

- Formulazione di problemi di programmazione lineare continua ed intera min-sum, min max e min-abs, in ambito industriale e su rete. Problemi cutting stock, packing, assegnamento, allocazione ottima delle risorse e dimensionamento sistemi di produzione. Schedulazione e sequenziamento delle operazioni. Pianificazione e mixing della produzione.

- Laboratorio. Sviluppo dei modelli di ottimizzazione presentati nel corso e risoluzione in ambiente Python, mediante uso della libreria Gurobi.

MATERIALE DIDATTICO

- M. Caramia, S. Giordani, F. Guerriero, R. Musmanno, D. Pacciarelli, "Ricerca Operativa", Isedi, Italia, 2014.
- C. Guéret, C. Prins, M. Sevaux, Applications of optimization with Xpress-MP, Dash Optimization Ltd., 2010.
- A. Sforza, Modelli e Metodi della Ricerca Operativa, 3a ed., ESI, Napoli, 2018.
- Materiale didattico integrativo fornito durante il corso.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO-MODULO

Il docente utilizzerà: lezioni frontali (60%), esercitazioni di tipo numerico (20%) e di introduzione all'uso di software di ottimizzazione (20%).

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

Modalità di esame:

Nel caso di **insegnamenti integrati** l'esame deve essere unico.

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	X
altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	X
	Esercizi numerici	X

(*) È possibile rispondere a più opzioni

Modalità di valutazione:

La prova scritta è volta a verificare l'acquisizione da parte dello studente dei concetti e delle tecniche di problem solving illustrate durante il corso, attraverso la risoluzione di problemi di ottimizzazione. Tipicamente lo studente ha a disposizione 3 ore per la prova scritta. Il colloquio orale segue la prova scritta ed ha un duplice finalità: far argomentare allo studente le soluzioni proposte ai problemi risolti nella prova scritta; accertare l'acquisizione dei concetti e delle metodologie illustrati durante le lezioni.

L'esito della prova scritta è vincolante ai fine dell'accesso alla prova orale. La prova scritta e quella orale contribuiscono ognuna per il 50% della valutazione finale. Il superamento della prova scritta non è sufficiente per il superamento dell'esame

Si prevede anche la possibilità di far allo studente svolgere parte della prova scritta in modalità laboratoriale sviluppando i modelli e i metodi di ottimizzazione studiati in ambiente python e risolvendoli mediante la libreria di un software di ottimizzazione.

TEORIA DEI SEGNALI

SSD ING-INF/03

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Analisi Matematica I

EVENTUALI PREREQUISITI

Elementi di calcolo differenziale ed integrale per funzioni di più variabili.

OBIETTIVI FORMATIVI

Obiettivo dell'insegnamento è fornire gli strumenti di base per l'analisi dei segnali deterministici e per la loro elaborazione mediante sistemi (in particolare sistemi lineari) sia nel dominio del tempo che in quello della frequenza. Ulteriore obiettivo è introdurre i concetti di base della teoria della probabilità.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente deve dimostrare di saper classificare e descrivere i segnali d'interesse per l'ingegneria, sia nel dominio del tempo che in quello della frequenza. Deve dimostrare di saper analizzare semplici schemi di elaborazione dei segnali, in particolare mediante sistemi lineari. Deve inoltre dimostrare di comprendere la natura aleatoria di molti fenomeni d'interesse per l'ingegneria e di conoscere gli aspetti fondamentali della teoria della probabilità.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare di saper riconoscere problemi che prevedono l'analisi e l'elaborazione dei segnali, scegliendo modelli adeguati alla loro descrizione e soluzione. Deve dimostrare di saper dimensionare semplici schemi di elaborazione dei segnali, in particolare mediante sistemi lineari. Deve inoltre dimostrare di saper modellare e risolvere con gli strumenti della teoria della probabilità semplici problemi di natura aleatoria.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Segnali deterministici: segnali a tempo continuo e a tempo discreto, caratterizzazione energetica dei segnali, serie e trasformata di Fourier, banda di un segnale. Classificazione dei sistemi: causalità, stabilità, linearità, tempo-invarianza. Sistemi lineari tempo-invarianti: filtraggio nel dominio del tempo e della frequenza, banda di un sistema, distorsione lineare e non lineare. Conversione analogico/digitale e digitale/analogica. Elementi di teoria della probabilità. Variabili aleatorie: caratterizzazione completa e sintetica di una variabile, di una coppia di variabili, di un vettore di variabili aleatorie. Variabili aleatorie notevoli.

MATERIALE DIDATTICO

Libri di testo:

E. Conte: *"Lezioni di Teoria dei Segnali"*, Liguori.

E. Conte, C. Galdi, *"Fenomeni Aleatori"*, Liguori.

G. Gelli: *"Probabilità e Informazione"*, www.docenti.unina.it.

G. Gelli, F. Verde: *"Segnali e sistemi"*, Liguori.

M. Luise, G.M. Vitetta: *"Teoria dei segnali"*, III edizione, 2009, McGraw-Hill.

Dispense:

L. Verdoliva: *"Appunti di Teoria dei Segnali"*, www.docenti.unina.it.

Approfondimenti:

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

La didattica è erogata per il 100% con lezioni frontali, che includono sia teoria che esercitazioni.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

i quesiti della prova scritta sono	A risposta multipla	
	A risposta libera	
	Esercizi numerici	X

TEORIA DEI SISTEMI

SSD IINF-04/A

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Analisi Matematica I, Geometria e Algebra, Fisica Generale I

EVENTUALI PREREQUISITI

Calcolo matriciale di base (operazioni elementari, calcolo di determinanti e di inverse). Conoscenza di base della teoria delle equazioni differenziali.

OBIETTIVI FORMATIVI

Fornire allo studente: le basi della modellistica matematica di sistemi naturali e/o artificiali a tempo continuo e discreto, le tecniche di analisi di sistemi descritti mediante modelli matematici ingresso-stato-uscita e ingresso-uscita, con particolare riferimento ai sistemi lineari e stazionari, le principali tecniche di analisi dei sistemi in retroazione. Introdurre lo studente all'uso dei principali software per l'analisi e la simulazione di sistemi.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Modulo di Teoria dei Sistemi I

Il percorso formativo intende fornire agli studenti gli strumenti metodologici per descrivere semplici sistemi ingegneristici mediante un adeguato modello matematico, ricavare i modelli per piccoli segnali di sistemi non lineari, e caratterizzare la risposta nel tempo e le principali proprietà strutturali dei sistemi lineari.

Modulo di Teoria dei Sistemi II

Il percorso formativo intende fornire agli studenti le principali tecniche di analisi dei sistemi dinamici lineari sia nel dominio complesso che nel dominio della frequenza. A questo scopo verranno introdotte la trasformata di Laplace, la trasformata Z e la trasformata di Fourier, ed il loro impiego per nell'analisi dei sistemi lineari e stazionari. Inoltre, verranno trattati i principali parametri che caratterizzano i sistemi lineari sia nel dominio del tempo che nel dominio della frequenza.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Modulo di Teoria dei Sistemi I

Alla fine del modulo, gli studenti saranno in grado di

- ottenere la rappresentazione ingresso-stato-uscita di un sistema dinamico;
- valutare nel dominio del tempo la risposta di sistemi lineari e stazionari a dimensione finita;
- riconoscere i modi di evoluzione naturale di un sistema lineare;
- studiare la stabilità dei punti di equilibrio di un sistema dinamico;
- caratterizzare i sottospazi di controllabilità e di osservabilità di un sistema lineare e ricavare le forme canoniche basate su tali sottospazi.
- usare l'ambiente Matlab/Simulink per valutare numericamente le proprietà strutturali e la risposta a segnali assegnati.

Modulo di Teoria dei Sistemi II

Alla fine del modulo, gli studenti saranno in grado di

- definire e valutare il dominio di esistenza della trasformata di Laplace e della trasformata Z di segnali tempo-continui e tempo-discreti;

- calcolare la trasformata di Laplace e la trasformata Z di segnali elementari;
- eseguire l'antitrasformata di Laplace e l'antitrasformata Z di funzionali razionali attraverso la decomposizione in fratti semplici;
- calcolare la funzione di trasferimento di sistemi lineari ed impiegarla per valutare la risposta del sistema ad ingressi canonici;
- analizzare schemi a blocchi con più sottosistemi, ricavandone un modello complessivo;
- Tracciare i diagrammi di Bode di un sistema e valutarne la banda passante;
- usare l'ambiente Matlab/Simulink per valutare numericamente le proprietà strutturali e la risposta a segnali assegnati.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Modulo di Teoria dei Sistemi I

- Richiami di algebra matriciale: operazioni elementari su matrici e vettori. Autovalori ed autovettori di una matrice. Spazi vettoriali. Spazi di Banach e spazi di Hilbert. Norme p di matrici e vettori.
- Sistemi dinamici: variabili di ingresso, stato ed uscita, rappresentazioni ingresso-stato-uscita e ingresso-uscita, classificazione dei sistemi dinamici.
- Elementi di modellistica, esempi di modelli matematici.
- Sistemi non lineari: punti di equilibrio di un sistema non lineare, linearizzazione intorno ad una traiettoria e ad un punto di equilibrio.
- Analisi di sistemi lineari e stazionari a tempo continuo e discreto: il principio di sovrapposizione degli effetti, risposta in evoluzione libera e risposta forzata. Calcolo della matrice di transizione attraverso la diagonalizzazione. I modi naturali.
- Tecniche di digitalizzazione di un sistema a tempo continuo. I sistemi a dati campionati: campionatore e filtro ZOH. Rappresentazione a dati campionati di un sistema lineare a dimensione finita.
- Stabilità dei punti di equilibrio: stabilità semplice e asintotica, instabilità. Esempi di analisi della stabilità dei punti di equilibrio di sistemi non lineari (pendolo, etc.). Cenni sulla Teoria di Lyapunov. Stabilità dei sistemi lineari, criterio di Routh, applicazione del criterio di Routh a sistemi tempo discreti. Stabilità ingresso-uscita dei sistemi lineari.
- Le proprietà strutturali: raggiungibilità, controllabilità ed osservabilità, forme canoniche di Kalman.
- L'ambiente Matlab/Simulink per la simulazione di sistemi dinamici e l'analisi delle proprietà strutturali.

Modulo di Teoria dei Sistemi II

- Definizione e proprietà della trasformata di Laplace di un segnale. Condizioni di esistenza della trasformata di Laplace e calcolo dell'ascissa di convergenza. L'antitrasformata di Laplace.
- Calcolo della trasformata di Laplace di segnali canonici. Uso di tabelle per calcolare l'antitrasformata di Laplace di una funzione analitica. Antitrasformata di Laplace per funzioni razionali.
- Definizione e proprietà della trasformata di Zeta di un segnale. Condizioni di esistenza della trasformata Zeta e calcolo del raggio di convergenza. L'antitrasformata Zeta.
- Calcolo della trasformata Zeta di segnali canonici. Uso di tabelle per calcolare l'antitrasformata Zeta di una funzione analitica. Antitrasformata Zeta per funzioni razionali.
- Analisi di sistemi lineari e stazionari a tempo-continuo con l'ausilio della trasformata di Laplace: matrice di trasferimento, risposta impulsiva e risposta al gradino, parametri caratteristici della risposta al gradino. I modi naturali visti attraverso la trasformata di Laplace.
- Analisi di sistemi lineari e stazionari a tempo-discreto con l'ausilio della trasformata Zeta: matrice di trasferimento, risposta impulsiva e risposta al gradino. I modi naturali visti attraverso la trasformata Zeta.

- Definizione e proprietà della serie e della trasformata di Fourier per diverse classi di segnali. L'antitrasformata di Fourier. Analisi dei sistemi lineari nel dominio della frequenza e matrice di risposta armonica.
- Tracciamento dei diagrammi di Bode di sistemi lineari. La banda passante di un sistema lineare, classificazione dei sistemi lineari dal punto di vista della banda passante.
- Decomposizione della risposta di un sistema lineare in risposta a regime e risposta transitoria. La risposta a regime per segnali polinomiali, sinusoidali e periodici.
- Sistemi interconnessi e schemi a blocchi: sistemi in serie, in parallelo ed in retroazione. Rappresentazione dei sistemi interconnessi. Cenni sulla stabilità dei sistemi interconnessi.
- Teoria della realizzazione per sistemi monovariabili, forma canonica di osservabilità e forma canonica di raggiungibilità.

MATERIALE DIDATTICO

S. Monaco, C. Califano, P. Di Giamberardino, M. Mattioni, Teoria dei Sistemi lineari stazionari a dimensione finita, Soc. Editrice Esculapio

P. Bolzern, R. Scattolini, N. Schiavoni, Fondamenti di Controlli Automatici, McGraw-Hill Companies

G. Celentano, L. Celentano, Fondamenti di Dinamica dei Sistemi, EdISES SRL

Altri Testi e/o appunti suggeriti dal docente.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Il docente utilizzerà: a) lezioni frontali per l'80% delle ore totali, b) esercitazioni in aula mediante l'utilizzo del tool MATLAB/SIMULINK (<https://www.mathworks.com/>) per circa il 20% delle ore totali.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	X
altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono	A risposta multipla	
	A risposta libera	X
	Esercizi numerici	X

La prova scritta è rivolta a verificare la capacità dello studente di calcolare la risposta di un sistema lineare a segnali assegnati, di tracciare i diagrammi di Bode, e di analizzare le proprietà di stabilità di sistemi interconnessi.

Il colloquio orale, che segue la prova scritta, consta di una discussione sugli argomenti teorici trattati nel corso e su semplici elaborati in Matlab/Simulink, al fine di accertare l'acquisizione dei concetti e dei contenuti trattati durante le lezioni.

Modalità di valutazione:

L'esito della prova scritta è vincolante ai fini dell'accesso alla prova orale. Il superamento della prova scritta non è sufficiente per il superamento dell'esame.