



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

Classe delle Lauree in Ingegneria dell'Informazione L-8

BSc AUTOMATION ENGINEERING

ANNO ACCADEMICO 2024/2025

Napoli, luglio 2024

# 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

Denominazione Insegnamento	SSD	Modulo	CFU	TAF	Propedeuticità
<b>I anno</b>					
<b>I semestre</b>					
Analisi matematica I	MAT/05	unico	9	A	
Fisica generale I	FIS/01	unico	6	A	
Fondamenti di informatica	ING-INF/05	unico	9	A	
<b>II semestre</b>					
Geometria e algebra	MAT/03	unico	6	A	
Analisi matematica II	MAT/05	unico	6	A	Analisi matematica I
Fisica generale II	FIS/01	unico	6	A	Fisica generale I
Calcolatori elettronici	ING-INF/05	unico	9	B	
Lingua inglese			3	E	
<b>II anno</b>					
<b>I semestre</b>					
Metodi matematici per l'ingegneria	MAT/05	unico	8	A	Analisi matematica II Geometria e algebra
Fondamenti di circuiti	ING-IND/31	unico	9	C	Analisi matematica I
Teoria dei segnali	ING-INF/03	unico	9	C	Analisi matematica I
<b>II semestre</b>					
Modellistica e simulazione	ING-INF/04	unico	9	B	Analisi matematica II Fisica generale II Fondamenti di informatica
Programmazione	ING-INF/05	unico	9	B	Fondamenti di informatica
Teoria dei sistemi	ING-INF/04	unico	9	B	Analisi matematica II Geometria e algebra Fisica generale II
Elettronica I	ING-INF/01	unico	9	B	Fisica generale II
<b>III Anno</b>					
<b>I semestre</b>					
Controlli automatici	ING-INF/04	unico	9	B	Metodi matematici per l'ingegneria Teoria dei sistemi
Macchine ed azionamenti elettrici	ING-IND/32	unico	9	B	Fondamenti di circuiti
Fondamenti di misure	ING-INF/07	unico	6	B	Fisica generale II Fondamenti di circuiti
Laboratorio di misure		unico	3	F	
<b>II semestre</b>					
Fondamenti di meccanica	ING-IND/13	unico	10	B	Fisica generale I
Tecnologie dell'automazione industriale	ING-INF/04	Tecnologie dei sistemi di automazione e controllo	8	B	
Tecnologie dell'automazione industriale	ING-IND/33	Sistemi elettrici industriali	4	C	Fondamenti di circuiti

III Anno					
II semestre					
A scelta dello studente (si veda tabella riportata sotto)		unico	6+6	D	
Prova finale			3	E	

III anno (a scelta autonoma per PdS di automatica approvazione)					
Denominazione Insegnamento	SSD	Codice	CFU	Sem.	CdS di riferimento
Chimica	CHIM/07	00194	6	II	Ing. Aerospaziale
Economia ed organizzazione aziendale	ING-IND/35	00105	6	I	Ing. Elettrica Magistrale
Fisica tecnica	ING-IND/10	00175	6	I	Ing. Civile
Elementi di Intelligenza artificiale	ING-INF/05	U4824	6	II	Ing. Informatica
Reti di calcolatori I	ING-INF/05	13946	6	II	Ing. delle Telecom. e Media Digitali

#### LEGENDA

#### 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

### **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 curricolare**

Il Corso di Studi non prevede un'attività di tirocinio curricolare 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](http://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](http://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](http://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](http://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](http://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](http://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.dieta.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](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

<http://www.scuolapsb.unina.it/index.php/laurea-ingegneria>

## Referenti del Corso di Studi

Coordinatore Didattico: Prof. Gianmaria De Tommasi;  
tel. 081/7683853; e-mail: [detommas@unina.it](mailto:detommas@unina.it)

Referente per il Programma ERASMUS: Prof. Pietro De Lellis ([pietro.delellis@unina.it](mailto:pietro.delellis@unina.it))

Responsabile per i Tirocini: Prof. Gianmaria De Tommasi ([detommas@unina.it](mailto:detommas@unina.it))

Referente per l'Orientamento: Prof. Luigi Villani ([luigi.villani@unina.it](mailto:luigi.villani@unina.it))

Segreteria Didattica dipartimentale: [uff.didattica.dieti@unina.it](mailto:uff.didattica.dieti@unina.it)

## Contatti e Strutture

Indicazione della Sede (georeferenziata, **clickare 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 MAT/05

### 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 MAT/05

### 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 (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 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

**(.5 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 assolutamente convergenti e totalmente convergenti; criteri di Cauchy per le serie; convergenza totale e convergenza uniforme. Teoremi di continuità della somma uniforme di una serie, di integrazione per serie e derivazione per serie. Serie di Taylor: sviluppabilità e sviluppi notevoli. Funzioni analitiche.

#### **(2 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 limitati; teorema di Bolzano-Weierstrass. Compattezza e caratterizzazione dei compatti. Convessità e connessione. 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. Teorema di Lagrange. 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. Estremi relativi di funzioni di tre variabili: condizioni sufficienti. Funzioni positivamente omogenee, teorema di Eulero. Funzioni implicite. Equivalenza locale di una curva piana con un grafico. Teorema del Dini per le equazioni del tipo  $f(x,y)=0$ . Massimi e minimi vincolati di funzioni di due variabili. Teorema sui moltiplicatori di Lagrange.

**(0.5 cfu) Curve.** 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.

**(.5 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.

**(.5 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 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. Lemma di Poincaré. Forme radiali. Forme omogenee. 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 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

# CALCOLATORI ELETTRONICI

## SSD ING-INF/05

### 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 la elaborazione delle informazioni (reti logiche combinatorie e sequenziali). Progettare macchine elementari fondamentali.

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

### 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 con particolare riferimento alle macchine elementari per applicazioni elementari e aritmetiche, alle macchine sequenziali (registri, contatori, flip flop). Deve inoltre dimostrare di conoscere le architetture dei calcolatori e dei relativi sottosistemi, incluso il funzionamento del processore, le modalità di comunicazione con la memoria, il dimensionamento delle memorie e il collegamento con i vari dispositivi di input e output.

#### Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare di essere in grado di progettare e sviluppare reti combinatorie elementari, reti combinatorie aritmetiche, resti sequenziali.

Deve inoltre essere in grado di sviluppare semplici programmi in linguaggio assembler per la gestione di strutture dati elementari (vettori, pile,...).

### PROGRAMMA-SYLLABUS

**Analisi e sintesi di reti combinatorie.** Minimizzazione di funzioni booleane completamente e incompletamente specificate. Mappe di Karnaugh. Metodo di Quine-McCluskey. Sintesi di reti combinatorie in logica NAND e NOR. Ritardi e problemi di alea nelle reti combinatorie.

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.** Modelli per la tempificazione e struttura delle reti sequenziali sincrone e asincrone. Flip-flop: generalità, Flip-flop RS a porte NOR. Flip-flop latch ed edge-triggered. Flip-flop D. Flip-flop a commutazione. Flip-flop T e JK. Registri. Caricamento seriale e parallelo. Registri a scorrimento.

**Metodologia di progetto delle reti sincrone.** Contatori sincroni e asincroni. Collegamento di contatori. Riconoscitori di sequenza. Bus e trasferimenti tra registri.

**Il calcolatore elettronico:** sottosistemi e architettura.

**Il processore.** Algoritmo del processore. Il ruolo dell'unità di controllo. Processori ad accumulatore e processori a registri generali. Tecniche di indirizzamento. Codifica delle istruzioni.

**La memoria centrale.** Interfacciamento processore-memoria. Organizzazione del sistema memoria.

Collegamento di moduli di memoria. Memorie RAM statiche e dinamiche. Sistemi di interconnessione e bus. Meccanismo delle interruzioni. Protezioni e controlli del processore. Gestione dell'I/O mediante polling e interruzioni. Il sottosistema di I/O.

**Linguaggio macchina e linguaggio assembler.** Corrispondenza tra linguaggi di alto livello e linguaggio macchina. Linguaggio assembler del processore Motorola 68000. Direttive di assemblaggio.

Allocazione in memoria dei programmi.

**Simulatore di processore MC68000.** Assemblaggio ed esecuzione di programmi in linguaggio assembler. Sottoprogrammi in linguaggio assembler. Tecniche di passaggio dei parametri a procedure in linguaggio macchina.

## MATERIALE DIDATTICO

Libri di testo, dispense integrative, strumenti software:

G. Conte, A. Mazzeo, N. Mazzocca, P. Prinetto. Architettura dei calcolatori. Citt 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

# CHIMICA

## SSD CHIM/07

### EVENTUALI PREREQUISITI

Lo studente che accede a questo insegnamento è in possesso di una buona preparazione nei fondamenti di matematica e fisica. Questi prerequisiti sono forniti dagli insegnamenti impartiti nella Scuola Media Superiore.

### OBIETTIVI FORMATIVI

Conoscenza critica dei fondamenti chimici e chimico - fisici necessari per interpretare il comportamento e le trasformazioni della materia in relazione alle principali tecnologie e problematiche di tipo ingegneristico: materiali, produzione e accumulo di energia, inquinamento.

Individuazione e comprensione delle analogie tra le differenti fenomenologie e l'interpretazione dei modelli termodinamici e meccanicistici.

### RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Al termine del Corso lo studente conosce la struttura dell'atomo, le proprietà degli elementi e la loro capacità di formare composti, le strutture molecolari, le reazioni chimiche, gli stati della materia, gli equilibri in soluzione, le proprietà acido-base delle molecole. Dispone quindi delle competenze necessarie per affrontare lo studio dei successivi argomenti del proprio Corso di Studi nei quali la conoscenza delle proprietà chimiche della materia sarà fondamentale.

#### Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente deve dimostrare di conoscere e saper comprendere le problematiche relative alle trasformazioni delle sostanze chimiche, la stechiometria, le reazioni ed equilibri che avvengono in sistemi acquosi. Lo studente deve essere in grado di illustrare esempi relativi alla trasformazione di sostanze chimiche ed all'instaurarsi di equilibri principalmente in soluzioni acquose.

#### Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente acquisirà le abilità di interpretare le proprietà, la stechiometria, e le trasformazioni delle specie chimiche. Lo studente, sulla base della comprensione della struttura degli atomi e delle diverse entità chimiche (molecole, composti ionici) e delle proprietà periodiche, sarà in grado di comprendere e risolvere problemi inseriti in contesti più ampi connessi al proprio campo di studio. Sarà capace di analizzare gli effetti degli equilibri acido-base su sistemi acquosi semplici per poi discriminare e risolvere problemi connessi a sistemi più complessi. La trattazione teorica di molti argomenti è seguita da calcoli stechiometrici che facilitano la comprensione e l'approfondimento dei fenomeni connessi a sistemi reali.)

### PROGRAMMA-SYLLABUS

Dalle leggi fondamentali della chimica all'ipotesi atomica. Peso atomico, peso molecolare e mole. Formule chimiche e composizione percentuale. L'equazione di reazione chimica bilanciata e calcoli stechiometrici. La Teoria Atomica. Nozioni preliminari: le onde e la luce. Esperienze di Thomson, Millikan e Rutherford. Atomo di Bohr. Funzioni d'onda e orbitali atomici. Evidenze del dualismo onda-particella. L'equazione di Schrödinger. Gli orbitali. Principio di Pauli e di Hund. Regola di Aufbau. La struttura elettronica degli atomi. La Tavola Periodica degli elementi. Il legame chimico. Il legame covalente. La valenza degli atomi. Geometria molecolare. Legami e molecole polari e apolari. Il legame ionico e metallico. La regola dell'ottetto. Formule di struttura di Lewis; risonanza e carica formale. Nomenclatura dei principali composti inorganici. Il legame a idrogeno, forze di Van der Waals ione-dipolo, dipolo-dipolo, ione-dipolo indotto, dipolo indotto-dipolo indotto.

Leggi dei gas ideali. Legge di Dalton delle pressioni parziali. La distribuzione di Maxwell-Boltzmann delle velocità e delle energie cinetiche delle molecole. Gas reali. Stato liquido. Stato solido. Solidi cristallini ed amorfi. Tipi di solidi: covalente, molecolare, ionico, metallico. Cenni di termodinamica chimica. I e II principio della Termodinamica - Criterio di spontaneità delle trasformazioni. Diagramma entalpia/temperatura delle sostanze

pure. Le transizioni di fase delle sostanze pure. Curva di raffreddamento di un liquido puro. La tensione di vapore. Diagramma di fase di una sostanza pura. Le soluzioni. La solubilità. Legge di Henry. Bilanci di materia nelle operazioni di mescolamento e diluizione delle soluzioni. Equilibri di fase in soluzione. Legge di Raoult. Crioscopia ed ebullioscopia. Misura della concentrazione di una soluzione: molarità, molalità, frazione molare, percento in peso. Proprietà colligative. Le reazioni chimiche. Termochimica. Equilibri chimici. La legge di azione di massa. Spostamento dell'equilibrio e principio di Le Chatelier. Acidi e Basi. Classificazione di acidi e basi: teoria di Arrhenius; teoria di Lowry–Bronsted; teoria di Lewis. Definizione del pH. Acidi e basi deboli. Calcolo del pH. Soluzioni elettrolitiche. Autoionizzazione dell'acqua. Soluzioni acide e basiche. Idrolisi. Neutralizzazione.

## MATERIALE DIDATTICO

Testi Consigliati

- P. Atkins, L. Jones, PRINCIPI DI CHIMICA, Ed. Zanichelli –Bologna
- M.S. Silbeberg, CHIMICA, Ed McGraw-Hill

Diapositive delle lezioni reperibili sul sito web 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 30% delle ore totali. Lo studente avrà a disposizione le slides delle lezioni e il materiale didattico fornito on line durante il corso e reperibile sul sito web del docente.

## 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

Modalità di svolgimento dell'esame: prova scritta vincolante per l'accesso alla prova orale. Lo svolgimento di ogni quesito è valutato da 0 a 10 punti sulla base dei seguenti indicatori: completezza e pertinenza. Materiale ammesso: calcolatrice e tavola periodica. Punteggio massimo raggiungibile con il test scritto: 30, punteggio minimo per superare l'esame: 18.

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. Tempo medio per la prova scritta: 120 minuti.

**Modalità di valutazione:**

Lo studente dovrà essere in grado di applicare le conoscenze acquisite al fine di risolvere autonomamente i problemi e comunicare con un linguaggio chimico adeguato e rigoroso i concetti appresi.

# CONTROLLI AUTOMATICI

## SSD ING-INF/04

### 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

# ELEMENTI DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE

## SSD ING-INF/05

### OBIETTIVI FORMATIVI

*Il corso ha l'obiettivo di fornire le metodologie e le tecniche di base per comprendere ed affrontare le problematiche proprie dell'Intelligenza Artificiale.*

*Gli studenti acquisiranno i fondamenti teorici relativi agli agenti intelligenti, la loro interazione con l'ambiente circostante; la risoluzione di problemi, le strategie di ricerca e la ricerca con avversari. Si apprenderanno i metodi e le tecniche di teoria dei giochi, le decisioni ottime, imperfette in tempo reale, i giochi che includono elementi casuali e lo stato dell'arte dei programmi di gioco.*

*Gli studenti acquisiranno i concetti fondamentali della logica del primo ordine, l'inferenza e la deduzione; padroneggeranno i metodi e le tecniche di programmazione logica e del linguaggio del paradigma logico ProLog; la conoscenza incerta e il ragionamento per stabilire come agire in condizioni di incertezza. Saranno introdotti ai concetti alla base del ragionamento probabilistico e dell'apprendimento automatico.*

### RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

#### Conoscenza e capacità di comprensione

*Il corso intende fornire agli studenti le conoscenze necessarie per comprendere e analizzare soluzioni di problemi basati su tecniche di Intelligenza Artificiale.*

*Saranno forniti gli strumenti per padroneggiare sia la teoria che le metodologie per la risoluzione di problemi e le strategie di ricerca di soluzioni, nonché elementi di programmazione logica. Saranno introdotte le conoscenze che sono alla base del ragionamento probabilistico e dell'apprendimento automatico.*

#### Capacità di applicare conoscenza e comprensione

*Il corso è orientato a trasmettere le capacità e gli strumenti metodologici e operativi necessari ad applicare le conoscenze di tecniche di Intelligenza Artificiale, nonché a favorire la capacità di utilizzare gli strumenti metodologici acquisiti per la realizzazione di soluzioni basate su tecniche di Intelligenza Artificiale. Le tecniche e i modelli proposti saranno applicati durante il corso a domini specialistici.*

### PROGRAMMA-SYLLABUS

#### Parte I: Introduzione all'Intelligenza Artificiale

*Agenti intelligenti: Agenti ed ambienti, il concetto di razionalità, la natura degli ambienti, la struttura degli agenti*

#### Parte II: Risoluzione di problemi

*Risolvere i problemi con la ricerca: Agenti risolutori di problemi, Problemi esemplificativi, Cercare soluzioni, Strategie di ricerca non informata, Ricerca in ampiezza, Ricerca a costo uniforme, Ricerca in profondità, Ricerca a profondità limitata, Ricerca ad approfondimento iterativo, Ricerca bidirezionale, Confronto tra le strategie di ricerca non informata, Evitare ripetizioni negli stati, Ricerca con informazione parziale.*

*Ricerca informata: Strategie di ricerca informata o euristica, Ricerca Best-first greedy o "golosa", Ricerca A\*, Ricerca euristica con memoria limitata, Algoritmi di ricerca locale e problemi di ottimizzazione, Ricerca hill-climbing, Simulated annealing, Ricerca local-beam, Algoritmi genetici.*

*Ricerca con avversari: Giochi, Decisioni ottime nei giochi, L'algoritmo minimax, Potatura alfa-beta, Decisioni imperfette in tempo reale, Giochi che includono elementi casuali, Lo stato dell'arte dei programmi di gioco.*

### Parte III: Conoscenza e ragionamento

*Agenti logici: Agenti basati sulla conoscenza, Il mondo del wumpus, Logica, Calcolo proposizionale, Schemi di ragionamenti nel calcolo proposizionale, Concatenazione in avanti e all'indietro.*

*Logica del primo ordine: Sintassi e semantica della logica del primo ordine, Usare la logica del primo ordine.*

*L' inferenza nella logica del primo ordine: Inferenza proposizionale e inferenza del primo ordine, Unificazione Concatenazione in avanti, Concatenazione all'indietro, Programmazione Logica, Prolog, Liste in Prolog, Operatori extra-logici: not, cut, fail*

### Parte IV: Conoscenza incerta e ragionamento

*Incertezza: Agire in condizioni di incertezza, Notazione base della teoria della probabilità, Inferenza basata su distribuzioni congiunte complete, Indipendenza, La regola di Bayes ed il suo utilizzo.*

*Ragionamento probabilistico: Rappresentazione della conoscenza in un dominio incerto, Semantica delle reti bayesiane Rappresentazione efficiente delle distribuzioni condizionate.*

### Parte V: Apprendimento

*Apprendimento dalle osservazioni: Forme di apprendimento. Apprendimento induttivo.*

*Reti Neurali: Definizione di rete neurale, Training e Learning, Modalità di addestramento, Leggi di apprendimento.*

*Il perceptrone di Rosenblatt, Il perceptrone multilivello, Il teorema di Kolmogorov, Rete Learning Vector Quantization (LVQ)*

*Mappe Auto Organizzanti di Kohonen (SOM).*

## MATERIALE DIDATTICO

*Libri di testo consigliati:*

*S.J.Russell, P. Norvig, Intelligenza artificiale. Un approccio moderno, volumi 1 (3/ed, 2010) e 2 (2/ed, 2005), Pearson Education Italia.*

*Altro materiale didattico:*

*Materiale prodotto e fornito dai Docenti*

## MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

*L'insegnamento si svolgerà con lezioni frontali (70% delle ore totali) ed esercitazioni di laboratorio (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	

L'elaborato Progettuale sarà proposto al centro del corso.

**Modalità di valutazione:**

La prova di esame avrà lo scopo di accertare il raggiungimento degli obiettivi formativi previsti per l'insegnamento, è articolata in una prova scritta ed una prova orale incentrata sugli argomenti del corso.

# ELETTRONICA I

## SSD ING-INF/01

### 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 (DESCRITTORI 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 possedga 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.

# 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 (DESCRITTORI 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 viscosità). 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 (DESCRITTORI 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.

# FISICA TECNICA

## SSD ING-IND/10

### EVENTUALI PREREQUISITI

Nessuno.

### OBIETTIVI FORMATIVI

Il modulo fornisce le conoscenze fondamentali della Termodinamica Applicata e della Trasmissione del Calore necessarie a risolvere problemi ingegneristici relativi alla conversione energetica, agli scambi di calore e lavoro in contesti industriali e civili. Al termine della fase di apprendimento l'allievo sarà capace di effettuare l'analisi di sistemi e di processi in cui vi siano trasformazioni energetiche e/o trasferimenti di energia.

### RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

#### Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente dovrà essere in grado di saper riconoscere e comprendere le differenze tra fenomeni termodinamici differenti, di descrivere le trasformazioni di un sistema termodinamico e di individuare le leggi fondamentali della termodinamica e della trasmissione del calore, al fine di affrontare semplici problemi ingegneristici inerenti ai principi di funzionamento delle macchine termiche, all'analisi dei cicli termodinamici, ai meccanismi di scambio termico e alle relative applicazioni.

#### Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Alla fine del corso, lo studente dovrà dimostrare di aver acquisito gli strumenti di valutazione qualitativa e quantitativa al fine di individuare ed utilizzare le procedure e i metodi di calcolo da applicare per la risoluzione di problemi semplici di analisi termodinamica dei sistemi energetici, di trasmissione del calore per conduzione, convezione ed irraggiamento nonché di saper affrontare problemi ingegneristici di base, sviluppando capacità critiche necessarie alla risoluzione di casi affini.

### PROGRAMMA-SYLLABUS

#### **PRIMA PARTE: TERMODINAMICA** [4 CFU]

##### **CONCETTI E DEFINIZIONI DI BASE**

Introduzione al corso. Sistema internazionale di misura. Esercitazione su cifre significative e analisi dimensionale. Sistema ed ambiente. Proprietà, stato ed equazione di stato. Sostanza pura, fase, sistema semplice comprimibile. Termodinamica classica e del continuo, equilibrio locale. Processo e trasformazione quasi statica. Energia, calore, lavoro, temperatura.

##### **TERMODINAMICA DEGLI STATI**

Introduzione. Entropia ed equazioni di Gibbs. Entalpia. Calori specifici. Termodinamica degli stati. Superficie caratteristica. Piani termodinamici: pressione-entropia, pressione-volume specifico, temperatura-entropia, entalpia-entropia, pressione-entropia. Modelli: Liquido incomprimibile, vapore saturo, vapore surriscaldato, gas ideale. Esercitazioni. Piano p,h per l'R134a. Diagramma di Mollier. Tabelle di saturazione dell'acqua e dell'R134a. Applicazioni ed esercizi.

##### **EQUAZIONI DI BILANCIO PER LA MASSA; L'ENERGIA E L'ENTROPIA**

*Equazione di bilancio di una proprietà estensiva. Bilancio di massa per un sistema chiuso ed un sistema aperto.*

*Portata massica e volumetrica. Regime stazionario. Flusso monodimensionale. Bilancio di energia: generalità. Bilancio di energia per un sistema aperto. Bilancio di energia per un sistema chiuso. Bilancio di entropia per un sistema aperto. Bilancio di entropia per un sistema chiuso. Diseguaglianza ed eguaglianza di Clausius. Verso delle trasformazioni e qualità dell'energia.*

#### **CONSEGUENZE DELLA PRIMA E DELLA SECONDA LEGGE**

*Sistemi chiusi: lavoro di variazione di volume. Sistemi aperti: equazioni dell'energia meccanica. Rappresentazione del lavoro reversibile e del calore nei piani termodinamici  $p,v$  e  $T,s$ . Equazioni dell'adiabatica internamente reversibile. Equazione di Bernoulli. Rappresentazione del lavoro reversibile nel piano termodinamico  $p,v$ . Applicazioni ed esercizi: bilanci per sistemi chiusi.*

*Irreversibilità termica. Problematiche relative alla conversione dell'energia. Macchina termica, rendimento termodinamico, rendimento di seconda legge. Macchina di Carnot, ciclo di Carnot diretto. Ciclo di Carnot inverso, macchina di Carnot inversa. Macchina frigorifera e pompa di calore. Coefficiente di prestazione di prima e seconda legge. Esercitazione sulla termodinamica degli stati ed i bilanci di massa, energia ed entropia per sistemi chiusi e aperti.*

#### **COMPONENTI DI SISTEMI APERTI E CICLI TERMODINAMICI**

*Introduzione. Sistemi aperti: componenti di sistemi termodinamici. Macchine per il trasferimento del lavoro d'elica: turbine a vapore, turbine a gas. Pompe. Compressori. Scambiatori di calore a miscela e a superficie. Condotta. Valvola di laminazione. Applicazioni ed esercizi.*

### **SECONDA PARTE - TRASMISSIONE DEL CALORE [2 CFU]**

*Introduzione alla trasmissione del calore. Regime stazionario. Flusso termico monodimensionale. Legge di Ohm.*

*Meccanismi combinati di trasmissione del calore.*

#### **IRRAGGIAMENTO**

*Introduzione. Onde elettromagnetiche. Parametri che caratterizzano l'irraggiamento. Corpi opachi, gas e corpo nero. Leggi fondamentali del corpo nero. Superfici reali. Corpi grigi e grigi a bande. Effetto serra. Scambio termico radiativo tra una superficie e l'ambiente. Fattori di vista. Scambio termico radiativo in cavità: superfici nere, superfici grigie. Casi particolari. Esercitazione sull'irraggiamento. Schermi radiativi.*

#### **CONDUZIONE**

*Introduzione. Legge di Fourier. Lastra piana senza generazione. Resistenza termica. Conducibilità termica. Profilo di temperatura. Pareti composte da più materiali (serie e parallelo). Trasmittanza termica. Cilindro senza generazione. Profilo di temperatura. Cilindri multistrato. Raggio critico d'isolamento. Equazione differenziale della conduzione del calore.*

#### **CONVEZIONE**

*Introduzione. Convezione naturale e forzata. Strato limite di velocità e termico. Regime laminare e turbolento. Legge di Newton. Numeri adimensionali e correlazioni sperimentali per la convezione naturale e forzata. Esercitazione sui meccanismi combinati.*

### **MATERIALE DIDATTICO**

#### **Appunti del docente (disponibili sul sito docenti)**

Testi:

- Cesarano A., Mazzei P. - Elementi di termodinamica applicata - Liguori, Napoli 1989
- Mastrullo R., Mazzei P., Vanoli R. - Termodinamica per ingegneri - Applicazioni - Liguori, Napoli 1996

### **MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO-MODULO**

L'attività didattica prevede lezioni teoriche frontali, per circa il 65 % delle ore totali, ed esercitazioni numeriche per circa il 35 % 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

### Modalità di valutazione

Il voto è formulato in base all'esito della prova scritta e dell'adeguatezza delle risposte fornite dallo studente durante il colloquio. Nella valutazione finale dello studente la prova scritta e il colloquio pesano in maniera paritaria.

# FONDAMENTI DI CIRCUITI

## SSD ING-IND/31

### 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. {Le leggi dell'elettromagnetismo nella materia in forma integrale}. 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; {correnti di maglia}. 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 Thévenin-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} circuiti mutuamente accoppiati (trasformatore), relazioni caratteristiche, accoppiamento perfetto, circuiti equivalenti. {Collegamento di doppi bipoli in serie parallelo e cascata}. Sintesi di doppi bipoli: configurazioni a T e  $\pi$ .

## 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. {Sistemi trifase spostamento del centro stella e formula di Millmann, misura della potenza e inserzione di Aron.}

## 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. {Risposta all'impulso e integrale di convoluzione, impedenze operatoriali, funzione di rete ed analisi nel dominio di Laplace. Cenni alla simulazione circuitale ed all'uso di SPICE.}

N.B. La scelta tra gli argomenti riportati tra {parentesi graffe} può variare in base alle scelte dei docenti di ciascun canale.

## 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

# FONDAMENTI DI INFORMATICA

## SSD ING-INF/05

### 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

Il concetto di elaborazione e di algoritmo. I modelli in Informatica. Automi a stati finiti: definizione, grafo e tabella. Macchina di Turing. Calcolabilità.

Algebra di Boole: definizioni e teorema di De Morgan. Funzioni booleane. L'algebra della logica delle proposizioni.

La codifica e la rappresentazione dell'informazione. Rappresentazione dei numeri naturali, relativi, reali.

Fondamenti di architettura dei sistemi di elaborazione: il modello di Von Neumann, funzionamento del processore. Le memorie, l'Input/Output.

Il sistema operativo. Il ciclo di vita di un programma. Traduttori ed interpreti. I linguaggi di programmazione: grammatiche; la Backus-Naur Form.

Fondamenti di programmazione: tipi di dato semplici strutturati; istruzioni elementari e strutture di controllo.

La programmazione strutturata. Array. I sottoprogrammi e le librerie standard.

Allocazione dinamica e puntatori. Algoritmi su sequenze e array. Strutture e stringhe. Operazioni di Input/Output verso le memorie di massa.

I tipi di dato astratto: liste, pile, code. Algoritmi di ricerca ed ordinamento.

Il linguaggio C++. Impiego di un ambiente di sviluppo dei programmi con esempi di algoritmi fondamentali e di gestione di tipi di dato astratto. Elementi di programmazione ad oggetti.

### MATERIALE DIDATTICO

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

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](http://www.federica.eu))

## MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

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	X

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

L'esame consiste in una prova di programmazione al calcolatore e una prova orale.

### Modalità di valutazione:

+

L'esito della prova di programmazione è vincolante ai fini dell'accesso alla prova orale.

# FONDAMENTI DI MECCANICA

## SSD ING-IND/13

### 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.

Tali argomenti vengono ripresi ed ampliati nel corso di "Meccanica avanzata" della laurea magistrale.

### RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI 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:

- a) 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.
- b) 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 viscoso, 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.

**Studio dei meccanismi** – cinematica del quadrilatero articolato, manovellismo, glifo, manipolatore a due bracci; cenni sui meccanismi a camma; statica dei meccanismi.

**Dinamica** – Scrittura delle equazioni del moto con il principio di d'Alembert, il principio dei lavori virtuali e con l'equazione di Lagrange. Masse equivalenti di un corpo rigido. Sistemi ridotti. Studio dinamico di sistemi articolati e di meccanismi a camma.

**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. Harmonic Drive.

## MATERIALE DIDATTICO

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

L. Della Pietra - Lezioni di meccanica applicata alle macchine – Edises

Appunti delle lezioni

## MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

I docenti utilizzeranno: 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	

### Modalità di valutazione:

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

# FONDAMENTI DI MISURE

## SSD ING-INF/07

### 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 (DESCRITTORI 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.

G. Zingales, Misure elettriche. Metodi e strumenti, Utet Università, 1992.

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

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 10% delle ore totali
- c) laboratorio per approfondire le conoscenze applicate per circa il 20% delle ore totali.

**VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE**

**a) 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

# 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 (DESCRITTORI 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 ED AZIONAMENTI ELETTRICI

## SSD ING-IND/32

### INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Fondamenti di circuiti

### EVENTUALI PREREQUISITI

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 approccio 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,...).

### OBIETTIVI FORMATIVI

L'obiettivo del corso è 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).

### RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

#### Conoscenza e capacità di comprensione

L'insegnamento 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.

#### Capacità di applicare conoscenza e comprensione

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.

### PROGRAMMA-SYLLABUS

- Introduzione alle macchine elettriche
  - Componenti delle macchine elettriche
  - Circuiti magnetici elementari
- Macchine elettriche: il trasformatore
  - Modello matematico
  - Caratteristiche del trasformatore monofase
    - Dati di targa
    - Caduta di tensione
    - Rendimento

- Collegamento in parallelo di due trasformatori monofase
- Il trasformatore trifase
  - Collegamento degli avvolgimenti
  - Gruppo di un trasformatore trifase
  - Spostamento del centro stella nei trasformatori trifase
- Macchine elettriche: la macchina asincrona
  - Struttura di una macchina elettrica rotante a flusso radiale
  - Campo magnetico al traferro sostenuto da un avvolgimento trifase simmetrico
    - Distribuzione di forza magnetomotrice al traferro
    - Distribuzione di caduta di forza magnetomotrice al traferro
    - Distribuzione del campo magnetico al traferro
  - Campo magnetico al traferro sostenuto dalle correnti di statore e di rotore
  - Flussi concatenati con gli avvolgimenti
  - Modello matematico
  - Espressione del momento della coppia elettromagnetica
  - Caratteristica coppia/velocità a regime
  - Regolazione di velocità a regime quasi-stazionario
- Macchine elettriche: la macchina sincrona
  - Struttura di una macchina sincrona a poli salienti
  - Campo magnetico al traferro sostenuto dall'avvolgimento di eccitazione
    - Distribuzione di forza magnetomotrice al traferro
    - Distribuzione di caduta di forza magnetomotrice al traferro
    - Funzione permeanza al traferro
    - Distribuzione del campo magnetico al traferro
  - Campo magnetico al traferro risultante
  - Flussi concatenati con gli avvolgimenti di statore
  - Modello matematico
  - Espressione del momento della coppia elettromagnetica
    - Coppia di interazione
    - Coppia di riluttanza
    - Definizione dell'angolo di carico a regime quasi-stazionario
    - Stabilità della macchina sincrona
  - Regolazione di velocità a regime quasi-stazionario
  - Macchine sincrone brushless a magneti permanenti
- Macchine elettriche: la macchina a corrente continua
  - Derivazione della macchina a corrente continua dal sincrono a poli salienti
  - Modello matematico
  - Regolazione di velocità a regime quasi-stazionario
  - Il collettore elettromeccanico
- I convertitori elettronici di potenza
  - Il tempo di modulazione nei convertitori
  - Schematizzazione dei dispositivi a semiconduttore nei convertitori
  - Convertitori AC/DC
    - Il raddrizzatore monofase a semplice semionda
    - Il raddrizzatore monofase a ponte non controllato, total-controllato e semi-controllato
    - Il raddrizzatore trifase a ponte non controllato, total-controllato e semi-controllato
    - La conduzione discontinua nei convertitori AC/DC
  - Convertitori DC/DC
    - Il chopper step-down un quadrante, due quadranti e quattro quadranti
    - La conduzione discontinua nei convertitori DC/DC
  - Convertitori DC/AC
    - L'inverter trifase a tensione impressa

- Modulazione con approccio carrier-based

### MATERIALE DIDATTICO

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

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

### MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Il docente utilizzerà: a) lezioni frontali per circa il 90% delle ore totali, b) esercitazioni in laboratorio 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 è rivolta a verificare la capacità dello studente di applicare le conoscenze acquisite al fine di risolvere semplici problemi attinenti ai diversi aspetti della regolazione degli azionamenti elettrici sia per quanto concerne la macchina elettrica (legge di regolazione) sia per quanto concerne il convertitore (legge di modulazione).

#### Modalità di valutazione:

L'esito della prova scritta non è vincolante ai fini dell'accesso alla prova orale. Le prova scritta contribuisce per il 20% alla valutazione finale.

# METODI MATEMATICI PER L'INGEGNERIA

## SSD MAT/05

### 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.

**(1 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. La trasformata di Fourier e l'equazione del calore.

**(1.5 cfu) Distribuzioni.** Funzionali lineari. Limiti nel senso delle distribuzioni. Derivata nel senso delle distribuzioni. Regole di derivazione. Esempi notevoli:  $\delta$  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  $\delta$  di Dirac, del treno di impulsi. Trasformata di Fourier di segnali periodici.

**(0.5 cfu) Problemi ai limiti** Equazioni autoaggiunte. La funzione di Green, il teorema dell'alternativa. Il problema di Sturm-Liouville, ortogonalità autofunzioni.

**(0.5 cfu) Equazioni differenziali alle derivate parziali** Generalità. Equazioni di Laplace e Poisson, funzioni armoniche, problemi di Dirichlet e Neumann. Risoluzione del problema di Dirichlet per l'equazione di Laplace in un cerchio. Equazione del calore, problema di Cauchy nel semipiano. Equazione delle onde, problema di Cauchy nel semipiano, problema misto nella semistriscia.

*Descrivere il programma per singoli argomenti e, ove possibile, ripartire tra i diversi argomenti il numero di CFU della prova finale.*

*Nel caso di insegnamenti integrati, specificare l'articolazione del Programma nei moduli costituenti.*

## **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

# MODELLISTICA E SIMULAZIONE

## SSD ING-INF/04

### 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 implicite ed esplicite
  - 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.
  
  - o 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

## SSD ING-INF/05

### INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

Fondamenti di Informatica

### 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 procedurale e di programmazione orientata agli oggetti necessarie al corretto sviluppo di progetti software di piccole e medie dimensioni.

### 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 della 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 secondo i paradigmi di programmazione procedurale e orientata agli oggetti.

#### 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 (C++) e il linguaggio UML. In particolare deve saper riconoscere e realizzare le relazioni tra classi ed oggetti nel dominio e nel contesto proposto e sapere implementare le strutture dati di base (lista, pila, coda).

### PROGRAMMA-SYLLABUS

- *Aspetti avanzati di programmazione procedurale*: Ricorsione; Allocazione dinamica della memoria; Gestione delle eccezioni; Sovraccarico delle funzioni; Funzioni inline.
- *Programmazione modulare*: astrazione sui dati e sul controllo, il concetto di modulo, relazioni tra moduli, accoppiamento, information hiding, tecniche e strumenti per la modularizzazione, compilazione separata, l'utility make.
- *Strutture dati, Tipi di dato astratto*: Liste, Pile, Code, Algoritmi di ricerca e ordinamento; ADT: Tipi di dato astratto.
- *Programmazione orientata agli oggetti*: Il paradigma OO; Classi e Oggetti; Ereditarietà; Polimorfismo.
- *La programmazione orientata agli oggetti e la programmazione generica in C++*: Classi, oggetti, costruttori e distruttori; Operatori e sovraccarico degli operatori; Conversioni di Tipo; Ereditarietà ed ereditarietà multipla; La gerarchia per le operazioni di I/O e uso delle librerie standard; Polimorfismo, classi Astratte; altri meccanismi di incapsulamento (namespace).
- *Programmazione generica*: Template, funzioni e classi modello, presentazione della Standard Template Library
- *Progettazione e linguaggio UML*: Progettazione del software (cenni); Fasi della Progettazione Orientata agli Oggetti; Il linguaggio UML nella progettazione O.O.; da UML a C++.

### MATERIALE DIDATTICO

Libro di testo, materiale esercitativo, trasparenze dalle lezioni.

PER ULTERIORI INFORMAZIONI SI VEDA SITO WEB DEL DOCENTE DELLA MATERIA ([www.docenti.unina.it](http://www.docenti.unina.it))

## MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni frontali (50%), esercitazioni (25%) e attività di laboratorio (25%).

## 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 di programmazione	X

### Modalità di valutazione:

L'esito della prova scritta è vincolante ai fini dell'accesso alla prova orale. Il voto finale è la media tra il voto della prova scritta e quello della prova orale.

# RETI DI CALCOLATORI I

## SSD ING-INF/05

### OBIETTIVI FORMATIVI

Scopo del corso è fornire le prime nozioni teoriche e le necessarie competenze operative sulle reti di calcolatori ed in generale sulle reti di comunicazione a commutazione di pacchetto. Il corso si sviluppa seguendo un approccio top-down, favorendo quindi una visione in primo luogo applicativa delle moderne tecnologie telematiche, per arrivare poi alla presentazione delle tecnologie software e hardware alla base della realizzazione degli impianti telematici. Gli obiettivi formativi principali sono: la conoscenza delle esigenze di comunicazione nelle moderne applicazioni informatiche e telematiche; le caratteristiche delle tecnologie di comunicazione a commutazione di pacchetto; i modelli di base per la progettazione di una rete di calcolatori; le caratteristiche base dell'architettura TCP/IP e di Internet; le principali tecnologie ad oggi in uso nelle reti locali sia cablate che wireless; le competenze base per la programmazione distribuita basata sul modello client/server; una adeguata operatività nella configurazione base di semplici sistemi di rete basati sulla architettura TCP/IP; la capacità di utilizzare semplici strumenti per il monitoraggio, la gestione e la configurazione di reti di calcolatori.

### RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

*Descrivono quanto uno studente, in possesso di adeguata formazione iniziale, dovrebbe conoscere, comprendere ed essere in grado di fare al termine di un processo di apprendimento (conoscenze ed abilità). In particolare, i primi due descrittori ("Conoscenza e comprensione" e "Capacità di applicare conoscenza e comprensione") si riferiscono a conoscenze e competenze prettamente disciplinari e devono essere usati per indicare le conoscenze e competenze disciplinari specifiche del corso di studi che ogni studente del corso deve possedere nel momento in cui consegue il titolo.*

*Quanto declinato in questi campi è importante che sia coerente con quanto indicato nei quadri di sintesi presenti in Ordinamento.*

#### Conoscenza e capacità di comprensione

*Si riferisce alle conoscenze disciplinari e descrive come e a quale livello lo studente debba essere in grado di rielaborare in maniera personale quanto appreso per trasformare le nozioni in riflessioni più complesse e in parte originali.*

Lo studente deve dimostrare di conoscere i concetti fondamentali che ispirano il progetto dei vari livelli di un sistema di rete. In particolare, lo studente deve dimostrare comprensione e capacità di descrizione dei protocolli di comunicazione trattati nel corso e capacità di comprendere vantaggi, limiti e trade-off delle tecnologie e dei protocolli studiati.

#### Capacità di applicare conoscenza e comprensione

*Si riferisce alle competenze (il "saper fare") disciplinari che lo studente deve acquisire e descrive come e a quale livello lo studente debba essere in grado di applicare in pratica il sapere acquisito per la risoluzione di problemi anche in ambiti diversi da quelli tradizionali.*

Lo studente deve dimostrare di saper applicare le tecniche e le conoscenze apprese per la soluzione di semplici problemi di configurazione di rete, analisi di protocolli e di tracce di traffico di rete. Lo studente, inoltre, deve dimostrare di aver acquisito la capacità di utilizzare semplici strumenti software per la analisi delle reti e per la simulazione di sistemi di rete.

### PROGRAMMA-SYLLABUS

*Descrivere il programma per singoli argomenti e, ove possibile, ripartire tra i diversi argomenti il numero di CFU della prova finale.*

***Nel caso di insegnamenti integrati, specificare l'articolazione del Programma nei moduli costituenti.***

Parte I – Concetti generali.

Reti di calcolatori e servizi di rete. Architetture a strati delle reti di calcolatori. Il modello ISO/OSI. Le reti a commutazione di pacchetto. Protocolli di comunicazione. Qualità del Servizio nelle reti a commutazione di pacchetto. Reti a datagrammi e reti a circuiti virtuali. Lo stack protocollare TCP/IP e l'IETF.

Parte II - Lo strato applicazione.

Caratteristiche dei protocolli applicativi. Il paradigma client/server. Protocolli HTTP, FTP, SMTP. Il sistema DNS. Il paradigma peer-to-peer. Sviluppo di software distribuito e la socket API e suo utilizzo nei linguaggi C e Python.

Parte III - Lo strato trasporto.

Tecniche per la trasmissione affidabile end-to-end. Go-back-N e Selective Repeat. Tecniche end-to-end per controllo di errore, di flusso e di congestione. I protocolli TCP, UDP ed RTP. Controllo di congestione in TCP. Fairness. Checksum.

Parte IV - Lo strato rete.

Il protocollo IP. Gestione dell'Indirizzamento in reti IP. Subnetting. NAT. Il protocollo IPv6. Routing unicast e multicast in ambiente intra-domain. Routing distance-vector e link-state. I protocolli RIP ed OSPF. Routing gerarchico in Internet. Autonomous System. Cenni al routing inter-domain. Internet Exchange Points. Relazioni tra Autonomous Systems.

Parte V - Reti LAN.

Tecniche di accesso a mezzo condiviso in ambito LAN. Aloha. CSMA/CD. La tecnologia Ethernet e sua evoluzione.

Interconnessione di LAN: bridging e switching. VLAN. Sistemi di cablaggio strutturato. Collegamento di LAN in rete geografica: tecnologie di accesso. Gestione di Reti Locali: indirizzamento, servizi NAT e DHCP, servizi VLAN. Reti wireless LAN e PAN: tecnologie 802.11 e Bluetooth.

Configurazione di una rete TCP/IP. Uso di un simulatore/emulatore di rete. Il monitoring della rete. Strumenti software per l'analisi delle reti. Analisi di tracce di traffico di rete.

## MATERIALE DIDATTICO

Indicare i libri di testo consigliati o altro materiale didattico utile.

- J. Kurose, K. Ross - Reti di calcolatori e Internet. Un approccio top-down. (7a ed.) - Pearson 2017
- Lucidi delle lezioni

## MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

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.).

Il corso consiste di: a) lezioni frontali per circa l'80% delle ore totali; b) esercitazioni pratiche per il rimanente 20%.

## 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	
	Esercizi numerici	

L'esame consiste di una prova scritta ed una prova orale.

**Modalità di valutazione:**

L'esito della prova scritta è vincolante ai fini dell'accesso alla prova orale.

# TECNOLOGIE DELL'AUTOMAZIONE INDUSTRIALE

## SSD ING-INF/04 - ING-IND/33

### 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; 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 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.

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.

È prevista anche sperimentazione su prototipi di processi industriali riprodotti in laboratorio.

#### RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

##### Conoscenza e capacità di comprensione

Nel settore dell'Automazione e Controllo, 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 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 e della continuità della fornitura. 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 dell'Automazione e Controllo, 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 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 Tecnologie dei sistemi di automazione e controllo**

- 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 Sensori e Attuatori
  - 3.1 Caratteristiche di un sensore
  - 3.2 Sensori di moto
  - 3.3 Sensori di temperatura
  - 3.4 Sensori di pressione
  - 3.5 Sensori di forza
  - 3.6 Cenni sugli attuatori idraulici
  - 3.7 Cenni sui motori elettrici
- 4 Condizionamento e conversione dei segnali
  - 4.1 Richiami sugli amplificatori operazionali
  - 4.2 Amplificatore da strumentazione
  - 4.3 Convertitori F/V
  - 4.4 Convertitori A/D e D/A
- 5 Regolatori Proporzionali-Integrali-Derivativi (PID) industriali
  - 5.1 Leggi di controllo
  - 5.2 Taratura manuale e automatica
  - 5.3 Problemi implementativi (wind-up, commutazione manuale/automatico e automatico/manuale)
  - 5.4 Realizzazione digitale
  - 5.5 Taratura automatica di un PID
- 6 Programmazione dei dispositivi di controllo - Lo standard IEC 61131-3
  - 6.1 Il controllore a logica programmabile (PLC)
  - 6.2 Variabili e tipi di variabili
  - 6.3 Linguaggi di programmazione (Structured Text, Ladder Diagram, Functional Block Diagram, Instruction List)
  - 6.4 Unità di organizzazione della programmazione (Program organization units - POUs)
  - 6.5 Diagramma funzionale sequenziale (Sequential functional chart - SFC)
  - 6.6 Macroazioni
  - 6.7 Traduzione degli SFC
- 7 Sistemi di supervisione controllo e acquisizione dati – SCADA
- 8 Ciclo di sviluppo dei sistemi di automazione

## Modulo di Sistemi elettrici industriali

- 1 Il Sistema Elettrico Nazionale
  - 1.1 Blocchi funzionali di produzione, trasmissione e distribuzione
  - 1.2 Mercato dell'energia
- 2 I Sistemi Elettrici Industriali
  - 2.1 Definizioni di base e Classificazioni
  - 2.2 Normativa CEI
  - 2.3 Schemi elettrici
  - 2.4 Condotture elettriche
  - 2.5 Apparecchi di manovra
  - 2.6 Cabine elettriche
- 3 Elementi di progettazione elettrica
  - 3.1 Dimensionamento termico ed elettrico delle condutture
  - 3.2 Criteri di coordinamento conduttura – sistema di protezione
  - 3.3 Selettività tra sistemi di protezione in serie
- 4 Sicurezza Elettrica
  - 4.1 Contatti diretti ed indiretti
  - 4.2 Curva di sicurezza in bassa tensione
  - 4.3 La protezione dai contatti indiretti nei sistemi TT, TN e IT

## MATERIALE DIDATTICO

### Modulo di Tecnologie dei sistemi di automazione e controllo

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 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.  
Appunti alle lezioni

## MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

### Modulo di Tecnologie dei sistemi di automazione e controllo

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 Sistemi elettrici industriali

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	X
	Esercizi numerici	

Il modulo di Tecnologie dei Sistemi di Automazione e Controllo 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.

Il modulo di Sistemi Elettrici Industriali 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 introdotti durante le lezioni.

**Modalità di valutazione:**

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

- Modulo di Tecnologie dei sistemi di automazione e controllo, 8 CFU, 67%
- Modulo di Sistemi elettrici industriali, 4 CFU, 33%

L'esito della prova scritta del modulo di Tecnologie dei sistemi di automazione e controllo è vincolante ai fini dell'accesso alla relativa prova orale. Le prove scritte 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.

# 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](http://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](http://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 ING-INF/04

### **INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)**

**Analisi Matematica II, Geometria e Algebra, Fisica Generale II**

### **EVENTUALI PREREQUISITI**

Conoscenze di base sulle trasformate di Laplace, Zeta e di Fourier.

### **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**

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. A questo scopo, lo studente sarà introdotto alle principali tecniche di analisi dei sistemi dinamici, sia nel dominio del tempo, che nel dominio complesso. Inoltre, verrà trattata l'analisi dei sistemi nel dominio della frequenza presentando i principali parametri che, in questo contesto, caratterizzano i sistemi lineari.

#### **Capacità di applicare conoscenza e comprensione**

Al termine del corso, gli studenti saranno in grado di analizzare schemi a blocchi, ricavandone un modello complessivo, e di valutare la risposta di tale modello a segnali assegnati. Inoltre, lo studente sarà in grado di analizzare le proprietà strutturali di tale modello con particolare riferimento alla stabilità. Sarà, inoltre, in grado di usare il software Matlab/Simulink per l'analisi e la simulazione di sistemi.

### **PROGRAMMA-SYLLABUS**

- 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 di stato 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.
- Analisi di sistemi lineari e stazionari a tempo continuo con l'ausilio della trasformata di Laplace: funzione di trasferimento, risposta impulsiva e risposta al gradino, parametri caratteristici della risposta al gradino, risposta a segnali polinomiali e sinusoidali, risposta a regime e transitoria.
- Analisi di sistemi lineari e stazionari a tempo discreto con l'ausilio della trasformata Zeta: funzione di trasferimento, risposta impulsiva e risposta al gradino, risposta a regime e transitoria.

- 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.
- 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.
- 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.
- Serie e trasformata di Fourier. Risposta in frequenza di un sistema lineare e stazionario.
- Tracciamento dei diagrammi di Bode.
- Azione filtrante dei sistemi dinamici: filtri passa-basso, passa-alto, passa-banda, a spillo.
- Analisi della stabilità dei sistemi a ciclo chiuso: tracciamento dei diagrammi di Nyquist, il criterio di Nyquist. Margini di stabilità.
- Le proprietà strutturali: raggiungibilità, controllabilità ed osservabilità, forme canoniche di Kalman.
- Il Matlab ed il Simulink per la simulazione e l'analisi dei sistemi dinamici.

#### MATERIALE DIDATTICO

G. Celentano, L. Celentano – “Modellistica, Simulazione, Analisi, Controllo e Tecnologie dei Sistemi Dinamici - *Fondamenti di Dinamica dei Sistemi*”, Vol. II, EdiSES, 2010.

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

b) 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.