



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

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA ELETTRICA E DELLE TECNOLOGIE
DELL'INFORMAZIONE

**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA
ELETTRONICA**

Classe delle Lauree Magistrali in Ingegneria Elettronica LM29

Schede degli insegnamenti

Anno Accademico 2025-2026

Schede Insegnamenti

Le schede degli insegnamenti sono consultabili al link [Guide dello studente e schede degli insegnamenti](#)

INSEGNAMENTI

"Architettura dei sistemi integrati"	4
"Misure elettroniche"	7
"Microelettronica"	11
"Optica e iperfrequenze"	14
"Design of electronic circuits and systems"	16
"Trasmissione del calore"	19
"Fisica dello stato solido"	22
"Modelli numerici per campi circuiti e sistemi"	25
"Teoria dell'informazione"	29
"Componenti e circuiti ottici"	32
"Misure a microonde ed onde millimetriche"	34
"Progetti di sistemi di telerilevamento"	48
"Misure per la compatibilità elettromagnetica"	40
"Sensori e trasduttori di misura"	43
"Misure su sistemi digitali ad alta velocità"	57
"Integrated photonics"	60
"Circuiti per DSP"	52
"Power devices and circuits"	67
"Dispositivi e sistemi fotovoltaici"	59
"System on Chip"	63
"Reti elettriche complesse e simulazione circuitale"	77
"Quantum Circuit Electrodynamics and Quantum Devices "	79
"Sistemi elettrici per le fonti rinnovabili"	71
"Trasmissione digitale"	74
"Elaborazione dei segnali multimediali"	87
"Controlli automatici"	90
"Sistemi operativi"	93
"Laboratorio di programmazione"	97
"Architettura e progetto dei calcolatori"	89

"Elettronica con materiali non convenzionali"	92
"Scienza e tecnologia delle onde THz"	95
"Avionica"	98
"Sistemi radar"	101
"Tecnologie multiportante per le comunicazioni"	104
"Radiolocalizzazione terrestre e satellitare "	107
"Instrumentation and measurement for smart industry"	110
"Image processing for computer vision"	113
"Tomografia e imaging: principi, algoritmi e metodi numerici"	116
"Elettronica industriale di potenza"	116
"Real and Functional Analysis"	116



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"ARCHITETTURA DEI SISTEMI INTEGRATI"

SSD ING-INF/01

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2025-26

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: ANTONIO STROLLO
TELEFONO: 081-7683125
EMAIL: ANTONIO.STROLLO@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I
SEMESTRE: I
CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuna propedeuticità.

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenza di base dei circuiti digitali, delle principali caratteristiche dei dispositivi MOS e delle logiche CMOS.

OBIETTIVI FORMATIVI

Nell'ambito del corso viene studiato il flusso di progetto dei circuiti integrati digitali, a partire dalla descrizione mediante linguaggi per la descrizione dell'hardware fino all'implementazione fisica. L'insegnamento si pone l'obiettivo di fornire agli studenti le metodologie e le conoscenze utili a disegnare i moderni microcircuiti ad alta scala di integrazione, valutarne le caratteristiche, ottimizzarne le prestazioni e definirne le procedure di verifica.

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 necessari a completare il flusso di sviluppo di un sistema digitale integrato. In particolare, lo studente sarà edotto sugli standard utilizzati per realizzare descrizioni sintetizzabili utilizzando linguaggi per la descrizione dell'hardware, sulle tecniche di valutazione ed ottimizzazione dei ritardi e della dissipazione di potenza, sulle varie architetture per implementazione di circuiti aritmetici e sulle principali metodologie di testing. Tali strumenti consentiranno agli studenti di comprendere le principali relazioni che sussistono tra l'implementazione fisica dei sistemi integrati e le loro caratteristiche elettriche.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Al termine del processo di apprendimento lo studente è in grado di progettare ed analizzare a livello architetturale, circuitale e fisico circuiti e sistemi digitali ad alta scala di integrazione. Egli disporrà degli strumenti metodologici e operativi necessari a descrivere mediante linguaggi HDL un sistema digitale, ad approntarne il test-bench ed a realizzarne la simulazione. Lo studente sarà inoltre in grado di definire gli opportuni vincoli necessari ad effettuare la fase di sintesi, di utilizzare programmi di sintesi automatica e di valutare i risultati forniti dal sintetizzatore. Il percorso formativo è orientato a trasmettere le capacità e gli strumenti metodologici e operativi necessari ad applicare concretamente le varie tecniche volte ad ottimizzare le prestazioni dei sistemi digitali, in termini di velocità, area occupata e consumo energetico.

Autonomia di giudizio, Abilità comunicative, Capacità di apprendimento

Al termine del corso lo studente deve essere in grado di sapere scegliere in maniera autonoma le possibili metodologie e tecniche da utilizzare nelle varie fasi del ciclo di progettazione di un sistema digitale ad alta scala di integrazione; dovrà inoltre avere la capacità di valutare i risultati derivanti dall'applicazione delle varie tecniche di ottimizzazione ed essere in grado di confrontare le prestazioni di diverse architetture.

Gli studenti saranno in grado di approfondire autonomamente argomenti trattati. La metodologia di verifica ed il confronto con il docente tendono inoltre a sviluppare le abilità comunicative degli studenti che devono dimostrare di saper impostare una relazione scientifica utilizzando terminologia e linguaggio appropriato.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Classificazione dei sistemi integrati: full-custom, basati su celle standard e programmabili. Metodologie di progetto di sistemi integrati. Tecniche automatiche di sintesi e di piazzamento e collegamento di celle standard. Caratteristiche dei transistori MOS di ultima generazione. Tecniche di simulazione switch-level. Valutazione semplificata dei ritardi delle porte logiche. Analisi statica dei ritardi. Grafi dei ritardi. Caratterizzazione dei ritardi delle celle standard. Livelli di interconnessione e parametri parassiti. Valutazione dei ritardi introdotti dalle interconnessioni mediante la tecnica di Elmore. Ripetitori. Effetti dello scaling tecnologico sui ritardi delle interconnessioni. Cross-talk. Distribuzione delle linee di alimentazione. Progetto e temporizzazione di sistemi sequenziali. Tempi caratteristici dei registri. Registri avanzati. Tecniche di pipelining. Effetti delle non idealità del clock (skew, jitter) sulla temporizzazione dei sistemi sequenziali. Generazione e distribuzione del clock. Anelli ad aggancio di fase (PLL) e ad aggancio di ritardo (DLL). Valutazione della dissipazione di potenza nei sistemi VLSI. Fonti di dissipazione di potenza statica e dinamica. Tecniche per la riduzione della dissipazione di potenza a livello tecnologico, circuitale ed architetturale. Il linguaggio VHDL per la descrizione e la sintesi di sistemi integrati. Statements sequenziali e concorrenti. La simulazione event-driven. Librerie standard per la sintesi di sistemi digitali. Descrizione e sintesi di circuiti aritmetici. Test-bench. Operazioni su file di testo. Testing dei sistemi integrati CMOS. Modelli di guasto. Algoritmi per il calcolo dei vettori di test. Tecniche di self-test. Circuiti aritmetici. Addizionatori a selezione del ritardo, carry-skip, parallel-prefix. Addizionatori multi-operando. Moltiplicatori paralleli. Moltiplicatori veloci (Wallace, Dadda).

MATERIALE DIDATTICO

- Weste, Harris, "CMOS VLSI Design – circuit and systems perspective", 4th edition, Pearson – Addison Wesley, 2011.
- Appunti delle lezioni.
- Testi delle esercitazioni.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Il corso prevede lezioni frontali, esercitazioni e, compatibilmente con gli aspetti organizzativi, esercitazioni di laboratorio. Per lo svolgimento delle esercitazioni gli studenti adottano programmi di sviluppo di sistemi integrati della Cadence, resi disponibili grazie alle "Cadence Low-Cost Classroom Teaching Licenses" acquisite mediante Europractice. Gli studenti inoltre utilizzano un simulatore vhdl (ghdl) ed un visualizzatore di forme d'onda (gtkwave) open-source.

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 (discussione esercitazioni)	✓



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"MISURE ELETTRONICHE"

SSD ING-INF/07

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2025-26

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: PASQUALE ARPAIA

TELEFONO: 081-7683163

EMAIL: PASQUALE.ARPAIA@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I

SEMESTRE: I

CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

Nessuna propedeuticità.

EVENTUALI PREREQUISITI

Fondamenti della misurazione

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso ha lo scopo di introdurre alla tecnica delle misure elettroniche attraverso un approccio sperimentale. I principali obiettivi formativi sono la conoscenza approfondita di concetti generali quali: caratterizzazione sperimentale di componenti, sistemi e modelli, con appropriata gestione dell'incertezza associata; progettazione statistica degli esperimenti, analisi di sensibilità e ottimizzazione parametrica sperimentale; strumentazione avanzata digitale: principi avanzati di conversione, strumenti nel dominio della frequenza e della modulazione e per la misura della potenza; concludendo con la metrologia statica e dinamica della strumentazione numerica. Verranno quindi considerati i principali metodi di misura di grandezze elettriche ed elettroniche e dei campi elettrici e magnetici a bassa frequenza.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente deve dimostrare di conoscere e saper comprendere le problematiche relative alla misurazione con particolare riferimento alla gestione del budget di incertezza e alla progettazione della procedura sperimentale legata alla misurazione stessa. Deve dimostrare di sapere elaborare argomentazioni concernenti le procedure standard di taratura e caratterizzazione, nonché adottare un linguaggio tecnico appropriato. Deve inoltre conoscere i principi avanzati degli strumenti digitali di misura e i metodi di base per la misurazione di grandezze elettriche ed elettroniche. Il percorso formativo intende fornire agli studenti le conoscenze e gli strumenti metodologici necessari per progettare un banco di misura ed analizzare i risultati delle misurazioni effettuate.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare di essere in grado di analizzare i fenomeni di interesse in maniera oggettiva, di cogliere le implicazioni e le conseguenze dei risultati di misura, nonché le limitazioni ad essi associate. Deve inoltre saper applicare gli strumenti metodologici appresi per la misurazione di grandezze elettriche ed elettroniche e sviluppare metodi più complessi sulla base dei metodi di base appresi. Il percorso formativo è altresì orientato a trasmettere le capacità e gli strumenti metodologici e operativi necessari a comprendere e/o sviluppare strumenti digitali di misura complessi.

PROGRAMMA-SYLLABUS

PARTE I - MISURE SUI COMPONENTI (5 lezioni)

- 1. Misure di resistenza. Generalità, modello del resistore reale, misura di resistenze di basso valore con metodo della caduta di potenziale; misura di resistenza di valore medio con ponte di Wheatstone; misura di resistenza di elevato valore. Problema delle resistenze di contatto e delle conduttanze di dispersione nella misura di resistenza dei componenti, configurazione dei resistori a 3, 4 e 5 morsetti.*
- 2. Misure di capacità. Generalità, misura di capacità con il metodo volt-amperometrico, con metodo della caduta di potenziale, metodo di ponte, modello del condensatore reale, misura del fattore di perdita con metodo dei tre voltmetri. Problema delle ammettenze parassite: condensatori a 3 morsetti. Tecniche di schermatura e messa a terra: schermatura elettrica, messa a massa con generatore ausiliario e mediante terra di Wagner.*
- 3. Misure di induttanza. Generalità, modello dell'induttore reale, perdite nel rame, perdite nel ferro per correnti parassite e per isteresi magnetica, separazione delle perdite, misura della cifra di perdita di un provino ferromagnetico, criteri di progetto, metodo wattmetrico.*
- 4. Spettroscopia di impedenza (EIS). Generalità, metodo di misura, connessioni, rappresentazione dei dati, analisi dei dati, modellazione basata su EIS, esempi modelli elementari; Esempi di applicazioni: integrazione di protesi, veicolazione transdermica e pancreas artificiale.*

ESERCITAZIONI (4 lezioni): Ponte di Wheatstone, Misura di resistenze di basso valore con metodo della caduta di potenziale, Misura della cifra di perdita di un provino ferromagnetico con metodo wattmetrico, EIS per la misura di biodisponibilità dell'insulina.

PARTE II - CARATTERIZZAZIONE SPERIMENTALE (10 lezioni)

5. *Progettazione elettronica, modellazione e caratterizzazione sperimentale.*
6. *Tecniche di decisione su base statistica: Test statistici: rischi alfa e beta, istogramma; test del chi-quadro; test di Fischer.*
7. *Incertezza dei modelli: Analisi di regressione: modello lineare, metodo dei minimi quadrati, scomposizione della devianza, gradi di libertà, one-way ANOVA, rapporto di varianza, analisi di significatività della regressione.*
8. *Progettazione degli esperimenti: definizioni, il modello, analisi OFAT (One Factor At Time), esperimenti fattoriali completi, frazionati, piani di più fattori a due livelli, piani multifattoriali, multilivello; ANOM e multi-way ANOVA, caratterizzazione di un digitalizzatore di precisione, piani codificati.*
9. *Analisi di sensibilità: Generalità. Metodi di analisi di sensibilità: diagrammi di dispersione, metodi basati su derivate, metodi basati su regressione lineare, varianze condizionate, modelli non additivi, indici di sensibilità di ordine superiore, effetti totali, gruppi di fattori; Metodi alternativi: test degli effetti elementari, filtraggio Monte Carlo. Regole operative.*
10. *Tecniche sperimentali di ottimizzazione parametrica e analisi di robustezza: Generalità. Procedura di ottimizzazione parametrica: inquadramento del problema, identificazione del modello, predizione e verifica dei risultati; ottimizzazione parametrica dei sistemi di misura: esempio di un filtro analogico.*

ESERCITAZIONI (5 lezioni): Esempio di elaborazione dei risultati della taratura con foglio elettronico: verifica di gaussianità e di linearità. Riduzione dell'incertezza di sensibilità in un Ponte di Wheatstone attraverso la progettazione statistica dei parametri. Esercitazione di analisi di sensibilità.

PARTE III - STRUMENTAZIONE AVANZATA DI MISURA (6 lezioni)

11. *Principi avanzati di conversione: Convertitori A/N: classificazione, architetture Flash avanzate (bipolare, silenzioso, multistep, pipeline, time-interleaved), ADC a rampa numerica e ad inseguimento, architettura tensione-frequenza, sigma-delta, multirampa. Digitalizzatori ad altissima velocità con peer-to-peer streaming. Convertitori N/A: classificazione, DAC R-2R in tensione e corrente, architetture basate su commutazione di capacità. Taratura di generatori digitali.*
12. *Strumenti nel dominio della frequenza e della modulazione: Vector signal analyzers: scopo ed applicazioni, principio di funzionamento, blocchi funzionali. Vector network analyzers: scopo ed applicazioni, principio di funzionamento, architettura.*
13. *Strumenti per misura di potenza: Misure di potenza in circuiti DC; misure di potenza in circuiti AC: definizioni, a bassa e media frequenza, a frequenza di linea, ad alta frequenza, con diodo; misure basate su sensore (termocoppia, radiazioni); misure di potenza pulsata.*

PARTE IV - METROLOGIA DELLA STRUMENTAZIONE NUMERICA (3 lezioni)

14. *Caratterizzazione metrologica: della strumentazione numerica a norma IEEE 1057 e dei convertitori analogico-digitali a norma IEEE 1241.*

Metodi statici: per sistemi a risoluzione (i) medio-bassa e (ii) alta (metodo delle piccole onde triangolari);

Metodi dinamici: segnali campioni a rampa e sinusoidali, elaborazione delle soglie, errori di guadagno ed offset, non-linearità differenziale (DNL) e integrale (INL), DNL e codici mancanti, INL e errore di non-monotonicità, metodo dell'istogramma, definizione e misura del numero di bit effettivi (ENOB), algoritmo di sine-fitting a 3 e a 4 parametri; rapporto segnale-rumore (SNR) e definizioni di SINAD, SNR (SNHR), SFDR, THD.

ESERCITAZIONI (3 lezioni): Caratterizzazione ADC a norma IEEE 1057 del DSO Tektronix TDS210: algoritmo di sine fitting a 3 e 4 parametri su segnale sinusoidale e sine fitting a 3 parametri su segnale a doppio tono, ENOB, test dell'istogramma, valutazione dell'errore di offset, di guadagno, INL e DNL.

MATERIALE DIDATTICO

Dispense dal Corso disponibili sul sito docente del Corso.

- E. Barsoukov, J. R. Macdonald, *Impedance Spectroscopy: Theory, Experiment, and Applications*, John Wiley & Sons.
- Doebelin, *Sistemi di Misura*, Mc Graw Hill.
- G. E. Guadagni, *Programmare? Impariamo con il LabVIEW*, Sandit Editore.
- D. C. Montgomery, J. C. Runger, *Applied Statistics and Probability for Engineers*, John Wiley and Sons.

- C. Offelli, D. Petri, *Lezioni di Strumentazione Elettronica*, Città Studi Edizioni, Milano.
- M. S. Phadke, *Quality engineering using robust design*. Prentice Hall PTR.
- U. Pisani, *Misure Elettroniche: Strumentazione Elettronica di Misura*, Politeko Edizioni.
- A. Saltelli, et al. *Global sensitivity analysis: the primer*. John Wiley & Sons

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Il corso si articolerà in lezioni frontali per circa il 66% ed esercitazioni di laboratorio per il 33% circa. Saranno previste altresì seminari su tematiche di frontiera nel settore delle misure. Le slide utilizzate durante le lezioni saranno rese disponibili in aggiunta alle dispense del corso.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) 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	

(*) È possibile rispondere a più opzioni

Sarà possibile sostenere l'esame dopo la fine del corso. L'esame si articola in due domande orali ed una prova pratica di laboratorio. Potrebbero essere previsti elaborati intra-corso legati allo svolgimento delle esercitazioni di laboratorio.

b) Modalità di valutazione:

L'esito finale dell'esame sarà ottenuto con la media aritmetica delle 3 domande (2 orali, 1 prova di laboratorio). Per superare l'esame è necessario ottenere almeno 18 a ciascuna delle domande, considerando anche la dispersione dei voti che può essere indice di anomalia nella preparazione.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"MICROELETTRONICA"

SSD ING-INF/01

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2025-26

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: VINCENZO D'ALESSANDRO
TELEFONO: 081 76 83509
EMAIL: VINDALES@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I
SEMESTRE: II
CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuna propedeuticità.

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenza di base di matematica, fisica, chimica ed elettrotecnica.

OBIETTIVI FORMATIVI

L'insegnamento è rivolto (i) allo studio di elementi di fisica dei semiconduttori, (ii) all'analisi del funzionamento dei principali dispositivi elettronici a semiconduttore, i.e., diodo, transistor bipolare, condensatore MOS, MOSFET; (iii) al progetto dei suddetti dispositivi elettronici. Pertanto l'obiettivo consta nel fornire agli studenti le nozioni e competenze necessarie alla comprensione dei meccanismi fisici e delle problematiche, nonché dei trade-off, progettuali dei dispositivi.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRIPTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Al termine del processo di apprendimento lo studente è edotto (i) sulla struttura cristallografica dei principali semiconduttori, (ii) sul modello a bande di energia e quello a legame covalente, (iii) sui meccanismi di trasporto dei portatori di carica, (iv) sui processi di generazione/ricombinazione, (v) sulle principali equazioni alla base dei semiconduttori e dispositivi a semiconduttore, (vi) sul funzionamento statico/dinamico della giunzione P-N e sul modello SPICE associato; (vii) sul comportamento del transistor bipolare NPN; (viii) sul comportamento del condensatore MOS; (ix) sul comportamento del MOSFET, (x) sulle tecnologie bipolari avanzate.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Al termine del processo di apprendimento lo studente è in grado di comprendere tutti i meccanismi fisici in un semiconduttore, di descriverli attraverso modelli, e di progettare i principali dispositivi elettronici a semiconduttore, i.e., diodo, transistor bipolare, MOSFET sulla base di opportune specifiche stazionarie o dinamiche.

Autonomia di giudizio, Abilità comunicative, Capacità di apprendimento

In relazione a tutte le capacità descritte in precedenza, lo studente acquisisce inoltre capacità autonoma di giudizio essendo, questa, tra l'altro, nel particolare contesto, un presupposto imprescindibile dell'attività creativa di tipo progettuale che rientra nelle capacità di applicare la conoscenza che sono sviluppate.

Durante l'insegnamento gli studenti vengono inoltre stimolati nella acquisizione degli strumenti che consentono l'approfondimento in modo autonomo degli argomenti trattati, mentre le metodologie di verifica dell'apprendimento da parte degli studenti tendono a sviluppare anche le loro abilità comunicative.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Fisica dei semiconduttori: Concetto di resistività. Semiconduttori semplici e composti, intrinseci ed estrinseci. Silicio e germanio. Struttura reticolare. Modelli dell'atomo di idrogeno isolato. Configurazione elettronica del silicio isolato. Bande di energia nel silicio. Meccanismi di trasporto; concetto di mobilità. Drogaggio. Legge dell'azione di massa. Meccanismi di generazione/ricombinazione. Centri G-R. Ricombinazione SRH. Equazioni di continuità.

Giunzione P-N: Analisi di una giunzione P-N brusca all'equilibrio termodinamico. Potenziale di built-in. Spessore della regione di svuotamento. Trasporto degli elettroni liberi. Unicità del livello di Fermi. Relazione di Boltzmann. Leggi della giunzione e relazione costitutiva del diodo ideale. Dipendenza dalla temperatura. Legge dell'azione di massa generalizzata. Corrente di ricombinazione. Alti livelli di iniezione ed effetti resistivi. Polarizzazione inversa. Moltiplicazione a valanga per ionizzazione da impatto. Giunzione graduale. Diodi tunnel e Zener. Comportamento dinamico. Modellistica SPICE.

Transistore bipolare: Introduzione e trade-off progettuali. Condizioni di equilibrio termodinamico. Regione attiva diretta (RAD). Limite tra RAD e saturazione. Componenti di corrente in RAD. Modello di Ebers-Moll. Fattore di trasporto in base e rendimento di emettitore. Configurazione a base comune: caratteristiche di ingresso e uscita. Configurazione a emettitore comune: caratteristiche di ingresso e uscita. Espressione completa della corrente di base. Effetti di rottura: moltiplicazione a valanga e perforazione. Misura non distruttiva della tensione di breakdown per base aperta. Pinch-in. Effetto Early. Effetto Webster-Rittner. Effetto Kirk. Comportamento in frequenza.

Struttura (condensatore) MOS: Struttura MOS ideale. Condizione di banda piatta. Regione di accumulazione. Regione di svuotamento. Debole e forte inversione della popolazione. Andamenti della densità di carica, del campo elettrico e del potenziale nella struttura. Tensione di soglia della struttura ideale. Struttura MOS reale. Estensione dell'espressione della

tensione di soglia. Comportamento dinamico della struttura MOS ideale.

Transistore MOS (MOSFET): Approssimazione di canale graduale. Tensione di soglia. Espressioni della corrente di drain nella regione di triodo e in quella di pinch-off. Curva di pinch-off. Delucidazioni sul pinch-off.

Tecnologie bipolari avanzate (GaAs e SiGe): Transistori bipolari ad eterogiunzione Si/SiGe e AlGaAs/GaAs. Vantaggi dal punto di vista del guadagno di corrente ad emettitore comune e della frequenza di transizione.

MATERIALE DIDATTICO

- Diapositive presentate a lezione più appunti addizionali.
- S. M. Sze, *Physics of Semiconductor Devices*, 2nd edition, John Wiley & Sons, 1981.
- R. F. Pierret, *Semiconductor Device Fundamentals*, Addison Wesley Longman, 1986.
- F. Bonani, S. Donati Guerrieri, G. Maserà, G. Piccinini, *Dispositivi e Tecnologie Microelettroniche*, CLUT, 2007.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lo svolgimento dell'insegnamento prevede lezioni frontali.

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 (discussione esercitazioni)	



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"OTTICA E IPERFREQUENZE"

SSD ING-INF/02

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2025-2026

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: AMEDEO CAPOZZOLI
TELEFONO:
EMAIL: AMEDEO.CAPOZZOLI@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I
SEMESTRE: II
CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

Nessuna propedeuticità.

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenze di base di elettromagnetismo applicato.

OBIETTIVI FORMATIVI

Fornire i metodi per lo studio della propagazione elettromagnetica alle iperfrequenze e in ottica necessari per l'analisi e il progetto di componenti e sistemi elettromagnetici. Applicare tali metodi a casi di interesse pratico.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente deve dimostrare di conoscere le caratteristiche della propagazione elettromagnetica alle iperfrequenze e in ottica, ed i principi della analisi di sistemi elettromagnetici operanti in tali bande.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare di sapere applicare gli strumenti metodologici acquisiti durante il corso, con particolare riferimento alla analisi e sintesi di componenti e sistemi elettromagnetici operanti alle iperfrequenze e in ottica. Lo studente deve, inoltre, dimostrare di saper applicare le tecniche acquisite a casi di interesse pratico.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Ottica geometrica, derivazione e limiti. Ottica gaussiana. Tracciamento dei raggi. Teoria geometrica dei sistemi ottici. Aberrazione cromatica e monocromatica, approssimazione parassiale estesa, aberrazioni primarie. Sistemi ottici notevoli. Approssimazione di Ottica Fisica. Applicazione alle antenne a singolo e doppio riflettore; efficienza. Elementi di teoria della coerenza e di interferometria. Interferenza per divisione di ampiezza e di fronte d'onda. [2 CFU]

Cenni ai raggi complessi. Elementi di teoria della diffrazione. [1 CFU]

Approssimazione di Kirchhoff. Diffrazione di Fraunhofer. Diffrazione di Fresnel. Diffrazione da un semipiano, da una coppia di fessure. Cenni alla teoria geometrica della diffrazione. [2 CFU]

Sistemi SISO, SIMO, MISO e MIMO per il collegamento wireless ad alte prestazioni. Array di antenne. Principio di Moltiplicazione del Diagramma. Array mono-dimensionali e bidimensionali. Direttività di array broadside ed endfire. [2 CFU]

Elementi di calcolo numerico in elettromagnetismo: metodi full wave (metodo dei momenti, metodo alle differenze finite, metodo agli elementi finiti). [1 CFU]

Esercitazioni di laboratorio basate sull'utilizzo di strumenti di calcolo avanzato tipicamente impiegati nell'analisi e nella progettazione elettromagnetica. [1 CFU]

MATERIALE DIDATTICO

Si veda sito docente del titolare dell'insegnamento.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni ed esercitazioni di laboratorio.

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	



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"DESIGN OF ELECTRONIC CIRCUITS AND SYSTEMS"

SSD ING-INF/01

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2025-2026

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: LUCA MARESCA

TELEFONO: 081 76 83199

EMAIL: LUCA.MARESCA@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II

SEMESTRE: I

CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuna propedeuticità.

EVENTUALI PREREQUISITI

Knowledge of analog and digital operation of circuits. Basic knowledge of semiconductor devices operations. Knowledge of the operation of CAD tools such as circuit simulators and CAD layout tools.

OBIETTIVI FORMATIVI

Study of the main design methodologies and approaches for analog, mixed-mode, power and digital circuit and systems. Design of integrated and discrete circuits and systems. CAD tools for the implementation of actual projects and layout optimization. Ability to develop practical design of complex electronic systems.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

After a positive evaluation to the exam, the student have the essential methods and knowledge for (i) top-down design from system specification to discrete or integrated layout, (ii) discrete linear and mixed mode circuits, (iii) signal conditioning and amplification, (iv) power circuits design and PCB realization techniques, (v) control of power circuits with FPGAs and microcontrollers, (vi) design of digital systems and interconnections, (vii) design of analog integrated systems, (viii) operational amplifier design, and (ix) practical design implementation during laboratory activity.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

In order to overcome the examination, the student must be able to illustrate the theoretical and technical aspects that are the basis of analog, mixed-mode, power and digital circuit and systems. Starting from these basics, through the study of the main design methodologies, the student will be able to design and develop practical complex electronic systems, through the support of dedicated CAD tools.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Lectures: Circuit simulation softwares; PCB design: layers, traces and vias; PCB design process: schematic symbols and device footprints; Autodesk FUSION360 CAD: schematic editor, component placement, autorouting; Packaging requirements; different kind of packages; package mount to PCB; thermal and electrical issues; power supply from PCB to package; OpAmp design recall; operational amplifiers: ideal properties; standard configurations; non-idealities: output swing and slew rate; stability of operational amplifiers; Barkhausen criterium; gain and phase margins; frequency limits of the unity gain buffer; two stage OpAmp circuit design with gain/bandwidth/input impedance specifications; active filter: definitions, different filter responses, First-order filters, higher order filters; Butterworth, Chebychev, Bessel filter responses and coefficients; first order active filter design; second order filter design; practical design rules; class work on filter design and PCB implementation; filter Wizard Tool.

Challenge-based learning: group activity on different system designs (simulation, PCB design, 3D printing of chassis and holders), groups of max 4 students, group activity supervised and discussed during classroom hours.

MATERIALE DIDATTICO

- Textbook
- Lecture notes

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

The course operating method provides for frontal lessons (48h) and laboratory activities (24h).

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	



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO

"TRASMISSIONE DEL CALORE"

SSD ING-IND/10

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO 2025-2026

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTI

DOCENTE: CLAUDIA MASSELLI

TELEFONO: 081 76 82380

EMAIL: CLAUDIA.MASSELLI@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I

SEMESTRE: I

CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuna propedeuticità.

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenze di fisica di base.

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso fornisce i principi fondamentali e i metodi della trasmissione del calore. Gli obiettivi del corso sono quelli di insegnare i principi fondamentali e le leggi della trasmissione del calore e di applicare tali principi alla risoluzione di problemi pratici con particolare riferimento al raffreddamento dei componenti elettronici; di formulare i modelli necessari a studiare, analizzare e progettare le apparecchiature per gli scopi suddetti con riferimento ai diversi campi di applicazione in termini di potenza da smaltire; di sviluppare la capacità di risolvere i problemi della trasmissione del calore avvalendosi dell'utilizzo di strumenti e di metodi propri di una formazione tecnica a largo spettro.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRIPTORI DI DUBLINO)

Lo studente deve apprendere gli strumenti atti alla risoluzione di problemi pratici; formulare i modelli necessari a studiare, analizzare e progettare le apparecchiature di scambio termico; sviluppare la capacità di risolvere i problemi della trasmissione del calore avvalendosi dell'utilizzo di strumenti e di metodi propri di una formazione tecnica a largo spettro.

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di aver raggiunto un'adeguata conoscenza dei principi fondamentali che regolano la trasmissione del calore con particolare riferimento al dimensionamento di dispositivi per il raffreddamento dei componenti elettronici.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di essere in grado di saper formulare, analizzare e risolvere problemi ingegneristici in cui la trasmissione del calore svolge un ruolo.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Introduzione alla trasmissione del calore. Conduzione: Generalità, Regime stazionario monodimensionale, Sistemi alettati, Regime non stazionario, Esercitazioni. Metodi numerici per la conduzione termica: Regime stazionario mono e bi-dimensionale, Regime non stazionario, Esercitazioni numeriche. Irraggiamento: Generalità, Definizioni di base, Modelli di corpo nero e corpo grigio, Caratteristiche radiative delle superfici, Scambio termico radiativo. Convezione: Generalità, Equazioni di continuità, quantità di moto ed energia, Convezione naturale e forzata, Concetto di strato limite con equazioni fondamentali, Adimensionalizzazione delle equazioni e gruppi adimensionali, Flussi esterni ed interni, Regimi di moto, Correlazioni per la valutazione del coefficiente di scambio termico, Esercitazioni. Raffreddamento dei componenti elettronici: introduzione al problema, descrizione delle applicazioni maggiormente impiegate per tali scopi. Studio dei fenomeni trasmissione del calore applicata ai campi termici all'interno dei componenti e dei circuiti elettronici.

MATERIALE DIDATTICO

- R. Mastrullo, P. Mazzei; V. Naso, R. Vanoli, Fondamenti di trasmissione del calore –Volume primo, Liguori editore.
- O. Manca, V. Naso, Complementi di trasmissione del calore, E.DI.SU. "NA 1" editore.
- O. Manca, V. Naso, Applicazioni di trasmissione del calore, E.DI.SU. "NA 1" editore.
- Dispense del corso

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni, esercitazioni e sviluppo di un elaborato progettuale.

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	X
altro	

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

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

Il voto è formulato dalla Commissione d'Esame sulla base dell'adeguatezza delle risposte fornite dallo studente ai quesiti che gli sono stati formulati. Il voto finale è, inoltre, opportunamente motivato allo studente.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"FISICA DELLO STATO SOLIDO"

SSD FIS/03

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO 2025-26

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:
TELEFONO:
EMAIL:

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I
SEMESTRE: I
CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuna propedeuticità.

EVENTUALI PREREQUISITI

Concetti fondamentali della Meccanica Classica, della Termodinamica e dell'Elettromagnetismo.

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso intende fornire gli elementi di base della fisica dei solidi e dei relativi dispositivi con particolare riferimento alla fisica dei metalli, isolanti e semiconduttori, del magnetismo e della superconduttività.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRIPTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Al termine del processo di apprendimento, lo studente dovrà conoscere le nozioni fondamentali della fisica dei solidi, specificamente dei cristalli. Lo studente sarà in possesso degli strumenti metodologici per comprendere i meccanismi essenziali, dal punto di vista microscopico ed elettronico, della fisica dei metalli, dei semiconduttori, dei comportamenti magnetici, e dello stato superconduttivo. Il percorso formativo gli fornirà, inoltre, delle conoscenze di base della meccanica ondulatoria, della fisica atomica e dei legami interatomici, nonché dei principi di alcune tecniche di indagine dei solidi, che gli consentiranno di affrontare problematiche più specifiche della scienza dei materiali che potrebbe incontrare nel corso della sua carriera.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Al termine del percorso formativo, lo studente dovrà dimostrare di sapere applicare le nozioni sviluppate nel corso per risolvere problemi riguardanti la composizione cristallina dei solidi, le loro proprietà elettroniche, magnetiche, reticolari. Egli dovrà dimostrare di sapere interpretare le misure di determinate grandezze fisiche o i risultati di specifiche tecniche di misura alla luce di quanto illustrato durante il corso, per ricavare informazioni sulle principali caratteristiche di un materiale di interesse per l'elettronica.

Autonomia di giudizio, Abilità comunicative, Capacità di apprendimento

Il percorso formativo è orientato a fornire agli studenti la capacità critica per riconoscere il livello di approssimazione utilizzato per la descrizione microscopica di talune proprietà dei solidi e l'ambito di applicabilità. Lo studente dovrà essere in grado di valutare il ruolo delle ipotesi adottate per lo sviluppo di un determinato modello della fisica dei solidi e dei materiali, e comprendere fino a che punto e in che limiti i risultati sono da considerarsi validi. Egli dovrà anche mostrare di sapere applicare determinati concetti illustrati nel corso a dispositivi e a strumenti di indagine di interesse per l'elettronica e per lo studio dei materiali. Gli studenti saranno in grado di approfondire autonomamente gli argomenti trattati.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Nozioni basilari di meccanica ondulatoria. Coesione nei solidi. Reticoli cristallini e reticolo reciproco; diffrazione dei raggi X. Modello di Sommerfeld per i metalli: densità degli stati e livello di Fermi; capacità termica elettronica; legge di Ohm e cammino libero medio; risposta a campi elettrici alternati e frequenza di plasma; effetti termoelettrici e potenziali di contatto. Vibrazioni reticolari: modello di Debye; fononi e capacità termica del reticolo; dipendenza dalla temperatura della conduttività dei metalli. Effetto di un potenziale periodico sugli elettroni di un cristallo; struttura a bande e gap di energia; massa efficace; concetto di lacuna. Semiconduttori: conduttività elettrica intrinseca; drogaggio ed effetto delle impurezze; legge di azione di massa; conduttività elettrica di semiconduttori drogati ed effetto Hall; giunzioni p-n. Proprietà magnetiche degli atomi e dei solidi: regole di Hund e stato fondamentale; paramagnetismo, ferromagnetismo, antiferromagnetismo; campo molecolare e modello di Weiss. Superconduttività: fenomenologia e teorie di London e Pippard; superconduttori di prima e seconda specie e teoria di Ginzburg-Landau; teoria BCS; materiali superconduttori, effetto Josephson. Applicazioni e tecniche di misura: microscopie a scansione di sonda ed elettroniche, tecniche di diffrazione di elettroni (LEED e RHEED).

MATERIALE DIDATTICO

- Ruggiero Vaglio, "Elementi di Fisica dello Stato Solido per Ingegneria" Liguori Editore, seconda edizione.
- Dispense fornite dal docente su specifici argomenti
- Esempi di prove scritte di esame svolte e commentate dal docente

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Il docente utilizzerà: a) lezioni frontali per circa 54 ore (75% del totale); b) esercitazioni per circa 18 ore (25% del totale); c) materiale didattico (dispense ed esercizi di propria produzione) messo a disposizione degli studenti on-line.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) 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	✓

(*) È possibile rispondere a più opzioni

La prova scritta, propedeutica all'eventuale prova orale, è prevista al termine del corso.

b) Modalità di valutazione:

La prova scritta fornisce di per sé una valutazione dello studente: oltre ad esercizi numerici, in essa saranno presenti argomenti da sviluppare in risposte aperte. L'orale, subordinato all'esito positivo della prova scritta, potrà servire a modulare il voto conseguito con la prova scritta.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"MODELLI NUMERICI PER CAMPI CIRCUITI E SISTEMI"

SSD ING-IND/31

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO 2025-2026

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: MASSIMILIANO D'AQUINO
TELEFONO: 081 76 85755
EMAIL: MASSIMILIANO.DAQUINO@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I/II
SEMESTRE: I
CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuna propedeuticità.

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso ha l'obiettivo di illustrare gli aspetti fondamentali della modellistica numerica d'interesse per un ingegnere elettrico e dell'Informazione, fornendo gli strumenti di base per la risoluzione con il calcolatore di problemi di campo. L'approccio seguito si propone di mediare tra il rigore richiesto da una corretta impostazione matematica e la necessità di condurre gli allievi a risolvere problemi applicativi più direttamente legati ai loro specifici interessi. Il linguaggio di programmazione MATLAB® è utilizzato nel laboratorio numerico.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Il corso intende fornire agli studenti le conoscenze e gli strumenti metodologici necessari per affrontare la risoluzione di un problema di campo al calcolatore e valutare criticamente le caratteristiche attese di una soluzione numerica di un problema di campo, quale anche quella ottenibile direttamente con codici commerciali.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare di essere in grado di utilizzare concretamente le conoscenze acquisite, dando prova di saperle applicare nella impostazione della soluzione di un problema di campo al calcolatore e nella valutazione critica delle caratteristiche attese dalla soluzione numerica, quale anche quella ottenibile direttamente con codici commerciali.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Richiami di Algebra Lineare

Spazi lineari a dimensioni finite. Matrici. Matrici simmetriche, hermitiane, normali, unitarie, ortogonali. Determinante. Autovalori ed autovettori. Autovettori linearmente indipendenti. Diagonalizzazione. Localizzazione degli autovalori. Primo e secondo teorema di Gershgorin. Predominanza diagonale. Matrici definite positive. Prodotto scalare. Norme vettoriali. Quoziente di Rayleigh–Ritz. Equivalenza delle norme. Continuità della norma. Norme matriciali Decomposizione a valori singolari (SVD). Condizionamento di una matrice

Problemi differenziali e Integrali

Generalità sui modelli descritti da equazioni alle derivate parziali. Linee caratteristiche. Classificazione delle equazioni quasi lineari. Linee caratteristiche per le equazioni iperboliche. Cenni sulle equazioni integrali. Formulazione integrale del problema esterno per il potenziale elettrostatico. Esempio applicativo: il problema delle risonanze elettrostatiche di un oggetto di permittività uniforme.

Metodo delle Differenze Finite

Approssimazione della derivata prima e seconda. Soluzione dell'equazione di Poisson con il metodo delle differenze finite. Consistenza, stabilità e convergenza.

Metodo degli elementi finiti

Formulazioni del problema di campo: forma forte e forma debole; Formulazioni variazionali. Introduzione al metodo degli elementi finiti. Equazione di Poisson. Interpolazione polinomiale. Polinomi di Lagrange. Splines lineari a tratti. Errore di interpolazione. Formulazioni variazionali e formulazioni deboli. Il metodo di Galerkin. Convergenza del metodo degli elementi finiti. Funzioni di forma lineari e coordinate baricentriche. Elementi isoparametrici di ordine superiore a 1.

Integrazione numerica

Integrazione numerica. Formula dei rettangoli; formula dei trapezi, formula di Simpson. Errore di discretizzazione. Formule di Gauss Legendre.

Sistemi di equazioni algebriche lineari

Risoluzione di sistemi di equazioni algebriche. Metodi diretti. Il metodo di eliminazione di Gauss con Pivot parziale. Fattorizzazione LU. Fattorizzazione mediante successione di matrici. Fattorizzazione LLH. Il Metodo di Cholesky. Matrici sparse e matrici bandate. Cenni al problema della riduzione della banda. Cenni al problema del condizionamento e della stabilità numerica. Soluzione di sistemi di equazioni algebriche ai minimi quadrati. Equazioni normali. Soluzioni numerica delle equazioni normali. Soluzione mediante il metodo QR. Soluzione mediante decomposizione in valori singolari. Matrice pseudoinversa. Cenni alla soluzione di problemi di ottimizzazione vincolata con il metodo dei moltiplicatori di Lagrange.

Cenni alla regolarizzazione di Tihonov. Risoluzione di sistemi lineari con metodi iterativi. Convergenza del metodo iterativo. Velocità di convergenza. Condizioni di arresto dell'iterazione. Metodi di Jacobi e di Gauss-Seidel. Il metodo di rilassamento. Convergenza e stima dell'errore. Il metodo del gradiente e del gradiente coniugato

Sistemi di equazioni algebriche non lineari

Sistemi di equazioni algebriche non lineari. Metodo della bisezione. Iterazione del punto fisso. Metodo di Newton Raphson. Convergenza, Stima dell'errore, velocità di convergenza.

Sistemi di equazioni differenziali del primo ordine a derivate ordinarie

Metodi numerici. Metodi di sviluppo in serie. Il metodo di Eulero. Errore di discretizzazione locale. Consistenza del metodo. Studio della convergenza. Errore globale e stabilità numerica. Il metodo di Eulero implicito. Il metodo theta. Influenza degli errori di arrotondamento. Cenni sui metodi di Runge-Kutta.

Cenni sul “Machine Learning”

Introduzione al “machine learning”. Elementi di unsupervised learning: analisi alle componenti principali. Reti Neurali: definizioni, topologia. Percettrore ad uno o più layers. Proprietà di interpolazione universale. Algoritmo Stochastic Gradient Descent (SGD). Introduzione al toolbox di Matlab per la progettazione di algoritmi di machine learning basati su reti neurali. Risoluzione numerica di problemi di interpolazione con reti neurali. Algoritmo di Back Propagation (BP) per il calcolo del gradiente della “loss function” di una rete neurale. Automatic Differentiation (AD): modalità forward e modalità backward. Grafo computazionale. Connessioni tra AD e BP

Sulla Soluzione numerica delle Equazioni di Maxwell

Equazioni di Maxwell nel limite quasi stazionario. L'equazione della diffusione del campo magnetico. Soluzione con il metodo delle differenze finite. Il metodo di Eulero esplicito, implicito e theta. Stabilità. Equazioni delle onde. Formula di D'Alembert. Integrazione esplicita. Analisi di stabilità. Condizione di Courant-Friedrichs-Lewy. Il problema della dispersione numerica. Formulazioni agli elementi finiti per le equazioni di Maxwell. Cenni sugli edge elements.

MATERIALE DIDATTICO

Testi di riferimento

- F. Trevisan, F. Villone, *Modelli numerici per campi e circuiti*, SGE Padova
- G. Miano, *Modelli Numerici per i Campi*, Napoli, settembre 2009, dispense disponibili in formato pdf sul sito www.elettrotecnica.unina.it alla pagina del corso del prof. G. Miano
- Ulteriore materiale didattico (incluso il software utilizzato nelle ore di laboratorio) è disponibile sul sito www.elettrotecnica.unina.it e su TEAMS all'indirizzo del corso. Eventuali ulteriori riferimenti potranno essere dati durante lo svolgimento del corso.

Testi di consultazione

- V. Comincioli, *Analisi numerica: Metodi Modelli Applicazioni*. Nuova edizione, in formato e-book, 981 pp. Apogeo, Feltrinelli Milano, 2005.
- A. Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri, *Numerical Mathematics (Texts in Applied Mathematics Book 37)* Springer 2017.
- A. Quarteroni, *Numerical Models for Differential Problems (MS&A Book 16)* 3rd Edition, Springer 2017.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni frontali (85% circa), esercitazioni e laboratorio informatico con uso di software scritto in MATLAB® (15% circa)

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 (opzionale)	X
Altro	



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"TEORIA DELL'INFORMAZIONE"

SSD ING-INF/03

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA.

ANNO ACCADEMICO: 2025-2026

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE1: AUGUSTO AUBRY

TELEFONO:

EMAIL: AUGUSTO.AUBRY@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I/II

SEMESTRE: I

CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuna propedeuticità.

EVENTUALI PREREQUISITI

Elementi di teoria della probabilità.

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso ha come obiettivo fondamentale la definizione - da un punto di vista quantitativo dell'informazione, in modo da consentire allo studente di comprendere le scelte progettuali alla base del dimensionamento dei sistemi di immagazzinamento, elaborazione e trasmissione dell'informazione. Lo studente acquisirà quindi familiarità con il concetto di "rimozione della ridondanza" (alias codifica di sorgente o compressione senza perdite), di compressione con perdite (comunemente detta quantizzazione, sia scalare che vettoriale), nonché con concetti quali codifica di canale e capacità di canale. Obiettivo non secondario è quello di illustrare alcuni codici 1 soprattutto di sorgente - di particolare importanza applicativa, quali la codifica aritmetica e la codifica universale. Parallelamente, il corso sviluppa alcuni concetti basilari di statistica inferenziale e di ottimizzazione..

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente sarà in grado di comprendere le ragioni di innumerevoli scelte progettuali compiute nell'ambito dei sistemi di trasmissione, immagazzinamento ed elaborazione dell'informazione, i principi fondamentali che regolano il progetto di codici sia di sorgente che di canale, nonché alcune delle metodologie fondamentali per eseguire l'analisi statistica dei dati.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente imparerà a considerare l'informazione come una qualsiasi altra grandezza ingegneristica, ed acquisirà gli strumenti per il dimensionamento di sistemi di memorizzazione, trasmissione ed elaborazione dell'informazione, nonché dell'impiego di alcune metodologie fondamentali della statistica inferenziale.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Generalità. Informazione e sua misura. Entropia, entropia congiunta, entropia condizionale. Mutua informazione e sue proprietà. Divergenza e sue interpretazioni. Estensione alle variabili continue.

Le sorgenti informazionali. Modello di una generica sorgente informazionale. Regola della catena per l'entropia e tasso entropico. Concetto di tipicità. Comprimità delle sorgenti.

Compressione senza perdite. Codici di sorgente e loro classificazione. Disuguaglianza di Kraft e sue conseguenze. Limiti fondamentali sulla lunghezza media dei codici di sorgente. Codici di Shannon, Huffman, e Shannon-Fano-Elias. Codifica aritmetica. Codici di Lempel-Ziv.

Compressione con perdite. Il concetto di distorsione. Principali misure di distorsione: Hamming e distorsione quadratica. Trade-off tra tasso (rate) e distorsione. La funzione rate-distortion e sue interpretazioni. Calcolo della funzione $R(D)$ per alcuni casi notevoli. Estensione del concetto di tipicità. Rate-Distortion Theorem.

Capacità di canale.

a) Canali generici. Modello generale di canale di comunicazione e concetto di capacità. Calcolo della capacità di alcuni canali notevoli. Teorema della capacità di canale: proposizione diretta e proposizione inversa. Cenni alla codifica algebrica. Il teorema di separabilità.

b) Canali Gaussiani. Il canale gaussiano additivo: calcolo della capacità, prova della proposizione diretta e inversa. Canali Gaussiani in parallelo e waterfilling. Canali con rumore gaussiano correlato. Canali gaussiani con feedback.

Elementi di Statistica Inferenziale. Significato di inferenza. Caratterizzazione a priori e a posteriori. Elementi di statistica Bayesiana e non-Bayesiana. Limiti di Rao-Cramer. Stima LMMSE. Generalità sull'algoritmo del gradiente.

Elementi di tecniche di Ottimizzazione. Definizione di problema di ottimizzazione vincolata. Total least squares.

MATERIALE DIDATTICO

T. M. Cover, J. A. Thomas, *Elements of Information Theory*, 2nd Edition, J. Wiley & Sons, 2006 (vedi note per le parti sviluppate nel corso). Slides e appunti integrativi preparate dal docente, disponibili sul canale MSTeams dedicato. Copia delle "lavagne" contenenti le derivazioni eseguite in classe nel corso delle lezioni erogate telematicamente (se previste)

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Il corso prevede circa settanta ore di lezioni frontali, di cui 2/3 del tempo saranno dedicati alla parte teorica e metodologica e 1/3 ad applicazioni ed esercitazioni numeriche.

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	

b) Modalità di valutazione:

La valutazione avverrà sulla base di un colloquio orale teso a verificare che lo studente abbia maturato i concetti basilari impartiti durante il corso.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"COMPONENTI E CIRCUITI OTTICI"

SSD ING-INF/02

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2025-26

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: AMEDEO CAPOZZOLI

TELEFONO:

EMAIL: AMEDEO.CAPOZZOLI@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I

SEMESTRE: II

CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuna propedeuticità.

EVENTUALI PREREQUISITI

Elementi di base dell'elettromagnetismo applicato.

OBIETTIVI FORMATIVI

Offrire gli elementi per la comprensione dei principi elettromagnetici di funzionamento dei componenti e dei circuiti ottici, basati anche su effetti non lineari, e le loro applicazioni più comuni.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente deve dimostrare di conoscere e saper comprendere le problematiche relative al funzionamento dei componenti e circuiti ottici d'uso più comune, dimostrando di sapere elaborare le nozioni teoriche apprese relativamente ai fenomeni elettromagnetici nelle bande di interesse.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Applicando gli strumenti metodologici appresi relativi ai fenomeni elettromagnetici alle frequenze ottiche, lo studente deve dimostrare di saper risolvere problemi concreti, relativi all'analisi e al progetto dei dispositivi e dei circuiti ottici.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Ottica in mezzi anisotropi: concetti fondamentali, strumenti teorici per l'analisi della propagazione alle frequenze ottiche e principali effetti utili nelle applicazioni. Elementi di olografia. [2 CFU]

Componenti ottici: principi di funzionamento, descrizione delle strutture e individuazione dei parametri di progetto. Strutture dielettriche guidanti step e graded index, guide periodiche, polarizzatori, beam-splitter, attenuatori, accoppiatori, interferometri, faraday rotators, isolatori, circolatori, multiplexer, demultiplexer, reticoli, filtri, componenti a cristalli liquidi, dispositivi olografici e dispositivi ottici di memorizzazione, scanner. [4 CFU]

Ottica non lineare: relazioni costitutive non lineari e tensore di suscettività; effetti non lineari del secondo e del terzo ordine; cenni agli effetti di ordine superiore. Applicazioni dell'ottica non lineare. Propagazione solitonica. [1.5 CFU]

Cenni alle metodologie e alle tecnologie per la realizzazione e caratterizzazione sperimentale di componenti ottici. Circuiti ottici: analisi e progetto dell'interconnessione fra componenti. Massima distanza del collegamento dettata dall'attenuazione e dalla dispersione. [1.5 CFU]

MATERIALE DIDATTICO

Si veda sito docente del titolare dell'insegnamento

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 30%.

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	



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"MISURE A MICROONDE ED ONDE MILLIMETRICHE"

SSD ING-INF/02

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2025-26

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: CLAUDIO CURCIO

TELEFONO:

EMAIL: CLAUDIO.CURCIO@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I/II

SEMESTRE: II

CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuna propedeuticità.

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenze base di elettromagnetismo applicato.

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso si propone due obiettivi principali. Il primo ha lo scopo di descrivere le principali tecniche di misura ed il principio di funzionamento degli strumenti più comunemente impiegati alle microonde e alle onde millimetriche. Il secondo di addestrare lo studente all'utilizzo dei più comuni strumenti di misura alle microonde ed onde millimetriche, grazie ad esperienze di laboratorio guidate.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente deve dimostrare di conoscere le principali tecniche di caratterizzazione di dispositivi operanti alle microonde ed onde millimetriche. Deve inoltre conoscere le architetture dei principali strumenti di misura, le più diffuse tecniche di calibrazione e gli ambienti di misura utilizzati in tale ambito.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare di sapere applicare, nell'ambito della caratterizzazione sperimentale dei parametri elettromagnetici dei materiali e nell'ambito della caratterizzazione sperimentale di dispositivi operanti alle microonde ed onde millimetriche, gli strumenti metodologici acquisiti durante il corso e di saper utilizzare i moderni strumenti di misura adoperati nelle applicazioni.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Introduzione ai dispositivi ad N porte lineari e alla loro descrizione elettromagnetica mediante matrice delle impedenze, matrice delle ammettenze, matrice di diffusione e matrice di trasmissione. Dispositivi reciproci, simmetrici, senza perdite e completamente adattati. Proprietà. Teoria dei grafi per la descrizione dei circuiti a microonde ed onde millimetriche e regole elementari per la loro manipolazione. La regola di Mason per la soluzione rapida e generale di un grafo complesso. [1 CFU]

Richiami sull'adattamento di strutture guidanti e sull'utilizzo per la loro soluzione della carta di Smith: adattamento a $\lambda/4$, a singolo, doppio e triplo stub. Esercitazioni di laboratorio. Adattamento a parametri concentrati e realizzazione di elementi concentrati in strutture stampate operanti alle iperfrequenze. [2 CFU]

Strutture riflettometriche basate su accoppiatori direzionali o bridge per la caratterizzazione sperimentale a banda larga dei parametri in riflessione. Introduzione alla loro calibrazione. Strutture operanti in trasmissione per la caratterizzazione sperimentale a banda larga dei parametri in trasmissione. Introduzione alla loro calibrazione. Generatori di segnale: principi di funzionamento e loro utilizzo. Misure di potenza e power meter. Analizzatore di reti scalare (SNA) ed analizzatore di reti vettoriale (VNA): principio di funzionamento ed architetture più comuni (accoppiatori/bridge). Le calibrazioni più comuni di un SNA/VNA: calibrazione OSM/OSL, calibrazione 12 termini e calibrazione TSD; calibrazioni TRL, TRM, TRA e LRL, LRM, LRA. [3 CFU]

Progettazione dei carichi di calibrazione in coassiale. Analizzatore di spettro: principio di funzionamento ed architetture più comuni. Utilizzo di un analizzatore di spettro. Misure nel dominio del tempo. [1 CFU]

Spettroscopia alle microonde ed onde millimetriche. Caratterizzazione sperimentale dei parametri elettromagnetici dei materiali. [1 CFU]

Misure d'antenna e Camera Anecoica Elettromagnetica. [1 CFU]

MATERIALE DIDATTICO

Appunti del corso, libri di testo, pubblicazioni.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni, esercizi ed esperienze numeriche e sperimentali.

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	X
altro	

b) Modalità di valutazione:

L'elaborato progettuale è composto dalle relazioni delle esperienze di laboratorio prodotte dallo studente alla fine del corso. Durante l'esame orale lo studente dovrà, in laboratorio, replicare alcune esperienze presentate durante il corso.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"PROGETTI DI SISTEMI DI TELERILEVAMENTO"

SSD ING-INF/02

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2025-26

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: DANIELE RICCIO

TELEFONO: 081 76 83114

EMAIL: DANIELE.RICCIO@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II

SEMESTRE: II

CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuna propedeuticità.

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenze di base di campi elettromagnetici e di teoria dei segnali

OBIETTIVI FORMATIVI

Gli obiettivi formativi indicano il profilo formativo generale dell'insegnamento e la sua relazione con il CdS. esporre le tecniche da adottarsi per definire le specifiche e progettare un sistema di telerilevamento in grado di soddisfare requisiti assegnati dagli utenti. Presentare le logiche di progettazione dei sensori di telerilevamento ambientale attualmente disponibili o di prossima operatività. Descrivere le principali applicazioni dei dati telerilevati. Abilitare lo studente all'uso dei dati telerilevati effettivamente forniti dalle Agenzie Spaziali: questo obiettivo formativo è raggiunto attraverso l'impiego di dati, programmi di calcolo e strumenti di elaborazione messi a disposizione dalle Agenzie Spaziali stesse.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente deve dimostrare di conoscere e saper comprendere le problematiche legate al telerilevamento attivo e passivo, ai principali modelli di diffusione elettromagnetica di tipo superficiale e volumetrico, all'elaborazione di dati SAR in configurazioni avanzate. In tal senso il percorso formativo intende fornire agli studenti conoscenze specialistiche e strumenti metodologici avanzati per analizzare sistemi di telerilevamento e interpretare dati telerilevati di diversa natura.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare di essere in grado di utilizzare le conoscenze acquisite applicandole concretamente alla progettazione di sistemi di telerilevamento per specifiche applicazioni e all'analisi ed elaborazione di dati telerilevati di diversa natura.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Dalle applicazioni del telerilevamento ai requisiti di sistema. Modelli di diffusione elettromagnetica per sistemi di telerilevamento. Superfici naturali: modelli geometrici ed elettromagnetici di superfici aleatorie, approssimazione di Kirchhoff, soluzioni di Ottica Fisica e Ottica Geometrica. Aree vegetate: modelli per strutture stratificate, teoria del trasferimento radiativo. Zone oceaniche: metodo delle piccole perturbazioni. Aree urbane: modelli per la diffusione e diffrazione elettromagnetica da diedri e triedri, Teoria Geometrica della diffrazione. Atmosfera. Simulazione al calcolatore di campi elettromagnetici diffusi.

Dai requisiti utenti alle specifiche di sistema. Sensori passivi e attivi. Radiometri. Sensori Ottici. Altimetri. Scatterometri. Radar ad Apertura Sintetica: elaborazioni spazio-varianti dei dati SAR, configurazioni Spotlight e Scansar, Topsar. Riflettometria GNSS. Simulazione al calcolatore di dati telerilevati.

Dalle specifiche di sistema alle scelte progettuali. Principali caratteristiche progettuali di alcuni sistemi di Telerilevamento esistenti e di prossima realizzazione delle agenzie spaziali: ASI, ESA, NASA.

Elaborazione dei dati telerilevati. Si adopera il laboratorio virtuale messo a disposizione specificatamente per questo corso dall'Agenzia Spaziale Europea (ESA) che consiste in elaboratori virtuali ad altissima capacità e velocità, software ESA della categoria SNAP, dati dall'Open Hub di ESA. Il tutto operabile dagli studenti sui propri PC. L'elaborazione dei dati può condurre ad una relazione che può essere oggetto di discussione all'esame.

MATERIALE DIDATTICO

Si veda sito docente del titolare dell'insegnamento

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni frontali (67%) ed esercitazioni (33%)

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	



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"MISURE PER LA COMPATIBILITÀ ELETTRONICA"

SSD ING-INF/07

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2025-26

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: NICOLA PASQUINO

TELEFONO: 081 76 83630

EMAIL: NICOLA.PASQUINO@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I/ II

SEMESTRE: II

CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

Fondamenti di Misura

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenza di base dell'analisi spettrale e della propagazione libera e in guida d'onda dei campi elettromagnetici.

OBIETTIVI FORMATIVI

L'insegnamento si propone di fornire allo studente la conoscenza specialistica delle metodologie per lo studio teorico e sperimentale dei fenomeni di compatibilità elettromagnetica e di esposizione umana ai campi elettromagnetici. Costituiranno parte integrante dell'insegnamento lo studio dei principi di funzionamento della strumentazione di misura, delle configurazioni di prova e delle norme tecniche impiegate nel settore. Le conoscenze teoriche acquisite durante l'attività d'aula saranno approfondite mediante lo sviluppo di un progetto sperimentale finalizzato alla verifica della compatibilità elettromagnetica di dispositivi elettrici ed elettronici o dei livelli di esposizione ai campi elettromagnetici in ambienti residenziali e industriali, durante il quale saranno apprese nozioni avanzate sul software di programmazione LabVIEW.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRIPTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

L'insegnamento intende fornire allo studente le conoscenze specialistiche e le metodologie necessarie per comprendere i fenomeni di compatibilità elettromagnetica e l'esposizione umana ai campi elettromagnetici, ed il funzionamento della relativa strumentazione di misura. Grazie a ciò, lo studente sarà in grado di riconoscere la natura del fenomeno di interesse, di individuare la strumentazione e il metodo di misura più idonei, di descrivere quali azioni si debbano eseguire per la misurazione, di interpretare i risultati, di determinare l'esistenza di situazioni di potenziale criticità. Lo studente riuscirà a mettere in connessione le scelte relative alla strumentazione e alla configurazione di prova con i risultati ottenuti, per una più corretta interpretazione del fenomeno.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

L'insegnamento è orientato a trasmettere la capacità di applicare gli strumenti metodologici acquisiti per progettare opportunamente una catena di misura per la verifica dei requisiti di compatibilità elettromagnetica o per la determinazione dei livelli di esposizione umana ai campi elettromagnetici, eseguire le prove, analizzare i dati acquisiti, interpretare i risultati dell'analisi e, infine, produrre un documento riepilogativo dell'attività svolta.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Principi base della Compatibilità Elettromagnetica: sorgenti e vittime dei fenomeni di compatibilità, fenomeni radiati e condotti, immunità ed emissione. Il decibel e il suo impiego nella compatibilità elettromagnetica. Strumentazione di misura: ricevitore di interferenza e rivelatore di picco, quasi-picco, media; rete per la stabilizzazione dell'impedenza di linea (LISN); reti di accoppiamento e disaccoppiamento (CDN); sonde di corrente e di tensione. Modello a due fili per l'emissione di disturbi radiati: disturbi di modo differenziale e modo comune. Ambienti per la verifica della compatibilità elettromagnetica: open area test site, camera schermata, camera semi-anecoica e norme per la verifica delle prestazioni (EN 55016-1-4). Configurazione di prova e modalità esecutive per la verifica dell'immunità e emissione, radiata e condotta: EN 55022, EN 61000-4-3, EN 61000-4-6. La normativa di esposizione ai campi elettromagnetici ambientali: DPCM 8/7/2003 e D.Lgs. 81/08; norme per la misura dell'esposizione della popolazione e dei lavoratori. Sonde e antenne per la misurazione di campi elettromagnetici ambientali. Esecuzione di prove di conformità presso il laboratorio di Compatibilità elettromagnetica; esecuzione di misurazioni di campo elettromagnetico ambientale.

MATERIALE DIDATTICO

- "Introduction to Electromagnetic Compatibility", C. Paul, Ed. Wiley
- Dispense del corso disponibili presso il docente.
- Norme europee per l'esecuzione dei test di verifica di compatibilità.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

L'insegnamento si articola in: lezioni in aula (circa 55% delle ore totali), attività sperimentale in laboratorio (circa 35% delle ore totali), seminari su temi specifici (circa 10% delle ore totali).

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

Modalità di esame:

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



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"SENSORI E TRASDUTTORI DI MISURA"

SSD ING-INF/07

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2025-2026

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: FRANCESCO BONA VOLONTÀ

TELEFONO:

EMAIL: FRANCESCO.BONAVOLONTA@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II

SEMESTRE: II

CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuna propedeuticità.

EVENTUALI PREREQUISITI

Nessun prerequisito

OBIETTIVI FORMATIVI

Obiettivo del corso è di fornire la capacità di progettare e sviluppare autonomamente sistemi di misura basati su sensori, trasduttori di misura, analogici e digitali, e su architetture hardware low-cost a microcontrollore per l'elaborazione numerica dei segnali acquisiti. Particolare attenzione viene posta sull'identificazione delle caratteristiche metrologiche dei sensori, sia statiche che dinamiche, per la scelta più opportuna rispetto ai requisiti del progetto, e sulla realizzazione di opportuni circuiti di condizionamento. L'attenzione è inoltre focalizzata sui parametri principali dell'acquisizione di un segnale, sull'utilizzo ottimale delle risorse hardware messe a disposizione da un microcontrollore, sulla scrittura di efficienti algoritmi di misura in linguaggio C di basso e di più alto livello e su come valutare le prestazioni metrologiche dello strumento sviluppato. Il corso pone anche le basi per lo sviluppo di architetture di Smart Sensors per applicazioni dell'Internet of Things, e declinate per i diversi campi dell'Industria 4.0, delle Smart Grids dell'Agritech, etc., che sfruttano i protocolli di comunicazione innovativi come LoRaWAN.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente deve dimostrare di conoscere e saper comprendere le problematiche relative alla misurazione di grandezze di interesse tipiche delle applicazioni scientifiche e industriali dell'Ingegneria Elettronica e delle Misure Elettriche ed Elettroniche. Deve dimostrare di aver raggiunto la capacità di distinguere tra le diverse metodologie ed individuare la più idonea in termini di incertezza di misura per la misurazione delle grandezze di interesse. Deve inoltre dimostrare la capacità di collegare le nozioni acquisite in altri insegnamenti al fine di definire il sistema di misura a microcontrollore più idoneo per la specifica applicazione di Smart Metering da realizzare.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Dati gli obiettivi e la natura tecnico-applicativa dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare la capacità di applicare la conoscenza e la comprensione mediante l'implementazione e lo sviluppo graduale di una serie di sistemi di misura a microcontrollore, capaci di acquisire grandezze fisiche sia da sensori analogici che digitali. Lo studente deve quindi saper scegliere i sensori più adatti alla specifica applicazione, identificando le caratteristiche metrologiche dei sensori, saper realizzare i circuiti di condizionamento, dimensionare i principali parametri di acquisizione, saper utilizzare le risorse hardware messe a disposizione di un microcontrollore, saper scrivere il firmware di misura di un microcontrollore in linguaggio C, saper sviluppare uno Smart Sensor per applicazioni dell'Internet of Things.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Caratteristiche metrologiche statiche (funzione di taratura, incertezza, sensibilità, risoluzione, linearità e isteresi) e dinamiche (risposta al gradino e risposta in frequenza, tempi caratteristici e banda passante) dei sensori. Il modello del sensore: funzione di conversione, grandezze di influenza, campo di misura, campo di variabilità dell'uscita. Il funzionamento in regime stazionario e dinamico. Sensori di temperatura: termoresistenze, termistori e termocoppie. Sensori di deformazione: estensimetri metallici e a semiconduttore. Sensori di accelerazioni e vibrazioni. Sensori di pressione e microfoni. Sensori di velocità lineare e angolare. Condizionamento dei sensori scopi e criteri di progetto. Microcontrollori: Caratteristiche Generali; Periferiche Integrate; Programmazione; Applicazioni; Internet of Things. Esempi: Fitbit; Energy Meter. Differenza tra Microprocessore e Microcontrollore. Architettura di un Microcontrollore. La demo board STM32F3. Circuiti digitali, analogici, sequenziali. Arithmetic Logic Unit. Memoria Flash e RAM. Codifica del set di istruzioni. Compilatore C. Ambiente di sviluppo IDE IAR embedded workbench: creazione di un progetto. Puntatori. Operazioni e manipolazione sui bit in linguaggio C. Mappatura dei registri in memoria. Lettura e Scrittura dei registri. Configurazione delle periferiche del microcontrollore. Memory Overview. RCC. Porte GPIO. Ingressi Digitali, Uscite Digitali, Alternate function, Ingressi/Uscite Analogiche. Output Data Register. Input Data Register. Misure di tempo con microcontrollore. Contatore. Frequenzimetro. Misura del tempo: trade off range e risoluzione. Timer utilizzato come base dei tempi. Minimizzazione dell'incertezza dovuta alla risoluzione nelle misure di tempo. Utilizzo delle strutture dati. ADC: Configurazione. Campionamento Single-ended o Differenziale. Impostazione del Time Sampling. Impostazione della frequenza di campionamento. Sequenza di campionamento. DAC: generazione di una tensione costante. Generazione di una forma d'onda sinusoidale. Generazione di una forma d'onda arbitraria. Buffer in uscita al DAC. Direct Memory Access (DMA). Utilizzo del DMA per il trasferimento

dati dalla memoria ad una periferica, da una periferica alla memoria, da una zona di memoria ad un'altra. Dual ADC, acquisizione simultanea da due canali. Interrupt Eterni ed Interni. Misure di Tensione, Corrente. Misure di Impedenza con Microcontrollore. Misure con circuito RC Timeng. Misure con ponte di Wheatstone. Periferiche di comunicazione seriale: USART; SPI. Bus di comunicazione CAN, I2C. Sensori digitali MEMS: Accelerometro, Giroscopio, magnetometro. Interfaccia di comunicazione Wireless ESP32, LoRa Semtech SX1272 per la realizzazione di applicazioni dell'Internet of Things.

MATERIALE DIDATTICO

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

- lezioni frontali per circa il 40% delle ore totali,
- esercitazioni per approfondire praticamente aspetti teorici per circa il 20% delle ore totali
- laboratorio per approfondire le conoscenze applicate per circa il 40% 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	
	Esercizi numerici	

(*) È possibile rispondere a più opzioni



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"MISURE SU SISTEMI DIGITALI AD ALTA VELOCITA'"

SSD ING-INF/07

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2025-2026

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: LEOPOLDO ANGRISANI

TELEFONO: 081 7683170

EMAIL: ANGRISAN@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I

SEMESTRE: II

CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuna propedeuticità.

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenze di metrologia generale e di elementi di trasmissione numerica.

OBIETTIVI FORMATIVI

Fornire all'allievo conoscenze specialistiche, in termini di metodologie, normativa nazionale ed internazionale e strumenti per misurazioni nel dominio della frequenza, finalizzate alla verifica della funzionalità e delle prestazioni di un sistema di comunicazione digitale wireless. Consentire all'allievo di acquisire competenze approfondite sulle caratteristiche tecniche e sull'uso del linguaggio grafico LabView, al fine di conferire autonomia nell'allestimento di stazioni automatiche di misura. Mettere in grado l'allievo di analizzare e misurare sperimentalmente le prestazioni dei più comuni sistemi di comunicazione digitale wireless impiegati nelle moderne reti di sensori e, più in generale, in ambito IoT – Internet of Things e IIoT – Industrial Internet of Things.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Il corso fornisce agli studenti le conoscenze, i metodi e la strumentazione specialistica necessari per eseguire misurazioni spettrali, con approccio sia analogico sia numerico. Tali conoscenze e competenze possono consentire allo studente di cogliere le connessioni causali tra i fenomeni fisici nel mondo empirico relativi ai moderni sistemi di comunicazione digitale wireless e le proprietà delle grandezze fisiche ad essi associate nel mondo simbolico, unitamente alle principali caratteristiche che un adeguato metodo di misurazione nel dominio della frequenza, indirizzato a tali proprietà, deve presentare. Esse possono consentire anche di comprendere le implicazioni delle scelte di misura sugli esiti finali della misurazione.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Il corso fornisce abilità e competenze necessarie ad applicare le conoscenze nella pratica, favorendo la capacità di utilizzare metodi e strumenti specialistici per definire, progettare e implementare adeguati approcci metrologici, indirizzati ad affrontare specifiche e alquanto complesse problematiche di misura relative alla verifica della funzionalità e delle prestazioni dei moderni sistemi di comunicazioni digitali wireless.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Misurazioni di interesse a livello fisico nei sistemi di comunicazione digitale wireless: dominio del tempo, della frequenza e della modulazione. Analisi spettrale analogica: importanza e scenari applicativi; architettura, principio di funzionamento, modalità di impiego e caratteristiche metrologiche della strumentazione più diffusa sul mercato. Analisi spettrale numerica: importanza e scenari applicativi; architettura, principio di funzionamento, modalità di impiego e caratteristiche metrologiche della strumentazione più diffusa sul mercato.

Implementazione di macchine a stati finiti in LabView. Modello di Mealy. Modello di Moore. Implementazione Labview di pattern di programmazione producer – consumer per acquisizioni dati ad elevate prestazioni. Programmazione Event Driven. Tecniche di gestione data loseless con notifiers e code. Uso di semafori per la sincronizzazione dei dati.

Protocolli di rete per applicazioni di misura IoT. Realizzazione di stazioni di misura automatiche per l'analisi delle funzionalità e delle prestazioni dei protocolli di rete IoT. Analisi dei risultati ottenuti al variare delle condizioni operative.

MATERIALE DIDATTICO

Dispense del corso, slide proiettate durante il corso, norme internazionali, note applicative di importanti produttori di strumentazione di misura nel dominio della frequenza.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Il docente utilizzerà: a) lezioni frontali per circa il 35 % delle ore totali; b) laboratori per l'applicazione e l'approfondimento delle conoscenze acquisite durante le lezioni frontali per circa il 60% delle ore complessive; d) seminari su temi specifici per circa il 5% delle ore complessive.

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	X
altro	



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"INTEGRATED PHOTONICS"

SSD ING-INF/01

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2025-26

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: GIOVANNI BREGLIO

TELEFONO: 081 76 83128

EMAIL: BREGLIO@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II

SEMESTRE: I

CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuna propedeuticità.

EVENTUALI PREREQUISITI

Nessun prerequisito.

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso si prefigge di introdurre lo studente alle conoscenze e ai concetti che sono alla base della progettazione dei moderni sistemi fotonici integrati. A partire dal richiamare concetti di propagazione di onde Elettromagnetiche in mezzi omogeni e isotropi si prosegue nell'enunciare le leggi base della propagazione guidata e del concetto di distribuzione modale in guida d'onda, per una corretta progettazione di guide planari in materiali dielettrici. Si prosegue con l'analisi dei moderni sistemi passivi ed attivi che oggi vengono utilizzati per la manipolazione delle informazioni a portante ottica. Parte del corso prevede lo studio e l'analisi dei sistemi per la generazione di segnali ottici e per la trasduzione di segnali ottici in segnali elettronici.

Si prevede che, alla fine del corso, lo studente abbia acquisito padronanza nell'analisi e nella comprensione dei moderni sistemi optoelettronici integrati per il trattamento dei segnali e/o per la realizzazione di sistemi di sensori ottici. Ed abbia acquisito adeguata padronanza per poter progettare, in materiali dielettrici e/o a semiconduttore, singoli componenti elettroottici integrati, o complessi sistemi fotonici.

Infine, essendo il corso tenuto in lingua inglese, si ritiene che lo studente abbia migliorato la sua comprensione della lingua ed abbia incrementato la sua capacità di trasferire le proprie conoscenze tecniche in lingua.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Nel corso lo studente affronterà dal punto di vista analitico e progettuale, la realizzazione di componenti e di sistemi per la implementazione di un moderno Circuito Optoelettronico Integrato (Integrated Photonics). Lo studente, quindi sarà portato ad affrontare argomenti che lo porteranno alla conoscenza delle principali problematiche inerenti e connesse alla progettazione di sottosistemi optoelettronici integrati utilizzati principalmente in ambito di trasmissione dati a portante ottica. Inoltre, dovrà dimostrare di aver arricchito il proprio bagaglio culturale grazie alla comprensione di connessioni multidisciplinari, specialmente fra i campi dell'optoelettronica e dei moderni sistemi di monitoraggio basati su sensori integrati in Fibra Ottica.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Ai fini del superamento dell'esame, lo studente deve essere in grado di illustrare a livello di dettaglio quelli che sono gli aspetti teorici e realizzativi che sono alla base delle proprietà di circuiti e dei sistemi optoelettronici integrati svolti nell'ambito del programma del corso. Deve in particolare dimostrare di essere in grado, avendo autonomamente scelto un esempio tecnologico/pratico di riferimento, di padroneggiare gli aspetti teorici e le conoscenze tecnologiche della materia tanto da permettergli di arrivare alla comprensione dei funzionamenti ed essere inoltre in grado di dare dimostrazione della padronanza dei collegamenti multidisciplinari: elettronici, optoelettronici, fisici, funzionali.

Lo studente deve anche essere in grado di definire criteri di dimensionamento di alcuni fondamentali circuiti per le telecomunicazioni nel senso della scelta delle opportunamente componenti passivi e attive per ottenere assegnate specifiche di prestazioni.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Il programma del corso prevede la trattazione a diverso livello di dettaglio, dei principali sottosistemi opto-elettronici che compongono un moderno sistema Fotonico Integrato:

Gli argomenti trattati saranno: richiami di trasmissione ottica guidata; richiami di fibre ottiche e di comunicazioni in fibra; guide planari in diversi materiali dielettrici e a semiconduttori; emettitori di luce integrati a semiconduttore: LED e LASER, dispositivi emettitori a Quantum Wells e Multi Quantum Wells, dispositivi optoelettronici passivi, dispositivi optoelettronici attivi; fotorivelatori; sistemi a cristallo fotonico; cenni di tecnologie di realizzazione. Sensori e sistemi di sensori optoelettronici anche basati sull'uso di sensori in Fibra Ottica.

MATERIALE DIDATTICO

- S.O. Kasap, *Optoelectronics and Photonics*, Pearson Education International
- H.P. Zappe, *Introduction to semiconductor Integrated Optics*, Artech House
- L. Pavesi, *Silicon Photonics*, Springer
- Articoli, fotocopie di altri testi o appunti, lucidi delle lezioni (sito docenti Unina)

- Dispense delle lezioni e materiale integrativo. (sito docenti Unina)

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Il docente si avvarrà: a) di lezioni frontali per almeno il 80% delle ore totali, b) di esercitazioni ed esperienze di laboratorio volte ad avvicinare lo studente a reali problematiche della materia, per il tempo restante.

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	X
altro	



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"CIRCUITI PER DSP"

SSD ING-INF/01

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2025-26

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: DAVIDE DE CARO
TELEFONO: 081-7683136
EMAIL: DADECARO@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II
SEMESTRE: I
CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuna propedeuticità.

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenza di base del funzionamento dei circuiti digitali e del linguaggio C.

OBIETTIVI FORMATIVI

L'insegnamento si pone l'obiettivo di fornire agli studenti le nozioni avanzate e di alto livello relative alla implementazione degli algoritmi di elaborazione digitale dei segnali e, inoltre, di acquisire le conoscenze, sia di base sia avanzate, relative alle architetture dei circuiti DSP disponibili commercialmente, delle problematiche, sia teoriche che pratiche, relative alla implementazione ottimale, in tempo reale, su DSP, dei principali algoritmi di elaborazione digitale dei segnali e dell'ambiente di sviluppo per la loro programmazione.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Al termine del processo di apprendimento lo studente è edotto sulle principali tecniche di elaborazione dei dati in virgola fissa e mobile, sugli strumenti di analisi degli errori di rappresentazione e delle problematiche di overflow in un sistema lineare realizzato in aritmetica a virgola fissa, sulle principali tecniche di prevenzione/gestione dell'overflow, sulle problematiche teoriche relative alla descrizione in linguaggio C di algoritmi di elaborazione digitale dei segnali, sulle caratteristiche architetture di minima che identificano un circuito DSP (Digital Signal Processor), sulle problematiche relative alla pipeline nei DSP, sia nel caso di pipeline protetta che nel caso di pipeline non-protetta, sulle caratteristiche dei DSP ad elevato parallelismo di elaborazione -in particolar modo basati su architettura di tipo Very Long Instruction Word (VLIW)-, alle forme di parallelismo al livello dell'istruzione set del DSP -istruzioni Single-Instruction-Multiple-Data-, sulle tecniche di ottimizzazione del codice per le architettura VLIW -in particolar modo utilizzando tecniche di Loop Unrolling e Software Pipelining-, sulle caratteristiche di base e avanzate dei sistemi di interruzione e DMA (Direct-Memory-Access) nei DSP, sulle caratteristiche delle interfacce di comunicazione del DSP -in particolar modo quelle di tipo seriale sincrone-, sulle problematiche relative alla realizzazione su un DSP di sistemi di elaborazione in tempo reale -in particolar modo utilizzando l'elaborazione in streaming oppure a blocchi-.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Al termine del processo di apprendimento lo studente è in grado di progettare, autonomamente, l'implementazione in aritmetica a virgola fissa e mobile, di un algoritmo di elaborazione dei segnali tenendo conto sia degli errori di rappresentazione che delle problematiche connesse all'overflow e di determinare l'approccio di prevenzione/gestione dell'overflow che meglio si adatta alla specifica applicazione.

Lo studente acquisisce inoltre la capacità di descrivere in linguaggio C un algoritmo di elaborazione digitale dei segnali con particolare riferimento alle problematiche relative alla efficiente implementazione su DSP sia a virgola fissa che a virgola mobile. Lo studente padroneggia inoltre le tecniche di ottimizzazione del codice, con particolare riferimento alle architetture VLIW ed è in grado di gestire nel modo migliore possibile, in relazione alla specifica applicazione, il trade-off tra tempo di calcolo e dimensione del codice applicando le tecniche di Loop Unrolling e Software Pipelining.

In fine, lo studente padroneggia gli approcci per l'elaborazione in tempo reale di un algoritmo di elaborazione digitale su un DSP, e, in relazione alle caratteristiche della specifica applicazione, può risolvere nel modo migliore possibile il trade-off tra massima frequenza di elaborazione e latenza adottando approcci di elaborazione in streaming oppure a blocchi. Lo studente inoltre padroneggia le problematiche inerenti l'impiego delle unità DMA sia a supporto dell'elaborazione, sia a servizio delle interfacce del DSP nella elaborazione a blocchi.

Autonomia di giudizio, Abilità comunicative, Capacità di apprendimento

In relazione a tutte le capacità descritte in precedenza, lo studente acquisisce inoltre capacità autonoma di giudizio essendo, questa, tra l'altro, nel particolare contesto, un presupposto imprescindibile dell'attività creativa di tipo progettuale che rientra nelle capacità di applicare la conoscenza che sono sviluppate.

Durante l'insegnamento gli studenti vengono inoltre stimolati nella acquisizione degli strumenti che consentono l'approfondimento in modo autonomo degli argomenti trattati, mentre le metodologie di verifica dell'apprendimento da parte degli studenti tendono a sviluppare anche le loro abilità comunicativa.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Introduzione: Circuiti per l'Elaborazione Digitale: ASIC, FPGA, DSP. Elaborazioni Real-Time.

Problematiche numeriche nella rappresentazione dei segnali: Richiami sulle rappresentazione Fixed-Point e Floating-Point; Precisione ed Errori di Quantizzazione; Errori di Quantizzazione al livello di Sistema; Overflow e tecniche di prevenzione: Variazione della Rappresentazione, Scaling, Scaling per segnali a banda stretta, Scaling Statistico, Aritmetica Saturata, Bit di Guardia; Applicazione delle tecniche di prevenzione dell'Overflow ad un Filtro FIR. Descrizione degli algoritmi di DSP in linguaggio C: rappresentazione Fixed-Point Generalizzata, Regole di Promozione del Tipo, Esempio (filtro FIR con tecnica dei bit di Guardia).

Architetture di base dei circuiti DSP: Datapath; Architettura Harvard ed Harvard modificata; Memoria nei DSP: Banchi Separati, Banchi in Interweaving, Memorie Dual-ported, Allineamento dei Dati ed Accessi Multipli, Gerarchie delle memorie, Caching coerenza e predicibilità; Repeat Buffer; Indirizzamenti per DSP ed Unità di generazione degli indirizzi: indirizzamento Circolare e Bit-Reversal; Tecniche di Zero-Overhead-Looping; Semplici periferiche nei DSP: Timers/PWM generators; Esempi di DSP della Texas Instruments: architetture C2xx, C54xx e C55xx.

Architetture avanzate dei DSP: Trade-off tra Ortogonalità e Dimensione del Codice; Pipelining nei DSP: Pipeline non-Protetta o Visibile, Pipeline Protetta o Trasparente, Hazards Strutturali, Hazard sui Dati e Dipendenze, Hazard di Controllo, Delayed-Branch; Scheduling Statico e Dinamico delle Istruzioni; Architetture Superscalari (cenni); Architetture Very-Long-Instruction-Word (VLIW); Pipeline non-Protetta ed Interruzioni (trade-off tra interrompibilità del codice e tempo di calcolo); Istruzioni ed Aritmetica Single-Instruction-Multiple-Data (SIMD); DSP VLIW della Texas Instruments: architetture C64xx, C67xx, C66xx. Cenni ai principali DSP di Analog Devices (Blackfin, SigmaDSP, SHARC e TigerSHARC) e Freescale (Symphony, StarCore SC3400 e SC3850). DSP con Multi-threading Hardware: architettura Hexagon di Qualcomm. SoC basati su DSP di Texas Instruments: DaVinci Digital Media Processor, OMAP, Keystone e Keystone II.

Architettura dei DSP Texas Instruments C64xx e C67xx: Architettura VelociTI; Set Istruzioni; Architettura delle Memoria e Caching su due livelli; Esecuzione Condizionale; Indirizzamenti con offset; Indirizzamenti Circolari e Registro AMR; Pipeline del DSP: Delay-Slots e Latenza delle istruzioni; Istruzioni SIMD.

Sviluppo del Codice ed Ottimizzazione per DSP VLIW: Sviluppo in Assembly: Grafi delle Dipendenze, Parallelizzazione delle Istruzioni, Eliminazione dei NOP, Loop Unrolling; Software Pipelining: Minimum-safe-trip-count, Resource-Bound, Loop-Carried-Resource-Bound, Esecuzione Speculativa, Problemi di Live-too-Long, Utilizzo congiunto di Loop Unrolling e Software Pipelining; Sviluppo del codice in Linear-Assembly; Sviluppo del Codice in C: direttive per il Software Pipelining e l'Unrolling, Aliasing dei Puntatori, Direttive per l'Allocazione in Memoria, Livelli di Ottimizzazione, Funzioni Static, Interrompibilità del Codice, Software Pipelined Loop Buffer (SPLOOP); Linker, Variabili Globali e Static, Allocazione delle variabili Near e Far, Start-up del DSP.

Interrupt e DMA nei DSP Texas Instruments C6x: Interrupt: funzionalità di base, registri per la gestione degli interrupt, funzionamento dettagliato in Hardware, scrittura della Interrupt-Service-Routine (ISR), tempi caratteristici; DMA: funzionalità di base, parametri e tipologie di trasferimento, sincronizzazione, Quick-DMA, generazione di interrupt di completamento, esempi.

Implementazione Real-Time degli Algoritmi di DSP: Interfacce Seriali Sincrone ed interfaccia McBSP dei DSP Texas C6x; Gestione delle comunicazione in Polling, Interrupt, DMA; Elaborazioni in Streaming di tipo Interrompibile e non-Interrompibile, Controllo di Flusso nelle elaborazioni in Ricezione/Trasmissione; Sistemi Operativi Real-Time e Elaborazioni con Prelazione; Elaborazioni a Blocchi: Ping-Pong Buffering; Tecniche di Buffering per gli Algoritmi con Memoria; Debugging off-line e real-time nei DSP, Tecniche di In-System Debugging tramite interfaccia JTAG.

Esercitazioni: Le esercitazioni sfruttano l'ambiente di sviluppo Code Composer Studio di Texas Instruments e le schede per la prototipizzazione rapida su DSP DSK-C6713.

Implementazioni di Filtri FIR: Calcolo dei Coefficienti, Progetto Numerico e Problematiche di Overflow, Ottimizzazione del Codice con esempi di Unrolling, Software Pipelining, Buffering dei dati; Prove sperimentali con I/O in Real-time dal Codec audio presente sulla board DSK-C6713: filtro FIR, equalizzatore audio a 5 bande, equalizzatore audio a 5 bande mediante Sistema Operativo real-time, equalizzatore audio a 9 bande mediante Sistema Operativo real-time.

MATERIALE DIDATTICO

- John G. Proakis, Dimitris G. Manolakis, "Digital Signal Processing: Principles, Algorithms and Applications", 4° edition, Prentice Hall 2007
- Sen M. Kuo, Woon-Seng Gan, "Digital Signal Processors: Architectures, Implementations, and Applications", Prentice Hall 2005
- Appunti delle lezioni
- Testi delle esercitazioni

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lo svolgimento dell'insegnamento prevede lezioni frontali, esercitazioni in aula e, compatibilmente con gli aspetti organizzativi, esercitazioni in laboratorio.

Per lo svolgimento delle esercitazioni gli studenti adottano l'ambiente di sviluppo Code Composer Studio della Texas Instruments. Le esercitazioni in laboratorio, oltre a Code Composer Studio, prevedono l'impiego di board per il prototyping rapido (DSK6713 della Texas Instruments) e la strumentazione di base di un laboratorio di elettronica (oscilloscopio, generatore di segnali).

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 (discussione esercitazioni)	✓



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"POWER DEVICES AND CIRCUITS"

SSD ING-INF/01

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2025-26

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: FRANCESCO GIUSEPPE DELLA CORTE

TELEFONO:

EMAIL: FRANCESCOGIUSEPPE.DELLACORTE@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO (I, II, III): II

SEMESTRE (I, II): I

CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuna propedeuticità.

EVENTUALI PREREQUISITI

Semiconductor devices physics. Characteristics of the MOSFET, the BJT and the diode.

OBIETTIVI FORMATIVI

The Power Devices and Circuits course aims to present the main problems, together with the related circuit solutions, connected to the conditioning of electric power in all those applications in which the conversion efficiency is of fundamental importance, regardless of the amount of power actually managed, and therefore in voltage regulators used in the microchips as well as in the power supplies for large electrical loads. As a matter of fact, if on the one hand the growing diffusion of battery-powered portable electronic devices raises the problem of the limited energy available inside them and the consequent target of maximizing efficiency to prolong their functioning for as long as possible, on the other hand the global climate emergency requires more and more attention to the efficient use of electricity in large appliances or industrial plants. In these, as in many other applications in between, modern solid state devices and electronic circuits play an essential role, and their knowledge and optimization are the central object of this course.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

After passing the exam, one possesses advanced knowledge of the most modern semiconductor electronic devices used in power electronics and their optimal use in circuits for the conversion of static power. Furthermore, it is possible to understand the impact of the physical and operational limits of these devices on the fundamental electrical characteristics of the power conditioning circuits, and to identify the most efficient solutions depending on the application in question. Finally, it is possible to understand the impact of temperature control techniques on the correct functioning of said devices and circuits.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

In order to pass the exam, it is necessary to be able to explain the operation of modern semiconductor devices used in power electronics, illustrating, even in a comparative way, their respective electrical characteristics, physical limits, advantages and disadvantages that can derive from their use in various contexts. It is also necessary to know the properties of the main power conditioning circuits, understanding each time which of these properties are most relevant depending on the required application. Finally, it is necessary to have acquired good familiarity with the computer aided design (CAD) tools normally used in power electronics (SPICE and similar environments).

PROGRAMMA-SYLLABUS

Power semiconductor devices. Rectifiers: PiN diode and Schottky diode. Controlled rectifiers: SCR, GTO. Bipolar controller devices: BJT. Voltage controller devices: MOS and IGBT. Current and voltage limitations. Superjunction devices. Transient behavior for power semiconductor devices. Integrated power devices. Wide bandgap materials. GaN power devices. Safe Operating Area. Power amplifiers. Power conversion. Power efficiency. Static and dynamic power dissipation. Circuits: linear regulators, Low Drop Out (LDO) regulators, bandgap reference circuits, DC/DC converters, Buck, Boost, Bridge. Inverters DC/AC. Isolated converters: flyback and forward. Driving circuits. Device ratings. Thermal impedance and thermal resistance. Device cooling strategies. Case studies: maximum power point trackers (MPPT) for photovoltaic applications, inverters for automotive powertrains, wireless power chargers, circuits for energy harvesting.

MATERIALE DIDATTICO

Slides used during the lessons, notes provided by the teacher, video recordings of lessons

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

The teacher will use: a) lectures for about 70% of the total hours, b) exercises for the application and deepening of theoretical aspects, both numerical and based on the use of circuit simulators.

There will also be short seminars held by experts in the field of circuit design for power management.

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	X
altro	

b) Modalità di valutazione:

Assessment exams consist of an oral test, aimed at ascertaining the understanding of the theoretical and practical aspects, also in a comparative way, of the devices and circuits for the efficient conditioning of electrical power, as well as of the methods for analyzing the aforementioned circuits .

In order to pass the exam with a minimum grade of 18/30 it is necessary that the knowledge/skills of about the course topics are at least at an elementary level. A grade between 20/30 and 24/30 is given when you are able to correctly illustrate the applicative part of the topics covered, but have elementary skills in the theoretical part. A grade between 25/30 and 30/30 is assigned when the student is able to correctly illustrate the application implications and demonstrate good skills in the theoretical part. Honors can be attributed to those who have acquired excellent skills both in the application and in the theoretical part.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"DISPOSITIVI E SISTEMI FOTOVOLTAICI"

SSD ING-INF/01

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2025-26

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: SANTOLO DALIENTO
TELEFONO: 081-7683122
EMAIL: DALIENTO@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II
SEMESTRE: I
CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuna propedeuticità.

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenza di base del funzionamento dei dispositivi elettronici.

OBIETTIVI FORMATIVI

L'insegnamento si pone l'obiettivo di fornire agli studenti le nozioni avanzate e di alto livello relative alla analisi e progettazione dei dispositivi e dei sistemi fotovoltaici, inclusi gli aspetti economici e la progettazione degli statici per la gestione dell'energia elettrica prodotta da fonte solare.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Al termine del processo di apprendimento lo studente conosce in maniera approfondita la fisica di funzionamento delle celle solari a singola giunzione e multigiunzione, sia basate su silicio cristallino che su film sottile. Conosce ed è in grado di comprendere il legame tra le proprietà fondamentali dei semiconduttori e le proprietà dei dispositivi fotovoltaici che su di essi si basano. È in grado di comprendere a livello di sistema il l'interazione tra le diverse celle solari che compongono un pannello solare ed i limiti di funzionamento corrispondenti. Conosce e comprende le modalità con cui, in maniera modulare, possono essere realizzati sistemi per la produzione di energia elettrica da fonte solare di qualsiasi dimensione. Conosce le problematiche legate all'alternanza di produzione indotta dalla variabilità della fonte solare e conosce in maniera approfondita le modalità di interazione tra la luce solare ed il sistema fotovoltaico. Conosce i sistemi elettronici per la conversione dell'energia basati sui circuiti inverter a singolo e con stadio di ingresso DC-DC. Conosce gli algoritmi (MPPT) ed i corrispondenti sistemi hardware necessari affinché dal sistema fotovoltaico venga estratta la massima potenza possibile in ogni condizione di funzionamento dinamicamente determinata. Conosce i principali software per l'analisi ed il dimensionamento dei dispositivi e dei sistemi fotovoltaici, compresi quelli per il progetto dei convertitori.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Al termine del processo di apprendimento lo studente è in grado di caratterizzare un dispositivo fotovoltaico di qualsiasi tecnologia estraendone i parametri di merito che ne definiscono il funzionamento. È in grado di ricercare ed evidenziare anomalie di funzionamento in sistemi complessi e di individuarne le cause. È capace di progettare autonomamente, un sistema fotovoltaico di qualsiasi dimensione essendo capace di determinarne la produzione attesa con riferimento alle specifiche di progetto ed il rientro economico mediante l'utilizzo di software avanzati di cui conosce e controlla modalità operative e limiti di funzionamento. Lo studente è inoltre in grado di dimensionare correttamente gli elementi di un convertitore DC-DC sia di tipo buck che di tipo boost e di progettare, a livello funzionale, un inverter per sistemi grid connected sia singolo stadio che a doppio stadio. Lo studente è anche in grado di definire gli algoritmi, da implementare in logica a microprocessore, per il controllo con tecnica PWM dei convertitori.

Autonomia di giudizio, Abilità comunicative, Capacità di apprendimento

In relazione a tutte le capacità descritte in precedenza, lo studente acquisisce inoltre capacità autonoma di giudizio essendo, questa, tra l'altro, nel particolare contesto, un presupposto imprescindibile dell'attività creativa di tipo progettuale che rientra nelle capacità di applicare la conoscenza che sono sviluppate.

Durante l'insegnamento gli studenti vengono inoltre stimolati nella acquisizione degli strumenti che consentono l'approfondimento in modo autonomo degli argomenti trattati, mentre le metodologie di verifica dell'apprendimento da parte degli studenti tendono a sviluppare anche le loro abilità comunicative.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Introduzione: Proprietà dei semiconduttori;

Proprietà dei materiali semiconduttori: Il silicio cristallino intrinseco: struttura e proprietà elettriche, Il silicio cristallino estrinseco, La corrente di diffusione, La giunzione p-n all'equilibrio termodinamico e la barriera di energia, la barriera di energia potenziale, La giunzione p-n polarizzata e la barriera di energia, Generazione e ricombinazione dei portatori, Equazioni fondamentali dei semiconduttori, Breakdown, Diodo tunnel

La cella solare: Effetto della luce sui semiconduttori, La giunzione p-n per la conversione dell'energia solare, Struttura di una cella solare reale, Principi alla base della conversione fotovoltaica, Interazione luce-materia, La radiazione solare sulla terra e lo spettro standard AM1.5, L'energia del fotone ed in energia elettrica, Limite assoluto per l'efficienza di un

dispositivo fotovoltaico: il principio dell'equilibrio dettagliato, Tensione generabile da una cella solare, Caratteristica corrente-tensione, Potenza, Circuito equivalente di una cella solare

Efficienza di una cella solare e corrente fotogenerata: Fill Factor, Efficienza teorica massima per una cella a giunzione p-n, Calcolo della corrente fotogenerata, Passivazione superficiale e Back Surface Field, Risposta spettrale ed efficienza quantica,

Caratterizzazione e modellistica delle celle solari: Dipendenze dalla temperatura dei parametri di una cella solare, Dipendenza dall'intensità luminosa dei parametri delle celle solari: cenni sui sistemi a concentrazione, Parametri parassiti di una cella solare: resistenza serie e resistenza shunt, Modello a doppio diodo, Effetto delle resistenze serie e shunt sul FF, Ottimizzazione della griglia frontale di una cella solare, Metodi per la misura della resistenza serie e della resistenza shunt, Tecniche per la minimizzazione della luce riflessa dalla superficie di una cella solare, Testurizzazione

Celle solari a film sottile: Dipendenza dei parametri di una cella in silicio dallo spessore, Tecnologia di realizzazione e proprietà dei film sottili, Altri composti del silicio per celle a film sottile, Struttura della cella solare in silicio amorfo: la cella p-i-n, Calcolo della corrente fotogenerata in una cella p-i-n, Considerazioni sulla corrente fotogenerata in una cella p-i-n e caratteristica I-V, Confronto tra le caratteristiche I-V di celle in aSi e cSi, Dimensionamento della regione intrinseca, Dipendenza dalla temperatura dei parametri delle celle in silicio amorfo, Effetto Staebler-Wronski, Comportamento in condizioni di scarsa illuminazione, Celle solari multigiunzione, Current matching nelle celle tandem, Efficienza di una cella tandem, Cella a tripla giunzione, Cenni sulle celle CIS/CIGS e CdTe, Cenni sulle celle a concentrazione basate sul GaAs, Cenni sulle celle solari organiche,

Struttura e funzionamento dei pannelli fotovoltaici: Dalla cella solare al pannello fotovoltaico, Effetto dei parametri parassiti sulla caratteristica I-V di un pannello solare, Caratteristica I-V di un pannello fotovoltaico nel caso di illuminazione disuniforme, Il diodo di bypass, Caratteristica corrente-tensione in caso di ombreggiamento disuniforme, Pannelli fotovoltaici in film sottile, La certificazione dei moduli in silicio cristallino e policristallino, Prove di qualificazione per i moduli fotovoltaici a film sottile

Dal modulo al campo fotovoltaico: Dal pannello fotovoltaico alla stringa, Modello circuitale di una stringa fotovoltaica, Caratteristica tensione corrente di una stringa fotovoltaica in caso di ombreggiamento parziale, Dalla stringa fotovoltaica al campo fotovoltaico: collegamento di stringhe in parallelo, Conversione centralizzata e conversione distribuita, Norme per il collegamento alla rete elettrica degli impianti fotovoltaici, La DK5940, Il conto energia, Modalità di allacciamento e scelta del convertitore, Il dispositivo di interfaccia, Compatibilità tra campo fotovoltaico ed inverter, Dimensionamento di un generatore fotovoltaico, Rischio di incendio negli impianti fotovoltaici

Geografia solare: Altezza solare e angolo di tilt, Declinazione solare, Equazione oraria, Angolo orario, Calcolo dell'altezza solare, Angoli di azimut del pannello e del Sole e valutazione dell'angolo di incidenza, Orientazione ottima del pannello, Calcolo della producibilità di un pannello fotovoltaico, Inseguitori solari, Determinazione dell'ombra, Auto-ombreggiamento e mascheratura

Conversione dell'energia: Il convertitore DC/AC, PV inverter grid connected, Controllo dell'inverter, Inverter doppio stadio, Convertitori DC-DC, Inverter con configurazione a mezzo ponte, Inverter con trasformatore, Controllo MPPT, Rendimento dei sistemi fotovoltaici collegati alla rete elettrica, Considerazioni generali sugli MPPT, Anti-islanding

MATERIALE DIDATTICO

- S. Daliento, V. d'Alessandro, P. Guerriero, Dispositivi e Sistemi Fotovoltaici, EDISES, 2014
- Appunti delle lezioni
- Testi delle esercitazioni

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lo svolgimento dell'insegnamento prevede lezioni frontali, esercitazioni e lezioni di laboratorio.

Per lo svolgimento delle esercitazioni gli studenti adottano gli ambienti di sviluppo PC1D, SPICE, PVSyst, Matlab.

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 (discussione esercitazioni)	✓



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"SYSTEM ON CHIP"

SSD ING-INF/01

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2025-26

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: NICOLA PETRA

TELEFONO: 081 76 83680

EMAIL: nicola.petra@unina.it

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II

SEMESTRE: I

CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuna propedeuticità.

EVENTUALI PREREQUISITI

The course requires a basic knowledge of digital circuits, C programming language and one of the hardware description languages (VHDL or Verilog).

OBIETTIVI FORMATIVI

The objective of the course is the analysis and the design of complex electronics systems integrated within a single silicon chip. Such systems, while advantageous in terms of performance, require overcoming several issues related to the integration of heterogeneous circuits, the use of shared resources, the need to co-designing the hardware and the software parts of a complex application.

The course provides advanced methodologies for the design and the validation of a complex electronic system. Architectural optimization strategies are provided. Solutions for on-chip communication are discussed and analyzed. Modern interfaces for off-chip communication are also thoroughly explained. The course also introduces to the state-of-the-art design technologies used in the industry.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRIPTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

By the end of the course the students must prove to own the following knowledge and understanding:

- *advanced knowledge of a System on Chip architecture: memory mapped architectures, system bus, serial interfaces, memory organization, scheduler, accelerators architecture, error correction circuits*
- *advanced knowledge of the techniques used for the design and the validation of a System on Chip: SystemVerilog language, High-Level synthesis*
- *knowledge of the typical architectures for data-paths used in a System on Chip*
- *ability to evaluate the performance of a System on Chip and its sub-systems*

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

The students must prove to be able to design simple systems based on the memory-mapped architecture.

The students must prove to be able to synthesize an accelerator using a software for the high-level synthesis.

The students must prove to be able to validate the functionality of a system using the SystemVerilog language.

The student must prove to be able to use industry standard tools for the development of System on Chip based on a programmable architecture, such as the Xilinx Zynq device.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Memory mapped architectures. Processing system of a programmable SoC. System bus architectures: AMBA bus, AXI protocol. High-level synthesis: allocation scheduling and binding, functional units and simple operators, static and dynamic floorplan, buffering, loop pipelining and unrolling, memory decomposition, dataflow architectures, handshaking, formal techniques. SystemVerilog: data types, clocking object, procedural statements, program object, concurrent programming, DPI, interfaces, assertions, classes, coverage. Serial interfaces: examples (IIC, SPI, JTAG, CAN), serial interfaces advantages and features, coding and scrambling, clock recovery, access methods, error detection and correction. Memory organization. Case studies: FFT accelerator, Computer Vision accelerator, audio elaboration, discrete cosine transform.

MATERIALE DIDATTICO

The course has no official textbook. The slides used during lessons, the laboratory guides and additional teaching material will be made available on the course webpage.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Oral lessons (50 hours) and lab sessions (30 hours). Lessons will be recorded and available for students.

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	



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

“RETI ELETTRICHE COMPLESSE E SIMULAZIONE CIRCUITALE”

SSD ING-IND/31

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRICA

ANNO ACCADEMICO: 2025-26

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: CIRO VISIONE

TELEFONO:

EMAIL: CIRO.VISIONE@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II

SEMESTRE: II

CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Fondamenti di circuiti, Elettronica generale

OBIETTIVI FORMATIVI

Arricchire il bagaglio metodologie e strumenti sia teorici che numerici per l'analisi dei circuiti, in vista dell'analisi di reti complesse; introdurre le principali fenomenologie non lineari e le dinamiche complesse, anche in relazione ad esempi applicativi; sviluppare la capacità di analisi qualitativa e numerica di circuiti e reti complesse integrando conoscenza dei modelli numerici e simulazione circuitale.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Il percorso formativo fornisce agli studenti un ampliamento delle conoscenze sia teoriche che numeriche sui circuiti lineari e non lineari, rispetto ai corsi introduttivi. Lo studente verrà esposto e imparerà a selezionare le formulazioni analitiche e gli algoritmi numerici più adatti all'analisi di circuiti nelle diverse applicazioni. Inoltre, prenderà contatto con i principali concetti di dinamica non lineare dei circuiti, fino alle dinamiche caotiche e le reti complesse.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente dovrà mostrare di essere in grado di analizzare problemi circuitali complessi, con strumenti numerici sia di tipo "general purpose" che costruiti ad hoc, selezionando le formulazioni e gli algoritmi in relazione alle proprietà delle specifiche applicazioni.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Revisione del modello circuitale, elementi circuitali e proprietà, soluzione analitica e numerica. Teoria dei grafi, matrici topologiche e loro relazioni, principali formulazioni delle equazioni circuitali; equazioni di stato e circuito resistivo associato. Circuiti non lineari, unicità della soluzione ed analisi qualitativa. Biforcazioni e caos nei circuiti, reti complesse: sincronizzazione e clustering. Macro-modeling circuitale, identificazione e riduzione d'ordine, realizzazione e fondamenti sulla sintesi.

Algoritmi per la soluzione numerica delle equazioni circuitali in circuiti a-dinamici e dinamici (lineari e non lineari). Classificazione e valutazione dell'errore numerico e delle proprietà degli algoritmi. Strutture dati, algoritmi e parametri di SPICE.

Laboratorio numerico con analisi SPICE e MATLAB di circuiti dinamici non lineari, identificazione di modelli ridotti, ottimizzazione, sincronizzazione e controllo, con esempi di applicazione a complex networks e power converters.

MATERIALE DIDATTICO

- M. Hasler, J. Neirynck, *Non Linear Circuits*, Artech House, 1986, ISBN# 0-89006-208-0.
- L.O. Chua, P.M. Lin, *Computer aided analysis of electronic circuits: algorithms & computational techniques*, Prentice Hall, 1975, ISBN# 0-13-165415-2.
- A. Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri, *Matematica Numerica* Springer 2008, ISBN# 978-88-470-0782-2.
- A. Vladimirescu, *Spice*, Mc Graw-Hill, 1995.
- Dispense ufficiali del corso, slides ed altro materiale disponibili all'indirizzo www.elettrotecnica.unina.it

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni frontali (70% circa) ed esercitazioni frontali (30% 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	X
altro	



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

QUANTUM CIRCUIT ELECTRODYNAMICS AND QUANTUM DEVICES

SSD ING-IND/31

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2025-26

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: CARLO FORESTIERE

TELEFONO: 081 76 82007

EMAIL: CARLO.FORESTIERE@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I/II

SEMESTRE: I

CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuna propedeuticità.

OBIETTIVI FORMATIVI

Qubits are the basic units of systems for quantum information (quantum computer, quantum internet, ...). They are two - state quantum mechanical devices, the quantum version of the classical two - state devices. Classical two - state devices would have to be in one state or the other, instead qubits can be in a coherent superposition of both states, a fundamental property of quantum mechanics. Examples of qubits include: the spin of the electron in which the two states can be taken as spin up and spin down; or the polarization of a single photon in which the two states can be taken to be the vertical polarization and the horizontal polarization. The most promising technology for the fabrication of qubits uses at present superconducting electrical circuits based on Josephson junctions (IBM, D-Wave Systems, Rigetti, Google, Quantum Circuits – Yale,...).

If decoherence due to uncontrolled degrees of freedom is sufficiently reduced electrical circuits can behave quantum mechanically. In a superconducting material, all super electrons can be in the same quantum coherent state. As a consequence, superconducting devices can be engineered in a way to behave as macroscopic artificial two – level atoms. The research field of quantum state engineering with superconducting electrical circuits was born from fundamental questionings about the possibility of observing macroscopic quantum phenomena. Experiments have widely demonstrated that the quantum state of superconducting electrical circuits based on the Josephson junction can be effectively manipulated, controlled and readed–out.

Compared to real atoms, superconducting electrical circuits are macroscopic in size, leading to large electrical or magnetic dipoles, which facilitates their coupling to other circuits and systems.

In particular, superconducting qubits can be strongly coupled to superconducting resonators, which offer architectures for quantum information processing. In fact, this enables single - qubit control and read–out, multi - qubit entanglement and gates. In addition, it is possible to couple superconducting circuits and resonators to other quantum systems such as spins or mechanical resonators, forming so called Hybrid Quantum Devices.

This course starts from the Lagrangian and Hamiltonian formulations of classical electrical circuits, give the concept of quantum electrical circuit and, then, superconducting qubits are progressively introduced. The links between electrical quantum gates, entanglement and quantum measurement are pointed out. The fundamental circuits for quantum computing are introduced

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

This course, starting from the fundamentals of quantum mechanics, the classical electromagnetism, and the (lumped and distributed) circuit model, introduces the new paradigm of "quantum electrical circuit" at the basis of quantum computers based on Josephson junctions.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

This course provides both the basic knowledge for understanding quantum electrical circuits, and the tools for their analysis, design and development.

PROGRAMMA-SYLLABUS

- 1) What are Quantum Circuits, Qubits and Quantum logic gates. The Bloch sphere.
- 2) **Classical Electrical Circuits:** Lumped element circuits, distributed element circuits, Kirchhoff circuit laws, constitutive relations. Dissipative and non-dissipative circuits. Lagrangian and Hamiltonian formulations for non dissipative circuits, conjugate electrical variable pairs, Poisson brackets. Circuits with dissipative elements, the Caldeira – Leggett model. Fluctuation – dissipation theorem. Langevin equation.
- 3) **Non Dissipative Quantum Electrical Circuits:** Basic notions of Quantum Mechanics. State of a non dissipative quantum electrical circuit: measurements, from electrical variables to operators, quantum state vector, commutators of charges and fluxes. Quantization of an electrical circuit. Schrödinger and Heisenberg Pictures. Quantum linear LC circuits. Entanglement. “Black Box” Quantization of Linear Circuits.

- 4) **Superconducting Qubits:** Josephson junction. Non-linear LC circuits. Charge - qubit circuits. Flux - qubit circuits. Phase - qubit circuits. Cooper - pair box. Transmon. Entangled qubits.
- 5) **Dissipative Quantum Electrical Circuits:** Quantum dissipation-fluctuation theorem. Quantum fluctuations in the damped LC oscillator. Nyquist model of resistance: semi-infinite transmission line. Heisenberg - Langevin equation. Environment and measurement operators. Noise and the environment. Decoherence, decay and dephasing. Noise induced Decoherence in Qubit Circuits. A glimpse to stochastic master equations.
- 6) **Qubit - cavity coupling:** Resonant coupling and dispersive coupling. Amplification and feedback. Dispersive Read-out of a Qubit in a Cavity. Quantum Control of Qubits in a Cavity. Multi-qubit Dispersive Readout.
- 7) **Quantum state engineering and quantum gates:** One qubit gates. Two qubit gates. The Grover search algorithm, error correction (ancilla qubit), steps toward quantum computers.
- 8) A glimpse to Hybrid Quantum Devices: Spin superconducting circuits. Quantum dots. Hybrid quantum processor.

MATERIALE DIDATTICO

U. Vool, M. Devoret, *Introduction to quantum electromagnetic circuits*, Special Issue on Quantum Technologies, International Journal of Circuit, Theory and Applications, 897-934, 2017.

- G. Wendin, *Quantum information processing with superconducting circuits: a review*, Rep. Prog. Phys. 80 106001, 2017.

X. Gao, A. F. Kockum, A. Miranowicz, Y. Liu, F. Nori, *Microwave photonics with superconducting quantum circuits*, Physics Reports 718–719, 1–102, 2017.

- P. Krantz, M. Kjaergaard, F. Yan, T. P. Orlando, S. Gustavsson, and W. D. Oliver, *A quantum engineer's guide to superconducting qubits*, Appl. Phys. Rev. 6, 021318 (2019); <https://doi.org/10.1063/1.5089550>

- A. Blais, A. L. Grimsmo, S. M. Girvin, A. Wallraff, *Circuit quantum electrodynamics*, Rev. Mod. Phys. 93, 025005 (2021).

- A. M. Zagoskin *Quantum Engineering: Theory and Design of Quantum Coherent Structures*, Cambridge University Press, 2011.

- - Lecture Notes.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni frontali (80%), Laboratorio 20%

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	



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"SISTEMI ELETTRICI PER LE FONTI RINNOVABILI"

SSD ING-IND/33

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO 2025-26

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: MAURIZIO FANTAUZZI

TELEFONO: 081 76 83503

EMAIL: MAURIZIO.FANTAUZZI@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II

SEMESTRE: II

CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuna propedeuticità.

EVENTUALI PREREQUISITI

Nessun prerequisito.

OBIETTIVI FORMATIVI

L'insegnamento si propone di fornire agli studenti competenze tipiche del settore industriale dell'energia elettrica. Gli studi oggetto dell'insegnamento sono finalizzati all'acquisizione degli elementi fondamentali di analisi e gestione dei moderni sistemi elettrici di produzione, trasmissione, distribuzione e utilizzazione dell'energia elettrica e di progettazione della parte elettrica degli impianti di produzione dell'energia elettrica da fonti rinnovabili.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Il percorso formativo intende fornire agli studenti anzitutto le conoscenze e gli strumenti metodologici di base per analizzare le problematiche fondamentali relative alla struttura e al funzionamento dei moderni sistemi elettrici e per progettare la parte elettrica degli impianti di produzione dell'energia elettrica da fonti rinnovabili.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Le conoscenze e gli strumenti metodologici forniti consentiranno agli studenti di sviluppare soprattutto capacità di analisi e verifica di scelte relative ad una moderna impiantistica elettrica di utenza.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Definizioni e concetti di base su impianti e sistemi elettrici. Richiami di elettrotecnica sui sistemi elettrici in corrente continua, corrente alternata monofase e corrente alternata trifase. Evoluzione nel tempo della struttura e della gestione dei sistemi elettrici di produzione trasmissione distribuzione e utilizzazione dell'energia elettrica. Tecnologie degli impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili con valutazioni tecnico - economiche e di producibilità.

Linee per il trasporto e la distribuzione dell'energia elettrica. Problematiche di funzionamento dei sistemi elettrici. Impianti di messa a terra. Apparecchi di manovra e protezione. Calcolo delle correnti di corto circuito. Stato del neutro e criteri per la scelta delle modalità di collegamento del neutro a terra. Norme e leggi nel settore degli impianti elettrici. Interruttori automatici in bassa tensione per la protezione dalle sovracorrenti. Aspetti relativi alla scelta e al calcolo dei cavi di media e bassa tensione. Fondamenti di sicurezza elettrica: effetti della corrente elettrica nel corpo umano, curve di sicurezza, interruttori differenziali, metodi generali di protezione dai contatti indiretti e diretti.

Problematiche di integrazione degli impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili. Impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili e sistemi di accumulo. Regole di connessione degli utenti attivi alle reti di distribuzione. Impianti fotovoltaici: schemi tipici, analisi delle specifiche della componentistica elettrica, protezioni, esempi di dimensionamento di impianti fotovoltaici connessi alle reti di distribuzione di media e bassa tensione.

MATERIALE DIDATTICO

- Illiceto F.: "Impianti Elettrici" Vol. I - Patron editore 1981
- Carrescia V.: "Fondamenti di sicurezza elettrica" Edizioni TNE luglio 2016
- Castro R.: "Electricity production from renewables" Springer 2022
- Appunti e materiale didattico messi a disposizione dal docente

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

La didattica viene erogata interamente attraverso lezioni frontali.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

Modalità di esame:

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

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

(*) È possibile rispondere a più opzioni

Modalità di valutazione:

La prova orale consiste nella formulazione di domande a risposta libera alcune volte poste in forma scritta



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"TRASMISSIONE DIGITALE"

SSD ING-INF/03

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO 2025-2026

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE1: MARCO LOPS

TELEFONO: 081 76 83148

EMAIL: MARCO.LOPS@UNINA.IT

DOCENTE2: DAVIDE MATTERA

TELEFONO: 081 76 83795

EMAIL: DAVIDE.MATTERA@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II

SEMESTRE: II

CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

Nessuna propedeuticità

EVENTUALI PREREQUISITI

Nessun prerequisito.

OBIETTIVI FORMATIVI

Obiettivo dell'insegnamento è quello di introdurre il tema della trasmissione dell'informazione tra due punti. In particolare, l'insegnamento si propone di illustrare agli studenti gli elementi di base della struttura di un sistema di comunicazione, di fornire le nozioni di base relative alle principali tecniche di trasmissione digitale e gli strumenti per l'analisi e il dimensionamento del sistema.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente deve dimostrare di conoscere e saper comprendere le problematiche relative alla descrizione del canale di forme d'onda e alla trasmissione e ricezione su canale di forme d'onda. Deve dimostrare di saper elaborare argomentazioni concernenti i nessi tra trattamento del segnale ricevuto e la probabilità di errore che caratterizza il collegamento. Inoltre, deve ricordare il legame tra i parametri del segnale utile e del rumore di fondo e la probabilità di errore e illustrare il legame che sussiste tra la velocità alla quale avviene il trasferimento dell'informazione e la banda disponibile.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare di essere in grado di risolvere problemi concernenti la valutazione della probabilità di errore con riferimento ad uno specifico schema di ritrasmissione dell'informazione, anche ricorrendo alla elaborazione al calcolatore di segnali informativi.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Elementi di un sistema di comunicazione. Canali di comunicazione e loro caratteristiche. Segnali passa-banda. Modulazione d'ampiezza. Modulazione d'angolo. Segnali aleatori. Caratterizzazione del rumore. Segnalazione digitale su canale AWGN. Segnalazione digitale su canale AWGN a banda limitata.

MATERIALE DIDATTICO

J.G. Proakis, M. Salehi: Communication System Engineering, second edition. Prentice Hall, 2002.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Il corso è costituito da lezioni per 72 ore complessive di cui 54 ore (circa) dedicate ad argomenti di teoria e 18 ore (circa) dedicate ad esercitazioni che, avvalendosi anche di software specialistico, si propongono di approfondire la comprensione degli argomenti teorici.

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	



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"ELABORAZIONE DEI SEGNALI MULTIMEDIALI"

SSD ING-INF/03

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO 2025-26

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: LUISA VERDOLIVA

TELEFONO: 081 76 83929

EMAIL: VERDOLIV@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I/II

SEMESTRE: II

CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuna propedeuticità.

EVENTUALI PREREQUISITI

Nessun prerequisito.

OBIETTIVI FORMATIVI

Obiettivo dell'insegnamento è di fornire la conoscenza dei concetti di base e degli algoritmi per l'elaborazione di immagini digitali e presentare le principali tecniche per la codifica di immagini fisse e sequenze video, con particolare attenzione agli standard più comuni. Oltre a fornire gli strumenti matematici e concettuali per trattare analiticamente questi argomenti, il corso si propone di dare le conoscenze necessarie per sviluppare in Python i principali algoritmi per l'elaborazione delle immagini.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente deve dimostrare di conoscere e saper comprendere gli strumenti metodologici per l'analisi e l'elaborazione delle immagini. Tali strumenti consentiranno agli studenti di risolvere problemi più complessi sia nel dominio dello spazio che nel dominio della frequenza.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare di saper ragionare sulle problematiche riguardo l'analisi e l'elaborazione di immagini e di saper scegliere la tecnica più adatta per la risoluzione di un problema pratico.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Enhancement di immagini. Enhancement nel dominio spaziale. Trasformazioni basilari dell'intensità: operazioni puntuali lineari e non lineari. Equalizzazione dell'istogramma. Bit-plane slicing. Operazioni aritmetiche. Operazioni geometriche. Basi del filtraggio spaziale. Filtri di smoothing e di sharpening. Filtro mediano. Operazioni morfologiche. Enhancement nel dominio frequenziale. Trasformata di Fourier bidimensionale. DFT-2D. Esempi di filtro passa-basso e passa-alto. Filtraggio in frequenza: filtri ideali, filtri di Butterworth e filtri gaussiani.

Rappresentazione del colore. Cenni sul sistema visivo umano. Coni e bastoncelli. Sensibilità relativa dei coni di tipo S, M e L. Teoria tricromatica dei colori. Color matching. Gli spazi di colore (RGB, HSI). Pigmenti: colorazione sottrattiva, sistemi di stampa CMY, CMYK (quadricromia).

Segmentazione. Tecniche edge based. Point detection e line detection. Gradienti di Roberts, Prewitt e Sobel. Thresholding del gradiente. Zero-crossing del Laplaciano. Canny edge detector. Tecniche class-based. Algoritmo K-means.

Compressione di immagini. Codifica di sorgente. Generalità sulla compressione dati. La quantizzazione. Quantizzazione uniforme e non uniforme. Codifica predittiva. Schema del codificatore e decodificatore. Quantizzazione predittiva. Codifica mediante trasformata. Compattazione dell'energia e allocazione ottima delle risorse. Le trasformate lineari. Trasformata di Karhunen-Loève e sue proprietà. Trasformata coseno discreta. Lo standard JPEG.

Codifica video. Generalità sul segnale video. Compressione spaziale e temporale. Conditional replenishment e compensazione del movimento. Il codificatore ibrido. Cenni allo standard MPEG-1 e MPEG-2. La scalabilità in risoluzione e in frame-rate

Trasformata Wavelet. Localizzazione tempo-frequenza. Wavelet continua (CWT). Mother Wavelet. Analisi multirisoluzione, funzione di scaling. Equazioni MRA. Estensione al caso bidimensionale. Implementazione della trasformata wavelet discreta (DWT). Banco di filtri di analisi e sintesi. Codifica mediante Wavelet. Algoritmo EZW.

Applicazioni. Esempi di applicazioni avanzate per l'elaborazione di immagini: denoising, super-risoluzione, riconoscimento di volti o oggetti, classificazione mediante descrittori locali, segmentazione semantica, riconoscimento di manipolazioni nelle immagini e nei video anche con tecniche basate sull'apprendimento (cenni alle reti neurali convoluzionali).

MATERIALE DIDATTICO

Libri di testo consigliati:

- R.C.Gonzalez, R.E.Woods: "Digital image processing", 3rd edition, Prentice Hall, 2008.
- A.Bovik: "The essential guide to image processing", Academic Press, 2009.
- K.Sayood: "Introduction to data compression", 2nd edition, Morgan Kaufmann, 2000.

Appunti del corso di Elaborazione di Segnali Multimediali: <http://wpage.unina.it/verdoliv/esm/>

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

La didattica è erogata: a) per circa il 70% con lezioni frontali; b) per circa il 30% con esercitazioni guidate in laboratorio per lo sviluppo di applicazioni software in Python per comprendere al meglio le tecniche studiate.

Gli argomenti delle lezioni frontali e delle esercitazioni sono esposti con l'ausilio di lavagne elettroniche e/o trasparenze dettagliate, messe a disposizione dello studente nel materiale didattico tramite il sito web ufficiale del docente. E' anche prevista la registrazione delle lezioni.

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	

L'esame si articola in una prova scritta e una orale. La prova scritta, che consiste di tre algoritmi da sviluppare in Python al calcolatore, può essere sostituita dallo sviluppo di un progetto pratico in Python su un'applicazione avanzata di elaborazione di immagini. La prova orale consiste in due domande su problemi/algoritmi esposti al corso.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"CONTROLLI AUTOMATICI"

SSD ING-INF/04

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO 2025-2026

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: LUIGI VILLANI

TELEFONO: 081 76 83861

EMAIL: LUIGI.VILLANI@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I

SEMESTRE: I

CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuna propedeuticità

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

(*) È possibile rispondere a più opzioni



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

“SISTEMI OPERATIVI”

SSD ING-INF/05

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2025-2026

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: MARCELLO CINQUE

TELEFONO: 081 76 83874

EMAIL: MARCELLO.CINQUE@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II

SEMESTRE: I

CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

Nessuna propedeuticità

EVENTUALI PREREQUISITI

Nessun prerequisito.

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso si pone l'obiettivo di fornire competenze sulle architetture di riferimento dei sistemi operativi; sulle metodologie utilizzate per la gestione delle risorse in un sistema operativo moderno; sugli strumenti per la programmazione di sistema; sull'utilizzo di una piattaforma Unix a livello utente e amministratore; sui principi base della programmazione concorrente. Le esercitazioni e le attività di laboratorio sono sviluppate in ambiente Linux e consistono in applicazioni di programmazione concorrente e la programmazione di moduli del kernel Linux.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente deve dimostrare: di conoscere le problematiche relative alla gestione delle risorse di calcolo in sistemi multi-utente e multi-programmati, di comprendere gli strumenti metodologici e gli algoritmi di base utilizzati per la realizzazione di sistemi di elaborazione ad alte prestazioni che utilizzino efficientemente le risorse di calcolo, di illustrare le tecniche fondamentali inerenti alla programmazione concorrente e di sistema.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare di essere in grado di applicare gli strumenti metodologici appresi ai fini della progettazione dei sistemi di elaborazione, basati sull'utilizzo delle astrazioni fondamentali fornite dai sistemi operativi (es. processi, thread, filesystem, inter-process communication). Inoltre, lo studente deve dimostrare di essere in grado di applicare gli strumenti metodologici ai fini di sviluppare nuovi sistemi, utilizzando le conoscenze e le tecniche di programmazione concorrente e di sistema, e ai fini di diagnosticare i problemi dei sistemi di calcolo dovuti ad errata sincronizzazione e all'utilizzo inefficiente delle risorse di calcolo.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Concetti Introduttivi. Evoluzione storica dei S.O. - Mono e multiprogrammazione - Batch, time sharing, real-time, mobile, cloud computing - Richiami di elementi di architettura a supporto di un S.O. (modalità di I/O, gestione delle interruzioni, modalità utente e supervisore, gerarchie di memoria) - Virtualizzazione delle risorse nei S.O. - Il kernel - Chiamata a supervisore - Architetture a livelli, monolitiche, modulari, microkernel.

Gestione e Scheduling dei Processi e Thread. Concetto di processo – Stati di un processo – Descrittore di un processo – Code di processi – Il cambiamento di contesto – La gestione dei processi nei sistemi operativi Linux e Windows – Scheduling della CPU a breve, medio e lungo termine – Parametri di valutazione degli algoritmi di scheduling – Starvation – Preemption – Algoritmi First Come First Served, Round Robin, Shortest Process Next, Shortest Remaining Time, a code multiple con retroazione – Confronto tra algoritmi di scheduling monoprocesso – Scheduling tradizionale UNIX – Gli Scheduler O(1) e CFS del sistema operativo Linux – Scheduling nel sistema operativo Windows – Scheduling multiprocesso: Architetture SMP, multicore, e hyperthreading, scheduling con load sharing e dynamic load balancing, gang scheduling – Concetto di thread – Processi e thread – Stati di un thread – Thread a livello utente e a livello del nucleo – Modelli di programmazione multithreading – Primitive per la gestione dei threads – Cenni alla gestione dei thread nei sistemi Linux, Windows, Java.

Programmazione Concorrente. Concorrenza e parallelismo – Speed-up nelle architetture concorrenti e parallele – La legge di Amdahl – Le primitive fork/join – Concetti di risorsa e di gestione di risorsa – Competizione, cooperazione, ed interferenza – Race condition e sincronizzazione - I modelli ad ambiente globale e locale – L'interazione tra processi nel modello ad ambiente globale – Il problema della mutua esclusione: requisiti, supporto hardware e soluzione. Il problema della comunicazione – I semafori – La comunicazione tramite memoria condivisa – La soluzione dei problemi di mutua esclusione mediante semafori – Problemi di cooperazione nel modello ad ambiente globale: problema del produttore/consumatore e soluzioni mediante semafori, problema lettori/scrittori e soluzioni mediante semafori – I monitor – Strategie di controllo signal and continue, signal and wait, e la soluzione di Hoare – La realizzazione di un monitor mediante semafori – La soluzione dei problemi di mutua esclusione, produttore/consumatore e lettori/scrittori mediante monitor – L'interazione tra processi nel modello ad ambiente locale – Le primitive per lo scambio di messaggio – Comunicazione diretta e indiretta, simmetrica ed asimmetrica – Comunicazione asincrona e sincrona – Send asincrona e sincrona – Receive bloccante e non bloccante – Realizzazione di send e receive sincrone mediante primitive asincrone – Processo servitore – Il problema del

deadlock – Condizioni necessarie per il deadlock – Metodi per la gestione del deadlock – Prevenzione del deadlock – Deadlock Avoidance e algoritmo del banchiere – Rilevazione e recupero del deadlock – Comparazione delle strategie per la gestione del deadlock.

La Gestione della Memoria Centrale. Aspetti caratterizzanti la gestione della memoria: rilocalizzazione, allocazione, organizzazione dello spazio virtuale, caricamento – Lo swapping – La gestione a partizioni multiple – Paginazione: schema di traduzione degli indirizzi, architettura di paginazione, TLB, Struttura della tabella delle pagine – Segmentazione: schema di traduzione degli indirizzi, architettura di segmentazione – Segmentazione con Paginazione – La memoria virtuale – La paginazione su richiesta – Algoritmi per la sostituzione delle pagine – Attività di paginazione degenera (thrashing) – Il modello del working set – Gestione della Memoria nel sistema operativo Linux: allocatori user-space e kernel-space, zone di memoria, buddy system, page cache, algoritmo di page frame reclaim – Cenni sulla gestione della memoria nel sistema operativo Windows.

La gestione dell'I/O. Le operazioni di I/O – La virtualizzazione delle risorse di I/O – Livello indipendente dai dispositivi, livello dipendente dai dispositivi – I driver – Struttura della memoria secondaria – I dischi – Scheduling degli accessi al disco con riferimento ai cilindri ed ai settori – I/O caching e buffering – Algoritmi di I/O scheduling FIFO, SCAN, e varianti – Scheduling del disco nel SO Linux – Architetture RAID – I dischi a stato solido.

La Gestione dei File. Organizzazione logica del file system: directory e file - Operazioni sulle directory e sui file – Metodi di accesso – Descrittore di file – La condivisione dei file – Struttura delle directory per la condivisione di file – Link per la condivisione – La protezione dei file – Organizzazione logica del file system – Metodi di allocazione dei file: allocazione contigua, a lista concatenata e indicizzata – La gestione dei blocchi liberi – inode e gestione dei file in Unix – Il Virtual File System di Linux e i file system ext2, ext3 ed ext4 – Il File System NTFS di Windows – Journaling File Systems – Log-structured File System – Il File System F2FS di Linux per SSD.

Primitive per la gestione dei processi e thread nel SO UNIX/Linux. Primitive per la creazione e terminazione dei processi: fork, exec, exit, wait – Gestione delle risorse IPC – Primitive per la gestione della memoria condivisa – Primitive per la gestione dei semafori – uso della semop per la realizzazione di primitive wait e signal – Esempi d'uso: soluzione di problemi di mutua esclusione e comunicazione (produttore/consumatore e lettori/scrittori), realizzazione object-based e object-oriented di un tipo Monitor – Primitive per la gestione delle code di messaggi ed esempi d'uso – Le primitive POSIX Threads per la gestione dei threads, ed esempi d'uso.

Approfondimenti sul sistema operativo UNIX/Linux. Installazione del SO Linux – La shell e i comandi di base (navigazione nel filesystem, assegnazione permessi, installazione del software, compilazione dei programmi) – La compilazione dei programmi: makefile, librerie statiche e dinamiche – I canali di I/O dei processi – Pipe – Variabili d'ambiente – Shell scripting – Segnali UNIX – Configurazione e compilazione del kernel Linux – Sviluppo di system call e di moduli del kernel.

Approfondimenti su virtualizzazione e sul SO mobile Android. Utilizzi della virtualizzazione. Architetture di virtualizzazione. Virtualizzazione della CPU (virtualizzabilità della CPU, tecnica del trap-and-emulate, full virtualization mediante DBT, paravirtualizzazione, supporto hardware Intel VT). Virtualizzazione della memoria (shadow page tables, extended page tables). Virtualizzazione dell'I/O (full virtualization, PV I/O, I/O passthrough, IO-MMU, SR-VIO). Esempio di tecnologie VMware. Storia e obiettivi di progettazione di Android. Applicazioni in Android. La gestione dei processi e della memoria (ciclo di vita delle Activity, Intent, OOM). Application Security Model. Inter-Process Communication in Android.

MATERIALE DIDATTICO

Libri di testo adottati

- Ancillotti, Boari, Ciampolini, Lipari. *Sistemi Operativi*, McGraw Hill.
- Stallings. *Operating Systems: Internals and Design Principles*, 6th ed., Pearson Education

Libri di testo consigliati

- Silberschatz, Galvin, Gagne. *Sistemi operativi - sesta edizione*, Addison Wesley
- Tanenbaum, *I Moderni Sistemi Operativi – terza edizione*, Pearson Education

Dispense didattiche e trasparenze delle lezioni disponibili sul sito web docente.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

L'insegnamento verrà erogato attraverso lezioni frontali (circa due terzi delle ore totali del corso), con esercitazioni in aula e in laboratorio (circa un terzo delle ore totali del corso). Le lezioni frontali introdurranno gli aspetti teorici inerenti alle astrazioni realizzate dai sistemi operativi, agli algoritmi per la gestione efficiente delle risorse di calcolo (CPU, memoria, I/O), e alle problematiche, gli algoritmi e i meccanismi più comuni per lo sviluppo di sistemi concorrenti (es. semafori, mutex, monitor, memoria condivisa, code di messaggi). Nelle esercitazioni in aula e in laboratorio, gli studenti approfondiranno praticamente gli aspetti teorici, sviluppando autonomamente dei programmi concorrenti con il sistema operativo Linux e il linguaggio di programmazione C.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) 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 concorrente	X

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

La valutazione terrà conto in modo uniforme sia dello svolgimento della prova scritta (esercizi di programmazione concorrente), sia dello svolgimento della prova orale.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"LABORATORIO DI PROGRAMMAZIONE"

SSD ING-INF/05

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2025-2026

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: PIETRO LIGUORI

TELEFONO:

EMAIL: PIETRO.LIGUORI@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I/II

SEMESTRE: I

CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI

Non previsti.

EVENTUALI PREREQUISITI

Nessuno.

OBIETTIVI FORMATIVI

Fornire le competenze metodologiche, teoriche e pratiche necessarie per lo sviluppo di progetti software di piccole e medie dimensioni utilizzando il linguaggio di programmazione Python. Il corso copre i fondamentali della programmazione procedurale e orientata agli oggetti e le basi dell'analisi dei dati e del machine learning, preparando gli studenti a gestire vari aspetti dello sviluppo software.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente deve dimostrare di conoscere e comprendere i problemi di programmazione nell'ambito di applicazioni in linguaggio Python. Il percorso formativo fornisce agli studenti le conoscenze e gli strumenti metodologici, teorici e pratici necessari per riconoscere, analizzare e risolvere problemi legati allo sviluppo, debugging e testing di applicativi complessi. Questo consente agli studenti di padroneggiare lo sviluppo di progetti software avanzati in Python.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare di essere in grado di risolvere problemi di programmazione procedurale e orientata agli oggetti, nonché di analisi dei dati, utilizzando le competenze metodologiche, teoriche e pratiche acquisite durante il corso. Lo studente deve essere in grado di sviluppare applicazioni basate sul paradigma ad oggetti e per l'analisi di dati in Python. Inoltre, deve saper utilizzare strumenti e le librerie Python per implementare tecniche di machine learning e analisi dei dati.

PROGRAMMA-SYLLABUS

(4 CFU) Parte I: Fondamenti di Programmazione con Python

Introduzione ai linguaggi di programmazione e a Python. Variabili, espressioni e istruzioni. Valori e tipi di dato. Principali costrutti di programmazione, incluse stringhe, liste, tuple, set e dizionari. Espressioni condizionali inline. Funzioni e il passaggio di parametri. Ricorsione. Uso dei decoratori. Moduli e ambienti virtuali. Gestione dei file. Eccezioni e asserzioni. Debugging e Testing.

(3 CFU) Parte II: Programmazione Avanzata in Python

Introduzione al paradigma orientato agli oggetti (OO). Creazione e gestione di classi e oggetti. Ereditarietà e polimorfismo. Introduzione ai tipi di dati astratti. Principi e tecniche di programmazione concorrente. Programmazione di rete. Complessità temporale ed algoritmi di ricerca e ordinamento.

(2 CFU) Parte III: Analisi dei Dati e Machine Learning con Python

Fondamenti di Data Science utilizzando Python. Utilizzo delle librerie Pandas, Matplotlib, Numpy e Scipy. Caratterizzazione dei dati e test di ipotesi in Python. Introduzione ai concetti di machine learning in Python. Tecniche di classificazione e regressione. Utilizzo della libreria scikit-learn. Applicazioni pratiche.

MATERIALE DIDATTICO

Dispense

Slide del corso. Codice sviluppato durante le esercitazioni guidate. Esercitazioni pratiche e progetti su piattaforme come Jupyter Notebook e Google Colab. Documentazione online di librerie Python.

Altri testi consigliati:

[1] Tony Gaddis. **Introduzione a Python**. 5° ed. – Pearson, 2021

[2] Paul J. Deitel, Harvey M. Deitel. **Introduzione a Python. Per l'informatica e la data science.** Pearson, 2021

[3] **Python: How to Think Like a Computer Scientist** interactive edition

<https://runestone.academy/runestone/books/published/thinkcspy/index.html>

[4] Allen Downey. **Think Python** - <https://greenteapress.com/thinkpython2/thinkpython2.pdf>

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni teoriche frontali ed esercitazioni guidate.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

c) Modalità di esame:

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

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

* Prova al calcolatore di un progetto software in Python e discussione orale.

d) Modalità di valutazione:

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

La prova scritta valuterà la conoscenza teorica e pratica degli argomenti trattati, mentre la prova orale valuterà la capacità di discutere le soluzioni adottate.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"ARCHITETTURA E PROGETTO DI CALCOLATORI"

SSD ING-INF/05

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2025-2026

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: NICOLA MAZZOCCA

TELEFONO: 081 76 83815

EMAIL: NICOLA.MAZZOCCA@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II

SEMESTRE: II

CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuna propedeuticità.

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenza dell'architettura di un calcolatore, dei sistemi operativi e delle reti di comunicazione.

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso si pone l'obiettivo di fornire gli elementi metodologici, progettuali e tecnologici per la realizzazione di sistemi di elaborazione con riferimento alle architetture pipelined, multi-computer, multi-processore, multi-core e multi-threading. Il corso affronta inoltre il funzionamento e dimensionamento dei sistemi di memoria gerarchici, il progetto e la programmazione delle unità di I/O (parallele, seriali, DMA e PIC) con i relativi protocolli di comunicazione, e le problematiche di implementazione dei meccanismi di base per la virtualizzazione delle risorse hardware (meccanismi di gestione dei processi, macchine virtuali e hypervisor). Il corso presenta, infine, le principali tecniche per la realizzazione di sistemi pervasivi, autonomi, IoT e di edge computing, nonché le architetture cloud.

La parte applicativa del corso è dedicata al progetto di driver di I/O e allo sviluppo di sistemi operanti in ambito industriale. Le attività vengono svolte con riferimento ad applicazioni sviluppate e valutate sperimentalmente mediante architetture che prevedono l'impiego di nodi di elaborazione dotati di processori RISC e di diversi dispositivi di I/O opportunamente configurabili.

Con riferimento agli aspetti tecnologici, sono illustrate le architetture di sistemi commerciali per l'implementazione di applicazioni industriali basate su System on Chip o su nodi di elaborazione ottenuti per integrazione di componenti configurabili.

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 sistemi di elaborazione, con particolare riferimento alla gestione degli hazard derivanti dall'impiego di tecniche di parallelismo interno ed esterno per l'aumento delle prestazioni, al dimensionamento delle memorie, e all'orchestrazione di diversi sottosistemi operanti in concorrenza fra loro e comunicanti mediante diverse interfacce di I/O.

Deve inoltre dimostrare di saper individuare, fra i diversi approcci presentati al corso, quelli che meglio si adattano a specifiche applicazioni o condizioni operative.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare di essere in grado di progettare e sviluppare il software di base (driver assembly) necessario per consentire la comunicazione fra diversi sottosistemi mediante i dispositivi di I/O presentati al corso, anche in presenza di accessi concorrenti a dati comuni, nonché di scheduler per la gestione della concorrenza. Deve inoltre essere in grado di completare il ciclo di sviluppo di applicazioni di media complessità, che richiedano l'utilizzo di uno o più nodi di elaborazione, di diversi dispositivi di I/O, di sensori/attuatori, sui dispositivi hardware in dotazione.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Richiami ed approfondimenti sui sistemi di elaborazione: Sistemi general purpose ed embedded. Processori RISC e CISC. Unità di controllo cablata e microprogrammata. Meccanismi di gestione delle interruzioni. Introduzione al parallelismo e al pipelining. Richiami sul processore Motorola 68000. Il processore MIPS: modello di programmazione e pipeline. Il processore ARM. Architetture e applicazioni dei DSP.

Pipelining e hazard: Tecniche di gestione dei conflitti sui dati, dei salti e delle interruzioni in una architettura pipelined. Architetture superscalari.

Sistemi multiprocessore e multicomputer: Architetture parallele, speed up ed efficienza. Algoritmi per la coerenza della memoria.

Periferiche di I/O e driver: Architettura e funzionamento di periferiche parallele, seriali, DMA e PIC, e sviluppo di driver per la loro programmazione.

La gerarchia della memoria: Architettura, indirizzamento e dimensionamento di una cache. Memoria virtuale. Memorie statiche e dinamiche.

Bus e reti di interconnessione: I bus di sistema. Protocolli di comunicazione. Reti di interconnessione: switch multistadio.

Progetto e sviluppo di sistemi basati su microcontrollori: Principi di progetto di sistemi di elaborazione per applicazioni industriali basati su microcontrollori. Architetture e impiego dei System on a Chip (SoC). Dispositivi commerciali e industriali programmabili. Ambienti di progettazione, di simulazione e analisi di sistemi di elaborazione.

Virtualizzazione e cloud computing. Tecniche di virtualizzazione e hypervisor. Introduzione ai sistemi cloud: modelli di servizio e applicazioni.

IoT/Edge computing. Architetture e applicazioni di sistemi IoT e di edge computing. Sviluppo di sistemi edge di tipo commerciale e integrazione di reti di sensori.

MATERIALE DIDATTICO

- Libro di testo: Conte, Mazzeo, Mazzocca, Prinetto. Architettura dei calcolatori. Edizioni CittàStudi. 2014. ISBN: 9788825173642.
- Dispense e presentazioni fornite dai docenti relative ad argomenti teorici e applicativi trattati al corso.
- Manuali e datasheet dei dispositivi utilizzati per l'implementazione delle applicazioni.

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 driver di I/O e l'utilizzo degli ambienti di sviluppo.

La parte applicativa del corso si avvale di strumenti di sviluppo professionali di cui è disponibile una licenza ad uso gratuito e di board di sviluppo (dotate di un microcontrollore ARM e di diversi dispositivi di I/O) che vengono distribuiti agli studenti per l'implementazione dei propri progetti.

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	

La verifica dell'apprendimento prevede una prova scritta consistente in esercizi di progetto di sistemi basati su dispositivi di I/O e una prova orale orientata alla verifica della comprensione dei concetti teorici del corso e alla discussione degli esercizi implementati su board di sviluppo.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"ELETTRONICA CON MATERIALI NON CONVENZIONALI"

SSD FIS/01

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2025-26

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: CASSINESE ANTONIO

TELEFONO: 081 76 82548

EMAIL: ANTONIO.CASSINESE@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II

SEMESTRE: II

CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuna propedeuticità.

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenza di base della fisica dei semiconduttori

OBIETTIVI FORMATIVI

Obiettivo dell'insegnamento è quello di fornire allo studente una panoramica sui materiali organici, materiali ibridi e le tecniche fisiche di deposizione e di caratterizzazione di interesse per l'elettronica, la sensoristica e robotica soffice e dei dispositivi ad essi correlati. Particolare attenzione viene allo studio e al ruolo della dimensionalità ridotta e del drogaggio dei materiali. L'attenzione sarà rivolta allo apprendimento anche pratico di deposizione di film sottili dei materiali organici, della loro caratterizzazione e alla realizzazione di dispositivi elettronici a 2 e 3 terminali anche quantistici e all'analisi dei dati dei dati.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Al termine del processo di apprendimento lo studente è edotto sulle proprietà funzionali dei materiali organici e delle forme allotropiche del carbonio di interesse per l'elettronica, la sensoristica e al robotica e sui dispositivi ad essi correlati. Avrà acquisito conoscenza sia teorica che pratica delle tecniche di deposizione di film sottile, quelle di caratterizzazioni e delle realizzazioni di alcuni dispositivi elettronici. Considerato il tipo di attività da svolgere in laboratorio, lo studente acquisirà maggiori conoscenze per quanto riguarda la strumentazione di interesse per realizzare e caratterizzare dispositivi elettronici basati su film sottili e su come analizzare i dati ottenuti dalle misure in laboratorio

Conoscenza e capacità di comprensione

Al termine del processo di apprendimento lo studente è in grado di realizzare e caratterizzare autonomamente alcuni dispositivi elettronici organici tra i transistor ad effetto di campo. Lo studente acquisisce inoltre le conoscenze e le capacità di distinguere tra i vari meccanismi di conduzione nei materiali organici incluso quelle quantistiche ed è in grado di valutare i reali interesse applicativi per i dispositivi basati su questi materiali per elettronica di consumo, la sensoristica e la robotica. In fine, lo studente padroneggia gli approcci per l'elaborazione dei dati sperimentali.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

In relazione a tutte le capacità descritte in precedenza, lo studente acquisisce inoltre capacità autonoma di giudizio essendo, questa, tra l'altro, nel particolare contesto, un presupposto imprescindibile dell'attività creativa di tipo progettuale che rientra nelle capacità di applicare la conoscenza che sono sviluppate.

Durante l'insegnamento gli studenti vengono inoltre stimolati nella acquisizione degli strumenti che consentono l'approfondimento in modo autonomo degli argomenti trattati, mentre le metodologie di verifica dell'apprendimento da parte degli studenti tendono a sviluppare anche le loro abilità comunicative.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Richiami di Fisica e Stato solido: Conduzione elettrica in metalli e semiconduttori, Distribuzione Fermi Dirac, Livelli energetici di un atomo, Modello a bande, Giunzioni pn, Principi di funzionamento di un transistor MOSFET;

Semiconduttori organici di interesse, trasporto elettrico e altre proprietà: Forme allotropiche del Carbonio (grafene, grafite, fullerene, nanotubi) intrinseche e dopate, Oligomeri e polimeri semiconduttori di tipo p e di tipo n, Organici metallici e superconduttivi, Organici ferroelettrici, Materiali elettricamente bistabili, Materiali organici magnetici; materiali Ibridi Organici/inorganici

Meccanismi di trasporto nei materiali organici: Meccanismo di conduzione nel poliacetilene, solitoni, , emissione termoionica, Regime SCLC Variable range hopping, (VRH); Modello UDR, Resistenza quantistica, Capacità quantistica,

Tecniche di deposizione per film sottili:

Tecniche di deposizione chimiche: spin coating, drop cast, ink-jet printing,

Tecniche di deposizione fisiche: evaporazione, (evaporazione termica, flash evaporation, MBE, Supersonic MBE), Ablazione laser (PLD, MAPLE), Electron beam evaporation;

Tecniche di caratterizzazione morfologica-strutturale: Diffrattometria a raggi X, Principio di Funzionamento di un microscopio a forza atomica (AFM), ; Kelvin Probe

Tecniche fotolitografiche e soft-lithography: Fotolitografia, nanolitografia, soft-lithography, applicazioni alla micro e nanoelettronica, alla microfluidica e alla (bio)sensoristica;

Transistor (OFET, OECT)

Principi di funzionamento di un transistor ad effetto di campo e elettrochimico, Realizzazione e caratterizzazione di OFET, Caratterizzazione in regime DC; caratteristiche di uscita e transcaratteristiche, estrazione della mobilità, Fenomeno del Bias Stress, Polarizzazione di un transistor, misure in temperatura. Cenni su Porte logiche (inverter, ring oscillator, etc), Applicazione degli OFET all'Elettronica di consumo e alla sensoristica, Realizzazione e caratterizzazione di un OECT e applicazioni alla sensoristica chimica e biologica; Spettroscopia di Impedenza. Giunzioni nanometriche

Best Fit minimi quadrati, best fit minimi quadrati, best fit lineare, best fit funzione esponenziale, test del χ^2 .

Cenni su principi di funzionamento di altri dispositivi organici e applicazioni emergenti: OLED; Lighting, celle solari, MASER, Valvole di spin, nanodispositivi, dispositivi basati su materiali organici e materiali a dimensionalità ridotta (materiali 2D, grafene,);

MATERIALE DIDATTICO

Materiali didattico e riferimenti bibliografici forniti dal docente

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lo svolgimento dell'insegnamento prevede lezioni frontali, esercitazioni in aula e, compatibilmente con gli aspetti organizzativi, esercitazioni in laboratorio.

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	X
altro	



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"SCIENZA E TECNOLOGIA DELLE ONDE THZ"

SSD FIS/01

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2025-26

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: ANTONELLO ANDREONE
TELEFONO: 081 76 82547
EMAIL: ANDREONE@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II
SEMESTRE: I
CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuna propedeuticità.

EVENTUALI PREREQUISITI

Adeguate conoscenze delle leggi dell'elettromagnetismo, nonché nozioni di Fisica dello Stato Solido.

OBIETTIVI FORMATIVI

L'insegnamento si pone l'obiettivo di fornire agli studenti competenze e nozioni avanzate allo stato dell'arte, sia teoriche sia sperimentali, sulla fisica dello spettro elettromagnetico THz (onde T, 1011-1013 Hz) e sulle tecnologie associate. L'offerta formativa include inoltre attività di laboratorio con progettazione e realizzazione di semplici esperimenti nel dominio del tempo per la caratterizzazione elettromagnetica di materiali e dispositivi di interesse nella regione THz.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

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

- riconoscere e classificare i principali meccanismi fisici che sottendono il processo di generazione e rivelazione di onde elettromagnetiche nella regione THz;
- conoscere le leggi che regolano l'interazione radiazione-materia in isolanti e conduttori a frequenze diverse da zero, fino al regime ottico;
- valutare le prestazioni ed i limiti dei principali sistemi di caratterizzazione THz, con analisi delle sorgenti di errore, del rapporto segnale-rumore, del range dinamico e della risoluzione spettrale;
- comprendere le proprietà elettromagnetiche che sottendono al funzionamento di alcuni dispositivi THz (metamateriali e metasuperfici, plasmonici, fotonici) e i meccanismi base del sensing;
- discutere i principali ambiti di applicazione della radiazione THz, dalle telecomunicazioni fino alla diagnostica biomedica, conoscerne i limiti ed eventualmente proiettare nel futuro le possibili estensioni.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Dopo aver seguito il corso e completato le attività di laboratorio, lo studente avrà acquisito sufficienti capacità per:

- utilizzare tecniche di spettroscopia nel dominio del tempo e della frequenza per caratterizzare materiali e dispositivi nella regione THz;
- effettuare in maniera autonoma misure sperimentali con procedure di calibrazione e post-processing, inclusa la valutazione delle incertezze;
- padroneggiare modelli e sviluppare codici di calcolo per il trattamento dei dati sperimentali che permettano una verifica quantitativa dei meccanismi di interazione radiazione-materia trattati durante il corso;
- riconoscere i principi di funzionamento di dispositivi e sensori che operano specificamente nel regime THz;
- maneggiare rudimentalmente software commerciali basati su metodi full wave per simulare la risposta elettromagnetica nel dominio della frequenza dei semplici dispositivi testati in laboratorio.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Introduzione: Principi base di ottica per la propagazione delle onde THz. Richiami di componenti e materiali ottici "classici".

Generazione di onde THz: sorgenti termiche, oscillatori BW, sorgenti Smith-Purcell, girotroni, oscillatori parametrici, laser a gas e a cascata quantica, antenne fotoconduttive, generatori di armoniche, generazione in aria, sorgenti relativistiche.

Rivelazione di onde THz: dispositivi piroelettrici, bolometri semiconduttivi e superconduttivi, celle di Golay, antenne fotoconduttive, cristalli non lineari, rivelazione eterodina.

Metodi spettroscopici: spettrometria nel dominio del tempo e della frequenza, interferometria Fabry-Perot, spettroscopia eterodina, tecniche di estrazione della funzione dielettrica complessa nel regime THz.

Metrologia THz: rumore e range dinamico, sorgenti di errore di misura, limiti di risoluzione spettrale, limiti di prestazioni dei sistemi, calibrazione, valutazione delle incertezze.

Metamateriali THz: il concetto di omogeneizzazione, strutture tridimensionali e bidimensionali, il "metaatomo" come elemento intrinsecamente risonante, metamateriali per lo sviluppo di assorbitori, filtri, polarizzatori, linee di trasmissione, metamateriali chirali, metamateriali con indice di rifrazione negativo o prossimo a zero, cenni di ottica di trasformazione.

Dispositivi innovativi: componenti per fotonica, strutture plasmoniche subwavelength, nanodispositivi e nanosistemi, quantum dots, sensori.

Telecomunicazioni THz: principi di propagazione del segnale elettromagnetico, meccanismi di scattering, metodi di localizzazione, cenni sui sistemi di antenne, reti di comunicazione dal 5G al 6G

Imaging con le onde THz: sicurezza, applicazioni nell'industria aerospaziale e automobilistica, controllo di qualità e

industria agroalimentare, beni culturali, applicazioni biologiche e mediche, campo prossimo.

Attività di laboratorio: caratterizzazione elettromagnetica di solidi, film sottili, liquidi, e dispositivi plasmonici o basati sul concetto di metamateriali

MATERIALE DIDATTICO

- “Principles of Terahertz Science and Technology”, Y-S. Lee, Springer, 2009
- Capitoli di manuali specialistici, articoli di rassegna
- Appunti delle lezioni

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lo svolgimento dell'insegnamento prevede lezioni teoriche, esercitazioni e seminari specialistici in aula, per circa 6 crediti, e, compatibilmente con gli aspetti organizzativi, attività di laboratorio per la restante parte.

Nello svolgimento del laboratorio, è previsto l'impiego di laser ultraveloci al fs in fibra, di componenti ottici da banco, di tecniche elettroniche di acquisizione di segnali ultraveloci (ps) per la realizzazione di esperimenti di spettrometria ed ellissometria nel dominio del tempo. Gli studenti inoltre sviluppano codici di calcolo per il trattamento dei dati sperimentali nel dominio della frequenza e acquisiscono i rudimenti di software di simulazione elettromagnetica full wave.

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 (discussione esercitazioni)	✓



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

“AVIONICA”

SSD ING-IND/05

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO 2025-26

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: DOMENICO ACCARDO

TELEFONO: 081 76 82149

EMAIL: DOMENICO.ACCARDO@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II

SEMESTRE: II

CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuna propedeuticità.

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenze di base di dinamica dei sistemi, matematica, fisica generale ed elettrotecnica.

OBIETTIVI FORMATIVI

L'allievo alla fine del corso avrà acquisito conoscenza relativa ai principi di funzionamento, alle problematiche progettuali e di integrazione dei componenti dell'avionica di bordo di un velivolo. In particolare, saranno approfondite le problematiche relative alla navigazione aerea. L'allievo dovrà acquisire capacità di comprensione dei principali aspetti ingegneristici collegati all'utilizzo dei sistemi inerziali, dei sistemi air data, dei sistemi di radionavigazione aerea e dei sistemi di navigazione satellitare (GPS, Glonass, Galileo). Saranno anche definiti i concetti di riferimento per la sorveglianza aerea. Inoltre, dovrà avere padronanza delle tecniche di integrazione delle misure quali il Filtro di Kalman.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di aver raggiunto un'adequata conoscenza dei principi di funzionamento dei principali elementi che costituiscono l'avionica di bordo di un velivolo.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di essere in grado di affrontare la progettazione e l'integrazione dei componenti dell'avionica di bordo di un velivolo con riferimento alle problematiche relative alla navigazione aerea.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[1 CFU] Sottosistemi componenti l'avionica di bordo. Display systems.

[3 CFU] Concetti di base della navigazione in prossimità della Terra. Giroscopi convenzionali. Giroscopi non convenzionali: Giroscopi di Coriolis, Dinamicamente Tuned Gyro, Giroscopi MEMS, Giroscopi ottici. Equazioni della navigazione inerziale. Errore della navigazione inerziale. Stabilità del canale verticale della navigazione inerziale.

[1 CFU] Sistemi air data.

[2 CFU] Radioassistenze: NDB, ADF, VOR, TACAN, DME, RNAV. Sistema di atterraggio strumentale (ILS). Radar Doppler. Laser altimetri. Sistemi di navigazione satellitare: Sistema GPS, Fonti di errore del GPS. Equazioni di Pseudorange, Dilution of Precision. Integrità: RAIM. Ricevitori a doppia frequenza. GPS differenziale. Filtro di Kalman. Navigazione integrata.

[2 CFU] Surveillance (radar primari e ground control centers). Identification (secondary radars and transponders). ATRCBS, mode-S. Sistemi di bordo e cockpit avanzati: GPWS; TAWS.

MATERIALE DIDATTICO

Appunti del corso e slides.

Testi di riferimento:

- Merhav, S., "Aerospace Sensor System and Applications", Springer Verlag, 1996.
- Kayton, M., Fried, W.R., "Avionics Navigation Systems", 2nd ed., John Wiley&Sons, 1997.
- Savage P.G., "Strapdown Analytics", Strapdown Associates Inc., 2000.
- Rogers R. M., "Applied Mathematics in Integrated Navigation Instruments", AIAA Press, 2000.
- Titterton, D. H., "Strapdown Inertial Navigation Technology", 2nd edition, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2004.
- Farrell J. and Barth M., "Aided Navigation: GPS with High Rate Sensors", McGraw Hill, 2008.
- Moir, I., "Aircraft Systems: Mechanical, Electrical, and Avionics Subsystems Integration", 3rd edition, Wiley, 2008.
- Rierson, L., "Developing Safety-Critical Software: A Practical Guide for Aviation Software and DO-178C Compliance", 1st Edition, CRC Press, 2013.
- Kenney, S., "Avionics: Fundamentals of Aircraft Electronics", Avotek Information Resources, 2013.
- Collinson, R.P.G., "Introduction to Avionics Systems", 3rd edition, Springer Nature, 2014.

- Fulton, R., "Airborne Electronic Hardware Design Assurance: A Practitioner's Guide to RTCA/DO-254", 1st Edition, CRC Press, 2014.
- Helfrick, A., "Principles of Avionics", 9th edition, Avionics Communications Inc., 2015.
- Spitzer, C., Ferrell, U., Ferrell, T., "Digital Avionics Handbook 3rd Edition", CRC Press, 2017.
- Eismann, T., "Aircraft Electricity and Electronics", 7th Edition, McGraw Hill, 2019.
- Seabridge, A., Moir, I., "Design and Development of Aircraft Systems", 3rd edition, Wiley, 2020.
- Hilderbrand, V., "The Aviation Development Ecosystem", Afuzion Inc., 2021.
- Dillon, S. (edited by), "Advanced Principles of Avionics", States Academic Press, 2022.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni frontali, esercitazioni di laboratorio, seminari con esperti del settore, visite a complessi industriali e di ricerca con riferimento alla produzione ed integrazione di avionica e sistemi di bordo.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) 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	

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

Il voto è formulato dalla Commissione d'Esame sulla base dell'esito della prova scritta e dell'adeguatezza delle risposte fornite dallo studente ai quesiti che gli sono stati formulati durante la prova orale.

Il voto finale è, inoltre, opportunamente motivato allo studente.



SCHEMA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"SISTEMI RADAR"

SSD ING-INF/03

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2025-26

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: ANTONIO DE MAIO
TELEFONO: 081 76 83147
EMAIL: ANTONIO.DEMAIO@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I/II
SEMESTRE: I
CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuna propedeuticità.

EVENTUALI PREREQUISITI

Nessun prerequisito.

OBIETTIVI FORMATIVI

Obiettivi dell'insegnamento sono fornire i concetti specialistici per il dimensionamento e l'analisi di sistemi radar in diversi contesti operativi, corredati da elementi dettagliati per modellare la fenomenologia del canale, dell'interferenza e del bersaglio radar. Ulteriore scopo è introdurre le principali tecniche di elaborazione del segnale radar sia nel dominio del tempo che in quello Doppler.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente deve dimostrare di conoscere le principali tipologie, configurazioni e modalità operative dei sistemi radar; deve essere in grado di applicare correttamente l'equazione radar per specifiche funzioni del sistema (quali ad esempio la ricerca e l'inseguimento). Deve inoltre sapere caratterizzare le prestazioni del radar dal punto di vista della probabilità di falso allarme e corretta rivelazione in presenza di diverse tipologie di bersagli (fluttuanti e non) e per differenti logiche di integrazione dei ritorni (ad esempio integrazione coerente e non). Deve comprendere le principali tecniche di elaborazione del segnale radar per la selezione del clutter (sia nel dominio del tempo che in quello Doppler), per il controllo dei falsi allarmi e per la stima dei parametri del bersaglio.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare di saper dimensionare i principali parametri del trasmettitore e del ricevitore di un sistema radar in diversi contesti operativi utilizzando modelli adeguati alla loro descrizione e ottimizzazione.

Deve inoltre palesare capacità di caratterizzare le diverse funzionalità e modalità del radar. Deve essere in grado di selezionare gli schemi più opportuni per l'elaborazione del segnale radar con enfasi al filtraggio del clutter, alla rivelazione/stima dei parametri del bersaglio e al controllo dei falsi allarmi.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Principi di funzionamento del radar ad impulsi e ad onda continua. Principali parametri, funzioni e applicazioni del radar. L'equazione radar e sue diverse forme. I processi di ricerca e inseguimento radar. Effetti atmosferici e loro correzione. Caratterizzazione del clutter. Caratterizzazione dei bersagli radar. Acquisizione e digitalizzazione del segnale radar. Rivelazione di bersagli e calcolo della probabilità di falso allarme e corretta rivelazione. Tecniche per il controllo dei falsi allarmi. Elaborazione Doppler. Segnali e codici radar. Tecniche per la stima dei parametri e l'inseguimento di bersagli.

MATERIALE DIDATTICO

Libri di testo:

- M. A. Richards, J. A. Scheer, and W. A. Holmes: "Principles of Modern Radar: Basic Principles", Scitech, 2010.
- M. Skolnik: "Radar Handbook", Third Edition, Mc Graw Hill, 2008.
- G. Stimson: "Introduction to Airborne Radar", Third Edition, IET, 2014.

Dispense:

"Slide del corso", distribuite annualmente.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

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

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	



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"TECNOLOGIE MULTIPORTANTE PER LE COMUNICAZIONI"

SSD ING-INF/03

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2025-2026

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: DAVIDE MATTERA

TELEFONO: 081 76 83795

EMAIL: DAVIDE.MATTERA@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I/II

SEMESTRE: II

CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuna propedeuticità.

EVENTUALI PREREQUISITI

Nessun prerequisito.

OBIETTIVI FORMATIVI

Obiettivo dell'insegnamento è quello di introdurre il tema della trasmissione dell'informazione tra due punti nella eventualità in cui il canale di forme d'onda sia distorcente, o anche solo non spazialmente separato da trasmettitori adiacenti, e quindi risulti opportuno ricorrere ad un approccio multiportante. L'insegnamento si propone di fornire agli studenti nozioni specialistiche sull'approccio multiportante sia nella versione OFDM correntemente diffusa sia nella versione che ricorre a banchi di filtri, particolarmente promettente come soluzione dei futuri standard di rete, e sui meccanismi di sincronizzazione che costituiscono il nucleo della complessità di elaborazione dei ricetrasmittitori multiportante.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente deve dimostrare di conoscere e saper comprendere le problematiche relative alle motivazioni insite nel ricorso ad una soluzione standard per i sistemi multiportante, ai vantaggi di una soluzione multiportante a banchi di filtri rispetto alla soluzione standard, e ai meccanismi di sincronizzazione per i sistemi multiportante. Deve dimostrare di sapere elaborare argomentazioni concernenti i nessi tra distorsione introdotta dal canale di forme d'onda e costruzione del segnale da trasmettere in modalità multiportante, ricordare il suo legame con la moltiplicazione a divisione di frequenza e con le modalità in cui vengono svolte le funzioni di sincronizzazione, illustrare il quadro complessivo dei vantaggi e degli svantaggi connessi alle varie scelte architetture che definiscono un ricetrasmittitore multiportante.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare di essere in grado di risolvere problemi concernenti il confronto dei vantaggi e degli svantaggi connessi alla scelta di una soluzione multiportante rispetto ad una soluzione alternativa, nonché alle diverse possibili alternative disponibili all'interno dei sistemi multiportante, e di saper condurre la progettazione di massima per la definizione delle soluzioni di connessione legate alla trasformazione digitale delle diverse tipologie di oggetti reali.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Richiami sulla segnalazione digitale su canale AWGN e a banda limitata

Descrizione di un sistema multiportante standard e dei suoi vantaggi rispetto alle alternative

Descrizione dei meccanismi fondamentali di sincronizzazione in un sistema multiportante standard

Descrizione di un sistema multiportante a banco di filtri, delle sue diverse versioni e delle diverse strutture di elaborazione che lo costruiscono

Descrizione dei meccanismi fondamentali di sincronizzazione in un sistema multiportante a banco di filtri

Descrizione dei vantaggi di un sistema multiportante a banco di filtri in confronto con uno standard

MATERIALE DIDATTICO

Dispense del Corso redatte dai Proff. Tanda e Mattera e rese disponibili online agli studenti del corso

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Il corso è costituito da lezioni per 72 ore complessive di cui (circa) 48 ore sono dedicate alla definizione degli argomenti teorici e (circa) 24 ore sono dedicate ad esercitazioni che – ove opportuno - si avvalgono di software specialistico e si propongono di approfondire la comprensione degli argomenti teorici.

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	



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"RADIOLOCALIZZAZIONE TERRESTRE E SATELLITARE "

SSD ING-INF/03

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO 2025-2026

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE1: MASSIMO ROSAMILIA

TELEFONO:

EMAIL: MASSIMO.ROSAMILIA@UNINA.IT

DOCENTE2: VINCENZO CAROTENUTO

TELEFONO:

EMAIL: VINCENZO.CAROTENUTO@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I/II

SEMESTRE: I

CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuna propedeuticità.

EVENTUALI PREREQUISITI

Nessuna prerequisito.

OBIETTIVI FORMATIVI

Obiettivi dell'insegnamento sono fornire le principali metodologie e tecniche di elaborazione dei segnali per la localizzazione tramite onde radio, introdurre i principi di funzionamento dei moderni sistemi di radiolocalizzazione terrestri e satellitari, nonché le diverse fenomenologie di canale e di interferenza. Ulteriore scopo è analizzare, implementare e simulare alcune tecniche fondamentali impiegando l'ambiente di sviluppo MATLAB®.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente deve dimostrare di conoscere le principali tipologie e modalità operative dei sistemi di localizzazione/posizionamento basati su onde radio; deve avere padronanza dei principali metodi/algoritmi per l'estrazione di informazioni legate alla posizione dell'utente a partire dal segnale radio proveniente da specifici trasmettitori, impiegando misure dei tempi di arrivo, angoli di arrivo, potenza dei segnali ricevuti. Deve dimostrare di conoscere l'architettura, il funzionamento e le limitazioni dei moderni sistemi di radiolocalizzazione terrestri e satellitari.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare di saper valutare e selezionare, a fronte di un problema di localizzazione specifico, la tipologia di sistema più idonea (terrestre, satellitare o ibrida), definendone i parametri fondamentali (quali numero di trasmettitori, livello di sincronizzazione temporale, tipologia di ricevitore) in base ai requisiti prestazionali e al contesto operativo. Deve inoltre essere in grado di identificare la tecnica di localizzazione più appropriata (es. TOA, TDOA, ecc.) e selezionare l'algoritmo di stima ottimale (es. LS, NLS, ecc.) in funzione delle specifiche operative e delle criticità dello scenario. Lo studente deve inoltre mostrare la capacità di riconoscere le principali problematiche (cause di degradazione delle prestazioni) che intervengono nei processi di radiolocalizzazione, quali effetti di propagazione, condizioni atmosferiche, rumore e interferenze. Deve altresì dimostrare competenza nella scelta degli schemi di elaborazione dei segnali più adatti per estrarre l'informazione di localizzazione in presenza di tali fenomeni deleteri.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Tassonomia e principi di base dei sistemi di radiolocalizzazione. Principali parametri per la radiolocalizzazione e relativi metodi di stima. Radiolocalizzazione passiva: strategie di localizzazione basate sugli angoli di arrivo, sui tempi di arrivo, sulla differenza o somma dei tempi di arrivo, sulla potenza dei segnali ricevuti; sistemi ibridi; applicazioni alle reti cellulari e WIFI. Implementazione e analisi di alcune tecniche di stima in ambiente MATLAB®. Radiolocalizzazione satellitare: principi di funzionamento ed architetture dei sistemi GNSS (GPS, GLONASS, GALILEO); caratteristiche dei segnali trasmessi; architettura dei ricevitori e tecniche di elaborazione del segnale per effettuare il posizionamento; sistemi multicostellazione. Applicazione della radionavigazione alla sicurezza per il trasporto aereo e marittimo: principi di funzionamento del sistema radar di sorveglianza secondario per il controllo del traffico aereo e del sistema di identificazione automatica per il tracciamento marittimo.

MATERIALE DIDATTICO

Libri di testo:

- S. A. (Reza) Zekavat and R. Michael Buehrer, *Handbook of Position Location: Theory, Practice, and Advances*, 2nd ed., Wiley-IEEE Press, 2019.
- P. Misra and P. Enge, *"Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance"*, 2nd ed. Ganga-Jamuna Press, 2011.
- M. Nolan, *"Fundamentals of Air Traffic Control"*, 5th ed. CENGAGE Brain, 2011.

Dispense:

"Slide del corso", distribuite annualmente.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

La didattica è erogata per il 100% con lezioni frontali, che includono teoria, esercitazioni in ambiente MATLAB®, ed esercitazioni utilizzando dispositivi Software Defined Radio (SDR) per l'acquisizione ed analisi di segnali per la radiolocalizzazione.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

Modalità di esame:

Come si articola in prova	
Scritta e orale	

o scritta	
o orale	
essione di elaborato progettuale	
o	



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT FOR SMART INDUSTRY"

SSD ING-INF/07

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2025-26

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE1: ANTONIO ESPOSITO

TELEFONO:

EMAIL: ANTONIO.ESPOSITO9@UNINA.IT

DOCENTE2: PASQUALE ARPAIA

TELEFONO: 081 76 83163

EMAIL: PASQUALE.ARPAIA@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I/II

SEMESTRE: II

CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuna propedeuticità.

EVENTUALI PREREQUISITI

Fondamenti della misurazione, fondamenti di informatica

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso ha lo scopo di applicare le tecniche delle misure elettroniche ad una problematica di rilievo. I principali obiettivi formativi riguardano la capacità di specificare, concepire, progettare, implementare, testare, e qualificare hardware e firmware per microcontrollori ed un software di monitoraggio per la misura e il processo dei dati. Si insisterà altresì su multidisciplinarietà e team-working.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente deve dimostrare di conoscere e saper analizzare i requisiti, progettare concettualmente e fisicamente, testare e validare un sistema di misura basato su microcontrollori. Deve dimostrare di avere una conoscenza approfondita delle metodologie impiegate per affrontare un problema pratico di misura ed adottare un linguaggio tecnico appropriato. Deve inoltre essere in grado di lavorare all'interno di un gruppo multidisciplinare in un ambiente che simula una piccola azienda di ricerca e sviluppo.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare di essere in grado di gestire una commessa affidata ad un gruppo di ricerca e sviluppo, di coglierne sia gli aspetti tecnologici che economici, nonché essere in grado di gestire le risorse a disposizione per portare a termine il compito assegnato. Il percorso formativo è orientato a trasmettere le capacità, gli strumenti metodologici e gli strumenti operativi necessari a trasferire le conoscenze acquisite, con particolare riferimento al campo delle misure, verso uno scenario applicativo di matrice industriale ed affrontare problematiche rilevanti su tematiche di frontiera.

PROGRAMMA-SYLLABUS

TELEMONITORAGGIO E INDUSTRIA 4.0

Concetti generali: monitoraggio avanzato e diagnostica intelligente. Architettura dei sistemi di telemonitoraggio e telemisura: basate su micro-controllori on-chip, su palmari/smartphone, su webservice e PC. Quarta rivoluzione industriale: concetto di Industria 4.0 (o Smart Industry), i nove pilastri. Cenni alla sensoristica dell'Internet of Things (IoT) e Internet of Everything (IoE). Panoramica dei protocolli di comunicazione: Near Field Communications, SubGHz, Narrow Band IoT, LoRa e SigFox.

TRASDUTTORI VIRTUALI A MICROCONTROLORE

Sensori e trasduttori: sensore di pressione, sensore di umidità e temperatura, accelerometro, magnetometro, giroscopio. Soft transducers: architetture, progettazione, scelta del modello, identificazione sperimentale, validazione. Esempi soft transducers.

Microcontrollori per l'acquisizione dati: requisiti, architettura, componenti logici e fisici, analisi delle specifiche (esempio famiglia STM Nucleo32), panoramica del mercato (esempio produzione ST Microelectronics). Richiami architettura STM32, programmazione a registri, ambienti di sviluppo (IDE): IAR, CubeMX. Scheda Nucleo. Expansion boards: shield Bluetooth. Esercitazioni: sviluppo di un progetto per il nodo sensore mediante funzioni di libreria di alto livello: driver, HAL (Hardware Abstraction Layer), Board Support Package (BSP). Implementazione di un processo di misura. Comunicazione Bluetooth e comunicazione con Epson Moverio BT-200.

AR E VR PER IL TELEMONITORAGGIO

Introduzione alle interfacce ciberfisiche, realtà aumentata e interfacce cervello-computer. Concetti di Virtual Reality, Mixed Reality e Augmented Reality. Panoramica delle piattaforme di realtà aumentata. Esercitazioni: programmazione Android degli smart glasses Epson Moverio BT-200.

BRAIN COMPUTER INTERFACES PER IL TELEMONITORAGGIO

Introduzione: architettura generica delle interfacce cervello-computer (BCI). Tassonomia dei sistemi BCI: invasivi, parzialmente invasivi, e non invasivi; attivi e passivi; endogeni ed esogeni. Prodotti e tecnologie del mercato di oggi. Tecniche di acquisizione dell'attività cerebrale. Principi di etica dell'interazione cervello-computer.

Misura dello SSVEP: elettroencefalografia (EEG). Elettrodi attivi e passivi, dry e wet. Tecniche di elaborazione del segnale in condizioni critiche di SNR. Approcci per l'elaborazione dei segnali EEG e l'estrazione delle funzionalità pertinenti. Concetti avanzati: principi di Physical Artificial Intelligence nell'elaborazione di segnali BCI. BCI attivi per applicazioni di controllo. BCI passivi per il monitoraggio dell'interazione uomo macchina mediante dati fisiologici, monitoraggio del carico di lavoro, misura dello stress in ambito 4.0, misura dell'engagement. Esempi d'uso di BCI tra varie comunità scientifiche. Esercitazioni: acquisizione attività cerebrale tramite Olimex EEG-SMT e BrainBay. Ottimizzazione del piazzamento degli elettrodi (con stampante 3D). Elaborazione segnali e riconoscimento dello SSVEP. Artefatti e sfruttamento dell'eye blink.

APPLICATIVO DI MONITORAGGIO INDUSTRIALE I4.0 BASATO SU AR E BCI

Trasformazione delle richieste di un committente in (i) una offerta commerciale (previa analisi di mercato) ed in (ii) un documento dei requisiti utente del sistema da prototipare. Pianificazione dell'attività prototipale (GANTT delle attività con relativi work-packages, tasks, milestones, and deliver-ables). Analisi dei requisiti dell'applicazione. Analisi della sensoristica per misura delle condizioni di un prodotto. Progettazione concettuale e fisica del nodo sensore e dell'interfaccia AR. Progettazione concettuale e implementazione dell'applicativo BCI. Integrazione sistema BCI-AR/MR per ispezione robotica e non in ambito I4.0. Debug e test. Integrazione e prove di validazione. Stesura della documentazione finale e realizzazione della presentazione del prototipo agli stake-holders del processo.

Esercitazioni: monitoraggio tramite interfaccia AR-BCI di condizioni ambientali e movimenti di un contenitore usato in ambito industriale per il trasporto di materiali.

MATERIALE DIDATTICO

- Schmalstieg D., Hauler T.: *Augmented Reality Principles and Practice (Usability)*. Addison-Wesley Professional, 2016.
- Steven M. La Valle, *Virtual Reality*, 2017, Cambridge Univ. Press
- Marius Preda, *Getting Started with Augmented Reality*, Corso MOOC
- Edoardo Bellanti, Alice Corsi e Gianni Verrcelli, *Video a 360° per la realtà virtuale*, 2017
- Hassanien, Aboul Ella, and A. A. Azar, *Brain-computer interfaces*. Switzerland: Springer (2015).
- Wolpaw, Jonathan, and Elizabeth Winter Wolpaw, eds. *Brain-computer interfaces: principles and practice*. OUP USA, 2012.
- Bansal, Dipali, and Rashima Mahajan, *EEG-Based Brain-Computer Interfaces: Cognitive Analysis and Control Applications*, Academic Press, 2019.
- Application notes costruttori.
- Manuali componenti, demo boards e applicativi.
- Slide docenti.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Il corso si articolerà in lezioni teoriche per circa il 20%, esercitazioni pratiche per il 75% circa, e seminari di esperti del settore per il restante 5%. Le esercitazioni pratiche consisteranno di un progetto multidisciplinare da portare a termine in gruppo. Le slide utilizzate e tutto il materiale prodotto durante le lezioni saranno condivisi tra i vari membri del team.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

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

L'elaborato progettuale sarà monitorato durante lo svolgimento del corso e discusso al suo termine ai fini dell'esame. Alla discussione saranno affiancate anche domande di teoria volte a sondare le conoscenze acquisite dagli allievi.

b) Modalità di valutazione:

L'esito finale dell'esame sarà prevalentemente determinato sulla base dell'elaborato progettuale discusso. Le domande di teoria avranno un peso pari circa al 10% del voto finale.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"IMAGE PROCESSING FOR COMPUTER VISION"

SSD ING-INF/03

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2025-26

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: GIUSEPPE SCARPA

TELEFONO:

EMAIL: GIUSEPPE.SCARPA@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I/ II

SEMESTRE: I

CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuna propedeuticità.

EVENTUALI PREREQUISITI

Teoria dei Segnali

OBIETTIVI FORMATIVI

L'insegnamento si propone di fornire agli studenti nozioni approfondite sullo sviluppo e l'applicazione di tecniche di elaborazione delle immagini per la soluzione di tipici problemi di computer vision, spaziando da metodi tradizionali per l'elaborazione dei segnali, cioè orientati alla modellizzazione, ad approcci moderni basati su reti neurali convoluzionali. Specifici problemi di computer vision considerati quali obiettivi formativi del corso sono la rivelazione, caratterizzazione ed il matching di feature locali, il fitting e l'allineamento di modelli geometrici, la classificazione di immagini, la segmentazione semantica o per istanze di immagini, la rivelazione, localizzazione ed il riconoscimento degli oggetti, la stima della posa, la stima della profondità, la corrispondenza stereo, la ricostruzione 3D da viste multiple.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente dovrà conoscere sia tecniche di filtraggio classiche che approcci basati su moderne reti neurali convoluzionali per la soluzione di problemi di visione computazionale quali la rivelazione, descrizione ed il matching di feature locali, il fitting e l'allineamento di modelli geometrici, la classificazione di immagini, la segmentazione semantica o per istanze, la rivelazione, localizzazione e riconoscimento di oggetti, la stima della posa, la stima della profondità, la corrispondenza stereo, la ricostruzione 3D da viste multiple, dalla prospettiva dell'elaborazione dei segnali. Per i problemi elencati lo studente dovrà altresì conoscere le metriche o gli indici prestazionali utili alla valutazione delle possibili soluzioni.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve acquisire la capacità di progettare, sviluppare e testare algoritmi di elaborazione delle immagini allo stato dell'arte finalizzati alla risoluzione di comuni problemi di visione computazionale, tra cui la rivelazione, descrizione ed il matching di feature locali, il fitting e l'allineamento di modelli geometrici, la classificazione di immagini, la segmentazione semantica o per istanze, la rivelazione, localizzazione e riconoscimento di oggetti, la stima della posa, la stima della profondità, la corrispondenza stereo, la ricostruzione 3D da viste multiple.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Richiami sul filtraggio delle immagini. Dominio spazio-scala e decomposizione piramidale. Richiami sugli ambienti di programmazione per lo sviluppo di algoritmi di computer vision.

Formazione dell'immagine: La luce e il colore. Il modello pinhole camera. La proiezione del mondo 3D nel piano dell'immagine: matrice di proiezione della camera e calibrazione della camera. Trasformazioni geometriche di tipo proiettivo.

Early vision: Rivelazione dei contorni; segmentazione mediante trasformata watershed; template matching e descrizione tessiturale; rivelazione di angoli (Harris detector) e linee (trasformata di Hough).

Rivelazione e descrizione di keypoint: Definizione di keypoint e proprietà di ripetitività. Proprietà di invarianza dei rivelatori rispetto ad illuminazione, traslazione, rotazione, scala, trasformazioni affini e omografie. Rivelatore di Harris. Differenza di gaussiane (DoG). Piramide di DoG. Orientazione e scala di un keypoint. Descrittori di feature: proprietà discriminative; descrittori di comune impiego (SIFT, SURF, MSER,...); descrittori di forma e contesto.

Matching, fitting ed allineamento: Matching di feature mediante criterio del rapporto delle distanze. Fitting ed allineamento: metodo dei minimi quadrati lineare o robusto; algoritmo ICP; trasformata di Hough generalizzata; algoritmo RANSAC. Rivelazione, riconoscimento e classificazione.

Elaborazione delle immagini mediante reti neurali convoluzionali (CNN): Architetture convoluzionali per l'elaborazione delle immagini. Addestramento di CNN per l'elaborazione delle immagini: backpropagation e algoritmo di ottimizzazione SGD (e varianti). Moduli (layer) di comune impiego: convoluzione, pooling, unpooling, batch normalization, funzioni di attivazione (ReLU e sue varianti, Tanh, sigmoide). Funzioni di costo per l'elaborazione delle immagini. Dropout e data augmentation. Modelli CNN per super-risoluzione, classificazione, segmentazione, rivelazione e localizzazione di oggetti, stima della profondità, stima della posa.

Visione multi-view: Visione stereo: disparità e profondità. Vincoli epipolari; matrice essenziale e matrice fondamentale. Problemi di corrispondenza densi. Ricostruzione 3D da multi-view: Structure from Motion (SfM).

MATERIALE DIDATTICO

- R. Szeliski, "Computer vision: algorithms and applications", Springer 2010.
- R.-I. Hartley, A. Zisserman, "Multiple View Geometry in Computer Vision", C. U. P., 2nd Ed., 2004.
- I. Goodfellow, et al., "Deep Learning", MIT Press, 2017.
- Dispense del docente.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Il corso prevede sia lezioni frontali (circa il 60% del totale) che attività di laboratorio. Sono tra l'altro previsti tutorial introduttivi sia sul linguaggio di programmazione Python e gli annessi toolbox per il deep learning che sull'uso di piattaforme di calcolo in cloud funzionali agli obiettivi del corso. Parte delle ore di laboratorio saranno dedicate allo sviluppo in itinere, con tutoraggio, dei progetti degli studenti ai fini della valutazione finale.

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	x

L'esame prevede la presentazione di un progetto svolto individualmente o in gruppo, con relativa discussione, ed un colloquio generale sui contenuti del corso. Il progetto è di norma sviluppato in itinere e presentato al termine del corso in un workshop di chiusura, mentre il colloquio può tenersi in qualsiasi appello dell'a.a. corrente senza vincoli temporali.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

“TOMOGRAFIA E IMAGING: PRINCIPI, ALGORITMI E METODI NUMERICI”

SSD ING-INF/02

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2025-26

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: ANGELO LIENO

TELEFONO: 081 76 83113

EMAIL: ANGELO.LIENO@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II

SEMESTRE: I

CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuna propedeuticità.

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenza degli elementi di base dell'elettromagnetismo applicato.

OBIETTIVI FORMATIVI

L'obiettivo formativo è fornire le conoscenze, fino al livello operativo, per comprendere il funzionamento di sistemi d'interesse per un ampio spettro di applicazioni della vita reale basata sulla Tomografia e l'Imaging elettromagnetici. Le applicazioni d'interesse riguarderanno la tomografia nelle applicazioni industriali e nelle applicazioni medicali (Microwave Tomography), l'imaging nelle applicazioni di sicurezza (body scanning), la diagnostica per immagini (TAC, PET e MRI) e il Ground Penetrating Radar.

In particolare, si richiameranno i principi fondamentali della Tomografia e dell'Imaging elettromagnetici e si comprenderanno gli algoritmi effettivamente utilizzati per la loro elaborazione sino ad un livello di dettaglio operativo. Infine, si metteranno in pratica, in laboratorio, le conoscenze acquisite nella implementazione di alcuni semplici esempi di Tomografia e Imaging in codici di calcolo in grado di operare a partire da dati realistici.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente deve dimostrare di aver acquisito adeguata conoscenza dei principi fisici alla base delle principali tecniche di tomografia e imaging elettromagnetiche, quali la CAT, l'MRI, l'imaging a microonde e l'imaging passivo. Lo studente deve dimostrare di aver raggiunto anche una sufficiente comprensione delle motivazioni e dei limiti delle tipiche approssimazioni adottate in tali ambiti, utilizzate anche per la linearizzazione dei legami. Inoltre, deve aver raggiunto adeguata consapevolezza delle cause della malposizione di un problema inverso lineare e dei principali metodi di regolarizzazione con particolare riferimento al compromesso in termini di filtraggio del rumore e capacità di risoluzione.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare di saper mettere in pratica, attraverso la descrizione analitica di appropriati algoritmi di calcolo, metodi iterativi e non iterativi per la soluzione di problemi tomografici. In particolare, deve essere in grado di discutere nel dettaglio metodi classici di regolarizzazione quali la tecnica di Tikhonov e le sue declinazioni in termini di iterazioni di Landweber e steepest descent nonché di Decomposizione ai Valori Singolari. Deve anche dimostrare un adeguato grado di capacità di gestione relativamente ai problemi di calcolo veloce per applicazioni tomografiche.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Richiami sugli elementi di base dell'elettromagnetismo. Il concetto di funzione di Green. Sorgenti elettromagnetiche e radiazione. Equazione della radiazione. La diffusione elettromagnetica e il concetto di campo incidente, campo diffuso e campo totale. Equazione della diffusione elettromagnetica. Introduzione alla tomografia e imaging elettromagnetici.

Richiami ai principi fisici alla base della TAC, PET, MRI. [2 CFU]

Richiami agli algoritmi fondamentali per il trattamento dei dati (trasformata di Radon, backprojection, FFT e Non-Uniform FFT, ART, etc.). [1 CFU]

Problemi inversi e il concetto di mal posizione e mal condizionamento nella loro soluzione. Metodi per la soluzione e la discretizzazione delle equazioni di interesse. Algoritmi numerici per la soluzione del problema discreto. Tecniche di regolarizzazione e preconditionamento, e analisi delle prestazioni (SVD, gradiente coniugato, gradiente biconiugato stabilizzato, total variation, etc.). Tecniche algoritmiche ed implementative per la soluzione numerica e l'accelerazione dell'elaborazione. [2 CFU]

Applicazioni alla tomografia, al body scanning, al Ground Penetrating Radar, alla TAC, alla PET e alla MRI. [2 CFU]

Esercitazioni di laboratorio, sia di tipo numerico che di tipo sperimentale. [2 CFU]

MATERIALE DIDATTICO

Si veda sito web del docente della materia

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni ed esercitazioni di laboratorio.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

Modalità di esame:

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

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

(*) È possibile rispondere a più opzioni

SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"ELETTRONICA INDUSTRIALE DI POTENZA"

SSD ING-IND/32

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDI: INGEGNERIA ELETTRONICA (M61)

ANNO ACCADEMICO 2025-2026

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: COPPOLA MARINO

TELEFONO: 081 76 83228

EMAIL: marino.coppola@unina.it

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II

SEMESTRE: II

CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

Non previsti

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenza di base di elettronica di potenza.

OBIETTIVI FORMATIVI

L'insegnamento intende fornire agli studenti nozioni specialistiche per il dimensionamento e la progettazione dei circuiti di conversione statica dell'energia elettrica. In particolare, l'insegnamento si pone l'obiettivo di fornire agli studenti le metodologie e le conoscenze utili all'implementazione di un sistema completo di generazione e conversione dell'energia elettrica attraverso lo sviluppo di un progetto in ambiente simulativo dedicato.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRIPTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Il percorso formativo intende fornire agli studenti le conoscenze e gli strumenti metodologici necessari a completare l'implementazione in ambiente simulativo (PLECS - Piece-wise Linear Electrical Circuit Simulation, Matlab/Simulink) di un sistema di generazione e conversione dell'energia elettrica, preliminare alla successiva realizzazione hardware. In particolare, lo studente dovrà dimostrare di conoscere il principio di funzionamento ed il comportamento dei suoi principali sotto-sistemi (e.g., dispositivi elettronici, convertitore di potenza, batterie, filtri). Inoltre, lo studente dovrà comprendere le principali problematiche relative all'impiego dei convertitori statici, anche connessi alla rete elettrica, e dovrà essere in grado di memorizzare e descrivere le tecniche utilizzate per il controllo dei convertitori e per la gestione del flusso energetico. Gli strumenti forniti consentiranno agli studenti di comprendere le principali relazioni tra i diversi sotto-sistemi e componenti analizzati e di interpretare gli andamenti delle grandezze elettriche di ingresso/uscita al fine dello sviluppo di un progetto completo.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Il percorso formativo è orientato a trasmettere le capacità e gli strumenti metodologici e operativi necessari ad applicare concretamente le conoscenze acquisite per la progettazione ed il dimensionamento opportuno dei convertitori in differenti applicazioni specifiche. Al termine del processo di apprendimento lo studente dovrà dimostrare, quindi, di essere in grado di progettare e realizzare a livello circuitale un sistema completo di generazione e conversione ed il suo schema di controllo in base alle specifiche richieste per garantire la continuità e la qualità dell'energia elettrica. Lo studente potrà applicare le conoscenze ed i metodi acquisiti per l'implementazione di un opportuno set-up di simulazione al fine di testare le funzionalità del sistema complessivo e verificare la rispondenza agli standard richiesti alla particolare applicazione. Tale approccio fornisce allo studente l'opportunità di esplorare, comprendere e visualizzare in modo interattivo i concetti presentati ed essere in grado di valutare i risultati ottenuti in base al confronto tra i principali parametri prestazionali quali l'efficienza, la distorsione armonica ed il fattore di potenza.

PROGRAMMA-SYLLABUS

1.5 CFU - Introduzione all'ambiente di simulazione PLECS per la modellizzazione e la simulazione di circuiti di potenza con l'utilizzo di componenti di libreria standard e modelli circuitali dedicati.

Introduzione all'utilizzo di codici in linguaggio C per la realizzazione di blocchi di controllo dedicati con la possibilità di incorporare codice esterno per controllori DSP.

3 CFU - Classificazione dei convertitori e concetti base di elettronica di potenza. Convertitori dc-dc (chopper), dc-ac (inverter) monofase e trifase, e ac-dc (raddrizzatori anche attivi). Descrizione ed implementazione del modello di un generatore fotovoltaico e di un dispositivo di accumulo a batterie. Implementazione del sistema di controllo: tecniche PWM (Pulse Width Modulation), regolatori proporzionale-integrale (PI) e proporzionale-risonante (PR), gate-driver. Connessione e sincronizzazione alla rete elettrica: filtro di rete, circuito phase-locked loop (PLL). Problematiche relative alla dissipazione di potenza.

4.5 CFU - Attività di laboratorio in aula con esercitazioni numeriche: implementazione di convertitori statici di potenza (dc-dc; dc-ac e ac-dc; convertitori multilivello). Sviluppo del progetto in ambiente PLECS di un sistema di generazione e conversione dell'energia elettrica.

MATERIALE DIDATTICO

N. Mohan, T. M. Undeland e W. P. Robbins, "Power Electronics: Converters, Applications, and Design", Wiley, 2002, 0471226939.

Remus Teodorescu, Marco Liserre, Pedro Rodriguez "Grid Converters for Photovoltaic and Wind Power Systems", Wiley-IEEE, ISBN 8-0-470-05751-3, January 2011.

Plecs User Manual (<https://www.plexim.com/sites/default/files/plecsmanual.pdf>)

Appunti dalle lezioni e slides del corso.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO-MODULO

Il docente utilizzerà: a) lezioni frontali per circa il 40% delle ore totali, b) laboratorio ed esercitazioni con software specialistico per approfondire le conoscenze applicate per 60% delle ore totali.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

e) Modalità di esame:

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

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

(*) È possibile rispondere a più opzioni

f) Modalità di valutazione:

L'esame prevede soltanto una verifica finale; eventuali verifiche intermedie sono di autovalutazione per gli studenti e non considerate nella valutazione finale da parte del docente.

L'esame si svolge discutendo con il candidato l'elaborato progettuale. Durante la discussione sono, inoltre, previste domande di approfondimento relative agli argomenti trattati durante il corso. Lo studente deve dimostrare la capacità di analizzare e commentare i risultati ottenuti e di aver compreso le principali problematiche e le tecniche utilizzate per l'implementazione dei convertitori di potenza elettrica.

SCHEMA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"REAL AND FUNCTIONAL ANALYSIS"

SSD MAT05

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2024-2025

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE1: ANNA MERCALDO

TELEFONO: 081 675679

EMAIL: ANNA.MERCALDO@UNINA.IT

DOCENTE2: NUNZIA GAVITONE

TELEFONO: 081 675687

EMAIL: NUNZIA.GAVITONE@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I

SEMESTRE: I

CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuna propedeuticità.

EVENTUALI PREREQUISITI

Analisi Matematica

OBIETTIVI FORMATIVI

Scopo del corso è fornire allo studente le conoscenze di base di Analisi Reale e Analisi Funzionale con particolare riguardo agli argomenti che vengono utilizzati negli altri corsi della LM in Mathematical Engineering.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente deve mostrare la propria conoscenza dell'analisi astratta, reale e funzionale, che è solitamente alla base dei metodi utilizzati nei problemi che provengono dal mondo dell'Ingegneria e delle Scienze

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Il corso fornisce gli strumenti di base dell'Analisi Reale e Funzionale per la risoluzione di semplici problemi teorici, che sorgono nelle applicazioni e vengono affrontati negli altri corsi.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Spazi topologici. Spazi metrici. Completamento. Compattezza. Spazi metrici completi: spazi di Banach, spazi di Hilbert. Basi ortonormali e serie di Fourier in spazi di Hilbert. Operatori lineari e continui tra spazi normati. Operatori compatti. Operatori aggiunti. Decomposizione spettrale di operatori autoaggiunti. Spettro dell'operatore di Laplace. Topologie deboli. Spazi riflessivi. Spazi separabili. Spazi L^p . Spazi di Sobolev e formulazione variazionale di problemi al bordo per equazioni alle derivate parziali. Introduzione ai metodi di Galerkin e metodi agli elementi finiti in un caso modello

MATERIALE DIDATTICO

[1] H. Brezis, *Functional Analysis, Sobolev spaces and Partial Differential Equations*. Springer (2011).

[2] A. Ferrero, F. Gazzola, M. Zanotti, *Elements of advanced mathematical analysis for physics and engineering*, Ed. Esculapio

[3] E. Kreyszig, *Introductory Functional Analysis with Applications*, John Wiley and Sons (1989).

[4] A. Mercaldo, *Notes on Real and Functional Analysis*, see "Materiale didattico"

[5] W. Rudin, *Functional analysis*. McGraw Hill, Inc., New York, 1991

[6] S. Salsa, *Equazioni a derivate parziali. Metodi, modelli e applicazioni*. Springer

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

MOOC 6 CFU

Tutorato in presenza 3 CFU

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

Modalità di esame:

Orale e/o prove intercorso costituite da quesiti a risposta libera ed esercizi.

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

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

(*) È possibile rispondere a più opzioni

Modalità di valutazione:

Il voto viene formulato dalla Commissione d'esame in funzione delle risposte fornite dallo studente alle domande che sono state formulate.

Il voto finale viene motivato allo studente.