

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

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA ELETTRICA E DELLE TECNOLOGIE  
DELL'INFORMAZIONE

Guida dello Studente

*CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA  
ELETTRONICA*

*Classe delle Lauree Magistrali in Ingegneria Elettronica LM29*

# Generalità sul Corso di Studio

## Il Corso di Studio in breve

Il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica si rivolge principalmente a laureati di primo livello del settore dell'Informazione con particolare indicazione e naturale prosecuzione per quelli provenienti dalla medesima classe dell'Ingegneria dell'Informazione L-8. Si prevede che anche studenti provenienti da percorsi culturali affini possano, avendo colmato eventuali debiti culturali in ingresso, intraprendere il percorso formativo.

Gli obiettivi di formazione del corso sono principalmente quelli di formare figure professionali che possano dare il loro contributo nel campo del trattamento elettronico dei segnali, dell'elettronica dei Sistemi Digitali e dell'elettronica di Potenza. La figura professionale che si intende formare è quella di un laureato di alto livello che guarda al futuro ma anche alle necessità correnti dell'Industria Elettronica, esperto dei singoli componenti, da cui dipende in modo critico la spinta innovativa, ma con una solida competenza anche a livello di sistema, da cui dipende la capacità di traduzione in applicazioni dei sistemi elettronici analogici e digitali quali parti indivisibili di una catena di regolazione, ottimizzazione e supporto ai processi industriali.

A questo fine il percorso formativo è stato progettato considerando che l'ingegnere elettronico conosca le tecnologie dei dispositivi elettronici a semiconduttore e le metodologie finalizzate all'innovazione dei processi produttivi e all'ottimizzazione delle applicazioni proprie dell'ingegneria elettronica, ma ha anche la capacità di progettare e gestire sistemi e servizi nel settore delle amministrazioni pubbliche e delle imprese private.

L'ingegnere elettronico è dunque preparato ad affrontare gli aspetti scientifici specifici dell'ingegneria moderna che, sempre più interdisciplinari, richiedono la conoscenza di dispositivi, sistemi e metodi basati su una tecnologia e una comprensione scientifica d'avanguardia oltre la padronanza delle relative metodologie di analisi e realizzazione.

Per raggiungere questi obiettivi si prevede un ampio intervallo di CFU sia per le attività formative caratterizzanti che per le attività formative affini o integrative.

## Sbocchi occupazionali

I laureati magistrali in Ingegneria Elettronica trovano occupazione presso imprese elettroniche, elettromeccaniche, automobilistiche, aeronautiche e spaziali potranno impiegare i laureati magistrali in Ingegneria Elettronica sia nei reparti di progettazione, di produzione e di collaudo sia in qualità di tecnici esperti di apparati complessi. I laureati potranno inoltre essere impiegati nei laboratori di misura, di diagnostica e di certificazione degli apparati e degli impianti. Inoltre gli ingegneri elettronici magistrali conducono ricerche innovative ovvero applicano le conoscenze esistenti in materia di elettronica, di proprietà elettroniche dei materiali e in materia di telecomunicazioni per disegnare, progettare, controllare funzionalmente sistemi, apparati, circuiti e componenti elettronici per usi commerciali, industriali o scientifici.

La Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica dà accesso al percorso di doppia laurea magistrale interna con il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica. Maggiori informazioni al link [Ingegneria Elettronica \(unina.it\)](http://unina.it)

/

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

Per l'iscrizione al corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica sono previsti specifici criteri di accesso riguardanti il possesso di requisiti curriculari e la verifica obbligatoria dell'adeguatezza della personale preparazione dello studente. Detti requisiti prevedono, tra l'altro, la documentata capacità di

utilizzare correttamente, in forma scritta e orale, almeno una lingua dell'Unione Europea oltre l'italiano, con riferimento anche ai lessici disciplinari.

La Commissione di Coordinamento Didattico disciplina inoltre, secondo linee di indirizzo stabilite dalla Scuola Politecnica e delle Scienze di Base, le modalità di verifica dell'adeguatezza della personale preparazione dello studente. Sono esonerati da tale verifica gli studenti per i quali la media delle votazioni (in trentesimi) conseguite negli esami di profitto per il conseguimento del titolo di Laurea che dà accesso al Corso di Laurea Magistrale - pesate sulla base delle relative consistenze in CFU - sia non inferiore a 24. Disposizioni specifiche si applicano agli studenti che non si trovano in questa condizione ([Ingegneria Elettronica \(unina.it\)](http://Ingegneria Elettronica (unina.it)))

Per maggiori informazioni contattare il coordinatore del corso di studi ([daliento@unina.it](mailto:daliento@unina.it))

## Piano di Studi

### MANIFESTO DEL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

(Classe delle Lauree magistrali in Ingegneria Elettronica, Classe LM-29)

A.A. 2022/2023

Insegnamento o attività formativa	Semestre	CF U	SSD	Tipologia	Ambito
<b>I anno</b>					
Architettura dei Sistemi Integrati	Primo	9	ING-INF/01	2	Ingegneria Elettronica
Misure Elettroniche	Primo	9	ING-INF/07	2	Ingegneria Elettronica
Insegnamento (Tab. A)	Primo	9		4	Affini/Integrative
Insegnamento (Tab. D) (*)	Primo / Secondo	0/9		4	Affini/Integrative
Attività formative a scelta autonoma dello studente (consigliato un insegnamento a scelta fra le Tabelle A,B,C,D,E) (*)	Primo / Secondo	9/0		3	
Microelettronica	Secondo	9	ING-INF/01	2	Ingegneria Elettronica
Ottica e Iperfrequenze	Secondo	9	ING-INF/02	2	Ingegneria Elettronica
Insegnamento (Tab. B)	Secondo	9		2	Ingegneria Elettronica
<b>II Anno</b>					
Design of Electronic Circuits and Systems	Primo	9	ING-INF/01	2	Ingegneria Elettronica
Insegnamento ING-INF/01 (Tab. C)	Primo	9	ING-INF/01	2	Ingegneria Elettronica
Insegnamento ING-INF/01 (Tab. C)	Primo	9	ING-INF/01	2	Ingegneria Elettronica
Insegnamento (Tab. D) (*)	Primo / Secondo	9/0		4	Affini/Integrative
Attività formative a scelta autonoma dello studente (consigliato un insegnamento a scelta fra le Tabelle A,B,C,D,E) (*)	Primo / Secondo	0/9		3	
Attività formative per ulteriori conoscenze(**)	Primo / Secondo	3		6	
Stages e tirocini (***)	Primo / Secondo	6		7	
Prova finale		12		5	

(\*)

Legenda delle tipologie delle attività formative ai sensi del DM 270/04:

Attività formativa	1	2	3	4	5	6	7
rif. DM270/04	Art. 10 comma 1, a)	Art. 10 comma 1, b)	Art. 10 comma 5, a)	Art. 10 comma 5, b)	Art. 10 comma 5, c)	Art. 10 comma 5, d)	Art. 10 comma 5, e)

**Tabella A: Attività formative (Ambito “Affini/Integrative”)**

Insegnamento	Semes tre	CFU	SSD	Tipologi a	Propedeuticit à	Ambito
Trasmissione del Calore	1	9	ING- IND/10	4		Affini/Integrative
Fisica dello Stato Solido	1	9	FIS/01	4		Affini/Integrative
Real and Functional Analysis	1	9	MAT/05	4		Affini/Integrative
Modelli Numerici per i Campi	1	9	ING- IND/31	4		Affini/Integrative
Teoria dell’Informazione	1	9	ING- INF/03	4		Affini/Integrative

**Tabella B: Attività formative (Ambito “Ingegneria Elettronica”)**

Insegnamento	Semestr e	CF U	SSD	Tipologia	Propedeuticità	Ambito
Componenti e circuiti ottici	2	9	ING- INF/02	2		Ingegneria Elettronica
Misure a Microonde ed Onde Millimetriche	2	9	ING- INF/02	2		Ingegneria Elettronica
Progetti di Sistemi di Telerilevamento	2	9	ING- INF/02	2		Ingegneria Elettronica
Misure per la compatibilità elettromagnetica	2	9	ING- INF/07	2		Ingegneria Elettronica
Sensori e Trasduttori di Misura	2	9	ING- INF/07	2		Ingegneria Elettronica
Misure su sistemi wireless	2	9	ING- INF/07	2		Ingegneria Elettronica

**Tabella C: Attività formative (“Ambito Ingegneria Elettronica”)**

Insegnamento	Semestre	CF U	SSD	Tipologi a	Propedeuticit à	Ambito
Integrated Photonics	1	9	ING- INF/01	2		Ingegneria Elettronica
Circuiti per DSP	1	9	ING- INF/01	2		Ingegneria Elettronica
Sensors and microsystems	1	9	ING- INF/01	2		Ingegneria Elettronica
Power Devices and Circuits	1	9	ING- INF/01	2		Ingegneria Elettronica
Dispositivi e Sistemi Fotovoltaici	1	9	ING- INF/01	2		Ingegneria Elettronica
System on chip	1	9	ING- INF/01	2		Ingegneria Elettronica

**Tabella D: Attività formative (Ambito “Affini/Integrative”)**

Insegnamento	Semestr e	CF U	SSD	Tipologi a	Propedeuticit à	Ambito
Reti elettriche complesse e simulazione circuitale	2	9	ING- IND/31	4		Affini/Integrative
Introduzione ai circuiti quantistici	1	9	ING- IND/31	4		Affini/Integrative
Sistemi Elettrici Industriali	2	9	ING- IND/33	4		Affini/Integrative
Trasmissione Digitale	2	9	ING- INF/03	4		Affini/Integrative
Elaborazione di Segnali Multimediali	2	9	ING- INF/03	4		Affini/Integrative
Controlli automatici	2	9	ING- INF/04	4		Affini/Integrative
Sistemi Operativi	1	9	ING- INF/05	4		Affini/Integrative

Laboratorio di programmazione	2	9	ING-INF/05	4		Affini/Integrative
Computer Systems Design	2	9	ING-INF/05	4		Affini/Integrative
Elettronica Organica	2	9	FIS/01	4		Affini/Integrative
Scienza e tecnologia delle onde TeraHertz	1	9	FIS/01	4		Affini/Integrative
Fondamenti Chimici delle Tecnologie	1	9	CHIM/07	4		Affini/Integrative
Elettronica Industriale di Potenza	2	9	ING-IND/32	4		Affini/Integrative
Avionica	2	9	ING-IND/05	4		Affini/Integrative
Affidabilità e Qualità	2	9	SECS-S/02	4		Affini/Integrative

Insegnamenti eventualmente già prescelti dallo studente nella laurea di primo livello non possono essere nuovamente selezionati.

**Tabella E: Attività formative per le scelte autonome**

Insegnamento	Semestre	CFU	SSD	Tipologia	Propedeuticità	CdS di riferimento
Sistemi radar	1	9	ING-INF/03	3		LM Ingegneria delle Telecomunicazioni e dei media digitali
Tecnologie multiportante per le comunicazioni	2	9	ING-INF/03	3		LM Ingegneria delle Telecomunicazioni e dei media digitali
Radiolocalizzazione Terrestre e Satellitare	1	9	ING-INF/03	3		LM Ingegneria delle Telecomunicazioni e dei media digitali
Instrumentation and Measurements for Smart Industry	2	9	ING-INF/07	3		LM Ingegneria delle Telecomunicazioni e dei media digitali
Image processing for computer vision	2	9	ING-INF/03	3		LM Ingegneria delle Telecomunicazioni e dei media digitali
Tomografia e imaging, principi algoritmici e metodi numerici	1	9	ING-INF/02	3		LM Ingegneria delle Telecomunicazioni e dei media digitali
Power circuits *	1		ING-INF/01	3		LM Ingegneria Elettronica
Sensor and actuators *	2		ING-INF/01	3		LM Ingegneria Elettronica
Autonomous Energy Sources *	2		ING-INF/01	3		LM Ingegneria Elettronica
Power devices *	2		ING-INF/01	3		LM Ingegneria Elettronica

(\*) Solo per gli studenti provenienti dalla Polonia

## **Note al Piano di Studi**

### **Regole per la formulazione del Piano di Studi**

**L'insegnamento di Tab. D e l'attività formativa a scelta autonoma possono essere**

**sostenute al primo o al secondo anno**

**(\*\*) Le ulteriori conoscenze possono essere acquisite dall'allievo nell'ambito del lavoro per la preparazione della Tesi. L'acquisizione di tali conoscenze deve essere certificata attraverso un modello AC, controfirmato dal relatore della Tesi di Laurea.**

**(\*\*\*) Il tirocinio extramoenia è svolto presso aziende, centri di ricerca o altri enti pubblici e/o privati, italiani o esteri, con affiancamento di un tutor dell'azienda o dell'ente e la supervisione di un tutor universitario.**

**Il tirocinio intramoenia è svolto presso laboratori di ricerca dell'ateneo con affiancamento di un tutor universitario (docente o ricercatore).**

**Il Piano di Studi è approvato automaticamente se le scelte avvengono all'interno delle tabelle predisposte, altrimenti il Piano di Studi deve essere esaminato dalla Commissione di Coordinamento Didattico per l'eventuale approvazione o modifica.**

### **Personalizzazione del piano di studi**

Lo studente può personalizzare il suo piano di studi attraverso le numerose opzioni presenti nelle tabelle e con i crediti assegnati alle scelte autonome. Modulistica e istruzioni per la compilazione sono aggiornate anno per anno e sono disponibili al link [www.ingegneria-elettronica.unina.it](http://www.ingegneria-elettronica.unina.it)

### **Attività di tirocinio curriculare**

Gli studenti iscritti al CdS effettuano obbligatoriamente un periodo di tirocinio presso Enti o Aziende convenzionati con l'Ateneo (tirocinio extramoenia), oppure presso le strutture di ricerca dell'università (tirocinio intramoenia). La durata del tirocinio equivale a 6 CFU che corrispondono a 150 ore di impegno.

### **Attività per la preparazione e lo svolgimento della prova finale**

- La preparazione della prova finale consiste nella scrittura di una tesi originale su un argomento deciso di concerto con un Docente Relatore. La prova finale è sostenuta dal Candidato innanzi a una Commissione presieduta dal Coordinatore del Corso di Studio e consiste nella presentazione del lavoro svolto e nella successiva discussione con i componenti della Commissione.
- Al termine della presentazione, ciascun docente può rivolgere osservazioni al candidato, inerenti l'argomento del lavoro di tesi.
- Di norma, la presentazione ha una durata di 15 minuti.

### **Periodi di formazione all'estero – Programmi ERASMUS**

Il corso di laurea favorisce lo svolgimento di periodi di studio all'estero nell'ambito del programma ERASMUS. L'accesso al programma avviene rispondendo ad un bando emanato tipicamente nel mese di marzo di ogni anno. La scelta della sede estera può essere effettuata tra quelle per le quali esiste una convenzione con l'Università di Napoli. L'elenco delle sedi disponibili e tutte le informazioni sulle modalità di accesso al programma ERASMUS possono essere reperite al link [www.erasmusdieti.it](http://www.erasmusdieti.it).

### **Pecorsi speciali**

È attivo un programma di Doppia Laurea Magistrale (double degree) con l'Università Politecnica di Lodz. Gli studenti selezionati tramite un bando pubblicato ogni anno, di norma nel mese di novembre, spendono due semestri all'estero e al termine del percorso conseguono la laurea in entrambe le università; per informazioni [www.ingegneria-elettronica.unina.it](http://www.ingegneria-elettronica.unina.it).



# Orientamento e Tutorato

## **Orientamento in ingresso**

Il Corso di Studio organizza iniziative di orientamento in ingresso in stretto coordinamento con gli altri corsi di studio del Dipartimento di Ingegneria Elettrica e delle Tecnologie dell'Informazione e della Scuola Politecnica e delle Scienze di Base. Il calendario delle iniziative di orientamento è consultabile al link [www.scuolapsb.it](http://www.scuolapsb.it)

## **Orientamento e tutorato in itinere**

Il Corso di Laurea Magistrale si avvale dei servizi di supporto forniti dal Centro di Ateneo SINAPSI ([www.sinapsi.unina.it](http://www.sinapsi.unina.it)), in particolare:

- a) servizi di tutorato specializzato rivolti agli studenti con disabilità e agli studenti con Disturbo Specifico dell'Apprendimento (DSA);
- b) servizi di supporto al successo universitario rivolti a tutti gli studenti dell'Università degli Studi di Napoli Federico II che vivono una difficoltà nell'affrontare il proprio percorso universitario.
- c) interventi inerenti l'area Anti-Discriminazione e Cultura delle Differenze orientati a prevenire e contrastare le violazioni dei diritti umani e le prevaricazioni legate al genere, all'orientamento sessuale, all'etnia, allo status socio-economico

## **Orientamento in uscita e attività di placement**

L'Ateneo ha attivo uno sportello per l'orientamento in uscita ed il placement accessibile attraverso il portale <http://www.orientamento.unina.it/>,

dal quale si attingono informazioni su iniziative ed opportunità di inserimento professionale.

La Scuola Politecnica e delle Scienze di Base, organizza incontri strutturati con le aziende denominato "La Scuola incontra le Imprese" durante la quale i laureati/laureandi hanno la possibilità di stabilire un contatto mirato con le realtà produttive

Tutte le informazioni possono essere reperite sul portale della Scuola Politecnica e delle Scienze di Base ([www.scuolapsb.it](http://www.scuolapsb.it)) nell'apposita sezione (La Scuola incontra le Imprese) nel quale sono sistematicamente segnalati gli eventi di recruitment, le "job fairs", le opportunità di inserimento lavorativo che vengono segnalate dalle Aziende. Ulteriori informazioni sono reperibili al link <http://www.jobservice.unina.it/it/>

## Calendario, scadenze e date da ricordare

### **Termini e scadenze**

L'immatricolazione e l'iscrizione agli anni successivi hanno luogo, di norma, dal 1 settembre al 31 ottobre di ogni anno, con modalità che sono rese note con una specifica Guida alla iscrizione e al pagamento delle tasse pubblicata alla URL:

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

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

<https://www.ingegneria-elettronica.unina.it>

### **Calendario delle attività didattiche e degli esami di profitto**

Il calendario delle attività didattiche si articola in "periodi didattici", durante i quali si tengono le lezioni e, di norma, non si sostengono esami, e "finestre d'esame", durante le quali le lezioni sono sospese e si sostengono gli esami.

Il Calendario dettagliato, aggiornato in tempo reale, è consultabile al link

<http://www.scuolapsb.unina.it/index.php/studiare-al-napoli/calendario-delle-attivita-didattiche>

Il calendario degli esami di profitto è consultabile al link

[www.ingegneria-elettronica.unina.it](http://www.ingegneria-elettronica.unina.it)

### **Orario delle attività formative**

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

L'orario dettagliato è consultabile al link

[http://easyacademy.unina.it/agendastudenti/index.php?view=easycourse&\\_lang=it](http://easyacademy.unina.it/agendastudenti/index.php?view=easycourse&_lang=it)

### **Calendario delle sedute di laurea**

Ogni anno sono previste cinque sessioni di laurea ordinarie nei mesi di maggio, luglio, settembre, ottobre e dicembre, e due sessioni di laurea straordinarie nei mesi di gennaio e marzo.

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

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

## Referenti del Corso di Studio

Coordinatore Didattico: Prof. Santolo Daliento; tel. 081/7683122; e-mail: [daliento@unina.it](mailto:daliento@unina.it)

Referente per il Programma ERASMUS: Prof. Nicola Petra; e-mail: [nicpetra@unina.it](mailto:nicpetra@unina.it)

Responsabile per i Tirocini: Prof. Santolo Daliento; e-mail: [daliento@unina.it](mailto:daliento@unina.it)

Referente per l'Orientamento: e-mail: [daliento@unina.it](mailto:daliento@unina.it)

.....

Rappresentanti degli Studenti:

Sig. Domenico Pio Rocco Vitale [domenicop.vitale@studenti.unina.it](mailto:domenicop.vitale@studenti.unina.it)

Sig. Lorenzo Mele: [lor.mele@studenti.unina.it](mailto:lor.mele@studenti.unina.it),

.....

Segreteria didattica area Ingegneria: [segreing@unina.it](mailto:segreing@unina.it)

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

## Contatti e Strutture

Indicazione della Sede (georeferenziata)

### **Polo Fuorigrotta**

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

### **Polo San Giovanni**

- [Corso Nicolangelo Protopisani 70](#)

Sito web del Corso di Studio:

[Ingegneria Elettronica \(unina.it\)](http://www.unina.it)

Sito web del Dipartimento:

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

Sito web della Scuola:

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

Sito web di Ateneo

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

Portale Orientamento:

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

Canali Social ufficiali:

[Ingegneria Elettronica - UniNa | Facebook](#)



## Schede Insegnamenti

Il contenuto e gli obiettivi degli insegnamenti insieme al nome del titolare del corso, alla modalità di svolgimento e di verifica sono consultabili al link [Ingegneria Elettronica \(unina.it\)](http://unina.it)

# INSEGNAMENTI

"Architettura dei sistemi integrati" .....	15
"Misure elettroniche" .....	18
"Microelettronica" .....	22
"Ottica e iperfrequenze" .....	25
"Design of electronic circuits and systems" .....	27
"Trasmissione del calore" .....	30
"Fisica dello stato solido" .....	33
"Real and functional analysis" .....	36
"Modelli numerici per i campi" .....	39
"Teoria dell'informazione" .....	43
"Componenti e circuiti ottici" .....	46
"Misure a microonde ed onde millimetriche" .....	48
"Progetti di sistemi di telerilevamento" .....	51
"Misure per la compatibilità elettromagnetica" .....	54
"Sensori e trasduttori di misura" .....	57
"Misure su sistemi wireless" .....	60
"Integrated photonics" .....	63
"Circuiti per DSP" .....	66
"Power devices and circuits" .....	70
"Dispositivi e sistemi fotovoltaici" .....	73
"System on Chip" .....	77
"Reti elettriche complesse e simulazione circuitale" .....	80
"Introduzione ai circuiti quantistici" .....	82
"Sistemi elettrici industriali" .....	85
"Trasmissione digitale" .....	88
"Elaborazione dei segnali multimediali" .....	90
"Controlli automatici" .....	93
"Sistemi operativi" .....	96
"Laboratorio di programmazione" .....	100

"Computer systems design" .....	103
"Elettronica organica" .....	106
"Scienza e tecnologia delle onde THz" .....	109
"Fondamenti chimici delle tecnologie" .....	112
"Avionica" .....	115
"Sistemi radar" .....	118
"Tecnologie multiportante per le comunicazioni" .....	121
"Radiolocalizzazione terrestre e satellitare " .....	124
"Instrumentation and measurement for smart industry" .....	127
"Image processing for computer vision" .....	130
"Tomografia e imaging: principi, algoritmi e metodi numerici" .....	133



## SCHEMA 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: 2022-23

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

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

## INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO (I, II, III): I  
SEMESTRE (I, II): 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: 2022-23

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: PASQUALE ARPAIA

TELEFONO: 081-7683163

EMAIL: PASQUALE.ARPAIA@UNINA.IT

## INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

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

SEMESTRE (I, II): 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: misurazione, misura e incertezza di misura; progettazione degli esperimenti; strumentazione avanzata digitale; misure su componenti. Verranno quindi considerati i principali metodi di misura di grandezze elettriche ed elettroniche e dei campi elettromagnetici 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

### 1. Metrologia avanzata

1.1. Metrologia generale: richiami di incertezza, taratura, caratteristiche metrologiche statiche della strumentazione: risoluzione, sensibilità, linearità, ripetibilità, riproducibilità, stabilità, isteresi, riferibilità.

1.2 Metrologia della strumentazione numerica: caratterizzazione metrologica statica e dinamica della strumentazione numerica a norma IEEE 1057 e dei convertitori analogico-digitali a norma IEEE 1241.

Esercitazioni: Procedura di taratura; caratterizzazione ADC a norma IEEE 1057.

### 2. Progettazione degli esperimenti ed elaborazione dei risultati di misura

2.1 Tecniche di statistica inferenziale: richiami di statistica, statistica descrittiva; inferenza statistica, test statistici.

2.2 Incertezza dei modelli: analisi di regressione lineare, scomposizione della devianza, gradi di libertà, one-way ANOVA, rapporto di varianza, analisi di significatività della regressione.

2.3 Progettazione degli esperimenti: definizioni, 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.

Esercitazioni: Esempio di elaborazione dei risultati della taratura con foglio elettronico: verifica di gaussianità e di linearità.

### 3. Strumentazione avanzata di misura

3.1 Concetti generali: richiami CMRR e NMRR, impedenza di ingresso e di uscita, interferenza elettrica.

3.2 Principi avanzati di conversione: convertitori A/N, convertitori N/A.

3.3 Strumenti nel dominio delle ampiezze: impedenzmetro numerico.

3.4 Strumenti nel dominio della frequenza: analizzatore di spettro a supereterodina, FFT analyzers, vector signal analyzers.

3.5 Strumenti per misura di potenza: misure di potenza in circuiti DC, misure di potenza in circuiti AC (bassa, media e alta frequenza), misure basate su sensore, misure di potenza pulsata.

Esercitazioni: FFT analyzers in LabVIEW.

#### 4. Misure sui componenti

4.1 Misure di resistenza: generalità, metodo della caduta di potenziale, ponte di Wheatstone, misura di resistenza di elevato valore, problema delle resistenze di contatto e delle conduttanze di dispersione, configurazione dei resistori a 3, 4 e 5 morsetti.

4.2 Misure di capacità.: generalità, metodo volt-amperometrico, 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, tecniche di schermatura e messa a terra.

4.3 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.

Esercitazioni: Ponte di Wheatstone, Misura  $tg\delta$  con metodo dei 3 voltmetri, Misura della cifra di perdita di un provino ferromagnetico con metodo wattmetrico.

#### 5. 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 sulla sensoristica dell'Internet of Things (IoT) e Internet of Everything (IoE).

#### MATERIALE DIDATTICO

Dispense dal Corso disponibili sul sito docente del Corso.

- D. C. Montgomery, J. C. Runger, *Applied Statistics and Probability for Engineers*, John Wiley and Sons.
- U. Pisani, *Misure Elettroniche: Strumentazione Elettronica di Misura*, Politeko Edizioni.
- C. Offelli, D. Petri, *Lezioni di Strumentazione Elettronica*, Città Studi Edizioni, Milano.
- Doebelin, *Sistemi di Misura*, Mc Graw Hill.
- G. Zingales, "Misure Elettriche", UTET.
- G. E. Guadagni, "Programmare? Impariamo con il LabVIEW", Sandit Editore.

#### 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 e talvolta si considera 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: 2022-23

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: VINCENZO D'ALESSANDRO  
TELEFONO: 081-7683509  
EMAIL: VINDALES@UNINA.IT

## INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO (I, II, III): I  
SEMESTRE (I, II): 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 (DESCRITTORI 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*, 2<sup>nd</sup> 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: 2022-2023

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: DA DEFINIRE

TELEFONO:

EMAIL:

## INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

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

SEMESTRE (I, II): 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: 2022-2023

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: LUCA MARESCA

TELEFONO: 081 76 83199

EMAIL: LUCA.MARESCA@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

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:

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



## SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO

### "TRASMISSIONE DEL CALORE"

SSD ING-IND/10

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

ANNO ACCADEMICO 2022-2023

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTI

DOCENTE 1: GRECO ADRIANA (3 CFU E PRESIDENTE DI COMMISSIONE)  
TELEFONO: 0817682289  
EMAIL: ADRIANA.GRECO@UNINA.IT

DOCENTE 2: MASSELLI CLAUDIA (6 CFU)  
TELEFONO: 0817682380  
EMAIL: CLAUDIA.MASSELLI@UNINA.IT

## INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO (I, II, III): I  
SEMESTRE (I, II): 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 le conoscenze fondamentali ed i meccanismi di 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; 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.*

## **RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI 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 deve dimostrare di conoscere e saper comprendere le problematiche relative allo scambio termico in accordo ai tre meccanismi di trasmissione del calore.*

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

*Lo studente deve dimostrare di sapere formulare i modelli necessari a studiare, analizzare e progettare le apparecchiature di scambio termico*

## **PROGRAMMA-SYLLABUS**

*Bilanci di massa ed energia per sistemi chiusi e aperti. Introduzione ai meccanismi di trasmissione del calore. Conduzione: Generalità; Regime stazionario monodimensionale; Sistemi alettati; Regime stazionario bidimensionale e tridimensionale; Regime non stazionario; Conduzione: metodi numerici per risolvere campi di temperatura stazionari e non stazionari. Irraggiamento: Generalità; Definizioni di base; Corpo nero; Corpo grigio; Caratteristiche radiative delle superfici; Scambio termico radiativo. Convezione: Introduzione. Equazioni di continuità, della quantità di moto, dell'energia. Convezione naturale e forzata. Il concetto di strato limite; Le equazioni fondamentali nello strato limite; Adimensionalizzazione delle equazioni fondamentali della convezione; Gruppi adimensionali per la convezione; Flusso esterno e interno; Regime laminare e turbolento. Correlazioni per la valutazione del coefficiente di scambio termico convettivo locale e medio. Meccanismi combinati. Scambiatori di calore. Raffreddamento dei componenti elettronici.*

## **MATERIALE DIDATTICO**

- R. Mastrullo, P. Mazzei, V. Naso, R. Vanoli, Fondamenti di Trasmissione del calore, volume I, Liguori editore, Seconda edizione, Napoli, 1991.
- R. Mastrullo, P. Mazzei, V. Naso, R. Vanoli, Fondamenti di Trasmissione del calore, volume II, Liguori editore, Seconda edizione, Napoli, 1982.
- O. Manca, V. Naso, Complementi di trasmissione del calore, EDISU Napoli I editore.
- O. Manca, V. Naso, Applicazioni di trasmissione del calore, EDISU Napoli I editore.

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

I docenti utilizzeranno: a) lezioni frontali per circa il 65% delle lezioni (45 ore); b) 27 ore saranno invece dedicate alle esercitazioni pratiche (esercizi) ed al calcolatore mediante l'utilizzo del software Matlab per la risoluzione di problemi con metodo ai volumi finiti.

## **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	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

È possibile sostenere la prova scritta (volta ad accertare le capacità dello studente di risolvere problemi di trasmissione del calore o basati su meccanismi combinati oppure su progettazione e verifica di uno scambiatore di calore) mediante il superamento di due prove intercorso (la prima a metà corso e la seconda alla fine dello stesso) oppure sostenere la prova completa in una delle sessioni di esame delle finestre di esami. Gli studenti inoltre risolveranno in gruppi, con l'ausilio del software Matlab, un problema di scambio termico applicano il metodo ai volumi finiti; i risultati ottenuti saranno oggetto di un elaborato che sarà presentato e discusso durante la prova orale. Durante la prova orale saranno inoltre accertate le conoscenze dello studente relativamente agli argomenti teorici alla base del corso. Il giudizio finale terrà conto di tutti questi aspetti.

**b) Modalità di valutazione:**

Il superamento della prova scritta è vincolante all'accesso alla prova orale.



## SCHEMA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

### "FISICA DELLO STATO SOLIDO"

SSD FIS/03

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

ANNO ACCADEMICO 2022-23

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: ROBERTO DI CAPUA  
TELEFONO: 081/676915  
EMAIL: [ROBERTO.DICAPUA@UNINA.IT](mailto:ROBERTO.DICAPUA@UNINA.IT)

## INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO (I, II, III): I  
SEMESTRE (I, II): 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 (DESCRITTORI 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: microscopia 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.



## SCHEMA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

### "REAL AND FUNCTIONAL ANALYSIS"

SSD MAT05

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2022-2023

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: ANNA MERCALDO

TELEFONO: 081675679

EMAIL: MERCALDO@UNINA.IT

## INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

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

SEMESTRE (I, II): I

CFU: 9

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

Nessuna propedeuticità.

## EVENTUALI PREREQUISITI

Analisi Matematica I e II, Algebra lineare e Geometria

## OBIETTIVI FORMATIVI

Gli obiettivi formativi del corso sono costituiti dall'acquisizione e dalla consapevolezza operativa di concetti e di risultati fondamentali dell'Analisi Reale e Funzionale, in vista delle applicazioni nell'ambito dell'Ingegneria e dell'approfondimento delle conoscenze in ambito matematico.

## RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

### Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente acquisirà le basi teoriche su spazi di Banach, spazi di Hilbert, spazi di Sobolev e operatori lineari limitati su tali spazi. Tali nozioni forniranno allo studente gli strumenti matematici essenziali per poter comprendere e affrontare nel modo corretto problemi matematicamente complessi provenienti dal campo dell'ingegneria.

### Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare, grazie alle competenze acquisite, di essere in grado di applicare le metodologie dell'analisi reale e funzionale alla formulazione e alla risoluzione di problemi che richiedono rappresentazioni complesse di tipo modellistico-numerico in ambito ingegneristico.

## PROGRAMMA-SYLLABUS

Metric spaces. Completeness. Compactness. Complete metric spaces: Banach spaces, Hilbert spaces. Orthonormal basis and Fouries series in Hilbert spaces. Linear and continuous operators between normed spaces. Compact operators. Adjoint operators. Spectral decomposition of self-adjoints operators. Weak topologies. Reflexive spaces. Separable spaces.  $L^p$  spaces. Sobolev spaces and variational formulation of boundary value problems for partial differential equations.

## MATERIALE DIDATTICO

- H. Brezis, *Functional Analysis, Sobolev spaces and Partial Dierential Equations*. Springer (2011).
- Ferrero, F. Gazzola, M. Zanotti, *Elements of advances mathematical analysis for physics and engineering*, Ed. Esculapio
- E. Kreyszig, *Introductory Functional Analysis with Applications*, John Wiley and Sons (1989).
- Mercaldo, *Notes on Real and Functional Analysis*, see "Materiale didattico"
- W.Rudin, *Functional analysis*. McGraw Hill, Inc., New York,1991
- S.Salsa, *Equazioni a derivate parziali. Metodi, modelli e applicazioni*. Springer

## MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Il docente utilizzerà lezioni frontali per la totalità delle ore totali.

## 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	x
discussione di elaborato progettuale	
altro	

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

(\*) È possibile rispondere a più opzioni



## SCHEMA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

### "MODELLI NUMERICI PER I CAMPI"

SSD ING-IND/31

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

ANNO ACCADEMICO 2022-2023

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: GUGLIELMO RUBINACCI  
TELEFONO: +39 081 7683897  
EMAIL: RUBINACCI@UNINA.IT

## INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO (I, II, III): I/II  
SEMESTRE (I, II): 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](http://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](http://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:**

<b>L'esame si articola in prova</b>	
<b>scritta e orale</b>	
<b>solo scritta</b>	
<b>solo orale</b>	X
<b>discussione di elaborato progettuale (opzionale)</b>	X
<b>Altro</b>	



## 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: 2022-2023

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: MARCO LOPS

TELEFONO: 081-76-83148

EMAIL: LOPS@UNINA.IT

## INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

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

SEMESTRE (I, II): I

CFU: 9

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

Nessuna propedeuticità.

## EVENTUALI PREREQUISITI

Elementi di teoria della probabilità.

## OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso, destinato agli studenti di laurea magistrale che abbiano acquisito nel precedente triennio gli elementi di base delle discipline dell'informazione, ha per obiettivo principale l'inquadramento sistematico di concetti quali definizione e misura dell'informazione, compressione dati (codifica di sorgente), compressione con perdite (teorema rate-distortion e quantizzazione vettoriale), trasmissione affidabile dell'informazione su canali rumorosi (codifica di canale). Lo studente acquisirà quindi nozioni specialistiche sull'esistenza di limiti fondamentali sia sul tasso di compressione che su quello di trasmissione dell'informazione.

## RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

### Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente dovrà essere in grado di comprendere le funzioni delle varie parti costitutive dei sistemi di elaborazione, immagazzinamento e trasferimento dell'informazione, nonché i principi che ne ispirano il progetto. Inoltre, lo studente dovrà essere in grado di "rileggere" alcune nozioni acquisite nell'ambito del triennio di base alla luce dei principi generali della Teoria dell'Informazione.

### Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente dovrà non solo essere in grado di applicare concretamente i concetti forniti durante il corso al progetto di specifiche parti costitutive dei sistemi – per esempio, codificatori di sorgente e/o di canale, quantizzatori, ecc. – ma anche di riconoscerne l'applicabilità a discipline apparentemente lontane (quali complessità, computabilità, ecc.).

## PROGRAMMA-SYLLABUS

**Concetti fondamentali.** Informazione e sua misura: l'entropia e le sue proprietà. Entropia congiunta e condizionale. Divergenza e mutua informazione. Proprietà delle principali grandezze informazionali.

**Codifica dell'alfabeto di sorgente.** Introduzione alla codifica di sorgente. Codici non singolari, univocamente decifrabili e a prefisso. Codici di Huffman, di Shannon, di Shannon-Fano-Elias. Limiti informazionali alla lunghezza media dei codici di sorgente. Codifica a blocchi. Caratterizzazione delle sorgenti: il tasso entropico e le sue interpretazioni. Concetto di tipicità e sue implicazioni nella compressione dati. Codifica aritmetica. Codifica di Lempel-Ziv.

**Capacità di canale.** Concetti fondamentali: canali di comunicazione, tasso di trasmissione, tasso di codifica. Capacità di canale: concetti generali e casi notevoli. Teorema della codifica di canale. Esempi di codici di canale: codifica binaria lineare a blocchi e suoi limiti prestazionali. Separabilità della codifica di sorgente e della codifica di canale. Estensione al caso continuo delle principali grandezze informazionali. Canali continui e loro capacità. Il canale Gaussiano additivo. Canali Gaussiani in parallelo. Canali Gaussiani con memoria. Cenni ai canali con feedback.

**Compressione con perdite.** Introduzione al concetto di compressione con perdite: il tasso (Rate) e la Distorsione (Distortion). Il concetto di Rate-Distortion function. Calcolo della funzione R-D per alcune sorgenti notevoli e sue interpretazioni. Codifica (con perdite) a blocchi e sua interpretazione. Teorema Rate-Distortion. Applicazioni: quantizzazione scalare e quantizzazione vettoriale. Progetto di quantizzatori vettoriali. Esempi.

**Cenni ai canali MIMO.** Cenni ai canali con fading: il canale wireless. Diversità in ricezione e sue proprietà. Canali Multiple-Input Multiple-Output (MIMO). Cenni al calcolo della capacità di canali MIMO. Cenni alla codifica spazio-temporale.

## MATERIALE DIDATTICO

- Materiale didattico (slides, note del docente) è disponibile sul canale teams "Teoria dell'Informazione – Anno Accademico 2021-2022".
- Il testo di riferimento è T. Cover, J. Thomas, "Elements of Information Theory".

## MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni frontali, di cui circa 2/3 (48 ore) dedicate alla teoria e circa 1/3 (24 ore) ad esercitazioni numeriche, anche con l'ausilio di MATLAB.

## 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.*



## SCHEMA 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: 2022-23

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: DA DEFINIRE

TELEFONO:

EMAIL:

## INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

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

SEMESTRE (I, II): 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: 2022-23

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: DA DEFINIRE

TELEFONO:

EMAIL:

## INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

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

SEMESTRE (I, II): 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:

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

**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: 2022-23

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: DA DEFINIRE

TELEFONO:

EMAIL:

## INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

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

SEMESTRE (I, II): 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:**

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



## 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: 2022-23

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: NICOLA PASQUINO

TELEFONO: 08176.83630

EMAIL: NICOLA.PASQUINO@UNINA.IT

## INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

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

SEMESTRE (I, II): 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 (DESCRITTORI 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-anechoica 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:**

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



## SCHEMA 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: 2022-2023

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: DOMENICANTONIO GRILLO

TELEFONO: +39081-7683240

EMAIL: DGRILLO@UNINA.IT

## INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

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

SEMESTRE (I, II): 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 WIRELESS"

SSD ING-INF/07

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2022-2023

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: LEOPOLDO ANGRISANI

TELEFONO: 081 7683170

EMAIL: ANGRISAN@UNINA.IT

## INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

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

SEMESTRE (I, II): 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:

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



## SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

### "INTEGRATED PHOTONICS"

SSD ING-INF/01

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2022-23

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: GIOVANNI BREGLIO

TELEFONO: 3335281109

EMAIL: BREGLIO@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**

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 oggigiorno 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 i 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:**

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



## SCHEMA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"CIRCUITI PER DSP"

SSD ING-INF/01

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

ANNO ACCADEMICO: 2022-23

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: DAVIDE DE CARO  
TELEFONO: 081-7683136  
EMAIL: [DADECARO@UNINA.IT](mailto:DADECARO@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**

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 architettoniche 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 architetture 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 sincrono-, 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 interrombibilità 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, Parallellizzazione 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, Interrombibilità 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: 2022-23

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: FRANCESCO GIUSEPPE DELLA CORTE

TELEFONO:

EMAIL: FRANCESCOGIUSEPPE.DELLACORTE@UNINA.IT

## INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO (I, II, III):

SEMESTRE (I, II):

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, randgap 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.*



## SCHEMA 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: 2022-23

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: SANTOLO DALIENTO  
TELEFONO: 081-7683122  
EMAIL: [DDALIENTO@UNINA.IT](mailto:DDALIENTO@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

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 essi si basano. È in grado di comprendere a livello di sistema 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 comunicativa.

## 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, Celle 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:**

<b>L'esame si articola in prova</b>	
<b>scritta e orale</b>	
<b>solo scritta</b>	
<b>solo orale</b>	✓
<b>discussione di elaborato progettuale</b>	
<b>altro (discussione esercitazioni)</b>	✓



## SCHEMA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

### "SYSTEM ON CHIP"

#### SSD ING-INF/01

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2022-23

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: NICOLA PETRA

TELEFONO: 081-768-3680

EMAIL: nicola.petra@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**

*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 (DESCRITTORI 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:**

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



## 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: 2022-23

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: MASSIMILIANO DE MAGISTRIS  
TELEFONO: 081 5476801  
EMAIL: MASSIMILIANO.DEMAGISTRIS@UNIPARTHENOPE.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

Rivisitazione 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. Neiryck, *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](http://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)

### “INTRODUZIONE AI CIRCUITI QUANTISTICI”

SSD ING-IND/31

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2022-23

#### INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: GIOVANNI MIANO

TELEFONO: 081 7683250

EMAIL: MIANO@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

I qubit sono gli elementi fondamentali dei circuiti quantistici. A differenza del bit classico che può assumere solo due stati, il qubit può trovarsi in una sovrapposizione coerente di due stati, una proprietà fondamentale della meccanica quantistica. I qubit possono essere realizzati utilizzando gli spin di atomi o molecole, o anche la polarizzazione dei fotoni. La tecnologia oggi più promettente si basa su circuiti elettrici a superconduttori con elementi lineari e giunzioni Josephson (IBM, D-Wave Systems, Rigetti, Google, Quantum Circuits - Yale, ...). L'obiettivo di questo corso è introdurre i circuiti elettrici quantistici a superconduttori.

In un superconduttore i super-elettroni si trovano nello stesso stato quantistico coerente, quindi un superconduttore può manifestare un comportamento quantistico a livello macroscopico. Gli esperimenti hanno ampiamente dimostrato che lo stato quantistico di circuiti elettrici a superconduttori basati sulla giunzione Josephson può essere efficacemente sia controllato, sia letto. In particolare, è possibile progettare circuiti elettrici a superconduttori che si comportano come atomi artificiali. A differenza degli atomi reali, questi atomi artificiali hanno dimensioni macroscopiche, e quindi sono caratterizzati da momenti di dipolo elettrico o magnetico di elevata intensità. Ciò facilita il loro accoppiamento con altri circuiti elettrici a parametri concentrati e distribuiti a superconduttori, e consente di realizzare architetture per l'elaborazione quantistica dell'informazione.

In questo corso partiamo dalle formulazioni lagrangiane e hamiltoniane dei circuiti elettrici classici, diamo il concetto di circuito elettrico quantistico a superconduttori e introduciamo progressivamente i qubit a superconduttori, le tecniche di controllo e di lettura.

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

#### Conoscenza e capacità di comprensione

Questo corso, a partire dal modello di circuiti a parametri concentrati e distribuiti governati dalla meccanica quantistica introduce nuovi paradigmi alla base dei computer quantistici basati sulle giunzioni Josephson.

#### Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Questo corso fornisce sia le conoscenze di base per la comprensione dei circuiti elettrici quantistici, sia gli strumenti per la loro analisi, progettazione e sviluppo.

### PROGRAMMA-SYLLABUS

- 1) Cosa sono i circuiti quantistici, i qubit e le porte logiche quantistiche. La sfera di Bloch.
- 2) **Circuiti elettrici classici:** circuiti ad elementi concentrati, circuiti ad elementi distribuiti, leggi di Kirchhoff, relazioni costitutive. Circuiti dissipativi e non dissipativi. Formulazioni lagrangiane e hamiltoniane per circuiti non dissipativi, coppie di variabili elettriche coniugate, parentesi di Poisson. Circuiti con elementi dissipativi, modello di Caldeira – Legget. Teorema di fluttuazione – dissipazione. Equazione di Langevin
- 3) **Circuiti Elettrici Quantistici Non Dissipativi:** Cenni di Meccanica Quantistica. Stato di un circuito elettrico quantistico non dissipativo: misure, dalle variabili elettriche agli operatori, vettore di stato quantistico, commutatori di cariche e flussi. Quantizzazione di un circuito elettrico. Schrödinger e Heisenberg Pictures. Circuiti LC lineari quantistici. Intreccio. Quantizzazione “Black Box” di circuiti lineari.
- 4) **Qubit superconduttori: giunzione Josephson.** Circuiti LC non lineari. Circuiti qubit di carica. Circuiti a qubit di flusso. Circuiti a qubit. di fase. “Box” a coppie di Cooper. trasmone. Qubit Entangled.
- 5) **Circuiti Elettrici Dissipativi Quantistici:** Teorema Dissipazione-fluttuazione quantistico. Fluttuazioni quantistiche nell'oscillatore LC smorzato. Modello di resistenza di Nyquist: linea di trasmissione semi-infinita. Heisenberg - Equazione di Langevin. Operatori ambientali e di misura. Rumore e ambiente. Decoerenza, decadimento e sfasamento. Decoerenza indotta dal rumore nei circuiti Qubit. Uno sguardo alle equazioni principali stocastiche.
- 6) **Qubit - Accoppiamento a cavità:** Accoppiamento risonante e accoppiamento dispersivo. Amplificazione e feedback. Lettura dispersiva di un Qubit in una cavità. Controllo quantistico di Qubit in una cavità. Lettura dispersiva multi-qubit.
- 7) **Ingegneria dello stato quantistico e porte quantistiche:** porte a un qubit. Due porte qubit. L'algoritmo di ricerca di Grover, correzione degli errori (ancilla qubit), avanza verso i computer quantistici.
- 8) **Uno sguardo ai dispositivi quantistici ibridi:** circuiti superconduttori di spin. Punti quantici. Processore quantistico ibrido.

## MATERIALE DIDATTICO

- M. Zagoskin *Quantum Engineering: Theory and Design of Quantum Coherent Structures*, Cambridge University Press, 2011.
- 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>
- Blais, A. L. Grimsmo, S. M. Girvin, A. Wallraff, *Circuit quantum electrodynamics*, *Rev. Mod. Phys.* 93, 025005 (2021)
- *Lecture Notes*.

## MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni frontali (90%), Laboratorio 10%

## 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	



## SCHEMA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

### "SISTEMI ELETTRICI INDUSTRIALI"

SSD ING-IND/33

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO 2022-23

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: MAURIZIO FANTAUZZI

TELEFONO:081/7683503

EMAIL: MAURIZIO.FANTAUZZI@UNINA.IT

## INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO (I, II): II

SEMESTRE (I, II): 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 dei sistemi elettrici di produzione, trasmissione, distribuzione e utilizzazione dell'energia elettrica e di progettazione degli impianti elettrici di media e bassa tensione.

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

### **Conoscenza e capacità di comprensione**

Il percorso formativo intende fornire agli studenti le conoscenze e gli strumenti metodologici di base per analizzare le problematiche fondamentali relative alla struttura e al funzionamento dei sistemi elettrici di produzione, trasmissione, distribuzione e utilizzazione dell'energia elettrica e per progettare impianti elettrici di utenza di media e bassa tensione.

### **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 progettuali di impianti elettrici di media e bassa tensione e utilizzo, in autonomia, di software specialistici.

## **PROGRAMMA-SYLLABUS**

### **Fondamenti di analisi dei sistemi elettrici**

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 dei sistemi elettrici di produzione trasmissione distribuzione e utilizzazione dell'energia elettrica. Modellistica dei componenti fondamentali. Sovratensioni e sovracorrenti. Impianti di messa a terra e apparecchi di protezione e manovra. Calcolo delle correnti di corto circuito. Stato del neutro e criteri per la scelta delle modalità di collegamento del neutro a terra. Sviluppi nell'analisi dei sistemi elettrici volti all'integrazione degli impianti di produzione da fonti di energie rinnovabili e dei sistemi di accumulo nelle reti di distribuzione e utilizzazione dell'energia elettrica.

### **Elementi di progettazione di impianti elettrici di media e bassa tensione**

Schemi tipici impianti elettrici di utenza di media e bassa tensione. Strutture di cabine elettriche di utente. Norme e leggi nel settore degli impianti elettrici. Analisi dei carichi di un impianto elettrico di utenza con modalità per la determinazione della potenza convenzionale di carico. Aspetti relativi alla scelta e al calcolo dei cavi di media e bassa tensione. Interruttori automatici in bassa tensione per la protezione dalle sovracorrenti. Criteri di protezione delle linee in cavo da sovracorrenti. Dimensionamento di massima dei sistemi di accumulo nelle reti elettriche con elevata penetrazione di produzione da fonti rinnovabili. 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.

## **MATERIALE DIDATTICO**

- Someda G.: "Elementi di elettrotecnica generale" Patron Editore 1977
- Illiceto F.: "Impianti Elettrici" Vol. I - Patron editore 1981
- Cataliotti V.: Impianti elettrici Vol. III, Analisi dei sistemi di distribuzione in media e bassa tensione, Flaccovio Editore Palermo, Edizione 2004
- Carrescia V.: "Fondamenti di sicurezza elettrica" Edizioni TNE luglio 2016
- Appunti e materiale didattico messi a disposizione dal docente

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

La didattica viene erogata interamente attraverso lezioni frontali e la strumentazione adottata ricomprende supporti multimediali e materiale on line.

## 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)

### "TRASMISSIONE DIGITALE"

SSD ING-INF/03

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO 2022-2023

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: PROF. MARIO TANDA

TELEFONO: +39-081 768 3791

EMAIL: TANDA@UNINA.IT

## INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

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

SEMESTRE (I, II): II

CFU: 9

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

Teoria dei segnali.

### 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 2022-23

### INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: LUISA VERDOLIVA

TELEFONO: 081-7683929

EMAIL: VERDOLIV@UNINA.IT

### INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

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

SEMESTRE (I, II): 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 2022-2023

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: LUIGI VILLANI

TELEFONO: 081-7683861

EMAIL: LUIGI.VILLANI@UNINA.IT

## INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: III

SEMESTRE: I

CFU: 9

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

Teoria dei sistemi

### 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 correttive.
- 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: 2022-2023

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: DA DEFINIRE

TELEFONO:

EMAIL:

## INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

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

SEMESTRE (I, II): I

CFU: 9

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

Programmazione, Calcolatori Elettronici

### 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: rilocazione, 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 degenerare (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: 2022-2023

### INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: DA DEFINIRE

TELEFONO:

EMAIL:

### INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

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

SEMESTRE (I, II): II

CFU: 9

## INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI

Nessuna propedeuticità.

## EVENTUALI PREREQUISITI

Nessun prerequisito.

## OBIETTIVI FORMATIVI

Fornire le competenze metodologiche, teoriche e pratiche di programmazione orientata agli oggetti, generica, concorrente e su rete, necessarie al corretto sviluppo di progetti software di piccole e medie dimensioni utilizzando i linguaggi di programmazione C++ e Python.

## RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

### Conoscenza e capacità di comprensione

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

### Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare di essere in grado di risolvere problemi concernenti la programmazione procedurale e orientata agli oggetti, nonché l'analisi dei dati, utilizzando le competenze metodologiche, teoriche e pratiche di programmazione avanzata presentate al corso. Lo studente deve essere in grado di sviluppare applicazioni basate sul paradigma ad oggetti in C++, nonché applicazioni concorrenti, su rete, e per l'analisi di dati in Python.

## PROGRAMMA-SYLLABUS

(3 cfu) Parte I: Introduzione alla programmazione - Ciclo di vita del software. Analisi, progettazione, programmazione, verifica e validazione, manutenzione. Paradigmi di progettazione/programmazione (procedurale, a oggetti, generica). Ricorsione. Programmazione Procedurale Avanzata: Variabili e puntatori, riferimento, e classi di memorizzazione in C++; le funzioni e il passaggio di parametri, Istruzioni condizionali e cicli, Tipi definiti dall'utente, Enumerativi ed Array.

(3 cfu) Parte II - Programmazione ad oggetti in C++ - Introduzione ai tipi di dati astratti. Il paradigma OO. Incapsulamento e Information Hiding. Classi e Oggetti. Ereditarietà. Polimorfismo. Operatori e overloading di operatori. Casting in C++. La gestione delle eccezioni. Gestione delle eccezioni in C++. La programmazione generica in C++: Classi e Funzioni modello; Derivazione e Template. La libreria standard del C++ (STL): Contenitori; Iteratori; Algoritmi generici, il concetto di stream per le operazioni di IO.

(2 cfu) Parte III – Da C++ a Python. Introduzione Python; Variabili, espressioni e istruzioni; Valori e tipi di dato; Principali costrutti; Stringhe, Liste, Tuple, e Dizionari; OOP in Python; Files; Debugging; Unit Testing.

(1 cfu) Parte IV – Aspetti Avanzati di Programmazione in Python - Principi di programmazione concorrente. Processo e thread. Concorrenza e parallelismo. Race condition. Creazione di un thread Python. Mutua Esclusione e Meccanismi di sincronizzazione Python. Programmazione di rete. Il modello Client-Server per le applicazioni distribuite. Ulteriori librerie e tecniche di comunicazione su rete. Data Science in Python (le librerie pandas, matplotlib, numpy, scipy)

## MATERIALE DIDATTICO

### Dispense

Slide del corso, codice sviluppato durante le esercitazioni guidate, esercizi di autovalutazione

### Altri testi consigliati:

C. Savy: **Da C++ a UML: guida alla progettazione** – McGraw-Hill, 2000.

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

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

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

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

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

### a) Modalità di esame:

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

Prova al calcolatore di un progetto software in C++, Python

### b) Modalità di valutazione:

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

*Si prevede inoltre la possibilità di pianificare prove intercorso eventualmente a sostituzione della prova scritta.*



## SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

### "COMPUTER SYSTEMS DESIGN"

SSD ING-INF/05

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2022-2023

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: NICOLA MAZZOCCA

TELEFONO:

EMAIL: NICOLA.MAZZOCCA@UNINA.IT

## INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

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

SEMESTRE (I, II): 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 ORGANICA"

SSD FIS/01

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2022-23

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: CASSINESE ANTONIO

TELEFONO: 081 7682548

EMAIL: ANTONIO.CASSINESE@UNINA.IT

## INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

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

SEMESTRE (I, II): 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 comunicativa.

## 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 c2.*

**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:**

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



## 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: 2022-23

#### INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: ANTONELLO ANDREONE  
TELEFONO: 081-7682547  
EMAIL: ANDREONE@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

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)

### “FONDAMENTI CHIMICI DELLE TECNOLOGIE”

SSD CHIM/07

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2022-23

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: DA DEFINIRE

TELEFONO:

EMAIL:

## 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 permette di approfondire le conoscenze riguardanti la struttura della materia, le interazioni materia/energia radiante, origine ed applicazioni dell'energia nucleare e della radioattività, cinetica chimica ed elettrochimica con particolare attenzione a problematiche di interesse ingegneristico quali: le principali tecniche di indagine dei materiali, interpretazione delle proprietà (elettriche, meccaniche e magnetiche) dei materiali, materiali nano-strutturati, combustione e ossidazione a bassa ed alta temperatura.*

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

### **Conoscenza e capacità di comprensione**

*Lo studente dovrà dimostrare di aver raggiunto un'adeguata conoscenza dei fenomeni chimici e elettrochimici di largo interesse ingegneristico.*

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

*Lo studente dovrà dimostrare di conoscere e quindi analizzare i parametri essenziali che controllano i fenomeni chimici che sono alla base delle tecnologie industriali.*

## **PROGRAMMA-SYLLABUS**

*[1 CFU] Origini della meccanica quantistica: teoria classica della radiazione e teoria dei fotoni. Interazioni tra materia ed energia radiante. Tecniche spettroscopiche. Tecnica della diffrazione dei raggi X. Struttura elettronica dell'atomo e legame chimico secondo la meccanica quantistica. Il legame chimico: teorie del legame di valenza e degli orbitali molecolari.*

*[2 CFU] Solidi cristallini ed amorfi. Curve di Condon-Morse; elasticità ed anelasticità. Genesi delle bande di valenza e di conduzione nei conduttori e semiconduttori, intrinseci e drogati; struttura delle bande ed effetto fotovoltaico. Difetti presenti nei cristalli (difetti di punto, di linea e di piano) ed influenza sulle proprietà elettriche e meccaniche. Chimica nucleare e radioattività ed applicazioni.*

*[2 CFU] Cinetica chimica. Equazioni cinetiche e meccanismi di reazione. Energia di attivazione. La catalisi. Elementi di chimica delle fiamme, limiti d'infiammabilità, curve di autoignizione. L'ossidazione. Celle galvaniche. Potenziali elettrochimici. Equazione di Nernst. Elettrolisi e metodi di deposizione elettrolitica: galvanostegia e galvanoplastica. Sensori elettrochimici. Misura delle costanti di equilibrio con metodi elettrochimici.*

*[1 CFU] Corrosione e passivazione dei metalli. Metodi elettrochimici utilizzati in metallurgia. Ferro, alluminio, rame e loro leghe.*

*[1 CFU] Tecnologie per la produzione e l'accumulo dell'energia. Pile ed accumulatori. Celle a combustibile.*

*[2 CFU] Chimica organica: idrocarburi, gruppi funzionali, classi di reazione. Stechiometria e termochimica delle reazioni di combustione: potere calorifico superiore e inferiore, aria teorica di combustione, temperatura teorica di combustione, perdite a camino, potenziale termico, analisi dei fumi. La distillazione del petrolio. Combustibili liquidi e solidi, lubrificanti. Polimeri sintetici e meccanismi di polimerizzazione. Compositi nano strutturati: opportunità e problematiche.*

## **MATERIALE DIDATTICO**

- Materiale didattico distribuito a lezione.
- Martin S. Silberberg, Chimica, McGraw-Hill.
- Oxtoby, Gillis, Campion, Chimica Moderna Edises.

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

Lezioni ed esercitazioni.

## **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:**

*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)

“AVIONICA”

SSD ING-IND/05

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

ANNO ACCADEMICO 2022-23

### INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: DA DEFINIRE

TELEFONO:

EMAIL:

### 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 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'adeguata 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). ATCRBS, 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", 2<sup>nd</sup> 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", 3<sup>rd</sup> edition, Wiley, 2008.
- Rierison, 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", 3<sup>rd</sup> 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", 9<sup>th</sup> edition, Avionics Communications Inc., 2015.
- Spitzer, C., Ferrell, U., Ferrell, T., "Digital Avionics Handbook 3rd Edition", CRC Press, 2017.
- Eismín, T., "Aircraft Electricity and Electronics", 7th Edition, McGraw Hill, 2019.
- Seabridge, A., Moir, I., "Design and Development of Aircraft Systems", 3<sup>rd</sup> edition, Wiley, 2020.
- Hilderman, 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	K
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	K
	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.



## SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"SISTEMI RADAR"

SSD ING-INF/03

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

ANNO ACCADEMICO: 2022-23

### INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: DA DEFINIRE

TELEFONO:

EMAIL:

### INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

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

SEMESTRE (I, II): 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 reiezione 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 MULTIORTANTE PER LE COMUNICAZIONI"

SSD ING-INF/03

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2022-2023

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: PROF. MARIO TANDA -- PROF. DAVIDE MATTERA

TELEFONO: +39 081 768 3791 -- +39 081 768 3795

EMAIL: TANDA@UNINA.IT -- MATTERA@UNINA.IT

## INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

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

SEMESTRE (I, II): 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 Mattered 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:**

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



## 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 2022-2023

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: DA DEFINIRE

TELEFONO:

EMAIL:

## INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

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

SEMESTRE (I, II): 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 e 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 definire gli strumenti per l'analisi e il dimensionamento di tali sistemi di telecomunicazione.

## **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 (dal segnale radio proveniente da specifici trasmettitori) di informazioni legate alla posizione dell'utente (quali misure dei tempi di arrivo, angoli di arrivo, frequenze Doppler). Deve dimostrare di conoscere l'architettura, il funzionamento e le limitazioni dei moderni sistemi di radiolocalizzazione terrestri e satellitari. Deve inoltre dimostrare di saper analizzare le prestazioni di tali sistemi (in termini di accuratezza della stima della posizione) in particolare nelle condizioni operative nominali.

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

Lo studente deve dimostrare di saper dimensionare i principali parametri di un sistema radiolocalizzazione (quali, banda, potenza, frequenza operativa e dimensioni delle antenne) in base ai requisiti prestazionali ed al contesto operativo, utilizzando modelli opportuni per la loro selezione. Deve mostrare la capacità di riconoscere le principali problematiche (cause di degradazione delle prestazioni) che intervengono nei processi di radiolocalizzazione (terrestri e satellitari) per fissati scenari. Deve altresì essere in grado di saper scegliere gli schemi di elaborazione dei segnali idonei all'estrazione dell'informazione per la radiolocalizzazione in presenza di fenomeni propagativi deleteri, quali multipath, fading ed effetti atmosferici.

## **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 dei tempi di arrivo, sulla differenza delle frequenze di arrivo; sistemi ibridi; applicazioni alle reti cellulari e WIFI. 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 multiconstellazione e sistemi di "augmentation". Applicazione della radiolocalizzazione alla sicurezza della navigazione aereo e marittima: principi di funzionamento dei principali sistemi per la radionavigazione aerea; controllo del traffico aereo e funzionamento dei radar di sorveglianza secondario; modo S e sistema ADS-B; sistema TCAS per il "collision avoidance"; principi di funzionamento del sistema di identificazione automatica per il tracciamento marittimo.

## **MATERIALE DIDATTICO**

### **Libri di testo:**

- P. Misra and P. Enge, "Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance", 2<sup>nd</sup> ed. Ganga-Jamuna Press, 2011.
- M. Nolan, "Fundamentals of Air Traffic Control", 5<sup>th</sup> ed. CENGAGE Brain, 2011.
- K. W. Kolodziej and J. Hjelm, "Local Positioning Systems", CRC Press, 2006.

### **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 computer.

### 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)

### "INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT FOR SMART INDUSTRY"

SSD ING-INF/07

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

ANNO ACCADEMICO: 2022-23

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: PASQUALE ARPAIA

TELEFONO: 081-7683163

EMAIL: [PASQUALE.ARPAIA@UNINA.IT](mailto:PASQUALE.ARPAIA@UNINA.IT)

## INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

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

SEMESTRE (I, II): 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., Haulerer 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
- Hassanién, 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: 2022-23

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: GIUSEPPE SCARPA  
TELEFONO: 081-7683768  
EMAIL: GIUSEPPE.SCARPA@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

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: 2022-23

## INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: DA DEFINIRE

TELEFONO:

EMAIL:

## 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

