



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

# Ingegneria Elettronica - Electronics Engineering (2024)

## Il corso

Codice corso: 31283

Classe di laurea: LM-29

Durata: 2 anni

Lingua: ITA, ENG

Modalità di erogazione:

Dipartimento: INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE, ELETTRONICA E TELECOMUNICAZIONI

## Presentazione

Il corso di laurea magistrale di Ingegneria Elettronica intende formare un ingegnere in grado di progettare e sviluppare tecnologie e sistemi elettronici per la generazione, il trattamento, la trasmissione e la memorizzazione dell'informazione nell'ambito dei più diversi contesti applicativi. La caratteristica che ne distingue in modo specifico gli obiettivi formativi è quella di considerare i sistemi elettronici nella loro complessità e interezza, tenendo anche conto delle problematiche di progettazione e realizzazione dei loro componenti (sia hardware che software). La laurea magistrale in Ingegneria Elettronica fornisce le competenze necessarie a questa complessa figura professionale, approfondendo i temi propri delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione. Si delinea un corso di studio che, basandosi sui fondamenti di matematica, fisica, informatica, elettronica ed elettromagnetismo, li approfondisce e ne sviluppa le potenzialità ingegneristiche, indirizzando la formazione verso il progetto e la gestione dei sistemi elettronici e delle loro applicazioni. Le capacità professionali fornite al laureato magistrale in Ingegneria Elettronica ne consentono l'impiego nei più diversi campi della ricerca, della progettazione e della produzione, grazie alla flessibilità di una cultura acquisita e basata sull'uso di modelli fisico-matematici e sulle operazioni di identificazione, analisi e simulazione di sistemi complessi. L'insieme delle competenze acquisite consente all'ingegnere elettronico magistrale di padroneggiare tutte le parti del sistema e di armonizzarle in un organismo efficiente. Gli ambiti professionali per il laureato magistrale in Ingegneria Elettronica sono quelli del settore privato e pubblico della produzione, progettazione, pianificazione, programmazione, gestione, sviluppo e innovazione di sistemi elettronici per il settore delle tecnologie dell'informazione e comunicazione (ICT), dell'aerospazio, del trasporto, dell'automazione, delle microonde, della fotonica, della microelettronica e delle nanotecnologie a beneficio delle persone, della società e dell'ambiente.

# Percorso formativo

[Ingegneria Elettronica \(percorso valido anche ai fini del conseguimento del doppio titolo italo-statunitense o italo-francese\)](#)

## 1° anno

Insegnamento	Semestre	CFU	Lingua
1042017   MICROONDE	1°	9	ITA

### Obiettivi formativi

CONOSCENZA E COMPrensIONE. Conoscere e comprendere gli aspetti metodologici legati alle problematiche inerenti la propagazione guidata

CAPACITÀ APPLICATIVE. Saper applicare le proprie competenze all'analisi ed alla sintesi di strutture guidanti operanti in regime di alta frequenza

AUTONOMIA DI GIUDIZIO. Essere in grado di sviluppare modelli analitici e numerici atti ad interpretare la propagazione del campo EM in strutture guidanti e risonanti a microonde

ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. Saper comunicare in maniera efficace con specialisti e non specialisti di problematiche tecniche legate alla propagazione guidata

CAPACITÀ DI APPRENDERE. Saper attingere a fonti bibliografiche e testi specialistici in lingua italiana e inglese al fine di approfondire ed incrementare la conoscenza nel settore

10589760   COMPONENTI ELETTRONICI INTEGRATI	1°	9	ITA
--	----	---	-----

### Obiettivi formativi

Lo studente

1 si appropria delle nozioni di base per comprendere i modelli elettrici e elettronici che governano il funzionamento dei componenti a semiconduttore di base

2 valuta i limiti delle tecnologie di base

3 acquisisce le metodologie che guidano lo scaling alla Moore e portano alle soluzioni proposte per superarli allo stato dell'arte

4 studia i modelli elettrici e elettronici che governano il funzionamento dei componenti allo stato solido nei nodi tecnologici attuali

COMPONENTI ELETTRONICI INTEGRATI	1°	3	ITA
--	----	---	-----

### Obiettivi formativi

CONOSCENZA E COMPrensIONE: COMPrensIONE DEI MODELLI ELETTRICI E ELETTRONICI CHE GOVERNANO IL FUNZIONAMENTO DEI COMPONENTI A SEMICONDUTTORE DI BASE E DEI NODI TECNOLOGICI ATTUALI

CAPACITÀ APPLICATIVE. APPLICAZIONE DEI MODELLI DI BASE E DELLO STATO DELL'ARTE PER LA PROGETTAZIONE DI COMPONENTI INNOVATIVI

AUTONOMIA DI GIUDIZIO. VALUTAZIONE DEI LIMITI DELLE TECNOLOGIE DI BASE NELLA FABBRICAZIONE DEI COMPONENTI A SEMICONDUTTORE

ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. ESPRIMERE IN MODO ANALITICO LE EQUAZIONI CHE REGOLANO IL FUNZIONAMENTO DEI COMPONENTI A SEMICONDUTTORE

CAPACITÀ DI APPRENDERE. ACQUISIZIONE DELLE METODOLOGIE CHE GUIDANO ALLA COMPrensIONE DEL FUNZIONAMENTO DEI COMPONENTI A SEMICONDUTTORI E ALLO SCALING ALLA MOORE

Insegnamento	Semestre	CFU	Lingua
COMPONENTI ELETTRONICI INTEGRATI	1°	6	ITA

#### Obiettivi formativi

CONOSCENZA E COMPrensIONE: COMPrensIONE DEI MODELLI ELETTRICI E ELETTRONICI CHE GOVERNANO IL FUNZIONAMENTO DEI COMPONENTI A SEMICONDUOTTORE DI BASE E DEI NODI TECNOLOGICI ATTUALI CAPACITÀ APPLICATIVE. APPLICAZIONE DEI MODELLI DI BASE E DELLO STATO DELL'ARTE PER LA PROGETTAZIONE DI COMPONENTI INNOVATIVI  
AUTONOMIA DI GIUDIZIO. VALUTAZIONE DEI LIMITI DELLE TECNOLOGIE DI BASE NELLA FABBRICAZIONE DEI COMPONENTI A SEMICONDUOTTORE  
ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. ESPRIMERE IN MODO ANALITICO LE EQUAZIONI CHE REGOLANO IL FUNZIONAMENTO DEI COMPONENTI A SEMICONDUOTTORE  
CAPACITÀ DI APPRENDERE. ACQUISIZIONE DELLE METODOLOGIE CHE GUIDANO ALLA COMPrensIONE DEL FUNZIONAMENTO DEI COMPONENTI A SEMICONDUOTTORI E ALLO SCALING ALLA MOORE

10589837   COMMUNICATION THEORY AND ENGINEERING	1°	9	ENG
--	----	---	-----

#### Obiettivi formativi

##### GENERALI

L'obiettivo del corso di Comunicazioni Elettriche II è quello di fornire conoscenze avanzate relative al dimensionamento di sistemi di comunicazione, analizzando in particolare le tematiche relative alla misura dell'informazione e teoria dell'informazione, alla codifica di sorgente e a quella di canale. Il corso ha inoltre l'obiettivo di introdurre a schemi di modulazione avanzati adottati in reti di quarta e quinta generazione.

##### SPECIFICI

- Conoscenza e capacità di comprensione: teoria dell'informazione, codifica di sorgente e di canale. Capacità di canale per il singolo collegamento e per sistemi ad accesso multiplo
- Capacità di applicare conoscenza e comprensione: analisi dell'informazione trasferibile in sistemi di comunicazione, selezione degli algoritmi di codifica di sorgente e di canale e scelta dei loro parametri.
- Autonomia di giudizio: capacità di affrontare un progetto di dimensionamento di un collegamento identificando vincoli e obiettivi imposti sugli indici prestazionali, individuando la soluzione più efficiente per ciascuno dei blocchi della catena che congiunge sorgente e destinazione.
- Abilità comunicative: N/A
- Capacità di apprendimento: acquisire le conoscenze che permetteranno nel seguito della carriera l'analisi e il confronto di sistemi e reti di comunicazioni in termini di capacità e informazione trasferita

10589407   DIGITAL INTEGRATED SYSTEM ARCHITECTURES	2°	9	ENG
--	----	---	-----

#### Obiettivi formativi

CONOSCENZA E COMPrensIONE. Circuiti digitali VLSI, progettazione RTL, VHDL, architetture di microprocessori  
CAPACITÀ APPLICATIVE. Progetto di circuiti digitali, sintesi su FPGA/ASIC, progetto/programmazione di microprocessori  
AUTONOMIA DI GIUDIZIO. Valutazione delle scelte progettuali e delle tecnologie da utilizzare.  
ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. Stesura di specifiche e modelli simulabili.  
CAPACITÀ DI APPRENDERE. Qualsiasi successivo approfondimento su circuiti digitali, architetture e programmazione.

10589483   RADIOFREQUENCY ELECTRONIC SYSTEMS	2°	9	ENG
--	----	---	-----

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi**

CONOSCENZA E COMPrensIONE. Il corso si prefigge lo scopo di far acquisire allo studente conoscenze per il progetto di circuiti a radiofrequenza e microonde. Particolare attenzione è posta sul progetto di oscillatori, amplificatori, mixer e filtri.

CAPACITÀ APPLICATIVE. La parte teorica è integrata da tecniche CAD di progettazione e realizzazione di circuiti a radiofrequenza applicati in contesti interdisciplinari quali i radar, le telecomunicazioni e gli apparati biomedicali.

AUTONOMIA DI GIUDIZIO. Le attività di progettazione CAD, parte integrante del corso e oggetto di verifica tramite apposita prova pratica progettuale hanno anche l'obiettivo di sviluppare l'autonomia del candidato.

ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. Le attività di progettazione CAD prevedono lavori di gruppo che sviluppano le abilità comunicative e di interazione.

CAPACITÀ DI APPRENDERE. Oltre al materiale didattico fornito, lo studente è stimolato a studiare in un modo autonomo utilizzando la letteratura scientifica messa a disposizione e altro materiale reperibile in rete.

GRUPPO DI  
CARATTERIZZAZIONE -  
MDEE: 2 CLASSES TO  
BE CHOSEN

GRUPPO DI  
SPECIALIZZAZIONE -  
MDEE: 2 CLASSES TO  
BE CHOSEN

COMPLEMENTI DI  
MATEMATICA - MDEE:  
ADVANCED  
MATHEMATICS

**2° anno****Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua**

10600538 |  
LABORATORIO  
MULTISCIPLINARE DI  
ELETTRONICA

1°

12

ITA

**Obiettivi formativi**

Il modulo affronta i fondamenti delle misure a radiofrequenza e microonde per caratterizzare i dispositivi comunemente usati nei sistemi di telecomunicazione e radar. Sono descritte sia la struttura che il funzionamento dei moderni analizzatori di reti vettoriali e degli analizzatori di spettro oltre che varie tecniche di misura (risposta in frequenza, fattore di merito di risonatori, riflettometria nel dominio del tempo, misure di campo a banda stretta). Si discutono anche le tecniche di calibrazione e la valutazione dell'incertezza di misura. Sono previste svariate prove di laboratorio per la misura di componenti tipici quali filtri, attenuatori, divisori, accoppiatori direzionali, amplificatori, mixer, VCO, PLL, strutture guidanti, risonatori e componenti discreti R-L-C. Le misure vengono effettuate su amplificatori, mixer, VCO, e PLL, e sono presi in considerazione segnali modulati in formato analogico (di ampiezza e di frequenza), e digitale (W-CDMA).

Progettazione di sistemi digitali di tipo embedded: nello sviluppo del laboratorio viene condotta l'intera catena di progettazione, realizzazione e validazione di un sistema, attraverso la cattura dei requisiti di utente, la stesura delle specifiche, la progettazione della validazione, definizione dell'architettura hardware e software, scelta dei componenti, assemblaggio e programmazione, esecuzione dei test. L'attività è basata su un sistema a microcontrollore, integrato con sensori, attuatori, sistemi di comunicazione. Una parte specifica del modulo tratta inoltre la progettazione RTL per implementazione su FPGA.

LABORATORIO I

1°

6

ITA

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi**

**CONOSCENZA E COMPrensIONE.** Il modulo affronta i fondamenti delle misure a microonde per caratterizzare i dispositivi comunemente usati in una rete a microonde. Sono descritte sia la struttura che il funzionamento dei moderni analizzatori di reti vettoriali e degli analizzatori di spettro oltre che varie tecniche di misura (risposta in frequenza, riflettometria nel dominio del tempo). Si discutono anche le tecniche di calibrazione e la valutazione dell'incertezza di misura. Sono previste svariate prove di laboratorio per la misura di componenti tipici quali filtri, attenuatori, divisori, accoppiatori direzionali, amplificatori, oscillatori, mixer, strutture guidanti, risonatori ed antenne.

**CAPACITÀ APPLICATIVE.** Gli studenti che abbiano superato l'esame saranno in grado di misurare i dispositivi a microonde più comuni sia a 1-porta (e.g. elementi concentrati R-L-C, risonatori, antenne), sia a 2-porte (e.g. attenuatori, cavi, guide d'onda, filtri e amplificatori), sia a 3-porte (e.g. divisori di potenza, circolatori, mixer) che a 4-porte (e.g. accoppiatori direzionali). Gli studenti saranno in grado di scegliere tanto lo strumento che la sua configurazione più adatta a caratterizzare il dispositivo con l'incertezza richiesta dalla misura. Infine gli studenti prenderanno confidenza con analizzatori di rete vettoriali e analizzatori di spettro allo stato dell'arte.

**AUTONOMIA DI GIUDIZIO.** Le attività di laboratorio richiedono agli studenti autonomia di giudizio anche se sono sempre condotte sotto la supervisione dei professori.

**ABILITÀ DI COMUNICAZIONE.** Le attività di laboratorio sono in gruppo, aiutando gli studenti a migliorare lo spirito collaborativo e la comunicazione. Ogni esperienza è poi documentata da un rapporto scientifico.

**CAPACITÀ DI APPRENDERE.** Le attività di laboratorio in piccoli gruppi (fino a 3-4 studenti) permettono l'approfondimento delle conoscenze, anche grazie all'interazione con gli altri membri del gruppo.

AAF1587 | ELEMENTI DI  
COMUNICAZIONE  
TECNICO-SCIENTIFICA

1°

1

ITA

**Obiettivi formativi**

**CONOSCENZA E COMPrensIONE.** Apprendere gli elementi fondamentali della scrittura tecnico?scientifica e della comunicazione interpersonale, strumenti che i laureati in materie scientifiche e tecnologiche in qualsiasi settore impiegano per comunicare dati, fatti, opinioni, raccomandazioni ai colleghi e alla comunità professionale di riferimento.

**CAPACITÀ APPLICATIVE.** Capacità di redigere una tesi, una relazione, un rapporto, un articolo secondo le regole della struttura canonica del testo a partire da una pianificazione degli obiettivi della comunicazione e delle caratteristiche degli interlocutori. Conoscenza di approcci psico?relazionali per potenziare l'efficacia della presentazione pubblica, gli stimoli della creatività personale e le capacità di supervisione e direzione.

**AUTONOMIA DI GIUDIZIO.** Capacità di valutare in modo critico e competente approcci e soluzioni a problemi di comunicazione tecnico?scientifica.

**ABILITÀ DI COMUNICAZIONE.** Capacità di descrivere problemi e soluzioni adottate per affrontare questioni di comunicazione tecnico?scientifica.

**CAPACITÀ DI APPRENDERE.** Capacità di ampliare e approfondire le proprie conoscenze riguardanti tematiche avanzate di comunicazione tecnico?scientifica.

10600538 |  
LABORATORIO  
MULTISCIPLINARE DI  
ELETTRONICA

2°

12

ITA

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi**

Il modulo affronta i fondamenti delle misure a radiofrequenza e microonde per caratterizzare i dispositivi comunemente usati nei sistemi di telecomunicazione e radar. Sono descritte sia la struttura che il funzionamento dei moderni analizzatori di reti vettoriali e degli analizzatori di spettro oltre che varie tecniche di misura (risposta in frequenza, fattore di merito di risonatori, riflettometria nel dominio del tempo, misure di campo a banda stretta). Si discutono anche le tecniche di calibrazione e la valutazione dell'incertezza di misura. Sono previste svariate prove di laboratorio per la misura di componenti tipici quali filtri, attenuatori, divisori, accoppiatori direzionali, amplificatori, mixer, VCO, PLL, strutture guidanti, risonatori e componenti discreti R-L-C. Le misure vengono effettuate su amplificatori, mixer, VCO, e PLL, e sono presi in considerazione segnali modulati in formato analogico (di ampiezza e di frequenza), e digitale (W-CDMA).

Progettazione di sistemi digitali di tipo embedded: nello sviluppo del laboratorio viene condotta l'intera catena di progettazione, realizzazione e validazione di un sistema, attraverso la cattura dei requisiti di utente, la stesura delle specifiche, la progettazione della validazione, definizione dell'architettura hardware e software, scelta dei componenti, assemblaggio e programmazione, esecuzione dei test. L'attività è basata su un sistema a microcontrollore, integrato con sensori, attuatori, sistemi di comunicazione. Una parte specifica del modulo tratta inoltre la progettazione RTL per implementazione su FPGA.

LABORATORIO II

2°

6

ITA

**Obiettivi formativi**

Il modulo affronta i fondamenti delle misure a radiofrequenza e microonde per caratterizzare i dispositivi comunemente usati nei sistemi di telecomunicazione e radar. Sono descritte sia la struttura che il funzionamento dei moderni analizzatori di reti vettoriali e degli analizzatori di spettro oltre che varie tecniche di misura (risposta in frequenza, fattore di merito di risonatori, riflettometria nel dominio del tempo, misure di campo a banda stretta). Si discutono anche le tecniche di calibrazione e la valutazione dell'incertezza di misura. Sono previste svariate prove di laboratorio per la misura di componenti tipici quali filtri, attenuatori, divisori, accoppiatori direzionali, amplificatori, mixer, VCO, PLL, strutture guidanti, risonatori e componenti discreti R-L-C. Le misure vengono effettuate su amplificatori, mixer, VCO, e PLL, e sono presi in considerazione segnali modulati in formato analogico (di ampiezza e di frequenza), e digitale (W-CDMA).

Progettazione di sistemi digitali di tipo embedded: nello sviluppo del laboratorio viene condotta l'intera catena di progettazione, realizzazione e validazione di un sistema, attraverso la cattura dei requisiti di utente, la stesura delle specifiche, la progettazione della validazione, definizione dell'architettura hardware e software, scelta dei componenti, assemblaggio e programmazione, esecuzione dei test. L'attività è basata su un sistema a microcontrollore, integrato con sensori, attuatori, sistemi di comunicazione. Una parte specifica del modulo tratta inoltre la progettazione RTL per implementazione su FPGA.

A SCELTA DELLO  
STUDENTE

2°

12

ITA

AAF2182 | PROVA  
FINALE - TESI DI  
LAUREA MAGISTRALE

2°

20

ITA

**Obiettivi formativi**

Caratteristiche della prova finale

La prova finale consiste nella discussione della tesi di laurea e comporta l'acquisizione di 20 crediti. La tesi di laurea è svolta dal candidato sotto la supervisione di un docente del Consiglio d'Area in Ingegneria Elettronica e costituisce un banco di prova per la verifica delle conoscenze acquisite dallo studente e della sua capacità di approfondirle ed applicarle in modo autonomo in un contesto specifico, contribuendo in prima persona all'identificazione di problemi e all'elaborazione e valutazione di soluzioni.

GRUPPO DI  
CARATTERIZZAZIONE -  
MDEE: 2 CLASSES TO  
BE CHOSEN

Insegnamento	Semestre	CFU	Lingua
GRUPPO DI SPECIALIZZAZIONE - MDEE: 2 CLASSES TO BE CHOSEN COMPLEMENTI DI MATEMATICA - MDEE: ADVANCED MATHEMATICS			

[Electronics Engineering \(percorso valido anche ai fini del conseguimento del doppio titolo italo-statunitense o italo-francese\) - in lingua inglese](#)

### 1° anno

Insegnamento	Semestre	CFU	Lingua
10589508   MICROWAVES	1°	9	ENG

#### Obiettivi formativi

##### GENERALI

Obiettivo del modulo è di fornire allo studente le conoscenze di base concernenti la propagazione guidata dei campi elettromagnetici, e le strutture e i circuiti a microonde. In particolare, scopo del modulo è l'insegnamento dell'analisi a costanti distribuite tipica dei circuiti a microonde, la rassegna delle principali strutture guidanti e dei principali elementi circuitali a microonde, e l'apprendimento della metodologia per lo studio ed analisi di tali elementi

##### SPECIFICI

CONOSCENZA E COMPrensIONE. Conoscere e saper comprendere gli aspetti metodologici dello studio e caratterizzazione della tecnica delle microonde.

CAPACITÀ APPLICATIVE. Saper applicare le tecniche di analisi e sintesi per la progettazione di dispositivi e circuiti a microonde.

AUTONOMIA DI GIUDIZIO. Essere in grado di formulare una propria valutazione relativa all'impiego dei componenti e circuiti a microonde nelle applicazioni dell'ICT; essere in grado di raccogliere informazioni aggiuntive per conseguire una maggiore consapevolezza relativa alla propagazione guidata dei campi elettromagnetici e alla loro elaborazione.

ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. Saper descrivere i componenti di base dei circuiti a microonde; saper comunicare le conoscenze acquisite

CAPACITÀ DI APPRENDERE. Il corso permetterà di acquisire le tecniche di studio e analisi delle principali strutture di interesse nel campo delle microonde.

10589761   INTEGRATED ELECTRONIC DEVICES	1°	9	ENG
--	----	---	-----

#### Obiettivi formativi

CONOSCENZA E COMPrensIONE: COMPrensIONE DEI MODELLI ELETTRICI E ELETTRONICI CHE GOVERNANO IL FUNZIONAMENTO DEI COMPONENTI A SEMICONDUZIONE DI BASE E DEI NODI TECNOLOGICI ATTUALI

CAPACITÀ APPLICATIVE. APPLICAZIONE DEI MODELLI DI BASE E DELLO STATO DELL'ARTE PER LA PROGETTAZIONE DI COMPONENTI INNOVATIVI

AUTONOMIA DI GIUDIZIO. VALUTAZIONE DEI LIMITI DELLE TECNOLOGIE DI BASE NELLA FABBRICAZIONE DEI COMPONENTI A SEMICONDUZIONE

ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. ESPRIMERE IN MODO ANALITICO LE EQUAZIONI CHE REGOLANO IL FUNZIONAMENTO DEI COMPONENTI A SEMICONDUZIONE

CAPACITÀ DI APPRENDERE. ACQUISIZIONE DELLE METODOLOGIE CHE GUIDANO ALLA COMPrensIONE DEL FUNZIONAMENTO DEI COMPONENTI A SEMICONDUZIONE E ALLO SCALING ALLA MOORE

INTEGRATED ELECTRONIC DEVICES	1°	3	ENG
----------------------------------	----	---	-----

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi**

CONOSCENZA E COMPrensIONE: COMPrensIONE DEI MODELLI ELETTRICI E ELETTRONICI CHE GOVERNANO IL FUNZIONAMENTO DEI COMPONENTI A SEMICONDUOTTORE DI BASE E DEI NODI TECNOLOGICI ATTUALI CAPACITÀ APPLICATIVE. APPLICAZIONE DEI MODELLI DI BASE E DELLO STATO DELL'ARTE PER LA PROGETTAZIONE DI COMPONENTI INNOVATIVI  
AUTONOMIA DI GIUDIZIO. VALUTAZIONE DEI LIMITI DELLE TECNOLOGIE DI BASE NELLA FABBRICAZIONE DEI COMPONENTI A SEMICONDUOTTORE  
ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. ESPRIMERE IN MODO ANALITICO LE EQUAZIONI CHE REGOLANO IL FUNZIONAMENTO DEI COMPONENTI A SEMICONDUOTTORE  
CAPACITÀ DI APPRENDERE. ACQUISIZIONE DELLE METODOLOGIE CHE GUIDANO ALLA COMPrensIONE DEL FUNZIONAMENTO DEI COMPONENTI A SEMICONDUOTTORI E ALLO SCALING ALLA MOORE

INTEGRATED  
ELECTRONIC DEVICES

1°

6

ENG

**Obiettivi formativi**

CONOSCENZA E COMPrensIONE: COMPrensIONE DEI MODELLI ELETTRICI E ELETTRONICI CHE GOVERNANO IL FUNZIONAMENTO DEI COMPONENTI A SEMICONDUOTTORE DI BASE E DEI NODI TECNOLOGICI ATTUALI CAPACITÀ APPLICATIVE. APPLICAZIONE DEI MODELLI DI BASE E DELLO STATO DELL'ARTE PER LA PROGETTAZIONE DI COMPONENTI INNOVATIVI  
AUTONOMIA DI GIUDIZIO. VALUTAZIONE DEI LIMITI DELLE TECNOLOGIE DI BASE NELLA FABBRICAZIONE DEI COMPONENTI A SEMICONDUOTTORE  
ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. ESPRIMERE IN MODO ANALITICO LE EQUAZIONI CHE REGOLANO IL FUNZIONAMENTO DEI COMPONENTI A SEMICONDUOTTORE  
CAPACITÀ DI APPRENDERE. ACQUISIZIONE DELLE METODOLOGIE CHE GUIDANO ALLA COMPrensIONE DEL FUNZIONAMENTO DEI COMPONENTI A SEMICONDUOTTORI E ALLO SCALING ALLA MOORE

10589837 |  
COMMUNICATION  
THEORY AND  
ENGINEERING

1°

9

ENG

**Obiettivi formativi****GENERALI**

L'obiettivo del corso di Comunicazioni Elettriche II è quello di fornire conoscenze avanzate relative al dimensionamento di sistemi di comunicazione, analizzando in particolare le tematiche relative alla misura dell'informazione e teoria dell'informazione, alla codifica di sorgente e a quella di canale. Il corso ha inoltre l'obiettivo di introdurre a schemi di modulazione avanzati adottati in reti di quarta e quinta generazione.

**SPECIFICI**

- Conoscenza e capacità di comprensione: teoria dell'informazione, codifica di sorgente e di canale. Capacità di canale per il singolo collegamento e per sistemi ad accesso multiplo
- Capacità di applicare conoscenza e comprensione: analisi dell'informazione trasferibile in sistemi di comunicazione, selezione degli algoritmi di codifica di sorgente e di canale e scelta dei loro parametri.
- Autonomia di giudizio: capacità di affrontare un progetto di dimensionamento di un collegamento identificando vincoli e obiettivi imposti sugli indici prestazionali, individuando la soluzione più efficiente per ciascuno dei blocchi della catena che congiunge sorgente e destinazione.
- Abilità comunicative: N/A
- Capacità di apprendimento: acquisire le conoscenze che permetteranno nel seguito della carriera l'analisi e il confronto di sistemi e reti di comunicazioni in termini di capacità e informazione trasferita

10589407 | DIGITAL  
INTEGRATED SYSTEM  
ARCHITECTURES

2°

9

ENG

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi**

CONOSCENZA E COMPrensIONE. Circuiti digitali VLSI, progettazione RTL, VHDL, architetture di microprocessori  
CAPACITÀ APPLICATIVE. Progetto di circuiti digitali, sintesi su FPGA/ASIC, progetto/programmazione di microprocessori  
AUTONOMIA DI GIUDIZIO. Valutazione delle scelte progettuali e delle tecnologie da utilizzare.  
ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. Stesura di specifiche e modelli simulabili.  
CAPACITÀ DI APPRENDERE. Qualsiasi successivo approfondimento su circuiti digitali, architetture e programmazione.

10589483 |

RADIOFREQUENCY  
ELECTRONIC SYSTEMS

2°

9

ENG

**Obiettivi formativi**

CONOSCENZA E COMPrensIONE. Il corso si prefigge lo scopo di far acquisire allo studente conoscenze per il progetto di circuiti a radiofrequenza e microonde. Particolare attenzione è posta sul progetto di oscillatori, amplificatori, mixer e filtri.  
CAPACITÀ APPLICATIVE. La parte teorica è integrata da tecniche CAD di progettazione e realizzazione di circuiti a radiofrequenza applicati in contesti interdisciplinari quali i radar, le telecomunicazioni e gli apparati biomedicali.  
AUTONOMIA DI GIUDIZIO. Le attività di progettazione CAD, parte integrante del corso e oggetto di verifica tramite apposita prova pratica progettuale hanno anche l'obiettivo di sviluppare l'autonomia del candidato.  
ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. Le attività di progettazione CAD prevedono lavori di gruppo che sviluppano le abilità comunicative e di interazione.  
CAPACITÀ DI APPRENDERE. Oltre al materiale didattico fornito, lo studente è stimolato a studiare in un modo autonomo utilizzando la letteratura scientifica messa a disposizione e altro materiale reperibile in rete.

Curriculum in English -  
Master Degree in  
Electronics Engineering  
(MDEE)

COMPLEMENTI DI  
MATEMATICA - MDEE:  
ADVANCED  
MATHEMATICS

**2° anno****Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua**

10600539 |

MULTIDISCIPLINARY  
LABORATORY OF  
ELECTRONICS

1°

12

ENG

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi**

**CONOSCENZA E COMPrensIONE.** Il modulo affronta i fondamenti delle misure a microonde per caratterizzare i dispositivi comunemente usati in una rete a microonde. Sono descritte sia la struttura che il funzionamento dei moderni analizzatori di reti vettoriali e degli analizzatori di spettro oltre che varie tecniche di misura (risposta in frequenza, riflettometria nel dominio del tempo). Si discutono anche le tecniche di calibrazione e la valutazione dell'incertezza di misura. Sono previste svariate prove di laboratorio per la misura di componenti tipici quali filtri, attenuatori, divisori, accoppiatori direzionali, amplificatori, oscillatori, strutture guidanti, risonatori ed antenne.

**CAPACITÀ APPLICATIVE.** Gli studenti che abbiano superato l'esame saranno in grado di misurare i dispositivi a microonde più comuni sia a 1-porta (e.g. elementi concentrati R-L-C, risonatori, antenne), sia a 2-porte (e.g. attenuatori, cavi, guide d'onda, filtri e amplificatori), sia a 3-porte (e.g. divisori di potenza, circolatori) che a 4-porte (e.g. accoppiatori direzionali). Gli studenti saranno in grado di scegliere tanto lo strumento che la sua configurazione più adatta a caratterizzare il dispositivo con l'incertezza richiesta dalla misura. Infine gli studenti prenderanno confidenza con analizzatori di rete vettoriali e analizzatori di spettro allo stato dell'arte.

**AUTONOMIA DI GIUDIZIO.** Le attività di laboratorio richiedono agli studenti autonomia di giudizio anche se sono sempre condotte sotto la supervisione dei professori.

**ABILITÀ DI COMUNICAZIONE.** Le attività di laboratorio sono in gruppo, e aiutano gli studenti a migliorare lo spirito collaborativo e la comunicazione. Ogni esperienza è poi documentata da un rapporto scientifico.

**CAPACITÀ DI APPRENDERE.** Le attività di laboratorio in piccoli gruppi (fino a 3-4 studenti) permettono l'approfondimento delle conoscenze, anche grazie all'interazione con gli altri membri del gruppo.

MULTIDISCIPLINARY  
LABORATORY OF  
ELECTRONICS I

1°

6

ENG

**Obiettivi formativi**

**CONOSCENZA E COMPrensIONE.** Il modulo affronta i fondamenti delle misure a microonde per caratterizzare i dispositivi comunemente usati in una rete a microonde. Sono descritte sia la struttura che il funzionamento dei moderni analizzatori di reti vettoriali e degli analizzatori di spettro oltre che varie tecniche di misura (risposta in frequenza, riflettometria nel dominio del tempo). Si discutono anche le tecniche di calibrazione e la valutazione dell'incertezza di misura. Sono previste svariate prove di laboratorio per la misura di componenti tipici quali filtri, attenuatori, divisori, accoppiatori direzionali, amplificatori, oscillatori, strutture guidanti, risonatori ed antenne.

**CAPACITÀ APPLICATIVE.** Gli studenti che abbiano superato l'esame saranno in grado di misurare i dispositivi a microonde più comuni sia a 1-porta (e.g. elementi concentrati R-L-C, risonatori, antenne), sia a 2-porte (e.g. attenuatori, cavi, guide d'onda, filtri e amplificatori), sia a 3-porte (e.g. divisori di potenza, circolatori) che a 4-porte (e.g. accoppiatori direzionali). Gli studenti saranno in grado di scegliere tanto lo strumento che la sua configurazione più adatta a caratterizzare il dispositivo con l'incertezza richiesta dalla misura. Infine gli studenti prenderanno confidenza con analizzatori di rete vettoriali e analizzatori di spettro allo stato dell'arte.

**AUTONOMIA DI GIUDIZIO.** Le attività di laboratorio richiedono agli studenti autonomia di giudizio anche se sono sempre condotte sotto la supervisione dei professori.

**ABILITÀ DI COMUNICAZIONE.** Le attività di laboratorio sono in gruppo, e aiutano gli studenti a migliorare lo spirito collaborativo e la comunicazione. Ogni esperienza è poi documentata da un rapporto scientifico.

**CAPACITÀ DI APPRENDERE.** Le attività di laboratorio in piccoli gruppi (fino a 3-4 studenti) permettono l'approfondimento delle conoscenze, anche grazie all'interazione con gli altri membri del gruppo.

AAF1880 | ELEMENTS  
OF TECHNICAL  
SCIENTIFIC  
COMMUNICATION

1°

1

ENG

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi**

CONOSCENZA E COMPrensIONE. Apprendere gli elementi fondamentali della scrittura tecnico?scientifica e della comunicazione interpersonale, strumenti che i laureati in materie scientifiche e tecnologiche in qualsiasi settore impiegano per comunicare dati, fatti, opinioni, raccomandazioni ai colleghi e alla comunità professionale di riferimento.

CAPACITÀ APPLICATIVE. Capacità di redigere una tesi, una relazione, un rapporto, un articolo secondo le regole della struttura canonica del testo a partire da una pianificazione degli obiettivi della comunicazione e delle caratteristiche degli interlocutori. Conoscenza di approcci psico?relazionali per potenziare l'efficacia della presentazione pubblica, gli stimoli della creatività personale e le capacità di supervisione e direzione.

AUTONOMIA DI GIUDIZIO. Capacità di valutare in modo critico e competente approcci e soluzioni a problemi di comunicazione tecnico?scientifica.

ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. Capacità di descrivere problemi e soluzioni adottate per affrontare questioni di comunicazione tecnico?scientifica.

CAPACITÀ DI APPRENDERE. Capacità di ampliare e approfondire le proprie conoscenze riguardanti tematiche avanzate di comunicazione tecnico?scientifica.

10600539 |  
MULTIDISCIPLINARY  
LABORATORY OF  
ELECTRONICS

2°

12

ENG

**Obiettivi formativi**

CONOSCENZA E COMPrensIONE. Il modulo affronta i fondamenti delle misure a microonde per caratterizzare i dispositivi comunemente usati in una rete a microonde. Sono descritte sia la struttura che il funzionamento dei moderni analizzatori di reti vettoriali e degli analizzatori di spettro oltre che varie tecniche di misura (risposta in frequenza, riflettometria nel dominio del tempo). Si discutono anche le tecniche di calibrazione e la valutazione dell'incertezza di misura. Sono previste svariate prove di laboratorio per la misura di componenti tipici quali filtri, attenuatori, divisori, accoppiatori direzionali, amplificatori, oscillatori, strutture guidanti, risonatori ed antenne.

CAPACITÀ APPLICATIVE. Gli studenti che abbiano superato l'esame saranno in grado di misurare i dispositivi a microonde più comuni sia a 1-porta (e.g. elementi concentrati R-L-C, risonatori, antenne), sia a 2-porte (e.g. attenuatori, cavi, guide d'onda, filtri e amplificatori), sia a 3-porte (e.g. divisori di potenza, circolatori) che a 4-porte (e.g. accoppiatori direzionali). Gli studenti saranno in grado di scegliere tanto lo strumento che la sua configurazione più adatta a caratterizzare il dispositivo con l'incertezza richiesta dalla misura. Infine gli studenti prenderanno confidenza con analizzatori di rete vettoriali e analizzatori di spettro allo stato dell'arte.

AUTONOMIA DI GIUDIZIO. Le attività di laboratorio richiedono agli studenti autonomia di giudizio anche se sono sempre condotte sotto la supervisione dei professori.

ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. Le attività di laboratorio sono in gruppo, e aiutano gli studenti a migliorare lo spirito collaborativo e la comunicazione. Ogni esperienza è poi documentata da un rapporto scientifico.

CAPACITÀ DI APPRENDERE. Le attività di laboratorio in piccoli gruppi (fino a 3-4 studenti) permettono l'approfondimento delle conoscenze, anche grazie all'interazione con gli altri membri del gruppo.

MULTIDISCIPLINARY  
LABORATORY OF  
ELECTRONICS II

2°

6

ENG

A SCELTA DELLO  
STUDENTE

2°

12

ITA

AAF2182 | PROVA  
FINALE - TESI DI  
LAUREA MAGISTRALE

2°

20

ITA

Insegnamento	Semestre	CFU	Lingua
<b>Obiettivi formativi</b>			
Caratteristiche della prova finale La prova finale consiste nella discussione della tesi di laurea e comporta l'acquisizione di 20 crediti. La tesi di laurea è svolta dal candidato sotto la supervisione di un docente del Consiglio d'Area in Ingegneria Elettronica e costituisce un banco di prova per la verifica delle conoscenze acquisite dallo studente e della sua capacità di approfondirle ed applicarle in modo autonomo in un contesto specifico, contribuendo in prima persona all'identificazione di problemi e all'elaborazione e valutazione di soluzioni.			
Curriculum in English - Master Degree in Electronics Engineering (MDEE) COMPLEMENTI DI MATEMATICA - MDEE: ADVANCED MATHEMATICS			

### Gruppi opzionali

Lo studente deve acquisire 12 CFU fra i seguenti esami

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
1021745   CIRCUITI A TEMPO DISCRETO	1°	1°	6	ITA
<b>Obiettivi formativi</b>				
Obiettivo generale del corso è quello di fornire le metodologie per la comprensione e l'analisi di strutture circuitali a tempo discreto, mediante l'acquisizione degli strumenti matematici fondamentali e il confronto con le principali nozioni acquisite nel corso di Teoria dei Circuiti. SPECIFICI				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoscenza e capacità di comprensione: al termine del corso lo studente sarà in grado di analizzare architetture generali di circuiti a tempo discreto e di affrontare semplici problemi di sintesi.</li> <li>• Capacità di applicare conoscenza e comprensione: al termine del corso lo studente potrà applicare le metodologie apprese a tematiche più generali, proprie dell'Ingegneria Elettronica.</li> <li>• Autonomia di giudizio: lo studente sarà in grado di integrare le conoscenze acquisite nel corso con quelle proprie dell'informazione in generale trasmessa all'interno del Corso di Laurea.</li> <li>• Abilità comunicative: lo studente sarà in grado di trasmettere le conoscenze acquisite e di illustrare i processi che ad esse hanno condotto.</li> <li>• Capacità di apprendimento: lo studente sarà in grado di gestire in modo autonomo il proprio studio (torii, classificatori).</li> </ul>				
1021866   PROGETTO DI CIRCUITI INTEGRATI	1°	1°	6	ITA

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p>CONOSCENZA E COMPrensIONE. Problematiche dell'elaborazione analogica ad elevata banda passante e/o data rate; soluzioni architetture e circuitali per sistemi mixed-signal ad elevata banda passante; analisi di circuiti di estrazione del sincronismo; comprensione di un flusso di progetto integrato basato su tecnologie CMOS e/o BiCMOS; tecniche di layout analogico</p> <p>CAPACITÀ APPLICATIVE. Capacità di progetto e dimensionamento di catene di elaborazione ai GHz; capacità di progetto a livello di sistema di sistemi di elaborazione complessi come PLL e CDR; capacità di sviluppo di funzioni elementari in un flusso CAD CMOS e/o BiCMOS fino al livello di layout</p> <p>AUTONOMIA DI GIUDIZIO. Capacità di sviluppare in autonomia il progetto di un circuito o sottosistema elettronico</p> <p>ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. Capacità di riportare in modo chiaro, conciso ed esauriente il lavoro svolto</p> <p>CAPACITÀ DI APPRENDERE. Capacità di usare le conoscenze acquisite come punto di partenza per approfondire le problematiche sorte nel lavoro di progetto autonomo</p>				
1044618   TECNOLOGIE E PROCESSI PER L'ELETTRONICA	1°	1°	6	ITA
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p>Il corso intende fornire una formazione di base sulle tecnologie e apparati utilizzati nella fabbricazione di circuiti ad alta densità di integrazione, con esempi di descrizione dei processi di fabbricazione di sistemi per applicazioni specifiche.</p>				
1041744   OPTOELECTRONIC S	1°	1°	6	ENG
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p>CONOSCENZA E COMPrensIONE.</p> <p>Lo studente acquisirà una conoscenza solida e coordinata dei fenomeni, dei materiali, dei dispositivi e delle tecniche optoelettroniche, relativamente alla generazione, rivelazione ed elaborazione di segnali ottici, alla conversione di energia solare in energia elettrica mediante il fotovoltaico, alle interconnessioni ottiche e la riduzione di consumo di potenza.</p> <p>CAPACITÀ APPLICATIVE.</p> <p>Lo studente acquisirà attraverso il corso, padronanza dei criteri di progetto in base alle specifiche relative a diversi contesti applicativi dalle telecomunicazioni, alla sensoristica, alla strumentazione ottica.</p> <p>AUTONOMIA DI GIUDIZIO.</p> <p>Lo studente acquisirà le capacità di progettazione e valutazione delle prestazioni dei principali componenti per ogni sistema optoelettronico.</p> <p>ABILITÀ DI COMUNICAZIONE.</p> <p>Lo studente acquisirà la capacità di comunicare in forma scritta attraverso relazioni e in forma orale durante discussioni tecniche in aula e all'esame sui contenuti della disciplina.</p> <p>CAPACITÀ DI APPRENDERE.</p> <p>Lo studente acquisirà la capacità di apprendere attraverso l'uso di materiali di diverso tipo: dispense, materiale tecnico scientifico disponibile in rete e attraverso le esperienze di laboratorio come indicato dal docente.</p>				
1042011   ACCELERATOR PHYSICS AND RELATIVISTIC ELECTRODYNAMICS	1°	1°	6	ITA

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
<b>Obiettivi formativi</b>				
<b>CONOSCENZA E COMPRENSIONE</b>				
Al completamento del corso lo studente conoscerà i principi della relatività ristretta, con particolare riferimento al legame con la meccanica classica, l'elettromagnetismo, le trasformazioni dei campi tra sistemi di riferimento inerziali, i principi su cui si basano i moderni acceleratori di particelle, il moto relativistico di cariche in campi elettrici e magnetici e il funzionamento di acceleratori lineari, ciclotroni e sincrotroni				
<b>CAPACITA' APPLICATIVE:</b>				
Lo studente sarà in grado di progettare in maniera schematica alcuni dispositivi utilizzati negli acceleratori, come ad esempio i quadrupoli, e discutere il moto delle cariche in questi dispositivi				
<b>AUTONOMIA DI GIUDIZIO</b>				
Lo studente sarà in grado di determinare i principi di funzionamento di un acceleratore circolare grazie ai concetti acquisiti di moto di betatrone e sincrotrone e di utilizzare in maniera indipendente il codice di simulazione ASTRA (A Space Charge Tracking Algorithm).				
<b>ABILITA' DI COMUNICAZIONE</b>				
Lo studente sarà in grado di trattare argomenti legati agli acceleratori di particelle utilizzando termini e concetti tipici di questo settore				

1021782   ELETTRONICA PER L'AMBIENTE	1°	1°	6	ITA
--	----	----	---	-----

**Obiettivi formativi**

**GENERALI**

Il corso ha l'obiettivo di inquadrare l'architettura, le discipline di base e le tecnologie che consentono la trattazione ingegneristica delle conoscenze necessarie per la progettazione, la gestione e l'esercizio di sistemi di sistemi, dedicati a operazioni che si svolgono su un territorio reale in genere di grande dimensione. Inoltre ha l'obiettivo di esaminare sistemi di rilevamento distribuiti sul territori, localizzabili con sistema satellitare e/o IP, formanti reti WSN (Wireless Sensor Networks), con particolare attenzione ai sistemi a basso consumo e recupero energetico (tecniche harvesting).

**SPECIFICI**

- Conoscenza e capacità di comprensione: conoscere le tecniche e le tecnologie utilizzate in scenari territoriali complessi per i loro: monitoraggio, esercizio e gestione.
- Capacità di applicare conoscenza e comprensione: applicare metodologie di progetto con e per sistemi GIS (Geographic Information Systems). Applicare tecniche di monitoraggio con sensori distribuiti formanti WSN, utilizzando sistemi prototipali (per es. Arduino) e tecniche di energy harvesting.
- Capacità critiche e di giudizio: Elementi base dell'architettura di sistema di sistemi. Capacità critiche di progettazione elettronica di sistemi WSN energeticamente autosufficienti. Prove di laboratorio con schede prototipali (Arduino/Genuino,...), transceivers, sensori (ricevitori GPS, IMU, ...), DC-DC converter, componenti energy Harvesting, abbinate a programmazione del firmware e l'elaborazione dei dati (MathWorks, Python, Sketch Arduino,...).
- Abilità comunicative: saper descrivere le soluzioni architettoniche e circuitali adottate per risolvere il monitoraggio mediante WSN e GIS.
- Capacità di proseguire lo studio in modo autonomo nel corso della vita: capacità atte all'inserimento in contesti lavorativi di progettazione di WSN, di gestione mediante GIS e di progettazione di nodi sensori.

1044589   PATTERN RECOGNITION	1°	2°	6	ITA
-------------------------------------	----	----	---	-----

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p>CONOSCENZA E COMPrensIONE. Sono forniti i principi di base sulle tecniche di Pattern Recognition, classificazione e clustering su domini non necessariamente algebrici. Gli studenti che passano la prova finale saranno in grado di leggere e comprendere testi ed articoli su argomenti avanzati nell'ambito del Pattern Recognition.</p> <p>CAPACITÀ APPLICATIVE. Gli studenti che passano la prova finale saranno in grado di applicare i principi metodologici e gli algoritmi studiati per la progettazione di innovativi sistemi di Pattern Recognition, in contesti multidisciplinari.</p> <p>AUTONOMIA DI GIUDIZIO. Gli studenti che passano la prova finale saranno in grado di analizzare i requisiti di progettazione e di scegliere il sistema di classificazione che meglio si adatta al caso di studio.</p> <p>ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. Gli studenti che passano la prova finale saranno in grado di compilare un rapporto tecnico e di costruire una opportuna presentazione inerente un qualunque lavoro di progettazione, sviluppo e misura di prestazioni di un sistema di Pattern Recognition.</p> <p>CAPACITÀ DI APPRENDERE. Gli studenti che passano la prova finale saranno in grado di proseguire in autonomia l'approfondimento dei temi trattati a lezione, realizzando il necessario processo di apprendimento continuo che caratterizza la professionalità in ambito ICT.</p>				
1042013   COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA	1°	2°	6	ITA
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p>CONOSCENZA E COMPrensIONE. Conoscere e comprendere gli aspetti metodologici legati alle problematiche di compatibilità elettromagnetica</p> <p>CAPACITÀ APPLICATIVE. Saper applicare le proprie competenze con la finalità di risolvere problematiche di compatibilità elettromagnetica in dispositivi, circuiti e sistemi elettronici sensibili</p> <p>AUTONOMIA DI GIUDIZIO. Essere in grado di sviluppare modelli analitici e numerici atti a predire processi di accoppiamento parassita, distorsione del segnale ed emissione radiata.</p> <p>ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. Saper comunicare in maniera efficace con specialisti e non specialisti di problematiche tecniche legate alla limitazione delle problematiche EMC in dispositivi, circuiti e sistemi elettronici sensibili.</p> <p>CAPACITÀ DI APPRENDERE. Saper attingere a fonti bibliografiche e testi specialistici in lingua italiana e inglese al fine di approfondire ed incrementare la conoscenza nel settore.</p>				
1042016   ADVANCED ELECTROMAGNETICS AND SCATTERING	1°	2°	6	ITA

**Insegnamento****Anno****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi**

**CONOSCENZA E COMPRESIONE.** Il corso intende presentare una panoramica di alcuni argomenti avanzati di elettromagnetismo, di considerevole importanza per le applicazioni, e un'introduzione allo scattering elettromagnetico.

**CAPACITÀ APPLICATIVE.** Gli studenti potranno acquisire una visione d'insieme dell'elettromagnetismo moderno, con particolare riferimento agli aspetti metodologici unificanti e alle tecniche matematiche impiegate, che consentirà loro di orientarsi facilmente nello studio successivo o nelle posizioni lavorative, in virtù della grande generalità dei temi affrontati. In particolare gli studenti avranno appreso in profondità i concetti principali della propagazione guidata e libera, come pure l'approccio ai problemi di scattering, risolti sia in forma chiusa (problemi canonici) che numericamente.

**AUTONOMIA DI GIUDIZIO.** Essere in grado di formulare una propria valutazione relativa agli argomenti del corso e alla loro rilevanza applicativa. Essere in grado di raccogliere e valutare criticamente informazioni aggiuntive per conseguire una maggiore consapevolezza relativa agli argomenti del corso.

**ABILITÀ DI COMUNICAZIONE.** Saper descrivere gli argomenti del corso. Saper comunicare le conoscenze acquisite sugli argomenti del corso.

**CAPACITÀ DI APPRENDERE.** Strumenti chiave usati estensivamente per la loro intuitività fisica e potenza rappresentativa sono gli sviluppi modali con i relativi circuiti equivalenti a costanti distribuite e gli spettri di onde piane. Sono inoltre approfonditi i concetti di funzione di Green e di rappresentazione integrale.

1021868 |  
PROGETTO DI  
SISTEMI  
MICROELETTRONI  
CI A  
RADIOFREQUENZ  
A

1°

2°

6

ITA

**Obiettivi formativi**

**CONOSCENZA E COMPRESIONE:** Problematiche della progettazione di circuiti integrati a RF, con particolare attenzione al ricevitore per comunicazioni wireless in tecnologia CMOS. Analisi dettagliata e criteri di progetto per blocchi funzionali RF CMOS (LNA, mixer, VCO, sintetizzatore di frequenza).

**CAPACITÀ APPLICATIVE:** Capacità di progetto e dimensionamento di blocchi funzionali di un ricevitore RF integrato in tecnologia CMOS.

**AUTONOMIA DI GIUDIZIO:** Capacità di sviluppare in autonomia il progetto di un blocco funzionale RF con i vincoli della realizzazione integrata.

**ABILITÀ DI COMUNICAZIONE:** Capacità di sintetizzare in modo chiaro, conciso ed esauriente le problematiche affrontate.

**CAPACITÀ DI APPRENDERE:** Capacità di usare le conoscenze acquisite come punto di partenza per approfondire specifiche problematiche della progettazione RF integrata.

1038139 |  
EMBEDDED  
SYSTEMS

1°

2°

6

ENG

**Insegnamento**

**Anno**

**Semestre**

**CFU**

**Lingua**

**Obiettivi formativi**

L' obiettivo del corso è quello di sviluppare negli studenti conoscenza e capacità di comprensione nell'ambito della progettazione dei circuiti digitali per sistemi embedded, nonché la capacità di giudizio nella derivazione delle soluzioni progettuali dalle specifiche tecniche, selezionando le architetture più adeguate alle diverse applicazioni.

**GENERALI**

Il modulo fornisce: le basi della progettazione dei circuiti digitali per sistemi embedded, la capacità di giudizio nella derivazione delle soluzioni progettuali dalle specifiche tecniche, selezionando le architetture più adeguate alle diverse applicazioni.

**SPECIFICI**

- Conoscenza e capacità di comprensione: conoscere le architetture per sistemi embedded nelle loro diverse forme e caratteristiche, conoscere le architetture delle CPU a 8, 16 e 32 bit, le caratteristiche di un Instruction Set Architecture, le caratteristiche tipiche delle unità esterne: memorie, timer, interrupt controller, unità di comunicazione. Toolchain di compilazione su sistemi embedded, linguaggi di alto livello e assembly, analisi del codice prodotto e debug.
- Capacità di applicare conoscenza e comprensione: applicare metodologie di progettazione di sistemi embedded, capacità di scrivere codice caratteristico dei sistemi embedded (es. accesso diretto all'hardware, routine di interrupt).
- Capacità critiche e di giudizio: Capacità di scegliere le soluzioni e le architetture di microcontrollori più adatte al contesto del progetto, distinguendo le prestazioni/caratteristiche delle diverse CPU e delle unità esterne presenti nell'architettura.
- Abilità comunicative: saper descrivere le soluzioni scelte per risolvere il problema progettuale: caratteristiche dell'Instruction Set Architecture, livello di programmazione necessario (linguaggio C, assembly), prestazioni attese e descrizione dell'organizzazione del progetto software.
- Capacità di proseguire lo studio in modo autonomo nel corso della vita: capacità di proseguire gli studi successivi approfondendo le tematiche sulle architetture hardware/software più avanzate, ad esempio sistemi multicore o sistemi basati su microkernel.

1041749 | LASER  
FUNDAMENTALS

1°

2°

6

ENG

**Obiettivi formativi**

**GENERALI**

Lo scopo del corso è di fornire allo studente la comprensione di principi di funzionamento di dispositivi ottici attivi basati sull'interazione della luce con sistemi a nanoscala; vuole inoltre fornire una conoscenza delle più attuali tecniche di progettazione e realizzazione di laser ( q-dots , laser a cristallo fotonico ) e dei loro impieghi nel settore dell'optoelettronica, quantum information ed anche in diagnostiche che impiegano le sorgenti ottiche miniaturizzate

**SPECIFICI**

- Conoscenza e capacità di comprensione: conoscere metodi analitici per comprendere le modalità di funzionamento dei laser adottati in vari ambiti, nonché conoscere la tecnologia di base dell'elettronica quantistica .
- Capacità di applicare conoscenza e comprensione: applicare metodologie di analisi e apprendimento , mediante attività anche in laboratorio.
- Capacità critiche e di giudizio: sono svolte prove di test di laboratorio e capacità di valutazione delle più recenti pubblicazioni scientifiche nel campo.
- Abilità comunicative: saper descrivere quanto appreso nell'ambito delle conoscenze delle tecnologie a funzionamento di dispositivi laser . L'abilità comunicativa è realizzata affrontando alcuni temi fondamentali con la richiesta di partecipazione attiva alla soluzione dei problemi, sulla base delle conoscenze acquisite dalle precedenti lezioni o da corsi già superati.
- Capacità di proseguire lo studio in modo autonomo nel corso della vita: capacità di proseguire gli studi successivi riguardanti tematiche avanzate di fotonica ed elettronica quantistica, fondate sulle metodologie di analisi e progetto acquisite.

+++++

1021813 |  
INTERAZIONE  
BIOELETTROMAG  
NETICA I

1°

2°

6

ITA

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p>CONOSCENZA E COMPrensIONE.</p> <p>Conoscenza degli strumenti metodologici e degli argomenti fondamentali del Bioelettromagnetismo (interazione dei campi con le strutture molecolari, in particolare con soluzioni acquose e cellule, tecniche per il calcolo del campo EM all'interno dei tessuti esposti, reazioni fisiologiche dei sistemi biologici alla stimolazione elettromagnetica, razionale e concetti basilari delle normative internazionali), aspetti che costituiscono anche le basi per successivi corsi specialistici nello stesso settore scientifico-disciplinare.</p> <p>CAPACITÀ APPLICATIVE.</p> <p>Abilità nell'elaborare la modellistica bioelettromagnetica in chiave interpretativa, al fine di predire i principali fenomeni legati all'impiego dei campi elettromagnetici su esseri umani, organi, tessuti, strutture cellulari.</p> <p>AUTONOMIA DI GIUDIZIO.</p> <p>Potenzialità di analisi critica dei fondamentali aspetti applicativi legati all'impiego dei campi elettromagnetici in presenza di soggetti umani.</p> <p>ABILITÀ DI COMUNICAZIONE.</p> <p>Acquisizione di un bagaglio conoscitivo adeguato alla divulgazione delle conoscenze scientifiche e tecniche nel settore del bioelettromagnetismo.</p> <p>CAPACITÀ DI APPRENDERE.</p> <p>Raggiungimento graduale ed estensione di un livello conoscitivo atto alla formazione di una figura professionale nel settore della protezione dell'essere umano dall'esposizione ai campi EM in ambienti complessi.</p>				
1042021   STRUMENTAZIONE E TECNICHE PER LA DIAGNOSTICA	1°	2°	6	ITA
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p>CONOSCENZA E COMPrensIONE. Il corso si prefigge lo scopo di far acquisire allo studente conoscenze per il progetto di strumentazione per la diagnostica medica. Particolare attenzione è posta al progetto di apparati per la risonanza magnetica nucleare i monitor ospedalieri ed i sistemi per l'ecografia.</p> <p>CAPACITÀ APPLICATIVE. La parte teorica è integrata da seminari applicativi sulle soluzioni commerciali e sulle attività di ricerca in vari ambiti della strumentazione medica anche innovativi quali la tomografia di impedenza e le applicazioni dei radar in medicina.</p> <p>AUTONOMIA DI GIUDIZIO. Le attività teoriche, altamente interdisciplinari, mirano a sviluppare la capacità del candidato a collegare i metodi matematici e le tecniche apprese in altri corsi di studio.</p> <p>ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. Le attività seminariali, svolte anche da ricercatori esterni, hanno anche l'obiettivo di sviluppare le abilità comunicative e di interazione.</p> <p>CAPACITÀ DI APPRENDERE. Oltre al materiale didattico fornito, lo studente è stimolato a studiare in un modo autonomo utilizzando la letteratura scientifica messa a disposizione e altro materiale reperibile in rete.</p>				
1056158   MACHINE LEARNING FOR SIGNAL PROCESSING	1°	2°	6	ITA

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p>CONOSCENZA E COMPrensIONE. Dimostrare capacità di utilizzo di conoscenze derivate da corsi precedentemente studiati e capacità di comprensione di nuovi concetti che andranno ad arricchire il bagaglio culturale dello studente.</p> <p>CAPACITÀ APPLICATIVE. Dimostrare la capacità di saper mettere in pratica una metodologia studiata in un problema nuovo, seppur correlato agli esempi svolti durante le esercitazioni in aula.</p> <p>AUTONOMIA DI GIUDIZIO. Dimostrare di essere in grado di saper riconoscere un problema applicativo e di saper giustificare la scelta di una specifica metodologia per risolverlo.</p> <p>ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. Dimostrare di aver capito le motivazioni per la scelta di una specifica metodologia, la sua derivazione metodologica e la relativa implementazione in un problema pratico.</p> <p>CAPACITÀ DI APPRENDERE. Dimostrare di essere in grado di studiare in modo autonomo, di riuscire ad implementare autonomamente soluzioni di machine learning attraverso gli strumenti software appresi durante il corso e di saper applicare tali soluzioni in problemi nuovi per lo studente.</p>				
1056086   GROUND PENETRATING RADAR	1°	2°	6	ITA
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p>CONOSCENZA E COMPrensIONE. L'obiettivo principale di questo corso interdisciplinare è quello di fornire agli studenti conoscenze teoriche e pratiche necessarie per un uso sicuro, efficace e avanzato della metodologia georadar in diversi contesti applicativi. Gli studenti che abbiano superato l'esame avranno una visione d'insieme e attuale della tecnologia e metodologia georadar.</p> <p>CAPACITÀ APPLICATIVE. Uso di strumentazione georadar. Uso di software per la simulazione elettromagnetica. Uso di software per l'elaborazione di radargrammi.</p> <p>AUTONOMIA DI GIUDIZIO. Gli studenti che abbiano superato l'esame sapranno scegliere la strumentazione georadar più adeguata in diversi contesti applicativi e saranno in grado di pianificare ed eseguire indagini accurate. Sapranno elaborare e interpretare i radargrammi, nonché costruire modelli elettromagnetici di scenari georadar. Sapranno associare il georadar ad altre tecniche d'indagine non distruttiva.</p> <p>ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. Gli studenti che abbiano superato l'esame saranno in grado di comunicare le conoscenze apprese in ambito scientifico e industriale.</p> <p>CAPACITÀ DI APPRENDERE. Gli studenti che abbiano superato l'esame saranno pronti per approfondire gli argomenti trattati durante il corso durante studi successivi o nel mondo del lavoro.</p>				
1056159   COMPONENTI E CIRCUITI PER L'ELETTRONICA DI POTENZA	1°	2°	6	ITA

**Insegnamento****Anno****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi**

Obiettivi formativi generali:

Il corso si propone di fornire allo studente capacità progettuali nell'ambito dell'Elettronica di Potenza

Obiettivi formativi specifici:

- Conoscenza e capacità di comprensione:

Conoscenza delle possibili configurazioni di convertitori e delle relative tecniche di analisi, anche con simulatori circuitali generici (PSPICE) o dedicati (PSIM). Conoscenza delle principali problematiche elettriche, termiche e di compatibilità elettromagnetica

- Capacità di applicare conoscenza e comprensione:

Capacità di applicare metodologie di progettazione per convertitori di energia elettrica a commutazione, selezionandone la configurazione, dimensionando i componenti a semiconduttore, capacitivi e induttivi ed infine progettandone la rete di controllo.

- Abilità comunicative:

capacità di produrre relazioni di progetto, e presentarle analizzando in dettaglio e giustificando le scelte fatte

- Capacità di proseguire lo studio in modo autonomo nel corso della vita:

Sviluppare la capacità di aggiornare il proprio bagaglio culturale selezionando le fonti più attendibili e vagliando accuratamente il contenuto informativo di dati pubblicati con finalità diverse.

10589999 | EARTH  
OBSERVATION1<sup>o</sup>2<sup>o</sup>

6

ENG

**Obiettivi formativi**

Il modulo ha l'obiettivo di fornire una conoscenza di base ed a largo spettro sui sistemi di telerilevamento per l'Osservazione della Terra da aereo e da satellite. Descrivere, con approccio sistemistico, i requisiti e le caratteristiche di massima del sistema in relazione alla applicazione finale. Illustrare le basi fisiche del telerilevamento e semplici modelli di interazione elettromagnetica con i mezzi naturali utili alla interpretazione dei dati. Illustrare o richiamare i principi di funzionamento dei principali sensori di telerilevamento nelle diverse regioni dello spettro elettromagnetico. Fornire una panoramica sulle informazioni sull'ambiente terrestre (atmosfera, mare, vegetazione, etc.) rilevabili nelle diverse bande dello spettro elettromagnetico. Illustrare le principali tecniche di elaborazione dei dati telerilevati ai fini della generazione di prodotti applicativi, anche con l'ausilio di esercitazioni al computer. Conoscere le principali missioni spaziali di Osservazione della Terra, e le caratteristiche più significative dei prodotti forniti agli utenti finali.

1021841 |  
MICROSISTEMI  
FOTONICI1<sup>o</sup>2<sup>o</sup>

6

ITA

**Obiettivi formativi**

GENERALI

Il corso intende fornire allo studente gli strumenti per la comprensione, le tecnologie realizzative e le prestazioni di sistemi e microsistemi composti da componenti optoelettronici e fotonici.

SPECIFICI

- Conoscenza e capacità di comprensione: Conoscenza approfondita dei principali sistemi realizzati con componenti optoelettronici e fotonici, con particolare riferimento ai principi fisici di funzionamento dei singoli componenti e delle tecnologie realizzative.

- Capacità di applicare conoscenza e comprensione: Capacità di analisi e confronto di sistemi fotonici allo stato dell'arte.

Acquisizione di competenze per la progettazione di microsistemi fotonici, e per la loro applicazione nella sensoristica e nella elaborazione delle immagini.

- Autonomia di giudizio: Capacità di scelta, confronto e progettazione di sistemi fotonici allo stato dell'arte.

- Abilità comunicative: Capacità di descrizione, analisi e confronto di sistemi fotonici allo stato dell'arte.

- Capacità di apprendimento: Capacità di apprendere atte all'inserimento in contesti lavorativi di progettazione, acquisizione e confronto di sistemi fotonici

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
1021877   RADIOTECNICA TERRESTRE E SATELLITARE	1°	2°	6	ITA

#### Obiettivi formativi

##### GENERALI

Gli obiettivi del corso sono quelli di individuare tecnologie e tecniche di progettazione per la radiocomunicazione a grande distanza, specificatamente satellitare. In particolare sono esaminate le specificità dei segmenti: Spazio e Terra. Nonché le conseguenze sulla progettazione di dispositivi elettronici allo stato solido operanti nello Spazio, in particolar modo degli effetti delle radiazioni ionizzanti. Inoltre il corso ha l'obiettivo di approfondire le conoscenze sugli amplificatori di potenza ad alto rendimento (HPA).

##### SPECIFICI

- Conoscenza e capacità di comprensione: conoscere metodi di valutazione di componenti e della diversità di progettazione per apparecchiature destinate al funzionamento nell'ambiente Spazio. Nonché la conoscenza di metodi analitici per la progettazione di stadi finali ad alta efficienza.
- Capacità di applicare conoscenza e comprensione: applicare metodologie di progettazione diversificate per ambiente e richieste di efficienza energetica.
- Capacità critiche e di giudizio: capacità critiche di progettazione elettronica e di selezione mirata di dispositivi elettronici. Capacità acquisite con prove di laboratorio che prevedono l'utilizzo di ambienti di sviluppo (MathWorks,...), di software per la simulazione CAE (Genesys,...) di circuiti HPA a RF, strumenti di misura (oscilloscopi, analizzatori, ...).
- Abilità comunicative: saper descrivere le soluzioni circuitali adottate per risolvere problemi di condizioni operative avverse e di contenimento dei consumi energetici.
- Capacità di proseguire lo studio in modo autonomo nel corso della vita: capacità atte all'inserimento in contesti lavorativi di progettazione di sistemi elettronici per lo Spazio e di stadi finali ad alta efficienza.

10589896   RADIOPROPAGAZI ONE E RADAR METEOROLOGIA	1°	2°	6	ITA
---	----	----	---	-----

#### Obiettivi formativi

##### • CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPRESIONE:

Formulazione della teoria della propagazione elettromagnetica in mezzi aperti (e.g., atmosfera terrestre) con enfasi sulle applicazioni principali nell'ingegneria dell'informazione e comunicazioni. Analisi di problemi di diffrazione, diffusione, ottica geometrica, propagazione troposferica e ionosferica, propagazione superficiale, propagazione in ambiente complesso e ottica di spazio libero. Applicazioni a progetti di sistemi di comunicazione (terrestri e/o satellitari) e di telerilevamento. Analisi di sistemi radar a microonde e relative applicazioni meteorologiche (e.g., nubi e precipitazioni).

##### • CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPRESIONE:

Capacità di applicare le conoscenze teorico?sperimentali acquisite a problemi di radiopropagazione e radar meteorologia anche nell'ambito della progettazione di sistemi di comunicazione (terrestri e/o satellitari) e di telerilevamento.

##### • AUTONOMIA DI GIUDIZIO:

Capacità di valutare in modo critico e competente approcci e soluzioni a problemi di radiopropagazione e radar meteorologia.

##### • ABILITÀ COMUNICATIVE:

Capacità di descrivere problemi e soluzioni adottate per affrontare e mitigare effetti di radiopropagazione nell'ambito della progettazione di sistemi di comunicazione (terrestri e/o satellitari), di telerilevamento e di radar meteorologia.

##### • CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO:

Capacità di ampliare e approfondire le proprie conoscenze riguardanti tematiche avanzate di radiopropagazione e radar meteorologia.

#### ENG (RADIOPROPAGATION AND RADAR METEOROLOGY)

##### GENERAL

The course aims at exposing the advanced concepts of the electromagnetic (e.m.) theory of propagation with emphasis on the main applications in information and communications engineering. The e.m. radiation theory is applied to problems of diffraction, geometric optics, tropospheric and ionospheric propagation and propagation in a complex environment. The topics are treated both from an e.m. modeling point of view and from systems engineering with a focus on telecommunications and remote sensing systems including weather radar systems (i.e., radar meteorology).

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
1038349   ULTRA WIDE BAND RADIO FUNDAMENTALS	2°	1°	6	ENG

#### Obiettivi formativi

ITALIANO  
GENERALI

Scopo del corso è lo studio della tecnica di comunicazione wireless Ultra Wide Band (UWB), e della sua applicazione alla progettazione di reti avanzate quali le reti ad-hoc e le reti di sensori, e in generale di reti wireless distribuite. Il corso analizza le tematiche chiave dei sistemi UWB, allo scopo di evidenziare le potenzialità di una tecnologia che appare come uno dei migliori candidati nella definizione di standard per reti di futura generazione. Il corso affronterà i fondamenti teorici delle comunicazioni UWB, completando la trattazione con esempi pratici e principi di applicazione per ogni argomento trattato.

SPECIFICI

- Conoscenza e capacità di comprensione: tecniche di generazione di segnali UWB, analisi temporale e spettrale dei segnali UWB, progettazione di ricevitori UWB in canali AWGN e multipath, analisi delle prestazioni singolo link e di rete, tecniche di posizionamento e localizzazione basati su tecnologia UWB.
- Capacità di applicare conoscenza e comprensione: analisi e dimensionamento di reti wireless UWB in funzione della tipologia di segnale trasmesso, del canale, e del ricevitore utilizzato, sia attraverso l'approccio analitico che con l'utilizzo di strumenti software per la simulazione di singoli link o di reti.
- Autonomia di giudizio: capacità di affrontare un progetto di dimensionamento di una rete wireless UWB, identificando vincoli e obiettivi imposti sugli indici prestazionali e sulla standardizzazione, selezionando lo strumento o gli strumenti più opportuni per completare in modo corretto ed efficiente il progetto stesso.
- Abilità comunicative: saper esporre coerentemente e chiaramente tematiche relative alle comunicazioni UWB, combinando la padronanza della trattazione analitica, la capacità di sintetizzare le caratteristiche delle tecniche studiate, e la conoscenza e l'utilizzo di strumenti software di simulazione.
- Capacità di apprendimento: (assente)

1052242   DIGITAL SYSTEM PROGRAMMING	2°	1°	6	ENG
--------------------------------------	----	----	---	-----

#### Obiettivi formativi

L'obiettivo del corso di "Digital System Programming" è quello di fornire le basi della programmazione c/c++ e shell programming in linux.

1038110   TELERILEVAMENTO A MICROONDE	2°	1°	6	ITA
---------------------------------------	----	----	---	-----

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
<b>Obiettivi formativi</b>				
<b>GENERALI</b>				
<p>Il modulo ha come obiettivo quello di descrivere le tecniche per il telerilevamento quantitativo nello spettro delle microonde. Illustrare il principio di funzionamento e le caratteristiche tecniche dei sensori a microonde passivi (radiometri) e attivi (radar). Fornisce le basi fisiche ed i modelli per l'interpretazione quantitativa dei dati telerilevati, ed in particolare i modelli elettromagnetici per l'analisi di problemi di emissione, assorbimento e diffusione da parte dei mezzi naturali (atmosfera, superficie rugosa del mare, terreno e strati vegetati). Illustra le principali applicazioni e i metodi per l'estrazione di parametri geofisici dell'atmosfera, del mare e delle superfici emerse (terreno e vegetazione), incluse le tecniche interferometriche e polarimetriche.</p>				
<b>SPECIFICI</b>				
<p>? Conoscenza e capacità di comprensione: conoscere i fenomeni elettromagnetici di interazione della radiazione con i mezzi naturali necessari ed i principi di funzionamento dei sensori per comprendere ed interpretare i dati di telerilevamento a microonde.</p> <p>? Capacità di applicare conoscenza e comprensione: sviluppare modelli di simulazione delle misure di sensori di telerilevamento a microonde ed algoritmi di inversione a supporto dello studio di missione e delle applicazioni finali. Sviluppare procedure per la stima di grandezze bio-geofisiche dell'atmosfera, della superficie marina e delle terre emerse (terreno nudo e vegetazione) mediante tecniche di inversione di modelli diretti, tecniche interferometriche e polarimetriche.</p> <p>? Capacità critiche e di giudizio: comprendere la letteratura tecnico/scientifica sul telerilevamento a microonde e sviluppare la capacità di selezionare metodi e tecniche sulla base dei requisiti del sistema da sviluppare.</p> <p>? Abilità comunicative: interagire con altri studenti e gli insegnanti nello sviluppo di semplici esercizi (elaborazione di dati o risposte a quiz) e presentazione dei risultati per verificare il personale grado di comprensione ed allenare le capacità di soluzione di problemi.</p> <p>? Capacità di proseguire lo studio in modo autonomo nel corso della vita: assimilare le basi matematiche e fisiche del telerilevamento per poter comprendere testi su applicazioni diverse da quelle descritte nel corso.</p>				
10616834   QUANTUM COMPUTING AND NEURAL NETWORKS	2°	1°	6	ENG

**Insegnamento****Anno****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi****CONOSCENZA E COMPRESIONE**

Lo studente acquisirà la conoscenza delle nozioni di base riguardanti la progettazione e l'implementazione di algoritmi quantistici e architetture di calcolo quantistico per l'apprendimento automatico e l'intelligenza artificiale, trattando l'apprendimento di circuiti quantistici variazionali e di reti neurali quantistiche. Ciò sarà basato sullo studio di modelli, circuiti e architetture computazionali nella loro universalità, nonché sulla spiegazione delle principali tecniche algoritmiche che sfruttano la fisica quantistica mediante l'astrazione di modelli, per risolvere problemi computazionali complessi. Verranno acquisiti i fondamenti dell'approccio di apprendimento basato sui dati per applicazioni a problemi del mondo reale, con implementazioni specifiche che utilizzano circuiti quantistici e reti neurali quantistiche insieme all'uso di piattaforme software esistenti.

**CAPACITÀ APPLICATIVE**

Soluzione di problemi relativi a progettazione, implementazione e test di architetture di calcolo quantistico e modelli computazionali di apprendimento automatico quantistico per la soluzione di problemi di apprendimento sia supervisionato sia non supervisionato, come ottimizzazione, predizione, clustering e classificazione, in applicazioni del mondo reale riguardanti il trattamento di segnali, dati e informazione. L'obiettivo principale è fornire allo studente la capacità di comprendere e di ottenere vantaggio quantistico in applicazioni relative a problemi di apprendimento basati sui dati come analisi di serie temporali, calcolo iperdimensionale ed eXplainable AI, considerando diversi domini reali relativi a energia, aerospazio, osservazione della Terra, analisi comportamentale, bioingegneria, finanza, rilevamento delle frodi e così via.

**AUTONOMIA DI GIUDIZIO**

Attraverso una sistematica attività di laboratorio, durante la quale verranno prese in considerazione le metodologie relative alla progettazione e all'implementazione di architetture di calcolo quantistico nonché di modelli di machine learning quantistici come le reti neurali quantistiche, lo studente integrerà le conoscenze acquisite per gestire la complessità dei meccanismi di apprendimento induttivo e i limiti reali imposti dai dispositivi Noisy Intermediate-Scale Quantum (NISQ) attualmente adottati, anche a partire dalle limitate informazioni dovute all'organizzazione pratica del corso.

**ABILITÀ DI COMUNICAZIONE**

Le tecnologie quantistiche e gli algoritmi quantistici per il trattamento dell'informazione sono in rapida evoluzione, considerando lo scenario attuale basato sui dispositivi a breve termine e sugli approcci ibridi quantistici-classici. Al termine del corso, lo studente sarà in grado di comunicare le conoscenze acquisite a interlocutori specialisti e non specialisti negli ambiti di ricerca e di lavoro nei quali svolgerà la successiva attività scientifica e/o professionale, anche tenendo conto delle problematiche tecnologiche e di sviluppo sostenibile.

**CAPACITÀ DI APPRENDERE**

La metodologia didattica adottata prevede un'attività di studio autonoma e autogestita durante lo sviluppo di compiti monotematici di approfondimento didattico e/o sperimentale, in modo verticale su alcuni specifici argomenti teorici e applicativi utilizzando, per esempio, le risorse quantistiche disponibili in cloud come la Quantum Experience Platform di IBM, oltre a simulatori quantistici come Qiskit, PennyLane e Flax.

Lo studente deve acquisire 12 CFU fra i seguenti esami

<b>Insegnamento</b>	<b>Anno</b>	<b>Semestre</b>	<b>CFU</b>	<b>Lingua</b>
1021777   ELETTRONICA ANALOGICA CON APPLICAZIONI	1°	1°	6	ITA

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
<b>Obiettivi formativi</b>				
ANALISI DI CIRCUITI INTEGRATI ANALOGICI COMPLESSI . STUDIO DELLE TECNICHE DI STABILIZZAZIONE DELLE PRESTAZIONI TRAMITE CONTROREAZIONE , ANALISI DELLA STABILITÀ DINAMICA IN CIRCUITI IN CONTROREAZIONE . T ECNICHE DI ELABORAZIONE IN CORRENTE E CONFIGURAZIONI FONDAMENTALI PER L , ELABORAZIONE IN CORRENTE . A LTERNATIVE PER L , IMPLEMENTAZIONE DI COA. P ROBLEMATICHE DELL , ELABORAZIONE A BASSA TENSIONE DI ALIMENTAZIONE . ESEMPI DI SISTEMI COMPLESSI DI ELABORAZIONE ANALOGICA :				

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
1041744   OPTOELECTRONIC S	1°	1°	6	ENG

#### Obiettivi formativi

##### CONOSCENZA E COMPrensIONE.

Lo studente acquisirà una conoscenza solida e coordinata dei fenomeni, dei materiali, dei dispositivi e delle tecniche optoelettroniche, relativamente alla generazione, rivelazione ed elaborazione di segnali ottici, alla conversione di energia solare in energia elettrica mediante il fotovoltaico, alle interconnessioni ottiche e la riduzione di consumo di potenza.

##### CAPACITÀ APPLICATIVE.

Lo studente acquisirà attraverso il corso, padronanza dei criteri di progetto in base alle specifiche relative a diversi contesti applicativi dalle telecomunicazioni, alla sensoristica, alla strumentazione ottica.

##### AUTONOMIA DI GIUDIZIO.

Lo studente acquisirà le capacità di progettazione e valutazione delle prestazioni dei principali componenti per ogni sistema optoelettronico.

##### ABILITÀ DI COMUNICAZIONE.

Lo studente acquisirà la capacità di comunicare in forma scritta attraverso relazioni e in forma orale durante discussioni tecniche in aula e all'esame sui contenuti della disciplina.

##### CAPACITÀ DI APPRENDERE.

Lo studente acquisirà la capacità di apprendere attraverso l'uso di materiali di diverso tipo: dispense, materiale tecnico scientifico disponibile in rete e attraverso le esperienze di laboratorio come indicato dal docente.

1021782   ELETTRONICA PER L'AMBIENTE	1°	1°	6	ITA
--	----	----	---	-----

#### Obiettivi formativi

##### GENERALI

Il corso ha l'obiettivo di inquadrare l'architettura, le discipline di base e le tecnologie che consentono la trattazione ingegneristica delle conoscenze necessarie per la progettazione, la gestione e l'esercizio di sistemi di sistemi, dedicati a operazioni che si svolgono su un territorio reale in genere di grande dimensione. Inoltre ha l'obiettivo di esaminare sistemi di rilevamento distribuiti sul territori, localizzabili con sistema satellitare e/o IP, formanti reti WSN (Wireless Sensor Networks), con particolare attenzione ai sistemi a basso consumo e recupero energetico (tecniche harvesting).

##### SPECIFICI

- Conoscenza e capacità di comprensione: conoscere le tecniche e le tecnologie utilizzate in scenari territoriali complessi per i loro: monitoraggio, esercizio e gestione.
- Capacità di applicare conoscenza e comprensione: applicare metodologie di progetto con e per sistemi GIS (Geographic Information Systems). Applicare tecniche di monitoraggio con sensori distribuiti formanti WSN, utilizzando sistemi prototipali (per es. Arduino) e tecniche di energy harvesting.
- Capacità critiche e di giudizio: Elementi base dell'architettura di sistema di sistemi. Capacità critiche di progettazione elettronica di sistemi WSN energeticamente autosufficienti. Prove di laboratorio con schede prototipali (Arduino/Genuino,...), transceivers, sensori (ricevitori GPS, IMU, ...), DC-DC converter, componenti energy Harvesting, abbinate a programmazione del firmware e l'elaborazione dei dati (MathWorks, Python, Sketch Arduino,...).
- Abilità comunicative: saper descrivere le soluzioni architeturali e circuitali adottate per risolvere il monitoraggio mediante WSN e GIS.
- Capacità di proseguire lo studio in modo autonomo nel corso della vita: capacità atte all'inserimento in contesti lavorativi di progettazione di WSN, di gestione mediante GIS e di progettazione di nodi sensori.

1038110   TELERILEVAMENT O A MICROONDE	1°	1°	6	ITA
--	----	----	---	-----

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
<b>Obiettivi formativi</b>				
GENERALI				
<p>Il modulo ha come obiettivo quello di descrivere le tecniche per il telerilevamento quantitativo nello spettro delle microonde. Illustrare il principio di funzionamento e le caratteristiche tecniche dei sensori a microonde passivi (radiometri) e attivi (radar). Fornisce le basi fisiche ed i modelli per l'interpretazione quantitativa dei dati telerilevati, ed in particolare i modelli elettromagnetici per l'analisi di problemi di emissione, assorbimento e diffusione da parte dei mezzi naturali (atmosfera, superficie rugosa del mare, terreno e strati vegetati). Illustra le principali applicazioni e i metodi per l'estrazione di parametri geofisici dell'atmosfera, del mare e delle superfici emerse (terreno e vegetazione), incluse le tecniche interferometriche e polarimetriche.</p>				
SPECIFICI				
<p>? Conoscenza e capacità di comprensione: conoscere i fenomeni elettromagnetici di interazione della radiazione con i mezzi naturali necessari ed i principi di funzionamento dei sensori per comprendere ed interpretare i dati di telerilevamento a microonde.</p> <p>? Capacità di applicare conoscenza e comprensione: sviluppare modelli di simulazione delle misure di sensori di telerilevamento a microonde ed algoritmi di inversione a supporto dello studio di missione e delle applicazioni finali. Sviluppare procedure per la stima di grandezze bio-geofisiche dell'atmosfera, della superficie marina e delle terre emerse (terreno nudo e vegetazione) mediante tecniche di inversione di modelli diretti, tecniche interferometriche e polarimetriche.</p> <p>? Capacità critiche e di giudizio: comprendere la letteratura tecnico/scientifica sul telerilevamento a microonde e sviluppare la capacità di selezionare metodi e tecniche sulla base dei requisiti del sistema da sviluppare.</p> <p>? Abilità comunicative: interagire con altri studenti e gli insegnanti nello sviluppo di semplici esercizi (elaborazione di dati o risposte a quiz) e presentazione dei risultati per verificare il personale grado di comprensione ed allenare le capacità di soluzione di problemi.</p> <p>? Capacità di proseguire lo studio in modo autonomo nel corso della vita: assimilare le basi matematiche e fisiche del telerilevamento per poter comprendere testi su applicazioni diverse da quelle descritte nel corso.</p>				
1044618   TECNOLOGIE E PROCESSI PER L'ELETTRONICA	1°	1°	6	ITA
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p>Il corso intende fornire una formazione di base sulle tecnologie e apparati utilizzati nella fabbricazione di circuiti ad alta densità di integrazione, con esempi di descrizione dei processi di fabbricazione di sistemi per applicazioni specifiche.</p>				
1021745   CIRCUITI A TEMPO DISCRETO	1°	1°	6	ITA

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p>Obiettivo generale del corso è quello di fornire le metodologie per la comprensione e l'analisi di strutture circuitali a tempo discreto, mediante l'acquisizione degli strumenti matematici fondamentali e il confronto con le principali nozioni acquisite nel corso di Teoria dei Circuiti.</p> <p><b>SPECIFICI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoscenza e capacità di comprensione: al termine del corso lo studente sarà in grado di analizzare architetture generali di circuiti a tempo discreto e di affrontare semplici problemi di sintesi.</li> <li>• Capacità di applicare conoscenza e comprensione: al termine del corso lo studente potrà applicare le metodologie apprese a tematiche più generali, proprie dell'Ingegneria Elettronica.</li> <li>• Autonomia di giudizio: lo studente sarà in grado di integrare le conoscenze acquisite nel corso con quelle proprie dell'informazione in generale trasmessa all'interno del Corso di Laurea.</li> <li>• Abilità comunicative: lo studente sarà in grado di trasmettere le conoscenze acquisite e di illustrare i processi che ad esse hanno condotto.</li> <li>• Capacità di apprendimento: lo studente sarà in grado di gestire in modo autonomo il proprio studio (tori, classificatori).</li> </ul>				
1042011   ACCELERATOR PHYSICS AND RELATIVISTIC ELECTRODYNAMI CS	1°	1°	6	ITA
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p><b>CONOSCENZA E COMPrensIONE</b> Al completamento del corso lo studente conoscerà i principi della relatività ristretta, con particolare riferimento al legame con la meccanica classica, l'elettromagnetismo, le trasformazioni dei campi tra sistemi di riferimento inerziali, i principi su cui si basano i moderni acceleratori di particelle, il moto relativistico di cariche in campi elettrici e magnetici e il funzionamento di acceleratori lineari, ciclotroni e sincrotroni</p> <p><b>CAPACITA' APPLICATIVE:</b> Lo studente sarà in grado di progettare in maniera schematica alcuni dispositivi utilizzati negli acceleratori, come ad esempio i quadropoli, e discutere il moto delle cariche in questi dispositivi</p> <p><b>AUTONOMIA DI GIUDIZIO</b> Lo studente sarà in grado di determinare i principi di funzionamento di un acceleratore circolare grazie ai concetti acquisiti di moto di betatrone e sincrotrone e di utilizzare in maniera indipendente il codice di simulazione ASTRA (A Space Charge Tracking Algorithm).</p> <p><b>ABILITA' DI COMUNICAZIONE</b> Lo studente sarà in grado di trattare argomenti legati agli acceleratori di particelle utilizzando termini e concetti tipici di questo settore</p>				
1038349   ULTRA WIDE BAND RADIO FUNDAMENTALS	1°	1°	6	ENG

**Insegnamento****Anno****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi**

ITALIANO

GENERALI

Scopo del corso è lo studio della tecnica di comunicazione wireless Ultra Wide Band (UWB), e della sua applicazione alla progettazione di reti avanzate quali le reti ad-hoc e le reti di sensori, e in generale di reti wireless distribuite. Il corso analizza le tematiche chiave dei sistemi UWB, allo scopo di evidenziare le potenzialità di una tecnologia che appare come uno dei migliori candidati nella definizione di standard per reti di futura generazione. Il corso affronterà i fondamenti teorici delle comunicazioni UWB, completando la trattazione con esempi pratici e principi di applicazione per ogni argomento trattato.

SPECIFICI

- Conoscenza e capacità di comprensione: tecniche di generazione di segnali UWB, analisi temporale e spettrale dei segnali UWB, progettazione di ricevitori UWB in canali AWGN e multipath, analisi delle prestazioni singolo link e di rete, tecniche di posizionamento e localizzazione basati su tecnologia UWB.
- Capacità di applicare conoscenza e comprensione: analisi e dimensionamento di reti wireless UWB in funzione della tipologia di segnale trasmesso, del canale, e del ricevitore utilizzato, sia attraverso l'approccio analitico che con l'utilizzo di strumenti software per la simulazione di singoli link o di reti.
- Autonomia di giudizio: capacità di affrontare un progetto di dimensionamento di una rete wireless UWB, identificando vincoli e obiettivi imposti sugli indici prestazionali e sulla standardizzazione, selezionando lo strumento o gli strumenti più opportuni per completare in modo corretto ed efficiente il progetto stesso.
- Abilità comunicative: saper esporre coerentemente e chiaramente tematiche relative alle comunicazioni UWB, combinando la padronanza della trattazione analitica, la capacità di sintetizzare le caratteristiche delle tecniche studiate, e la conoscenza e l'utilizzo di strumenti software di simulazione.
- Capacità di apprendimento: (assente)

1056181 |  
RECUPERO DI  
ANTENNE

1°

1°

6

ITA

**Obiettivi formativi**

L'obiettivo del corso è rivolto a l'illustrazione dei concetti fondamentali della teoria delle antenne e la loro applicazione alle tecnologie dell'informazione.

La teoria della radiazione elettromagnetica rappresenta il quadro entro il quale sviluppare analisi di antenne lineari, ad apertura e allineamenti.

Il corso ha lo scopo di sviluppare sia le capacità di caratterizzare le proprietà relative di antenne sia le capacità di valutare specifiche di antenne per sistemi di radio-propagazione e telerilevamento.

1056183 |  
RECUPERO DI  
COMUNICAZIONI  
ELETTRICHE

1°

1°

6

ITA

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
--------------	------	----------	-----	--------

**Obiettivi formativi**

L'obiettivo del corso di Comunicazioni Elettriche I è quello di fornire le conoscenze per il dimensionamento di base di sistemi di comunicazione, affrontando le principali problematiche connesse al trasferimento dell'informazione mediante segnali elettrici, elettromagnetici oppure ottici.

Il corso si prefigge di fornire allo studente le metodologie e le conoscenze necessarie alla comprensione dei fondamenti teorici alla base dei sistemi di telecomunicazione moderni. Alla fine del corso lo studente sarà in grado di effettuare un dimensionamento di sistema in condizioni nominali per comunicazioni analogiche e numeriche in condizioni di propagazioni su linea e radio.

**SPECIFICI**

- Conoscenza e capacità di comprensione: tecniche di modulazione analogiche e numeriche, meccanismi di propagazione di segnali attraverso cavi, fibra ottica ed etere, e caratteristiche di attenuazione di ciascun mezzo.
- Capacità di applicare conoscenza e comprensione: capacità di analisi delle prestazioni di un collegamento per telecomunicazioni in termini di indici prestazionali quali Rapporto Segnale-Rumore Probabilità d'Errore.
- Autonomia di giudizio: capacità di affrontare un progetto di dimensionamento di un collegamento in condizioni nominali, tenendo conto delle caratteristiche del segnale e del mezzo di propagazione e configurando opportunamente tutti gli elementi che compongono la catena trasmettitore-ricevitore.
- Abilità comunicative: N/A
- Capacità di apprendimento: acquisire le conoscenze necessarie all'analisi di sistemi e reti di comunicazioni in condizioni ideali, che permetteranno nel seguito della carriera lo studio degli stessi sistemi in condizioni reali, tenendo conto delle caratteristiche delle sorgenti e dei canali di comunicazione, nonché delle tecniche di accesso adottate in sistemi multiutente.

1056184   RECUPERO DI ELETTRONICA II	1°	1°	6	ITA
--	----	----	---	-----

**Obiettivi formativi**

COMPRESIONE DELLA CONTROREAZIONE COME TECNICA PER IL CONTROLLO ATTIVO DELLE PRESTAZIONI DEGLI AMPLIFICATORI A TRANSISTOR.

PROBLEMI DI TRADE OFF FRA FEDELTA' E STABILITA' NEGLI AMPLIFICATORI IN CONTROREAZIONE.

STUDIO DELLE TEMATICHE DEL RUMORE NEI DISPOSITIVI E NEI CIRCUITI ELETTRONICI E SUA MODELLIZZAZIONE AI FINI DELL'ANALISI TRAMITE CALCOLI.

CIRCUITI INTEGRATI ANALOGICI, CONTROLLO DELLE PRESTAZIONI E GRADI DI LIBERTA' PER IL PROGETTISTA.

CAPACITA' DI ANALISI E DI APPORZIONAMENTO PER CIRCUITI (INTEGRATI E DISCRETI)

ANALOGICI COMPLESSI (E.G. OPA). ACQUISIZIONE DELLE TECNICHE DI CONVERSIONE A DEDA E DI MPLEMENTAZIONI.

1056185   RECUPERO DI ELETTRONICA DIGITALE	1°	1°	6	ITA
---	----	----	---	-----

**Obiettivi formativi**

Il corso si prefigge di introdurre lo studente all'analisi e alla progettazione di sistemi digitali. Al termine del corso lo studente conoscerà i concetti essenziali dell'elettronica digitale, conoscerà il panorama di possibilità metodologiche e realizzative, saprà comprendere la documentazione tecnica di sistemi e componenti digitali, saprà impostare e risolvere semplici problemi di analisi o di progetto di circuiti e sistemi digitali.

1052242   DIGITAL SYSTEM PROGRAMMING	1°	1°	6	ENG
--	----	----	---	-----

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
<b>Obiettivi formativi</b>				
L'obiettivo del corso di "Digital System Programming" è quello di fornire le basi della programmazione c/c++ e shell programming in linux.				
1041750   NANOELECTRONI CS LABORATORY	1°	1°	6	ENG
<b>Obiettivi formativi</b>				
Rendere lo studente in grado di eseguire semplici simulazioni numeriche agli elementi finiti con modelli di letterature di dispositivi elettronici; Rendere lo studente in grado di eseguire semplici misure di caratterizzazione elettrica su componenti nanoelettronici integrati su wafer				
1021868   PROGETTO DI SISTEMI MICROELETTRONI C I A RADIOFREQUENZ A	1°	2°	6	ITA
<b>Obiettivi formativi</b>				
CONOSCENZA E COMPRESIONE: Problematiche della progettazione di circuiti integrati a RF, con particolare attenzione al ricevitore per comunicazioni wireless in tecnologia CMOS. Analisi dettagliata e criteri di progetto per blocchi funzionali RF CMOS (LNA, mixer, VCO, sintetizzatore di frequenza). CAPACITÀ APPLICATIVE: Capacità di progetto e dimensionamento di blocchi funzionali di un ricevitore RF integrato in tecnologia CMOS. AUTONOMIA DI GIUDIZIO: Capacità di sviluppare in autonomia il progetto di un blocco funzionale RF con i vincoli della realizzazione integrata. ABILITÀ DI COMUNICAZIONE: Capacità di sintetizzare in modo chiaro, conciso ed esauriente le problematiche affrontate. CAPACITÀ DI APPRENDERE: Capacità di usare le conoscenze acquisite come punto di partenza per approfondire specifiche problematiche della progettazione RF integrata.				
1042023   TEORIA DEI CIRCUITI ELETTRONICI	1°	2°	6	ITA

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
--------------	------	----------	-----	--------

**Obiettivi formativi**

**CONOSCENZA E COMPrensIONE.** Il corso tratta le tecniche principali di progettazione sistematica dei circuiti elettronici. Il nucleo essenziale del corso è la teoria della sintesi di circuiti lineari attivi tempo-continui e tempo-discreti. Vengono studiate le diverse tecnologie per l'implementazione di funzioni di trasferimento (filtri) e per la sintesi e la trasformazione di impedenza mediante circuiti attivi. Partendo dalle tecnologie classiche basate su amplificatori operazionali si approfondiranno le metodologie più moderne di progetto di circuiti attivi orientate all'implementazione su circuiti integrati CMOS. Nella parte finale del corso si tratterà l'implementazione di filtri digitali IIR e FIR.

**CAPACITÀ APPLICATIVE.** Capacità di gestire il flusso di progetto di circuiti elettronici analogici e digitali a partire dalle specifiche fino all'implementazione su circuito integrato o su FPGA.

**AUTONOMIA DI GIUDIZIO.** Gli studenti che abbiano superato l'esame saranno in grado di condurre tutte le fasi della progettazione di filtri attivi analogici. Partendo dalle specifiche del filtro saranno in grado di individuare la tecnologia implementativa più conveniente per l'applicazione, di partizionare il circuito in sotto-moduli e di procedere al dimensionamento dei diversi moduli fino all'implementazione del circuito completo a livello di transistori MOS. Gli studenti saranno anche in grado di avvalersi di strumenti quali MATLAB e SPICE per eseguire le diverse fasi della progettazione.

**ABILITÀ DI COMUNICAZIONE.** La possibilità di svolgere tesine in gruppi di due o tre studenti favorisce lo sviluppo delle abilità comunicative e organizzative.

**CAPACITÀ DI APPRENDERE.** Lo svolgimento di una tesina stimola la capacità degli studenti di estrarre dai testi di riferimento le informazioni necessarie a svolgere un particolare problema di progetto.

1023029   ELABORAZIONE DELLE IMMAGINI	1°	2°	6	ITA
---	----	----	---	-----

**Obiettivi formativi**

**GENERALI**

Il Corso é finalizzato a fornire allo studente una visione di insieme delle problematiche dell'elaborazione delle immagini, quali la rappresentazione in domini trasformati, il filtraggio, la codifica, e delle relative principali applicazioni (Restauro, Denoising, Enhancement, Segmentazione, etc). Al termine del corso lo studente conosce le principali forme di rappresentazione per l'elaborazione dei segnali e delle immagini tanto in un dominio analogico che in un dominio digitale, ed è in grado di applicare strumenti software per il raggiungimento di prefissati obiettivi di elaborazione. Tramite lo sviluppo di approfonditi elaborati teorico-pratici lo studente acquisisce capacità di i) comprensione autonoma di articoli scientifici avanzati nel campo dell'elaborazione delle immagini, ii) esposizione di contenuti correlati, iii) realizzazione e valutazione critica di esperimenti di elaborazione. Gli obiettivi sovraesposti sono di seguito espressi in dettaglio.

**SPECIFICI**

Conoscenza e capacità di comprensione:

Conoscenza e comprensione dei principali domini originali e trasformati di rappresentazione delle immagini, del filtraggio e del Sistema visivo umano, conoscenza e comprensione delle principali applicazioni (Restauro, Denoising, Enhancement, Filtraggio Morfologico, Segmentazione, etc).

Capacità di applicare conoscenza e comprensione:

A partire dalla maturazione di una visione a tutto campo del background teorico dell'elaborazione, capacità di analizzare e progettare soluzioni per diversi problemi di elaborazione.

Autonomia di giudizio:

saper valutare principali criticità e specificità dei diversi algoritmi di elaborazione

Abilità comunicative:

saper inquadrare e presentare soluzioni tecniche innovative

Capacità di apprendimento:

capacità di leggere documenti scientifici avanzati nel campo della elaborazione di immagini.

1038139   EMBEDDED SYSTEMS	1°	2°	6	ENG
----------------------------------	----	----	---	-----

**Insegnamento****Anno****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi**

L' obiettivo del corso è quello di sviluppare negli studenti conoscenza e capacità di comprensione nell'ambito della progettazione dei circuiti digitali per sistemi embedded, nonché la capacità di giudizio nella derivazione delle soluzioni progettuali dalle specifiche tecniche, selezionando le architetture più adeguate alle diverse applicazioni.

**GENERALI**

Il modulo fornisce: le basi della progettazione dei circuiti digitali per sistemi embedded, la capacità di giudizio nella derivazione delle soluzioni progettuali dalle specifiche tecniche, selezionando le architetture più adeguate alle diverse applicazioni.

**SPECIFICI**

- Conoscenza e capacità di comprensione: conoscere le architetture per sistemi embedded nelle loro diverse forme e caratteristiche, conoscere le architetture delle CPU a 8, 16 e 32 bit, le caratteristiche di un Instruction Set Architecture, le caratteristiche tipiche delle unità esterne: memorie, timer, interrupt controller, unità di comunicazione. Toolchain di compilazione su sistemi embedded, linguaggi di alto livello e assembly, analisi del codice prodotto e debug.
- Capacità di applicare conoscenza e comprensione: applicare metodologie di progettazione di sistemi embedded, capacità di scrivere codice caratteristico dei sistemi embedded (es. accesso diretto all'hardware, routine di interrupt).
- Capacità critiche e di giudizio: Capacità di scegliere le soluzioni e le architetture di microcontrollori più adatte al contesto del progetto, distinguendo le prestazioni/caratteristiche delle diverse CPU e delle unità esterne presenti nell'architettura.
- Abilità comunicative: saper descrivere le soluzioni scelte per risolvere il problema progettuale: caratteristiche dell'Instruction Set Architecture, livello di programmazione necessario (linguaggio C, assembly), prestazioni attese e descrizione dell'organizzazione del progetto software.
- Capacità di proseguire lo studio in modo autonomo nel corso della vita: capacità di proseguire gli studi successivi approfondendo le tematiche sulle architetture hardware/software più avanzate, ad esempio sistemi multicore o sistemi basati su microkernel.

1044641 | MICRO  
ELECTROMECHAN  
ICAL SYSTEMS

1°

2°

6

ITA

**Obiettivi formativi****Generali**

Il corso fornirà agli studenti una panoramica dettagliata sulle tecnologie di micro-fabbricazione, sul principio di funzionamento e l'applicazione dei sistemi micro-elettro-meccanici (MEMS) su silicio. Alla fine del corso lo studente acquisirà le conoscenze tecnologiche dei processi MEMS e i problemi da risolvere per il packaging e l'assemblaggio dei dispositivi MEMS. Inoltre, il corso permetterà agli studenti di poter interagire con una fonderia MEMS per poter seguire un progetto MEMS completo.

**Specifici**

? Introduzione: Definizione di trasduttore e sensore, classificazione dei sensori, conversione dei segnali, caratteristiche di idealità dei sensori. Leggi di scalatura.

? Proprietà dei materiali: leggi fisiche, caratteristiche e definizioni meccaniche, termiche, elettriche, magnetiche, ottiche e chimiche dei materiali.

? Tecnologie realizzative e di simulazione: cenni sulle tecnologie microelettroniche; tecnologia delle micro-lavorazioni meccaniche bulk; tecnologie delle micro-lavorazioni superficiali; design rules per le tecnologie MEMS di tipo superficiale; cenni sui simulatori CAD, CAE e CAM.

? MEMS in silicio: proprietà meccaniche del silicio; sensori di pressione; sensori di flusso; sensori inerziali; sensori (Bio)chimici; MEMS per RadioFrequenza; Micro-relays; altri sensori e attuatori (e.g. temperatura, umidità, vibrazioni etc.).

? Controllo dei micro-sensori: circuiti di pilotaggio e misura dei sensori; stabilità; rumore; calibrazione dei sensori.

? MEMS Packaging e packaging 3D per la nanoelettronica.

1042004 |  
ADVANCED  
ANTENNA  
ENGINEERING

1°

2°

6

ITA

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
<b>Obiettivi formativi</b>				
GENERALI L'insegnamento fornisce: richiami su teoremi elettromagnetici fondamentali e parametri delle antenne; elementi di teoria avanzata degli array di antenne, antenna diversity, sistemi MIMO, strutture periodiche; analisi e progetto di antenne risonanti e a onda viaggiante; introduzione ai metodi numerici in elettromagnetismo e al metodo dei momenti per l'analisi di antenne; panoramica di argomenti di ricerca avanzati.				
SPECIFICI				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoscenza e capacità di comprensione: conoscere metodi analitici e numerici per l'analisi di array di antenne, di strutture periodiche mediante reti equivalenti, di antenne planari risonanti e a onda viaggiante.</li> <li>• Capacità di applicare conoscenza e comprensione: saper applicare le metodologie acquisite all'analisi e al progetto di diverse classi di sistemi radianti.</li> <li>• Capacità critiche e di giudizio: saper individuare il tipo di sistema radiante adatto per l'applicazione considerata, individuare modelli approssimati per effettuarne un dimensionamento di massima e metodi numerici per il dimensionamento finale mediante simulazioni full wave.</li> <li>• Abilità comunicative: saper descrivere le soluzioni progettuali adottate per la realizzazione di antenne risonanti e a onda viaggiante e per la loro risoluzione numerica. L'abilità comunicativa è verificata mediante esposizioni orali di singoli aspetti di modellazione, progetto e simulazione.</li> <li>• Capacità di proseguire lo studio in modo autonomo nel corso della vita: capacità di approfondire le metodologie di analisi e progetto acquisite e di orientarsi nella letteratura scientifica del settore.</li> </ul>				
1042021   STRUMENTAZIONE E TECNICHE PER LA DIAGNOSTICA	1°	2°	6	ITA
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p>CONOSCENZA E COMPRESIONE. Il corso si prefigge lo scopo di far acquisire allo studente conoscenze per il progetto di strumentazione per la diagnostica medica. Particolare attenzione è posta al progetto di apparati per la risonanza magnetica nucleare i monitor ospedalieri ed i sistemi per l'ecografia.</p> <p>CAPACITÀ APPLICATIVE. La parte teorica è integrata da seminari applicativi sulle soluzioni commerciali e sulle attività di ricerca in vari ambiti della strumentazione medica anche innovativi quali la tomografia di impedenza e le applicazioni dei radar in medicina.</p> <p>AUTONOMIA DI GIUDIZIO. Le attività teoriche, altamente interdisciplinari, mirano a sviluppare la capacità del candidato a collegare i metodi matematici e le tecniche apprese in altri corsi di studio.</p> <p>ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. Le attività seminariali, svolte anche da ricercatori esterni, hanno anche l'obiettivo di sviluppare le abilità comunicative e di interazione.</p> <p>CAPACITÀ DI APPRENDERE. Oltre al materiale didattico fornito, lo studente è stimolato a studiare in un modo autonomo utilizzando la letteratura scientifica messa a disposizione e altro materiale reperibile in rete.</p>				
1019319   TEORIA DELL'INFORMAZIONE E CODICI I	1°	2°	6	ITA

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p>Conoscenza dei fondamenti della teoria dell'informazione, della codificazione di sorgente e di canale, della crittografia e dei principali algoritmi impiegati nella pratica. Conoscenze di base sulla biometria.</p> <p>Specifici</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Conoscenza e capacità di comprensione: metodi di codifica e decodifica di sorgente, canale e cripto, metodi della biometria.</li> <li>· Capacità di applicare conoscenza e comprensione: saper applicare tecniche e procedure di codifica e decodifica, in modo competente e critico.</li> <li>· Autonomia di giudizio: (assente)</li> <li>· Abilità comunicative: saper descrivere le soluzioni adottate per risolvere problemi di codifica e di trasmissione dell'informazione</li> <li>· Capacità di apprendimento: capacità di proseguire gli studi successivi riguardanti i sistemi digitali per la trasmissione dell'informazione.</li> </ul>				
1021866   PROGETTO DI CIRCUITI INTEGRATI	1°	2°	6	ITA
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p>CONOSCENZA E COMPrensIONE. Problematiche dell'elaborazione analogica ad elevata banda passante e/o data rate; soluzioni architetture e circuitali per sistemi mixed-signal ad elevata banda passante; analisi di circuiti di estrazione del sincronismo; comprensione di un flusso di progetto integrato basato su tecnologie CMOS e/o BiCMOS; tecniche di layout analogico</p> <p>CAPACITÀ APPLICATIVE. Capacità di progetto e dimensionamento di catene di elaborazione ai GHz; capacità di progetto a livello di sistema di sistemi di elaborazione complessi come PLL e CDR; capacità di sviluppo di funzioni elementari in un flusso CAD CMOS e/o BiCMOS fino al livello di layout</p> <p>AUTONOMIA DI GIUDIZIO. Capacità di sviluppare in autonomia il progetto di un circuito o sottosistema elettronico</p> <p>ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. Capacità di riportare in modo chiaro, conciso ed esauriente il lavoro svolto</p> <p>CAPACITÀ DI APPRENDERE. Capacità di usare le conoscenze acquisite come punto di partenza per approfondire le problematiche sorte nel lavoro di progetto autonomo</p>				
1042013   COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETI CA	1°	2°	6	ITA
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p>CONOSCENZA E COMPrensIONE. Conoscere e comprendere gli aspetti metodologici legati alle problematiche di compatibilità elettromagnetica</p> <p>CAPACITÀ APPLICATIVE. Saper applicare le proprie competenze con la finalità di risolvere problematiche di compatibilità elettromagnetica in dispositivi, circuiti e sistemi elettronici sensibili</p> <p>AUTONOMIA DI GIUDIZIO. Essere in grado di sviluppare modelli analitici e numerici atti a predire processi di accoppiamento parassita, distorsione del segnale ed emissione radiata.</p> <p>ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. Saper comunicare in maniera efficace con specialisti e non specialisti di problematiche tecniche legate alla limitazione delle problematiche EMC in dispositivi, circuiti e sistemi elettronici sensibili.</p> <p>CAPACITÀ DI APPRENDERE. Saper attingere a fonti bibliografiche e testi specialistici in lingua italiana e inglese al fine di approfondire ed incrementare la conoscenza nel settore.</p>				
1042015   PHOTONICS	1°	2°	6	ITA

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p><b>CONOSCENZA E COMPrensIONE.</b>            Lo studente acquisirà una conoscenza solida e coordinata delle caratteristiche e delle metodologie di dimensionamento dei componenti e sistemi di comunicazione e di interconnessione in fibra ottica anche attraverso esercitazioni di laboratorio.</p> <p><b>CAPACITÀ APPLICATIVE.</b>            Lo studente avrà acquisto alla fine del corso, padronanza dei criteri di progetto e di valutazione delle prestazioni di collegamenti ottici a larga banda ed elevato bit rate (Tb/s) in particolare i sistemi a multiplazione in divisione di lunghezza d'onda (WDM).</p> <p><b>AUTONOMIA DI GIUDIZIO.</b>            Gli studenti saranno in grado di riconoscere le specifiche dei principali dispositivi fotonici per la realizzazione di un sistema di comunicazione in fibra ottica. Sapranno dimensionare e valutare le prestazioni dei sistemi sia a singola portante ottica, sia a multiplazione in lunghezza d'onda (WDM). Avranno acquisito le conoscenze circa i fenomeni che limitano le prestazioni dei sistemi in fibra nonché le tecniche per ottenere sistemi con prestazioni che costituiscono lo stato dell'arte delle comunicazioni in fibra ottica.</p> <p><b>ABILITÀ DI COMUNICAZIONE.</b>            Lo studente acquisirà la capacità di comunicare in forma scritta attraverso relazioni e in forma orale durante discussioni tecniche in aula e all'esame sui contenuti della disciplina.</p> <p><b>CAPACITÀ DI APPRENDERE.</b>            Lo studente acquisirà la capacità di apprendere attraverso l'uso di materiali di diverso tipo: dispense, materiale tecnico scientifico disponibile in rete e attraverso le esperienze di laboratorio come indicato dal docente.</p>				
1042016   ADVANCED ELECTROMAGNETI CS AND SCATTERING	1°	2°	6	ITA

**Obiettivi formativi**

**CONOSCENZA E COMPrensIONE.** Il corso intende presentare una panoramica di alcuni argomenti avanzati di elettromagnetismo, di considerevole importanza per le applicazioni, e un'introduzione allo scattering elettromagnetico.

**CAPACITÀ APPLICATIVE.** Gli studenti potranno acquisire una visione d'insieme dell'elettromagnetismo moderno, con particolare riferimento agli aspetti metodologici unificanti e alle tecniche matematiche impiegate, che consentirà loro di orientarsi facilmente nello studio successivo o nelle posizioni lavorative, in virtù della grande generalità dei temi affrontati. In particolare gli studenti avranno appreso in profondità i concetti principali della propagazione guidata e libera, come pure l'approccio ai problemi di scattering, risolti sia in forma chiusa (problemi canonici) che numericamente.

**AUTONOMIA DI GIUDIZIO.** Essere in grado di formulare una propria valutazione relativa agli argomenti del corso e alla loro rilevanza applicativa. Essere in grado di raccogliere e valutare criticamente informazioni aggiuntive per conseguire una maggiore consapevolezza relativa agli argomenti del corso.

**ABILITÀ DI COMUNICAZIONE.** Saper descrivere gli argomenti del corso. Saper comunicare le conoscenze acquisite sugli argomenti del corso.

**CAPACITÀ DI APPRENDERE.** Strumenti chiave usati estensivamente per la loro intuitività fisica e potenza rappresentativa sono gli sviluppi modali con i relativi circuiti equivalenti a costanti distribuite e gli spettri di onde piane. Sono inoltre approfonditi i concetti di funzione di Green e di rappresentazione integrale.

1041749   LASER FUNDAMENTALS	1°	2°	6	ENG
---------------------------------	----	----	---	-----

**Insegnamento**

**Anno**

**Semestre**

**CFU**

**Lingua**

**Obiettivi formativi**

**GENERALI**

Lo scopo del corso è di fornire allo studente la comprensione di principi di funzionamento di dispositivi ottici attivi basati sull'interazione della luce con sistemi a nanoscala; vuole inoltre fornire una conoscenza delle più attuali tecniche di progettazione e realizzazione di laser ( q-dots , laser a cristallo fotonico ) e dei loro impieghi nel settore dell'optoelettronica, quantum information ed anche in diagnostiche che impiegano le sorgenti ottiche miniaturizzate

**SPECIFICI**

- Conoscenza e capacità di comprensione: conoscere metodi analitici per comprendere le modalità di funzionamento dei laser adottati in vari ambiti, nonché conoscere la tecnologia di base dell'elettronica quantistica .
- Capacità di applicare conoscenza e comprensione: applicare metodologie di analisi e apprendimento , mediante attività anche in laboratorio.
- Capacità critiche e di giudizio: sono svolte prove di test di laboratorio e capacità di valutazione delle più recenti pubblicazioni scientifiche nel campo.
- Abilità comunicative: saper descrivere quanto appreso nell'ambito delle conoscenze delle tecnologie a funzionamento di dispositivi laser . L'abilità comunicativa è realizzata affrontando alcuni temi fondamentali con la richiesta di partecipazione attiva alla soluzione dei problemi, sulla base delle conoscenze acquisite dalle precedenti lezioni o da corsi già superati.
- Capacità di proseguire lo studio in modo autonomo nel corso della vita: capacità di proseguire gli studi successivi riguardanti tematiche avanzate di fotonica ed elettronica quantistica, fondate sulle metodologie di analisi e progetto acquisite.

+++++

1042012 | OPTICS

1°

2°

6

ITA

**Obiettivi formativi**

Il corso ha come obiettivo di far acquisire conoscenze approfondite sulla luce, sul suo comportamento e sui principali componenti e dispositivi ottici atti alla sua elaborazione.

Le lezioni sono quindi rivolte ad approfondire la conoscenza della propagazione della luce come onde, analizzando i fenomeni dell'interferenza e della diffrazione.

Saranno analizzati, in regime di ottica geometrica, i principali componenti ottici ed attivi nonché le proprietà dell'ottica guidata. Saranno dati elementi per effettuare una progettazione ottica avanzata.

1021877 |  
RADIOTECNICA  
TERRESTRE E  
SATELLITARE

1°

2°

6

ITA

**Insegnamento****Anno****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi****GENERALI**

Gli obiettivi del corso sono quelli di individuare tecnologie e tecniche di progettazione per la radiocomunicazione a grande distanza, specificatamente satellitare. In particolare sono esaminate le specificità dei segmenti: Spazio e Terra. Nonché le conseguenze sulla progettazione di dispositivi elettronici allo stato solido operanti nello Spazio, in particolar modo degli effetti delle radiazioni ionizzanti. Inoltre il corso ha l'obiettivo di approfondire le conoscenze sugli amplificatori di potenza ad alto rendimento (HPA).

**SPECIFICI**

- Conoscenza e capacità di comprensione: conoscere metodi di valutazione di componenti e della diversità di progettazione per apparecchiature destinate al funzionamento nell'ambiente Spazio. Nonché la conoscenza di metodi analitici per la progettazione di stadi finali ad alta efficienza.
- Capacità di applicare conoscenza e comprensione: applicare metodologie di progettazione diversificate per ambiente e richieste di efficienza energetica.
- Capacità critiche e di giudizio: capacità critiche di progettazione elettronica e di selezione mirata di dispositivi elettronici. Capacità acquisite con prove di laboratorio che prevedono l'utilizzo di ambienti di sviluppo (MathWorks,...), di software per la simulazione CAE (Genesys,...) di circuiti HPA a RF, strumenti di misura (oscilloscopi, analizzatori, ...).
- Abilità comunicative: saper descrivere le soluzioni circuitali adottate per risolvere problemi di condizioni operative avverse e di contenimento dei consumi energetici.
- Capacità di proseguire lo studio in modo autonomo nel corso della vita: capacità atte all'inserimento in contesti lavorativi di progettazione di sistemi elettronici per lo Spazio e di stadi finali ad alta efficienza.

1044589 |  
PATTERN  
RECOGNITION

1°

2°

6

ITA

**Obiettivi formativi**

**CONOSCENZA E COMPRENSIONE.** Sono forniti i principi di base sulle tecniche di Pattern Recognition, classificazione e clustering su domini non necessariamente algebrici. Gli studenti che passano la prova finale saranno in grado di leggere e comprendere testi ed articoli su argomenti avanzati nell'ambito del Pattern Recognition.

**CAPACITÀ APPLICATIVE.** Gli studenti che passano la prova finale saranno in grado di applicare i principi metodologici e gli algoritmi studiati per la progettazione di innovativi sistemi di Pattern Recognition, in contesti multidisciplinari.

**AUTONOMIA DI GIUDIZIO.** Gli studenti che passano la prova finale saranno in grado di analizzare i requisiti di progettazione e di scegliere il sistema di classificazione che meglio si adatta al caso di studio.

**ABILITÀ DI COMUNICAZIONE.** Gli studenti che passano la prova finale saranno in grado di compilare un rapporto tecnico e di costruire una opportuna presentazione inerente un qualunque lavoro di progettazione, sviluppo e misura di prestazioni di un sistema di Pattern Recognition.

**CAPACITÀ DI APPRENDERE.** Gli studenti che passano la prova finale saranno in grado di proseguire in autonomia l'approfondimento dei temi trattati a lezione, realizzando il necessario processo di apprendimento continuo che caratterizza la professionalità in ambito ICT.

1021814 |  
INTERAZIONE  
BIOELETTROMAG  
NETICA II

1°

2°

6

ITA

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p>CONOSCENZA E COMPrensIONE.</p> <p>Conoscenza approfondita degli strumenti metodologici e degli argomenti del Bioelettromagnetismo (interazione dei campi con le strutture molecolari, tecniche per il calcolo del campo EM all'interno dei compartimenti cellulari, modellistica quantitativa dell'azione del campo elettromagnetico a livello di membrana e dei canali cellulari, modelli integrati del comportamento cellulare), aspetti che costituiscono le basi per l'analisi e la verifica di nuove tecniche terapeutiche e diagnostiche.</p> <p>CAPACITÀ APPLICATIVE.</p> <p>Abilità nell'elaborare la modellistica bioelettromagnetica in chiave progettuale, al fine di verificare e predire il comportamento dei principali strumenti diagnostici e terapeutici che utilizzano campi elettromagnetici su esseri umani.</p> <p>AUTONOMIA DI GIUDIZIO.</p> <p>Potenzialità di analisi critica dei fondamentali aspetti applicativi legati all'impiego dei campi elettromagnetici in terapia e diagnostica.</p> <p>ABILITÀ DI COMUNICAZIONE.</p> <p>Acquisizione di un bagaglio conoscitivo approfondito per la divulgazione delle conoscenze scientifiche nel settore del bioelettromagnetismo.</p> <p>CAPACITÀ DI APPRENDERE.</p> <p>Raggiungimento graduale ed estensione di un livello conoscitivo approfondito atto alla formazione di una figura professionale esperta nell'uso terapeutico e diagnostico dell'esposizione ai campi EM dell'essere umano.</p>				
1056158   MACHINE LEARNING FOR SIGNAL PROCESSING	1°	2°	6	ITA
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p>CONOSCENZA E COMPrensIONE. Dimostrare capacità di utilizzo di conoscenze derivate da corsi precedentemente studiati e capacità di comprensione di nuovi concetti che andranno ad arricchire il bagaglio culturale dello studente.</p> <p>CAPACITÀ APPLICATIVE. Dimostrare la capacità di saper mettere in pratica una metodologia studiata in un problema nuovo, seppur correlato agli esempi svolti durante le esercitazioni in aula.</p> <p>AUTONOMIA DI GIUDIZIO. Dimostrare di essere in grado di saper riconoscere un problema applicativo e di saper giustificare la scelta di una specifica metodologia per risolverlo.</p> <p>ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. Dimostrare di aver capito le motivazioni per la scelta di una specifica metodologia, la sua derivazione metodologica e la relativa implementazione in un problema pratico.</p> <p>CAPACITÀ DI APPRENDERE. Dimostrare di essere in grado di studiare in modo autonomo, di riuscire ad implementare autonomamente soluzioni di machine learning attraverso gli strumenti software appresi durante il corso e di saper applicare tali soluzioni in problemi nuovi per lo studente.</p>				
1056086   GROUND PENETRATING RADAR	1°	2°	6	ITA

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p>CONOSCENZA E COMPrensIONE. L'obiettivo principale di questo corso interdisciplinare è quello di fornire agli studenti conoscenze teoriche e pratiche necessarie per un uso sicuro, efficace e avanzato della metodologia georadar in diversi contesti applicativi. Gli studenti che abbiano superato l'esame avranno una visione d'insieme e attuale della tecnologia e metodologia georadar.</p> <p>CAPACITÀ APPLICATIVE. Uso di strumentazione georadar. Uso di software per la simulazione elettromagnetica. Uso di software per l'elaborazione di radargrammi.</p> <p>AUTONOMIA DI GIUDIZIO. Gli studenti che abbiano superato l'esame sapranno scegliere la strumentazione georadar più adeguata in diversi contesti applicativi e saranno in grado di pianificare ed eseguire indagini accurate. Sapranno elaborare e interpretare i radargrammi, nonché costruire modelli elettromagnetici di scenari georadar. Sapranno associare il georadar ad altre tecniche d'indagine non distruttiva.</p> <p>ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. Gli studenti che abbiano superato l'esame saranno in grado di comunicare le conoscenze apprese in ambito scientifico e industriale.</p> <p>CAPACITÀ DI APPRENDERE. Gli studenti che abbiano superato l'esame saranno pronti per approfondire gli argomenti trattati durante il corso durante studi successivi o nel mondo del lavoro.</p>				
10589170   ARTIFICIAL MATERIALS - METAMATERIALS AND PLASMONICS FOR ELECTROMAGNETIC APPLICATIONS	1°	2°	6	ENG
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p>CONOSCENZA E COMPrensIONE. Il corso intende fornire la teoria elettromagnetica generale dei materiali artificiali, dei metamateriali e delle strutture plasmoniche, di notevole importanza in molte recenti applicazioni.</p> <p>CAPACITÀ APPLICATIVE. Gli studenti saranno in grado di modellare dal punto di vista elettromagnetico alcuni materiali di particolare interesse nelle applicazioni, e di simularne il relativo comportamento usando tecniche numeriche.</p> <p>AUTONOMIA DI GIUDIZIO. E' prevista la redazione di relazioni scritte.</p> <p>ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. E' previsto lo svolgimento di presentazioni orali.</p> <p>CAPACITÀ DI APPRENDERE. Strumenti chiave usati estensivamente per la loro intuitività fisica e generalità rappresentativa sono le relazioni costitutive, il concetto di omogeneizzazione e le rappresentazioni circuitali equivalenti.</p>				
10589412   DISPOSITIVI NANOELETTRONICI DI SENSING INNOVATIVI	1°	2°	6	ITA

**Insegnamento****Anno****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi****GENERALI**

Il modulo fornisce basi sul funzionamento e le caratteristiche dei sensori integrati nel paradigma tecnologico More Than Moore. Attraverso esercitazioni di laboratorio di gruppo, esso sviluppa la capacità di interfacciare sensori integrati, acquisirne e trasmetterne i dati con le tecniche più appropriate alla applicazione in uso. Il modulo arricchisce anche di abilità organizzative e comunicative che saranno necessarie nel team job in azienda e nella ricerca.

**SPECIFICI**

- Conoscenza e capacità di comprensione: comprendere le modalità di funzionamento di sensori integrati, nonché conoscere la tecnologia di fabbricazione e le caratteristiche fondamentali in termini di sensibilità, linearità, rumore, rapporto segnale rumore, consumo di potenza, alimentazione, costo, ingombro, reperibilità.
- Capacità di applicare conoscenza e comprensione: applicare metodologie di analisi e di progetto nella tecnologia di sensing, mediante attività sperimentali in laboratorio.
- Capacità critiche e di giudizio: comprendere l'esigenza specifica del problema da risolvere dal punto di vista del sensore/dei sensori nonché il modo ottimale per la rilevazione in precise condizioni ambientali, adattare le tecniche di interfacciamento elettronico e di trasmissione dati alla situazione in studio.
- Abilità comunicative: il modulo adotta la didattica flipped, per cui ogni studente, guidato dal docente, gestisce le proprie fonti di studio, le cataloga, le sintetizza e, infine, le mette a disposizione del docente e del resto della classe, nella forma di data sheets. Nel lavoro in laboratorio si formano gruppetti da tre persone che svilupperanno progettini diversi proposti da loro stessi. Ognuno impara a proporre e valorizzare le proprie idee agli altri colleghi dello stesso gruppo, media e discute qualsiasi scelta, giungendo a una soluzione condivisa a livello di componenti e a livello di architettura di sistema. All'inizio, il gruppo elabora un timing delle attività, che verrà aggiornata di settimana in settimana e valutato criticamente ad ogni aggiornamento, cosa che consente agli studenti di acquisire consapevolezza dell'importanza di saper programmare l'impegno e il tempo necessario a svolgere ogni attività. Tutte queste abilità saranno necessarie nel team job in azienda e nella ricerca. Alla fine, il gruppo presenta le motivazioni del proprio progetto, le soluzioni adottate, le difficoltà implementative, i vantaggi rispetto allo stato dell'arte, utilizzando mezzi audiovisivi, filmati, immagini e concludendo con una valutazione costi-benefici. A volte, i progettini hanno partecipato a contest nazionali e in due casi sono stati premiati.
- Capacità di proseguire lo studio in modo autonomo nel corso della vita: lo studente impara a proporre e valorizzare le proprie idee ai suoi pari e ai superiori, media e discute qualsiasi scelta, giungendo a una soluzione condivisa. Lo studente acquisisce consapevolezza dell'importanza di saper programmare gli impegni e il tempo necessario a svolgere ogni attività. Tutte queste abilità saranno necessarie nel team job in azienda e nella ricerca.

\*\*\*\*\*

10589516 |  
OPTICAL  
QUANTUM  
TECHNOLOGY

1°

2°

6

ENG

**Obiettivi formativi**

CONOSCENZA E COMPRESIONE.  
CAPACITÀ APPLICATIVE.  
AUTONOMIA DI GIUDIZIO.  
ABILITÀ DI COMUNICAZIONE.  
CAPACITÀ DI APPRENDERE.

10589485 |  
THERAPEUTIC  
APPLICATIONS OF  
LOW FREQUENCY  
ELECTROMAGNETI  
C FIELDS

1°

2°

6

ENG

**Insegnamento****Anno****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi**

L'obiettivo principale di questo corso interdisciplinare è quello di fornire agli studenti gli strumenti teorici e pratici necessari per la conoscenza di importanti applicazioni biomedicali di diffuso uso clinico basate sugli effetti biologici dei campi elettromagnetici.

Una volta superato l'esame gli studenti avranno una visione d'insieme delle applicazioni cliniche basate sui campi elettromagnetici a partire dai principi biofisici di base al funzionamento dell'intero dispositivo. Saranno in grado di supportare il personale medico in modo adeguato, sapranno utilizzare i software e le tecniche di misura necessarie alla validazione ed utilizzo. Saranno pronti per utilizzare gli argomenti trattati durante il corso nel mondo del lavoro come linee guida di progettazione ed ottimizzazione ed approfondirle verso applicazioni tecnologicamente più innovative.

1021841 |  
MICROSISTEMI  
FOTONICI

1°

2°

6

ITA

**Obiettivi formativi****GENERALI**

Il corso intende fornire allo studente gli strumenti per la comprensione, le tecnologie realizzative e le prestazioni di sistemi e microsistemi composti da componenti optoelettronici e fotonici.

**SPECIFICI**

- Conoscenza e capacità di comprensione: Conoscenza approfondita dei principali sistemi realizzati con componenti optoelettronici e fotonici, con particolare riferimento ai principi fisici di funzionamento dei singoli componenti e delle tecnologie realizzative.
- Capacità di applicare conoscenza e comprensione: Capacità di analisi e confronto di sistemi fotonici allo stato dell'arte. Acquisizione di competenze per la progettazione di microsistemi fotonici, e per la loro applicazione nella sensoristica e nella elaborazione delle immagini.
- Autonomia di giudizio: Capacità di scelta, confronto e progettazione di sistemi fotonici allo stato dell'arte.
- Abilità comunicative: Capacità di descrizione, analisi e confronto di sistemi fotonici allo stato dell'arte.
- Capacità di apprendimento: Capacità di apprendere atte all'inserimento in contesti lavorativi di progettazione, acquisizione e confronto di sistemi fotonici

1044577 |  
COMPUTATIONAL  
INTELLIGENCE

1°

2°

6

ENG

**Obiettivi formativi**

**CONOSCENZA E COMPrensIONE.** Sono forniti i principi di base della progettazione di sistemi automatici per il machine learning (problemi di classificazione, clustering, approssimazione funzionale e predizione) basati su tecniche di Intelligenza Computazionale (reti neurali, logica fuzzy, algoritmi evolutivi). Gli studenti che passano la prova finale saranno in grado di leggere e comprendere testi ed articoli su argomenti avanzati nell'ambito del Soft Computing e dell'Intelligenza Computazionale (Reti neurali, meta-euristiche di ottimizzazione, sistemi fuzzy).

**CAPACITÀ APPLICATIVE.** Gli studenti che passano la prova finale saranno in grado di applicare i principi metodologici e gli algoritmi studiati per la progettazione di innovativi sistemi di machine learning, in contesti multidisciplinari.

**AUTONOMIA DI GIUDIZIO.** Gli studenti che passano la prova finale saranno in grado di analizzare i requisiti di progettazione e di scegliere il sistema di machine learning che meglio si adatta al caso di studio.

**ABILITÀ DI COMUNICAZIONE.** Gli studenti che passano la prova finale saranno in grado di compilare un rapporto tecnico e di realizzare una opportuna presentazione finalizzato a documentare un qualunque lavoro di progettazione, sviluppo e misura di prestazioni inerente un sistema di machine learning.

**CAPACITÀ DI APPRENDERE.** Gli studenti che passano la prova finale saranno in grado di proseguire in autonomia l'approfondimento dei temi trattati a lezione, realizzando il necessario processo di apprendimento continuo che caratterizza la professionalità in ambito ICT.

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
1056159   COMPONENTI E CIRCUITI PER L'ELETTRONICA DI POTENZA	1°	2°	6	ITA

#### Obiettivi formativi

Obiettivi formativi generali:

Il corso si propone di fornire allo studente capacità progettuali nell'ambito dell'Elettronica di Potenza

Obiettivi formativi specifici:

- Conoscenza e capacità di comprensione:

Conoscenza delle possibili configurazioni di convertitori e delle relative tecniche di analisi, anche con simulatori circuitali generici (PSPICE) o dedicati (PSIM). Conoscenza delle principali problematiche elettriche, termiche e di compatibilità elettromagnetica

- Capacità di applicare conoscenza e comprensione:

Capacità di applicare metodologie di progettazione per convertitori di energia elettrica a commutazione, selezionandone la configurazione, dimensionando i componenti a semiconduttore, capacitivi e induttivi ed infine progettandone la rete di controllo.

- Abilità comunicative:

capacità di produrre relazioni di progetto, e presentarle analizzando in dettaglio e giustificando le scelte fatte

- Capacità di proseguire lo studio in modo autonomo nel corso della vita:

Sviluppare la capacità di aggiornare il proprio bagaglio culturale selezionando le fonti più attendibili e vagliando accuratamente il contenuto informativo di dati pubblicati con finalità diverse.

10589999   EARTH OBSERVATION	1°	2°	6	ENG
---------------------------------	----	----	---	-----

#### Obiettivi formativi

Il modulo ha l'obiettivo di fornire una conoscenza di base ed a largo spettro sui sistemi di telerilevamento per l'Osservazione della Terra da aereo e da satellite. Descrivere, con approccio sistemistico, i requisiti e le caratteristiche di massima del sistema in relazione alla applicazione finale. Illustrare le basi fisiche del telerilevamento e semplici modelli di interazione elettromagnetica con i mezzi naturali utili alla interpretazione dei dati. Illustrare o richiamare i principi di funzionamento dei principali sensori di telerilevamento nelle diverse regioni dello spettro elettromagnetico. Fornire una panoramica sulle informazioni sull'ambiente terrestre (atmosfera, mare, vegetazione, etc.) rilevabili nelle diverse bande dello spettro elettromagnetico. Illustrare le principali tecniche di elaborazione dei dati telerilevati ai fini della generazione di prodotti applicativi, anche con l'ausilio di esercitazioni al computer. Conoscere le principali missioni spaziali di Osservazione della Terra, e le caratteristiche più significative dei prodotti forniti agli utenti finali.

1045006   ENGINEERING ELECTROMAGNETI CS	1°	2°	6	ENG
--	----	----	---	-----

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
<b>Obiettivi formativi</b>				
GENERALI				
<p>Il modulo intende fornire gli strumenti metodologici e le conoscenze applicative relative ai componenti e ai circuiti per il trattamento elettromagnetico dei segnali nei moderni sistemi per le telecomunicazioni e il telerilevamento. Le competenze acquisite riguarderanno le proprietà dei dispositivi in alta frequenza con attenzione alla propagazione guidata e alla generazione, elaborazione e ricezione dei segnali per sistemi a microonde e ottici. Completa il percorso formativo lo studio delle procedure di analisi e progetto assistite al calcolatore, della strumentazione e delle tecniche di misura di dispositivi e circuiti in alta frequenza.</p>				
SPECIFICI				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoscenza e capacità di comprensione: conoscere e saper comprendere gli aspetti metodologici dello studio e caratterizzazione dei componenti, dispositivi e circuiti in alta frequenza; conoscere gli strumenti di misura e i software per la simulazione dei componenti per i circuiti in alta frequenza.</li> <li>• Capacità di applicare conoscenza e comprensione: saper applicare le tecniche di analisi e sintesi per la progettazione di circuiti a microonde e ottici; saper applicare le tecniche di misura per la caratterizzazione dei dispositivi.</li> <li>• Autonomia di giudizio: essere in grado di raccogliere informazioni aggiuntive per conseguire una maggiore consapevolezza relativa ai dispositivi impiegati alle alte frequenze nell'ambito dell'ICT.</li> <li>• Abilità comunicative: saper descrivere le caratteristiche dei circuiti e sistemi in alta frequenza.</li> <li>• Capacità di apprendimento: saper estendere l'apprendimento in un continuo aggiornamento relativo ai dispositivi e ai sistemi in alta frequenza per il trattamento delle informazioni; essere in grado di proseguire negli studi per approfondire ulteriori aspetti relativi alle diverse applicazioni dei campi elettromagnetici.</li> </ul>				
1038345   DIGITAL INTEGRATED SYSTEM ARCHITECTURES II	1°	2°	6	ENG
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p>CONOSCENZA E COMPrensIONE. progettazione RTL, linguaggio VHDL/SystemVerilog, progettazione hardware/software di microprocessori e di acceleratori hardware  CAPACITÀ APPLICATIVE. Progetto di circuiti digitali e microprocessori, sintesi su FPGA ed ASIC, programmazione di microprocessori  AUTONOMIA DI GIUDIZIO. Valutazione delle scelte progettuali e delle tecnologie da utilizzare.  ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. Stesura di specifiche e modelli simulabili, lavoro in team  CAPACITÀ DI APPRENDERE. Qualsiasi successivo approfondimento su circuiti digitali, architetture e programmazione.</p>				
10600481   PROBABILITA' E STATISTICA PER L'INGEGNERIA	1°	2°	6	ITA

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
<p><b>Obiettivi formativi</b></p> <p>Obiettivi formativi</p> <p>L'obiettivo formativo primario dell'insegnamento è l'apprendimento da parte degli studenti dei principali aspetti teorici legati alla probabilità e all'inferenza statistica.</p> <p>Gli studenti devono inoltre saper risolvere i problemi analitici necessari per applicare i suddetti concetti teorici.</p> <p>Conoscenza e capacità di comprensione.</p> <p>Dopo aver frequentato il corso gli studenti conoscono e comprendono i principali aspetti relativi alla teoria della probabilità e alle metodologie dell'inferenza statistica. Inoltre gli studenti acquisiscono i principali strumenti da utilizzare per risolvere i problemi legati al concetto di incertezza e alla valutazione dei dati.</p> <p>Capacità di applicare conoscenza e comprensione.</p> <p>Al termine del corso gli studenti sono in grado di formalizzare problemi legati all'incertezza in termini di problemi probabilistici e di applicare i metodi statistici specifici della disciplina per risolverli.</p> <p>Sono inoltre in grado di modellare fenomeni reali in ambito ingegneristico mediante strutture probabilistiche notevoli.</p> <p>Autonomia di giudizio.</p> <p>Gli studenti sviluppano capacità critiche attraverso l'applicazione della teoria a un'ampia gamma di modelli statistici.</p> <p>Sviluppano inoltre il senso critico attraverso il confronto tra soluzioni alternative allo stesso problema ottenute utilizzando aspetti metodologici diversi tipici dell'analisi dei dati.</p> <p>Abilità comunicativa.</p> <p>Gli studenti, attraverso lo studio e lo svolgimento di esercizi pratici, acquisiscono il linguaggio tecnico-scientifico della disciplina, che deve essere opportunamente utilizzato nella prova finale.</p> <p>Capacità di apprendimento.</p> <p>Gli studenti che superano l'esame hanno appreso i concetti base della probabilità e dell'analisi dei dati che consentono loro di affrontare tematiche legati alla teoria delle decisioni in ambito ingegneristico.</p>				
<p>10589896   RADIOPROPAGAZIONE E RADAR METEOROLOGIA</p>	1°	2°	6	ITA

**Insegnamento****Anno****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi**• **CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE:**

Formulazione della teoria della propagazione elettromagnetica in mezzi aperti (e.g., atmosfera terrestre) con enfasi sulle applicazioni principali nell'ingegneria dell'informazione e comunicazioni. Analisi di problemi di diffrazione, diffusione, ottica geometrica, propagazione troposferica e ionosferica, propagazione superficiale, propagazione in ambiente complesso e ottica di spazio libero. Applicazioni a progetti di sistemi di comunicazione (terrestri e/o satellitari) e di telerilevamento. Analisi di sistemi radar a microonde e relative applicazioni meteorologiche (e.g., nubi e precipitazioni).

• **CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensIONE:**

Capacità di applicare le conoscenze teorico-sperimentali acquisite a problemi di radiopropagazione e radar meteorologia anche nell'ambito della progettazione di sistemi di comunicazione (terrestri e/o satellitari) e di telerilevamento.

• **AUTONOMIA DI GIUDIZIO:**

Capacità di valutare in modo critico e competente approcci e soluzioni a problemi di radiopropagazione e radar meteorologia.

• **ABILITÀ COMUNICATIVE:**

Capacità di descrivere problemi e soluzioni adottate per affrontare e mitigare effetti di radiopropagazione nell'ambito della progettazione di sistemi di comunicazione (terrestri e/o satellitari), di telerilevamento e di radar meteorologia.

• **CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO:**

Capacità di ampliare e approfondire le proprie conoscenze riguardanti tematiche avanzate di radiopropagazione e radar meteorologia.

**ENG (RADIOPROPAGATION AND RADAR METEOROLOGY)****GENERAL**

The course aims at exposing the advanced concepts of the electromagnetic (e.m.) theory of propagation with emphasis on the main applications in information and communications engineering. The e.m. radiation theory is applied to problems of diffraction, geometric optics, tropospheric and ionospheric propagation and propagation in a complex environment. The topics are treated both from an e.m. modeling point of view and from systems engineering with a focus on telecommunications and remote sensing systems including weather radar systems (i.e., radar meteorology).

10606343 | RADAR  
IMAGING  
TECHNIQUES

1°

2°

6

ENG

**Obiettivi formativi**

Conoscenza e capacità di comprensione: conoscere i principi di funzionamento e di dimensionamento dei sistemi SAR, i principali modi operativi e le relative tecniche per la focalizzazione/autofocalizzazione dell'immagine e per l'estrazione di informazione dall'immagine già focalizzata.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione: saper operare delle scelte per il dimensionamento di sistemi SAR, saper applicare tecniche di focalizzazione/autofocalizzazione e di estrazione dell'informazione in modo competente e critico.

Autonomia di giudizio: sapere integrare ed utilizzare le conoscenze acquisite ai fini del dimensionamento di sistema e della predisposizione di catene di elaborazione del segnale SAR costituite dall'interconnessione di più stadi e sapere analizzare criticamente i corrispondenti risultati. Lo sviluppo dell'autonomia di giudizio è potenziato dall'attività richiesta dall'elaborato di fine corso (homework).

Abilità comunicative: saper descrivere con linguaggio appropriato le soluzioni adottate per risolvere problemi di dimensionamento di sistema ed elaborazione del segnale SAR e sapere illustrare e discutere i risultati ottenuti a seguito dell'elaborazione. Lo sviluppo delle abilità comunicative è potenziato dalla prova di esame consistente in una opportuna discussione dell'attività svolta relativamente all'elaborato di fine corso (homework) avendo come supporto una presentazione PowerPoint.

Capacità di apprendimento: capacità di completare lo studio teorico con l'applicazione pratica di quanto studiato operando a tale fine in modo autonomo

10616834 |  
QUANTUM  
COMPUTING AND  
NEURAL  
NETWORKS

2°

1°

6

ENG

**Insegnamento****Anno****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi****CONOSCENZA E COMPRESIONE**

Lo studente acquisirà la conoscenza delle nozioni di base riguardanti la progettazione e l'implementazione di algoritmi quantistici e architetture di calcolo quantistico per l'apprendimento automatico e l'intelligenza artificiale, trattando l'apprendimento di circuiti quantistici variazionali e di reti neurali quantistiche. Ciò sarà basato sullo studio di modelli, circuiti e architetture computazionali nella loro universalità, nonché sulla spiegazione delle principali tecniche algoritmiche che sfruttano la fisica quantistica mediante l'astrazione di modelli, per risolvere problemi computazionali complessi. Verranno acquisiti i fondamenti dell'approccio di apprendimento basato sui dati per applicazioni a problemi del mondo reale, con implementazioni specifiche che utilizzano circuiti quantistici e reti neurali quantistiche insieme all'uso di piattaforme software esistenti.

**CAPACITÀ APPLICATIVE**

Soluzione di problemi relativi a progettazione, implementazione e test di architetture di calcolo quantistico e modelli computazionali di apprendimento automatico quantistico per la soluzione di problemi di apprendimento sia supervisionato sia non supervisionato, come ottimizzazione, predizione, clustering e classificazione, in applicazioni del mondo reale riguardanti il trattamento di segnali, dati e informazione. L'obiettivo principale è fornire allo studente la capacità di comprendere e di ottenere vantaggio quantistico in applicazioni relative a problemi di apprendimento basati sui dati come analisi di serie temporali, calcolo iperdimensionale ed eXplainable AI, considerando diversi domini reali relativi a energia, aerospazio, osservazione della Terra, analisi comportamentale, bioingegneria, finanza, rilevamento delle frodi e così via.

**AUTONOMIA DI GIUDIZIO**

Attraverso una sistematica attività di laboratorio, durante la quale verranno prese in considerazione le metodologie relative alla progettazione e all'implementazione di architetture di calcolo quantistico nonché di modelli di machine learning quantistici come le reti neurali quantistiche, lo studente integrerà le conoscenze acquisite per gestire la complessità dei meccanismi di apprendimento induttivo e i limiti reali imposti dai dispositivi Noisy Intermediate-Scale Quantum (NISQ) attualmente adottati, anche a partire dalle limitate informazioni dovute all'organizzazione pratica del corso.

**ABILITÀ DI COMUNICAZIONE**

Le tecnologie quantistiche e gli algoritmi quantistici per il trattamento dell'informazione sono in rapida evoluzione, considerando lo scenario attuale basato sui dispositivi a breve termine e sugli approcci ibridi quantistici-classici. Al termine del corso, lo studente sarà in grado di comunicare le conoscenze acquisite a interlocutori specialisti e non specialisti negli ambiti di ricerca e di lavoro nei quali svolgerà la successiva attività scientifica e/o professionale, anche tenendo conto delle problematiche tecnologiche e di sviluppo sostenibile.

**CAPACITÀ DI APPRENDERE**

La metodologia didattica adottata prevede un'attività di studio autonoma e autogestita durante lo sviluppo di compiti monotematici di approfondimento didattico e/o sperimentale, in modo verticale su alcuni specifici argomenti teorici e applicativi utilizzando, per esempio, le risorse quantistiche disponibili in cloud come la Quantum Experience Platform di IBM, oltre a simulatori quantistici come Qiskit, PennyLane e Flax.

Lo studente deve acquisire 6 CFU fra i seguenti esami

<b>Insegnamento</b>	<b>Anno</b>	<b>Semestre</b>	<b>CFU</b>	<b>Lingua</b>
10589493   DISCRETE MATHEMATICS	1°	2°	6	ENG

**Insegnamento****Anno****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi**

IL CORSO SI PROPONE DI FORNIRE ALLO STUDENTE UN'INTRODUZIONE ALLA MATEMATICA DISCRETA, CHE COSTITUISCE UNO DEI SETTORI PIÙ INNOVATIVI DELLA MATEMATICA. SVILUPPATO A PARTIRE DALLA SECONDA METÀ DEL NOVECENTO, E' RICCO DI PROBLEMI STIMOLANTI E DI GRANDE UTILITÀ NELLE APPLICAZIONI. DURANTE IL CORSO, LO STUDENTE VERRÀ A CONTATTO CON UNA SERIE DI ARGOMENTI E PROBLEMI, DI TIPO COMPLETAMENTE DIVERSO DA QUELLI INCONTRATI IN ALTRI CORSI DI MATEMATICA TRADIZIONALI, E SVILUPPERÀ, ATTRAVERSO UN IMPEGNO SISTEMATICO RIVOLTO AL "PROBLEM SOLVING", UN APPROCCIO CONCRETO ALLO STUDIO DI PROBLEMI DI GRANDE VALENZA FORMATIVA, SOPRATTUTTO PER LA FUTURA ATTIVITÀ PROFESSIONALE.

AL TERMINE DEL CORSO LO STUDENTE

- CONOScerà I METODI, I PROBLEMI, E LE POSSIBILI APPLICAZIONI DELLA MATEMATICA DISCRETA.
- SARÀ IN GRADO DI CAPIRE, AFFRONTARE E RISOLVERE SEMPLICI PROBLEMI DI MATEMATICA DISCRETA.
- ATTRAVERSO ESERCITAZIONI SCRITTE E EVENTUALI PRESENTAZIONI ORALI SVILUPPERÀ ADEGUATE CAPACITÀ CRITICHE
- ALLO STESSO MODO ESERCITERÀ LA SUA CAPACITÀ DI ESPORRE E TRASMETTERE CIÒ CHE HA APPRESO
- LO STUDIO INDIVIDUALE ALLENERÀ ADEGUATAMENTE LA SUA CAPACITÀ DI STUDIO AUTONOMO E INDIPENDENTE

10589433 |

MATHEMATICAL  
METHODS FOR  
INFORMATION  
ENGINEERING

1°

2°

6

ENG

**Obiettivi formativi**

Apprendimento di conoscenze avanzate di Analisi Matematica rivolte alle applicazioni; del calcolo differenziale in più variabili, minimi e massimi con vincoli. Analisi di modelli matematici.

**SPECIFICI**

A) Conoscenza e capacità di comprensione: apprendere i concetti base e il loro utilizzo in esercizi con il supporto di libri di testo e dispense del corso di Metodi Matematici per l'Ingegneria dell'Informazione

B) Capacità di applicare conoscenza e comprensione: essere in grado di applicare le conoscenze acquisite in modo competente; possedere competenza e comprensione adeguate per risolvere problemi e sostenere argomentazioni

C) Autonomia di giudizio  
Raccogliere ed interpretare i risultati sviluppati durante il corso per risolvere problemi simili in modo autonomo.  
Individuare caratteristiche comuni in problemi diversi

D) Abilità comunicative  
Comunicare ipotesi, problemi e soluzioni a interlocutori non specialisti.

E) Capacità di apprendimento  
Sviluppare le competenze necessarie per intraprendere studi avanzati.

1044647 |

MATEMATICA  
APPLICATA

1°

2°

6

ITA

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p>Scopo del corso e` quello di fornire allo studente la capacita` di utilizzare metodi matematici, non sono compresi nei corsi della Laurea triennale, nello studio di fenomeni fisici e di interpretare i risultati analitici ottenuti.</p> <p>Il corso fornisce allo studente di ingegneria Elettronica le nozioni di base nello studio di equazioni differenziali alle derivate parziali nell'ambito della fisica matematica. In particolare, dopo una breve panoramica su alcune equazioni differenziali che si ottengono nel modellare fenomeni di origine applicativa, sia nel caso del primo ordine che di ordine superiore, sia nel caso di equazioni lineari che non lineari, si apprendono alcuni metodi di risoluzione di problemi con assegnate condizioni iniziali e al contorno e se ne discute il significato fisico.</p> <p>Inoltre, nel caso di equazioni sia differenziali (sia alle derivate ordinarie che parziali) si considerano problemi non lineari nei quali compaiano parametri "piccoli" che si affrontano mediante l'uso di "metodi perturbativi". Infine, lo studente e` incoraggiato e guidato a sviluppare personalmente esempi applicativi di suo interesse utilizzando metodi studiati nel corso.</p>				
10600481   PROBABILITA' E STATISTICA PER L'INGEGNERIA	1°	2°	6	ITA
<b>Obiettivi formativi</b>				
Obiettivi formativi				
L'obiettivo formativo primario dell'insegnamento è l'apprendimento da parte degli studenti dei principali aspetti teorici legati alla probabilità e all'inferenza statistica.				
Gli studenti devono inoltre saper risolvere i problemi analitici necessari per applicare i suddetti concetti teorici.				
Conoscenza e capacità di comprensione.				
Dopo aver frequentato il corso gli studenti conoscono e comprendono i principali aspetti relativi alla teoria della probabilità e alle metodologie dell'inferenza statistica. Inoltre gli studenti acquisiscono i principali strumenti da utilizzare per risolvere i problemi legati al concetto di incertezza e alla valutazione dei dati.				
Capacità di applicare conoscenza e comprensione.				
Al termine del corso gli studenti sono in grado di formalizzare problemi legati all'incertezza in termini di problemi probabilistici e di applicare i metodi statistici specifici della disciplina per risolverli.				
Sono inoltre in grado di modellare fenomeni reali in ambito ingegneristico mediante strutture probabilistiche notevoli.				
Autonomia di giudizio.				
Gli studenti sviluppano capacità critiche attraverso l'applicazione della teoria a un'ampia gamma di modelli statistici.				
Sviluppano inoltre il senso critico attraverso il confronto tra soluzioni alternative allo stesso problema ottenute utilizzando aspetti metodologici diversi tipici dell'analisi dei dati.				
Abilità comunicativa.				
Gli studenti, attraverso lo studio e lo svolgimento di esercizi pratici, acquisiscono il linguaggio tecnico-scientifico della disciplina, che deve essere opportunamente utilizzato nella prova finale.				
Capacità di apprendimento.				
Gli studenti che superano l'esame hanno appreso i concetti base della probabilità e dell'analisi dei dati che consentono loro di affrontare tematiche legati alla teoria delle decisioni in ambito ingegneristico.				

Lo studente deve acquisire 24 CFU fra i seguenti esami

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
1041744   OPTOELECTRONIC S	1°	1°	6	ENG

#### Obiettivi formativi

##### CONOSCENZA E COMPrensIONE.

Lo studente acquisirà una conoscenza solida e coordinata dei fenomeni, dei materiali, dei dispositivi e delle tecniche optoelettroniche, relativamente alla generazione, rivelazione ed elaborazione di segnali ottici, alla conversione di energia solare in energia elettrica mediante il fotovoltaico, alle interconnessioni ottiche e la riduzione di consumo di potenza.

##### CAPACITÀ APPLICATIVE.

Lo studente acquisirà attraverso il corso, padronanza dei criteri di progetto in base alle specifiche relative a diversi contesti applicativi dalle telecomunicazioni, alla sensoristica, alla strumentazione ottica.

##### AUTONOMIA DI GIUDIZIO.

Lo studente acquisirà le capacità di progettazione e valutazione delle prestazioni dei principali componenti per ogni sistema optoelettronico.

##### ABILITÀ DI COMUNICAZIONE.

Lo studente acquisirà la capacità di comunicare in forma scritta attraverso relazioni e in forma orale durante discussioni tecniche in aula e all'esame sui contenuti della disciplina.

##### CAPACITÀ DI APPRENDERE.

Lo studente acquisirà la capacità di apprendere attraverso l'uso di materiali di diverso tipo: dispense, materiale tecnico scientifico disponibile in rete e attraverso le esperienze di laboratorio come indicato dal docente.

1041750   NANOELECTRONI CS LABORATORY	1°	1°	6	ENG
---	----	----	---	-----

#### Obiettivi formativi

Rendere lo studente in grado di eseguire semplici simulazioni numeriche agli elementi finiti con modelli di letterature di dispositivi elettronici; Rendere lo studente in grado di eseguire semplici misure di caratterizzazione elettrica su componenti nanoelettronici integrati su wafer

10589999   EARTH OBSERVATION	1°	2°	6	ENG
---------------------------------	----	----	---	-----

#### Obiettivi formativi

Il modulo ha l'obiettivo di fornire una conoscenza di base ed a largo spettro sui sistemi di telerilevamento per l'Osservazione della Terra da aereo e da satellite. Descrivere, con approccio sistemistico, i requisiti e le caratteristiche di massima del sistema in relazione alla applicazione finale. Illustrare le basi fisiche del telerilevamento e semplici modelli di interazione elettromagnetica con i mezzi naturali utili alla interpretazione dei dati. Illustrare o richiamare i principi di funzionamento dei principali sensori di telerilevamento nelle diverse regioni dello spettro elettromagnetico. Fornire una panoramica sulle informazioni sull'ambiente terrestre (atmosfera, mare, vegetazione, etc.) rilevabili nelle diverse bande dello spettro elettromagnetico. Illustrare le principali tecniche di elaborazione dei dati telerilevati ai fini della generazione di prodotti applicativi, anche con l'ausilio di esercitazioni al computer. Conoscere le principali missioni spaziali di Osservazione della Terra, e le caratteristiche più significative dei prodotti forniti agli utenti finali.

1045006   ENGINEERING ELECTROMAGNETI CS	1°	2°	6	ENG
--	----	----	---	-----

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
<b>Obiettivi formativi</b>				
GENERALI				
<p>Il modulo intende fornire gli strumenti metodologici e le conoscenze applicative relative ai componenti e ai circuiti per il trattamento elettromagnetico dei segnali nei moderni sistemi per le telecomunicazioni e il telerilevamento. Le competenze acquisite riguarderanno le proprietà dei dispositivi in alta frequenza con attenzione alla propagazione guidata e alla generazione, elaborazione e ricezione dei segnali per sistemi a microonde e ottici. Completa il percorso formativo lo studio delle procedure di analisi e progetto assistite al calcolatore, della strumentazione e delle tecniche di misura di dispositivi e circuiti in alta frequenza.</p>				
SPECIFICI				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoscenza e capacità di comprensione: conoscere e saper comprendere gli aspetti metodologici dello studio e caratterizzazione dei componenti, dispositivi e circuiti in alta frequenza; conoscere gli strumenti di misura e i software per la simulazione dei componenti per i circuiti in alta frequenza.</li> <li>• Capacità di applicare conoscenza e comprensione: saper applicare le tecniche di analisi e sintesi per la progettazione di circuiti a microonde e ottici; saper applicare le tecniche di misura per la caratterizzazione dei dispositivi.</li> <li>• Autonomia di giudizio: essere in grado di raccogliere informazioni aggiuntive per conseguire una maggiore consapevolezza relativa ai dispositivi impiegati alle alte frequenze nell'ambito dell'ICT.</li> <li>• Abilità comunicative: saper descrivere le caratteristiche dei circuiti e sistemi in alta frequenza.</li> <li>• Capacità di apprendimento: saper estendere l'apprendimento in un continuo aggiornamento relativo ai dispositivi e ai sistemi in alta frequenza per il trattamento delle informazioni; essere in grado di proseguire negli studi per approfondire ulteriori aspetti relativi alle diverse applicazioni dei campi elettromagnetici.</li> </ul>				
1056086   GROUND PENETRATING RADAR	1°	2°	6	ENG
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p>CONOSCENZA E COMPRENSIONE. L'obiettivo principale di questo corso interdisciplinare è quello di fornire agli studenti conoscenze teoriche e pratiche necessarie per un uso sicuro, efficace e avanzato della metodologia georadar in diversi contesti applicativi. Gli studenti che abbiano superato l'esame avranno una visione d'insieme e attuale della tecnologia e metodologia georadar.</p> <p>CAPACITÀ APPLICATIVE. Uso di strumentazione georadar. Uso di software per la simulazione elettromagnetica. Uso di software per l'elaborazione di radargrammi.</p> <p>AUTONOMIA DI GIUDIZIO. Gli studenti che abbiano superato l'esame sapranno scegliere la strumentazione georadar più adeguata in diversi contesti applicativi e saranno in grado di pianificare ed eseguire indagini accurate. Sapranno elaborare e interpretare i radargrammi, nonché costruire modelli elettromagnetici di scenari georadar. Sapranno associare il georadar ad altre tecniche d'indagine non distruttiva.</p> <p>ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. Gli studenti che abbiano superato l'esame saranno in grado di comunicare le conoscenze apprese in ambito scientifico e industriale.</p> <p>CAPACITÀ DI APPRENDERE. Gli studenti che abbiano superato l'esame saranno pronti per approfondire gli argomenti trattati durante il corso durante studi successivi o nel mondo del lavoro.</p>				
1056158   MACHINE LEARNING FOR SIGNAL PROCESSING	1°	2°	6	ENG

**Insegnamento****Anno****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi**

CONOSCENZA E COMPrensIONE. Dimostrare capacità di utilizzo di conoscenze derivate da corsi precedentemente studiati e capacità di comprensione di nuovi concetti che andranno ad arricchire il bagaglio culturale dello studente.

CAPACITÀ APPLICATIVE. Dimostrare la capacità di saper mettere in pratica una metodologia studiata in un problema nuovo, seppur correlato agli esempi svolti durante le esercitazioni in aula.

AUTONOMIA DI GIUDIZIO. Dimostrare di essere in grado di saper riconoscere un problema applicativo e di saper giustificare la scelta di una specifica metodologia per risolverlo.

ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. Dimostrare di aver capito le motivazioni per la scelta di una specifica metodologia, la sua derivazione metodologica e la relativa implementazione in un problema pratico.

CAPACITÀ DI APPRENDERE. Dimostrare di essere in grado di studiare in modo autonomo, di riuscire ad implementare autonomamente soluzioni di machine learning attraverso gli strumenti software appresi durante il corso e di saper applicare tali soluzioni in problemi nuovi per lo studente.

1042015 |  
PHOTONICS

1°

2°

6

ENG

**Obiettivi formativi**

CONOSCENZA E COMPrensIONE.

Lo studente acquisirà una conoscenza solida e coordinata delle caratteristiche e delle metodologie di dimensionamento dei componenti e sistemi di comunicazione e di interconnessione in fibra ottica anche attraverso esercitazioni di laboratorio.

CAPACITÀ APPLICATIVE.

Lo studente avrà acquisito alla fine del corso, padronanza dei criteri di progetto e di valutazione delle prestazioni di collegamenti ottici a larga banda ed elevato bit rate (Tb/s) in particolare i sistemi a multiplexazione in divisione di lunghezza d'onda (WDM).

AUTONOMIA DI GIUDIZIO.

Gli studenti saranno in grado di riconoscere le specifiche dei principali dispositivi fotonici per la realizzazione di un sistema di comunicazione in fibra ottica. Sapranno dimensionare e valutare le prestazioni dei sistemi sia a singola portante ottica, sia a multiplexazione in lunghezza d'onda (WDM). Avranno acquisito le conoscenze circa i fenomeni che limitano le prestazioni dei sistemi in fibra nonché le tecniche per ottenere sistemi con prestazioni che costituiscono lo stato dell'arte delle comunicazioni in fibra ottica.

ABILITÀ DI COMUNICAZIONE.

Lo studente acquisirà la capacità di comunicare in forma scritta attraverso relazioni e in forma orale durante discussioni tecniche in aula e all'esame sui contenuti della disciplina.

CAPACITÀ DI APPRENDERE.

Lo studente acquisirà la capacità di apprendere attraverso l'uso di materiali di diverso tipo: dispense, materiale tecnico scientifico disponibile in rete e attraverso le esperienze di laboratorio come indicato dal docente.

1055348 |  
MATHEMATICAL  
PHYSICS

1°

2°

6

ENG

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p>Obiettivi generali: acquisire conoscenze sugli argomenti fondamentali della Fisica Matematica e sui metodi matematici relativi.</p> <p>Obiettivi specifici:</p> <p>Conoscenza e comprensione: al termine del corso lo studente conoscerà le basi della teoria dei sistemi dinamici, la struttura matematica del formalismo hamiltoniano e della teoria delle perturbazioni, i metodi di base per lo studio dal punto di vista della Fisica Matematica di alcuni aspetti della Fisica Moderna (Meccanica Statistica o Meccanica Quantistica).</p> <p>Applicare conoscenza e comprensione: Gli studenti che abbiano superato l'esame saranno in grado di: i) studiare problemi di stabilità dell'equilibrio; ii) utilizzare il metodo di Hamilton-Jacobi per la determinazione di integrali primi; iii) portare in variabili azione-angolo un sistema hamiltoniano integrabile; iv) applicare la teoria delle perturbazioni e i metodi ad essa collegati a specifici problemi fisici ottenendo informazioni qualitative e quantitative sul moto; v) affrontare in modo rigoroso alcuni problemi di Meccanica Statistica o di Meccanica Quantistica.</p> <p>Capacità critiche e di giudizio: Gli studenti che abbiano superato l'esame avranno le basi per riconoscere un approccio di tipo fisico-matematico ai problemi e analizzare analogie e differenze rispetto all'approccio tipico della Fisica Teorica</p> <p>Capacità comunicative: Gli studenti che abbiano superato l'esame avranno maturato la capacità di comunicare concetti, idee e metodologie della fisica matematica.</p> <p>Capacità di apprendimento: le conoscenze acquisite permetteranno uno studio, individuale o impartito in altri insegnamenti, relativo ad aspetti più specialistici dei metodi della fisica matematica.</p>				
1044617   RADIOPROPAGATI ON AND RADAR METEOROLOGY	1°	2°	6	ITA
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p>Conoscenza e comprensione. Formulazione della teoria della propagazione elettromagnetica in mezzi aperti (e.g., atmosfera terrestre) con enfasi su le applicazioni principali nell'ingegneria dell'informazione. Analisi di problemi di diffrazione, diffusione, ottica geometrica, propagazione troposferica e ionosferica, propagazione superficiale, propagazione in ambiente complesso e ottica di spazio libero. Analisi di sistemi radar a microonde e relative applicazioni meteorologiche (e.g., nubi e precipitazioni).</p> <p>Capacità applicative. Capacità di applicare le conoscenze teorico-sperimentali acquisite a problemi di radiopropagazione e radar meteorologia.</p> <p>Autonomia di giudizio. Capacità di valutare in modo critico e competente approcci e soluzioni a problemi di radiopropagazione e radar meteorologia.</p> <p>Abilità di comunicazione. Capacità di descrivere problemi e soluzioni adottate per affrontare questioni di radiopropagazione e radar meteorologia.</p> <p>Capacità di apprendere. Capacità di ampliare e approfondire le proprie conoscenze riguardanti tematiche avanzate di radiopropagazione e radar meteorologia.</p>				
10589170   ARTIFICIAL MATERIALS - METAMATERIALS AND PLASMONICS FOR ELECTROMAGNETI C APPLICATIONS	2°	1°	6	ENG

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p>CONOSCENZA E COMPrensIONE. Il corso intende fornire la teoria elettromagnetica generale dei materiali artificiali, dei metamateriali e delle strutture plasmoniche, di notevole importanza in molte recenti applicazioni.</p> <p>CAPACITÀ APPLICATIVE. Gli studenti saranno in grado di modellare dal punto di vista elettromagnetico alcuni materiali di particolare interesse nelle applicazioni, e di simularne il relativo comportamento usando tecniche numeriche.</p> <p>AUTONOMIA DI GIUDIZIO. E' prevista la redazione di relazioni scritte.</p> <p>ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. E' previsto lo svolgimento di presentazioni orali.</p> <p>CAPACITÀ DI APPRENDERE. Strumenti chiave usati estensivamente per la loro intuitività fisica e generalità rappresentativa sono le relazioni costitutive, il concetto di omogeneizzazione e le rappresentazioni circuitali equivalenti.</p>				
1044577   COMPUTATIONAL INTELLIGENCE	2°	1°	6	ENG
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p>CONOSCENZA E COMPrensIONE. Sono forniti i principi di base della progettazione di sistemi automatici per il machine learning (problemi di classificazione, clustering, approssimazione funzionale e predizione) basati su tecniche di Intelligenza Computazionale (reti neurali, logica fuzzy, algoritmi evolutivi). Gli studenti che passano la prova finale saranno in grado di leggere e comprendere testi ed articoli su argomenti avanzati nell'ambito del Soft Computing e dell'Intelligenza Computazionale (Reti neurali, meta-euristiche di ottimizzazione, sistemi fuzzy).</p> <p>CAPACITÀ APPLICATIVE. Gli studenti che passano la prova finale saranno in grado di applicare i principi metodologici e gli algoritmi studiati per la progettazione di innovativi sistemi di machine learning, in contesti multidisciplinari.</p> <p>AUTONOMIA DI GIUDIZIO. Gli studenti che passano la prova finale saranno in grado di analizzare i requisiti di progettazione e di scegliere il sistema di machine learning che meglio si adatta al caso di studio.</p> <p>ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. Gli studenti che passano la prova finale saranno in grado di compilare un rapporto tecnico e di realizzare una opportuna presentazione finalizzato a documentare un qualunque lavoro di progettazione, sviluppo e misura di prestazioni inerente un sistema di machine learning.</p> <p>CAPACITÀ DI APPRENDERE. Gli studenti che passano la prova finale saranno in grado di proseguire in autonomia l'approfondimento dei temi trattati a lezione, realizzando il necessario processo di apprendimento continuo che caratterizza la professionalità in ambito ICT.</p>				
1044641   MICRO ELECTROMECHAN ICAL SYSTEMS	2°	1°	6	ENG

**Insegnamento****Anno****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi**

## Generali

Il corso fornirà agli studenti una panoramica dettagliata sulle tecnologie di micro-fabbricazione, sul principio di funzionamento e l'applicazione dei sistemi micro-elettro-meccanici (MEMS) su silicio. Alla fine del corso lo studente acquisirà le conoscenze tecnologiche dei processi MEMS e i problemi da risolvere per il packaging e l'assemblaggio dei dispositivi MEMS. Inoltre, il corso permetterà agli studenti di poter interagire con una fonderia MEMS per poter seguire un progetto MEMS completo.

## Specifici

? Introduzione: Definizione di trasduttore e sensore, classificazione dei sensori, conversione dei segnali, caratteristiche di idealità dei sensori. Leggi di scalatura.

? Proprietà dei materiali: leggi fisiche, caratteristiche e definizioni meccaniche, termiche, elettriche, magnetiche, ottiche e chimiche dei materiali.

? Tecnologie realizzative e di simulazione: cenni sulle tecnologie microelettroniche; tecnologia delle micro-lavorazioni meccaniche bulk; tecnologie delle micro-lavorazioni superficiali; design rules per le tecnologie MEMS di tipo superficiale; cenni sui simulatori CAD, CAE e CAM.

? MEMS in silicio: proprietà meccaniche del silicio; sensori di pressione; sensori di flusso; sensori inerziali; sensori (Bio)chimici; MEMS per RadioFrequenza; Micro-relays; altri sensori e attuatori (e.g. temperatura, umidità, vibrazioni etc.).

? Controllo dei micro-sensori: circuiti di pilotaggio e misura dei sensori; stabilità; rumore; calibrazione dei sensori.

? MEMS Packaging e packaging 3D per la nanoelettronica.

1038349 | ULTRA  
WIDE BAND RADIO  
FUNDAMENTALS

2°

1°

6

ENG

**Obiettivi formativi**ITALIANO  
GENERALI

Scopo del corso è lo studio della tecnica di comunicazione wireless Ultra Wide Band (UWB), e della sua applicazione alla progettazione di reti avanzate quali le reti ad-hoc e le reti di sensori, e in generale di reti wireless distribuite. Il corso analizza le tematiche chiave dei sistemi UWB, allo scopo di evidenziare le potenzialità di una tecnologia che appare come uno dei migliori candidati nella definizione di standard per reti di futura generazione. Il corso affronterà i fondamenti teorici delle comunicazioni UWB, completando la trattazione con esempi pratici e principi di applicazione per ogni argomento trattato.

## SPECIFICI

- Conoscenza e capacità di comprensione: tecniche di generazione di segnali UWB, analisi temporale e spettrale dei segnali UWB, progettazione di ricevitori UWB in canali AWGN e multipath, analisi delle prestazioni singolo link e di rete, tecniche di posizionamento e localizzazione basati su tecnologia UWB.

- Capacità di applicare conoscenza e comprensione: analisi e dimensionamento di reti wireless UWB in funzione della tipologia di segnale trasmesso, del canale, e del ricevitore utilizzato, sia attraverso l'approccio analitico che con l'utilizzo di strumenti software per la simulazione di singoli link o di reti.

- Autonomia di giudizio: capacità di affrontare un progetto di dimensionamento di una rete wireless UWB, identificando vincoli e obiettivi imposti sugli indici prestazionali e sulla standardizzazione, selezionando lo strumento o gli strumenti più opportuni per completare in modo corretto ed efficiente il progetto stesso.

- Abilità comunicative: saper esporre coerentemente e chiaramente tematiche relative alle comunicazioni UWB, combinando la padronanza della trattazione analitica, la capacità di sintetizzare le caratteristiche delle tecniche studiate, e la conoscenza e l'utilizzo di strumenti software di simulazione.

- Capacità di apprendimento: (assente)

10589516 |  
OPTICAL  
QUANTUM  
TECHNOLOGY

2°

1°

6

ENG

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
<b>Obiettivi formativi</b>				
CONOSCENZA E COMPrensIONE. CAPACITÀ APPLICATIVE. AUTONOMIA DI GIUDIZIO. ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. CAPACITÀ DI APPRENDERE.				
1052242   DIGITAL SYSTEM PROGRAMMING	2°	1°	6	ENG
<b>Obiettivi formativi</b>				
L'obiettivo del corso di "Digital System Programming" è quello di fornire le basi della programmazione c/c++ e shell programming in linux.				
1042011   ACCELERATOR PHYSICS AND RELATIVISTIC ELECTRODYNAMICS	2°	2°	6	ENG
<b>Obiettivi formativi</b>				
CONOSCENZA E COMPrensIONE Al completamento del corso lo studente conoscerà i principi della relatività ristretta, con particolare riferimento al legame con la meccanica classica, l'elettromagnetismo, le trasformazioni dei campi tra sistemi di riferimento inerziali, i principi su cui si basano i moderni acceleratori di particelle, il moto relativistico di cariche in campi elettrici e magnetici e il funzionamento di acceleratori lineari, ciclotroni e sincrotroni CAPACITÀ APPLICATIVE: Lo studente sarà in grado di progettare in maniera schematica alcuni dispositivi utilizzati negli acceleratori, come ad esempio i quadrupoli, e discutere il moto delle cariche in questi dispositivi AUTONOMIA DI GIUDIZIO Lo studente sarà in grado di determinare i principi di funzionamento di un acceleratore circolare grazie ai concetti acquisiti di moto di betatrone e sincrotrone e di utilizzare in maniera indipendente il codice di simulazione ASTRA (A Space Charge Tracking Algorithm). ABILITÀ DI COMUNICAZIONE Lo studente sarà in grado di trattare argomenti legati agli acceleratori di particelle utilizzando termini e concetti tipici di questo settore				
1042004   ADVANCED ANTENNA ENGINEERING	2°	2°	6	ENG

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
<b>Obiettivi formativi</b>				
GENERALI				
L'insegnamento fornisce: richiami su teoremi elettromagnetici fondamentali e parametri delle antenne; elementi di teoria avanzata degli array di antenne, antenna diversity, sistemi MIMO, strutture periodiche; analisi e progetto di antenne risonanti e a onda viaggiante; introduzione ai metodi numerici in elettromagnetismo e al metodo dei momenti per l'analisi di antenne; panoramica di argomenti di ricerca avanzati.				
SPECIFICI				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoscenza e capacità di comprensione: conoscere metodi analitici e numerici per l'analisi di array di antenne, di strutture periodiche mediante reti equivalenti, di antenne planari risonanti e a onda viaggiante.</li> <li>• Capacità di applicare conoscenza e comprensione: saper applicare le metodologie acquisite all'analisi e al progetto di diverse classi di sistemi radianti.</li> <li>• Capacità critiche e di giudizio: saper individuare il tipo di sistema radiante adatto per l'applicazione considerata, individuare modelli approssimati per effettuarne un dimensionamento di massima e metodi numerici per il dimensionamento finale mediante simulazioni full wave.</li> <li>• Abilità comunicative: saper descrivere le soluzioni progettuali adottate per la realizzazione di antenne risonanti e a onda viaggiante e per la loro risoluzione numerica. L'abilità comunicativa è verificata mediante esposizioni orali di singoli aspetti di modellazione, progetto e simulazione.</li> <li>• Capacità di proseguire lo studio in modo autonomo nel corso della vita: capacità di approfondire le metodologie di analisi e progetto acquisite e di orientarsi nella letteratura scientifica del settore.</li> </ul>				
1042016   ADVANCED ELECTROMAGNETI CS AND SCATTERING	2°	2°	6	ENG
<b>Obiettivi formativi</b>				
CONOSCENZA E COMPRESIONE. Il corso intende presentare una panoramica di alcuni argomenti avanzati di elettromagnetismo, di considerevole importanza per le applicazioni, e un'introduzione allo scattering elettromagnetico.				
CAPACITÀ APPLICATIVE. Gli studenti potranno acquisire una visione d'insieme dell'elettromagnetismo moderno, con particolare riferimento agli aspetti metodologici unificanti e alle tecniche matematiche impiegate, che consentirà loro di orientarsi facilmente nello studio successivo o nelle posizioni lavorative, in virtù della grande generalità dei temi affrontati. In particolare gli studenti avranno appreso in profondità i concetti principali della propagazione guidata e libera, come pure l'approccio ai problemi di scattering, risolti sia in forma chiusa (problemi canonici) che numericamente.				
AUTONOMIA DI GIUDIZIO. Essere in grado di formulare una propria valutazione relativa agli argomenti del corso e alla loro rilevanza applicativa. Essere in grado di raccogliere e valutare criticamente informazioni aggiuntive per conseguire una maggiore consapevolezza relativa agli argomenti del corso.				
ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. Saper descrivere gli argomenti del corso. Saper comunicare le conoscenze acquisite sugli argomenti del corso.				
CAPACITÀ DI APPRENDERE. Strumenti chiave usati estensivamente per la loro intuitività fisica e potenza rappresentativa sono gli sviluppi modali con i relativi circuiti equivalenti a costanti distribuite e gli spettri di onde piane. Sono inoltre approfonditi i concetti di funzione di Green e di rappresentazione integrale.				
1038139   EMBEDDED SYSTEMS	2°	2°	6	ENG

**Obiettivi formativi**

L' obiettivo del corso è quello di sviluppare negli studenti conoscenza e capacità di comprensione nell'ambito della progettazione dei circuiti digitali per sistemi embedded, nonché la capacità di giudizio nella derivazione delle soluzioni progettuali dalle specifiche tecniche, selezionando le architetture più adeguate alle diverse applicazioni.

**GENERALI**

Il modulo fornisce: le basi della progettazione dei circuiti digitali per sistemi embedded, la capacità di giudizio nella derivazione delle soluzioni progettuali dalle specifiche tecniche, selezionando le architetture più adeguate alle diverse applicazioni.

**SPECIFICI**

- Conoscenza e capacità di comprensione: conoscere le architetture per sistemi embedded nelle loro diverse forme e caratteristiche, conoscere le architetture delle CPU a 8, 16 e 32 bit, le caratteristiche di un Instruction Set Architecture, le caratteristiche tipiche delle unità esterne: memorie, timer, interrupt controller, unità di comunicazione. Toolchain di compilazione su sistemi embedded, linguaggi di alto livello e assembly, analisi del codice prodotto e debug.
- Capacità di applicare conoscenza e comprensione: applicare metodologie di progettazione di sistemi embedded, capacità di scrivere codice caratteristico dei sistemi embedded (es. accesso diretto all'hardware, routine di interrupt).
- Capacità critiche e di giudizio: Capacità di scegliere le soluzioni e le architetture di microcontrollori più adatte al contesto del progetto, distinguendo le prestazioni/caratteristiche delle diverse CPU e delle unità esterne presenti nell'architettura.
- Abilità comunicative: saper descrivere le soluzioni scelte per risolvere il problema progettuale: caratteristiche dell'Instruction Set Architecture, livello di programmazione necessario (linguaggio C, assembly), prestazioni attese e descrizione dell'organizzazione del progetto software.
- Capacità di proseguire lo studio in modo autonomo nel corso della vita: capacità di proseguire gli studi successivi approfondendo le tematiche sulle architetture hardware/software più avanzate, ad esempio sistemi multicore o sistemi basati su microkernel.

1041749   LASER FUNDAMENTALS	2°	2°	6	ENG
---------------------------------	----	----	---	-----

**Obiettivi formativi**

**GENERALI**

Lo scopo del corso è di fornire allo studente la comprensione di principi di funzionamento di dispositivi ottici attivi basati sull'interazione della luce con sistemi a nanoscala; vuole inoltre fornire una conoscenza delle più attuali tecniche di progettazione e realizzazione di laser ( q-dots , laser a cristallo fotonico ) e dei loro impieghi nel settore dell'optoelettronica, quantum information ed anche in diagnostiche che impiegano le sorgenti ottiche miniaturizzate

**SPECIFICI**

- Conoscenza e capacità di comprensione: conoscere metodi analitici per comprendere le modalità di funzionamento dei laser adottati in vari ambiti, nonché conoscere la tecnologia di base dell'elettronica quantistica .
- Capacità di applicare conoscenza e comprensione: applicare metodologie di analisi e apprendimento , mediante attività anche in laboratorio.
- Capacità critiche e di giudizio: sono svolte prove di test di laboratorio e capacità di valutazione delle più recenti pubblicazioni scientifiche nel campo.
- Abilità comunicative: saper descrivere quanto appreso nell'ambito delle conoscenze delle tecnologie a funzionamento di dispositivi laser . L'abilità comunicativa è realizzata affrontando alcuni temi fondamentali con la richiesta di partecipazione attiva alla soluzione dei problemi, sulla base delle conoscenze acquisite dalle precedenti lezioni o da corsi già superati.
- Capacità di proseguire lo studio in modo autonomo nel corso della vita: capacità di proseguire gli studi successivi riguardanti tematiche avanzate di fotonica ed elettronica quantistica, fondate sulle metodologie di analisi e progetto acquisite.

+++++

1042012   OPTICS	2°	2°	6	ENG
------------------	----	----	---	-----

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p>Il corso ha come obiettivo di far acquisire conoscenze approfondite sulla luce, sul suo comportamento e sui principali componenti e dispositivi ottici atti alla sua elaborazione.</p> <p>Le lezioni sono quindi rivolte ad approfondire la conoscenza della propagazione della luce come onde, analizzando i fenomeni dell'interferenza e della diffrazione.</p> <p>Saranno analizzati, in regime di ottica geometrica, i principali componenti ottici ed attivi nonché le proprietà dell'ottica guidata. Saranno dati elementi per effettuare una progettazione ottica avanzata.</p>				
1044589   PATTERN RECOGNITION	2°	2°	6	ENG
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p>CONOSCENZA E COMPRESIONE. Sono forniti i principi di base sulle tecniche di Pattern Recognition, classificazione e clustering su domini non necessariamente algebrici. Gli studenti che passano la prova finale saranno in grado di leggere e comprendere testi ed articoli su argomenti avanzati nell'ambito del Pattern Recognition.</p> <p>CAPACITÀ APPLICATIVE. Gli studenti che passano la prova finale saranno in grado di applicare i principi metodologici e gli algoritmi studiati per la progettazione di innovativi sistemi di Pattern Recognition, in contesti multidisciplinari.</p> <p>AUTONOMIA DI GIUDIZIO. Gli studenti che passano la prova finale saranno in grado di analizzare i requisiti di progettazione e di scegliere il sistema di classificazione che meglio si adatta al caso di studio.</p> <p>ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. Gli studenti che passano la prova finale saranno in grado di compilare un rapporto tecnico e di costruire una opportuna presentazione inerente un qualunque lavoro di progettazione, sviluppo e misura di prestazioni di un sistema di Pattern Recognition.</p> <p>CAPACITÀ DI APPRENDERE. Gli studenti che passano la prova finale saranno in grado di proseguire in autonomia l'approfondimento dei temi trattati a lezione, realizzando il necessario processo di apprendimento continuo che caratterizza la professionalità in ambito ICT.</p>				
10589485   THERAPEUTIC APPLICATIONS OF LOW FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS	2°	2°	6	ENG
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p>L'obiettivo principale di questo corso interdisciplinare è quello di fornire agli studenti gli strumenti teorici e pratici necessari per la conoscenza di importanti applicazioni biomedicali di diffuso uso clinico basate sugli effetti biologici dei campi elettromagnetici.</p> <p>Una volta superato l'esame gli studenti avranno una visione d'insieme delle applicazioni cliniche basate sui campi elettromagnetici a partire dai principi biofisici di base al funzionamento dell'intero dispositivo. Saranno in grado di supportare il personale medico in modo adeguato, sapranno utilizzare i software e le tecniche di misura necessarie alla validazione ed utilizzo. Saranno pronti per utilizzare gli argomenti trattati durante il corso nel mondo del lavoro come linee guida di progettazione ed ottimizzazione ed approfondirle verso applicazioni tecnologicamente più innovative.</p>				
1038345   DIGITAL INTEGRATED SYSTEM ARCHITECTURES II	2°	2°	6	ENG

Insegnamento	Anno	Semestre	CFU	Lingua
<b>Obiettivi formativi</b>				
<p>CONOSCENZA E COMPRENSIONE. progettazione RTL, linguaggio VHDL/SystemVerilog, progettazione hardware/software di microprocessori e di acceleratori hardware</p> <p>CAPACITÀ APPLICATIVE. Progetto di circuiti digitali e microprocessori, sintesi su FPGA ed ASIC, programmazione di microprocessori</p> <p>AUTONOMIA DI GIUDIZIO. Valutazione delle scelte progettuali e delle tecnologie da utilizzare.</p> <p>ABILITÀ DI COMUNICAZIONE. Stesura di specifiche e modelli simulabili, lavoro in team</p> <p>CAPACITÀ DI APPRENDERE. Qualsiasi successivo approfondimento su circuiti digitali, architetture e programmazione.</p>				

## Obiettivi formativi

Obiettivo del corso di Laurea magistrale in Ingegneria Elettronica è formare un Ingegnere in grado di progettare e sviluppare tecnologie e sistemi elettronici per la generazione, il trattamento, la trasmissione e la memorizzazione dell'informazione, nell'ambito dei più diversi contesti applicativi. Le moderne tecnologie dell'informazione e delle telecomunicazioni costituiscono un tutto unico difficilmente divisibile in settori distinti. Se da un lato i sistemi ICT (Information & Communication Technology) richiedono una pluralità di contributi tecnico-scientifici, dall'altro i componenti elettronici sono diventati essi stessi veri e propri sistemi integrati, in grado di determinare le prestazioni dei sistemi di cui fanno parte e che ne condizionano la progettazione. La caratteristica che distingue in modo specifico gli obiettivi formativi della laurea magistrale in Ingegneria Elettronica è quella di considerare i sistemi elettronici nella loro complessità e interezza tenendo anche conto delle problematiche di progettazione e realizzazione dei suoi componenti (sia hardware che software). La laurea magistrale in Ingegneria Elettronica fornisce le competenze necessarie a questa complessa figura professionale approfondendo i temi propri delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione, per l'uomo e per l'ambiente. Si delinea così un corso di studio che, basandosi sui fondamenti di matematica, fisica, informatica ed elettronica, già in possesso degli studenti grazie alla preparazione acquisita nel primo livello di laurea, li approfondisce e ne sviluppa le potenzialità applicative indirizzando l'insegnamento verso il progetto e la gestione di sistemi elettronici. Il percorso formativo della Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica si rivolge sia agli aspetti metodologici che a quelli applicativi dei sistemi elettronici nell'ambito dell'ingegneria dell'informazione. Il percorso si fonda su insegnamenti ritenuti di caratterizzazione, quali quelli su architetture dei sistemi digitali, circuiti a microonde, sistemi a radiofrequenza, componenti integrati elettronici, comunicazioni elettriche avanzate, matematica avanzata e laboratorio multidisciplinare di elettronica. Nell'ambito della specializzazione del proprio percorso formativo lo studente può scegliere insegnamenti in svariati settori di applicazione, quali i circuiti e algoritmi per l'elaborazione dell'informazione, i sistemi elettronici distribuiti, la progettazione di dispositivi e sistemi alle alte frequenze, la progettazione elettronica, la progettazione di sistemi elettronici digitali, le tecnologie microelettroniche, l'optoelettronica e fotonica, gli acceleratori di particelle e laser, l'elettronica per l'ambiente e sistemi complessi, il telerilevamento e osservazione della Terra, i sistemi elettronici per la bioingegneria e i sistemi elettronici per le telecomunicazioni.

## Profilo professionale

### Profilo

Ingegnere elettronico esperto in Sistemi elettronici per le telecomunicazioni

### Funzioni

Il profilo professionale è basato sulla capacità di analizzare, progettare, sviluppare e gestire sistemi elettronici con elevati gradi di complessità e potenzialità nel contesto applicativo dei Sistemi elettronici per le telecomunicazioni. In particolare, possono essere svolte le funzioni di: 1) analista, che comprende l'insieme delle attività che vanno all'analisi dei requisiti alla definizione delle specifiche, fino alla conduzione di verifiche (per via simulativa o in laboratorio/sul campo) e all'analisi delle corrispondenti misure; 2) progettista, che comprende l'insieme delle attività che vanno dallo studio delle specifiche alla definizione dell'architettura di sistema complessiva fino alla scelta delle opportune tecnologie elettroniche e al progetto e sviluppo di apparati, sistemi o reti di sistemi; 3) esperto in ricerca e sviluppo che comprende attività riguardanti lo sviluppo di metodologie

innovative per la modellistica, simulazione, progettazione, realizzazione e verifica di moderni dispositivi e sistemi elettronici e per l'elaborazione dei relativi dati a scopo sia scientifico che applicativo.

## **Competenze**

Progettare e sviluppare tecnologie e sistemi elettronici per la generazione, il trattamento, la trasmissione e la memorizzazione dell'informazione, nell'ambito nello specifico contesto applicativo dei Sistemi elettronici per le telecomunicazioni. In particolare: 1) capacità di svolgere operazioni di misura delle grandezze fisiche e concettuali che definiscono la prestazione di sistemi elettronici; 2) capacità di svolgere calcoli inerenti la valutazione di parametri che definiscono la prestazione di sistemi elettronici e caratteristiche tecnologiche; 3) capacità di condurre e partecipare attivamente al complesso delle attività svolte nei gruppi di ricerca e sviluppo, quali individuazione di ambiti di sviluppo innovativo, uso delle conoscenze per lo sviluppo di nuove tecniche, valutazione critica dei risultati.

## **Sbocchi lavorativi**

Gli sbocchi professionali sono connessi all'impiego in vari settori, in ambito nazionale e internazionale, caratterizzati dall'uso di sistemi elettronici (elettronica di consumo; micro e nanotecnologie elettroniche; sistemi elettronici in ambito aeronautico e aerospaziale; sistemi per il trattamento dell'informazione; sistemi per le telecomunicazioni; sistemi biomedicali; sistemi per l'ambiente; sistemi per la gestione dell'energia; sistemi di automazione e il controllo industriale. Nello specifico si elencano in ambito nazionale e internazionale: 1) aziende manifatturiere di dispositivi, apparati, sistemi e reti di sistemi elettronici, nelle quali sono richieste competenze avanzate per la progettazione, sviluppo, verifica e integrazione di sistemi di generazione, comunicazione, elaborazione e archiviazione delle informazioni, a vari livelli architetture; 2) enti di pubblica utilità, che fanno capo ad organi della Pubblica Amministrazione centrale o locale e della Pubblica Sicurezza; enti di pubblico controllo con compiti di regolamentazione e supervisione quali. enti normatori e Autorità pubbliche; enti di certificazione e laboratori di valutazione di processi, prodotti e sistemi elettronici; 3) centri di ricerca e sviluppo, sia accademici che industriali, per l'innovazione delle tecniche e delle tecnologie impiegate nei sistemi elettronici di rilevamento, elaborazione, trasmissione e gestione delle informazioni, incluse applicazioni ai sistemi complessi e distribuiti.

# **Frequentare**

## **Laurearsi**

La prova finale consiste nella redazione e discussione di un elaborato originale (tesi di laurea). La tesi di laurea è svolta dal candidato sotto la supervisione di un docente del Consiglio d'Area in Ingegneria Elettronica e costituisce un banco di prova per la verifica delle conoscenze acquisite dallo studente e della sua capacità di approfondirle ed applicarle in modo autonomo in un contesto specifico. La prova finale è svolta nell'ambito delle materie di insegnamento del corso di laurea magistrale con particolare attenzione verso il mondo dell'analisi e progettazione elettronica. Coordinato con la tesi di laurea per la prova finale, è previsto di norma lo svolgimento di ulteriori attività formative. Lo svolgimento della prova finale, o di parte di essa, può avvenire all'interno di un'attività di tirocinio interno o esterno all'università.

# Organizzazione

## Presidente del Corso di studio - Presidente del Consiglio di area didattica

Antonio D'Alessandro

## Tutor del corso

STEFANO PISA  
MAURO OLIVIERI  
FERNANDA IRRERA

## Manager didattico

## Rappresentanti degli studenti

Filippo Giovagnoli  
Elena Macchia  
Antonio Del Nobile

## Docenti di riferimento

FERNANDA IRRERA  
STEFANO PISA  
MARCO BALSÌ  
MAURO OLIVIERI  
FRANCESCO MENICHELLI  
ANTONIO D'ALESSANDRO

## Regolamento del corso

Obiettivo del corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica è formare un ingegnere in grado di progettare e sviluppare tecnologie e sistemi elettronici per la generazione, il trattamento, la trasmissione e la memorizzazione dell'informazione, nell'ambito dei più diversi contesti applicativi. Le moderne tecnologie dell'informazione e delle telecomunicazioni costituiscono un tutto unico difficilmente divisibile in settori distinti. Se da un lato i sistemi ICT (Information & Communication Technology) richiedono una pluralità di contributi tecnico-scientifici, dall'altro i componenti elettronici sono diventati essi stessi veri e propri sistemi integrati, in grado di determinare le prestazioni dei sistemi di cui fanno parte e che ne condizionano la progettazione. La caratteristica che distingue in modo specifico gli obiettivi formativi della Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica è quella di considerare i sistemi elettronici nella loro complessità e interezza tenendo anche conto delle problematiche di progettazione e realizzazione dei suoi componenti (sia hardware che software). La Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica fornisce le competenze necessarie a questa complessa figura professionale approfondendo i temi propri delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione, per l'uomo e per l'ambiente. Si delinea così un corso di studio che, basandosi sui fondamenti di matematica, fisica, informatica ed elettronica, già in possesso degli studenti grazie alla preparazione acquisita nel primo livello di laurea, li approfondisce e ne sviluppa le potenzialità applicative indirizzando l'insegnamento verso il progetto e la gestione di sistemi elettronici. Il Manifesto degli studi in Ingegneria elettronica prevede: - un curriculum in lingua italiana (LMIE, Laurea magistrale in Ingegneria Elettronica); - un curriculum in lingua inglese (MDEE, Master Degree in Electronics Engineering); - doppio titolo italo-francese; - doppio titolo italo-venezuelano; - doppio titolo anglo-americano con Georgia Tech (Atlanta, USA, Lorraine, FR) Gli esami obbligatori del curriculum LMIE sono (per un totale di 66 CFU): - Digital integrated system architectures (9 CFU, in inglese); - Componenti elettronici integrati (6+3 CFU, in italiano, unità didattica integrata - UDI); - Communication theory and engineering (9 CFU, in inglese); - Microonde (9 CFU, in italiano); - Radiofrequency electronic systems (9 CFU, in inglese); - Laboratorio multidisciplinare di elettronica (15=6+9 CFU, unità didattica integrata - UDI); - Advanced mathematics da scegliere tra (6 CFU, in inglese): Discrete mathematics (se non già sostenuto nel Corso di Laurea) o Mathematical methods for information eng. (se non già sostenuto nel Corso di Laurea); - Elementi di comunicazione tecnico-scientifica (1 CFU, in italiano, idoneità). Gli

esami obbligatori del curriculum MDEE sono (per un totale di 66 CFU): - Digital integrated system architectures (9 CFU, in inglese); - Electronic integrated components (6+3 CFU, in inglese, unità didattica integrata - UDI); - Communication theory and engineering (9 CFU, in inglese); - Microwaves (9 CFU, in inglese); - Radiofrequency electronic systems (9 CFU, in inglese); - Multidisciplinary laboratory of electronics (15=6+9 CFU, unità didattica integrata - UDI); - Advanced mathematics da scegliere tra (6 CFU, in inglese): Discrete mathematics (se non già sostenuto nel Corso di Laurea) o Mathematical methods for information eng. (se non già sostenuto nel Corso di Laurea); - Elements of technical-scientific communication (1 CFU, in inglese, idoneità). Il percorso di studi è organizzato in modo per permettere diverse specializzazioni professionali. Gli insegnamenti di indirizzo coprono argomenti relativi a varie aree tematiche, che si articolano nei seguenti percorsi formativi: - algoritmi e sistemi per l'intelligenza artificiale; - sistemi elettronici per il machine learning; - progettazione di dispositivi e sistemi alle alte frequenze; - progettazione elettronica; - progettazione di sistemi elettronici digitali; - progettazione di sistemi radianti e applicazioni; - tecnologie microelettroniche; - optoelettronica e fotonica; - acceleratori di particelle e laser; - elettronica per l'ambiente e sistemi complessi; - telerilevamento e osservazione della Terra; - sistemi elettronici per la bioingegneria; - sistemi elettronici per le telecomunicazioni. Ciascun percorso formativo è contraddistinto da 2 insegnamenti caratterizzanti e da 4 insegnamenti opzionali, di cui 2 a libera scelta. Il piano di studi individuale è sempre possibile all'interno di un'offerta formativa di settore di oltre 40 insegnamenti. Nel percorso formativo 12 CFU sono lasciati a scelta libera dello studente. In totale lo studente deve affrontare 12 esami comprendendo quelli relativi alle sue scelte. Il ciclo di studi, che prevede anche la verifica della conoscenza della lingua inglese, si conclude con una prova finale in cui lo studente deve dimostrare la padronanza dei contenuti che gli sono stati esposti e dei metodi che gli sono stati presentati. Le competenze progettuali fornite all'ingegnere elettronico sono relative alle applicazioni dei sistemi elettronici nel trattamento dell'informazione e della comunicazione. Esse si articolano in: 1) teoria dei circuiti, dei controlli automatici, dei segnali e dell'informazione; - metodologie di progettazione e realizzazione dei sistemi elettronici (Computer Aided Design CAD e Computer Aided Manufacturing CAM) e delle strutture elettromagnetiche radiative e guidanti; 2) tecnologie realizzative dei sistemi elettronici: circuiti micro e nano elettronici, tecniche circuitali delle strutture distribuite, tecnologie dei semiconduttori e fotoniche; 3) applicazioni dell'elettronica nei sistemi di elaborazione dell'informazione e nei sistemi di telecomunicazioni terrestri e spaziali, acquisizione e presentazione dei dati, programmazione di sistemi elettronici dedicati; 4) principi metodologici per il controllo di qualità, l'economia e la gestione dei sistemi elettronici. Le capacità professionali fornite al laureato magistrale in Ingegneria Elettronica gli consentono di applicarsi ai più diversi campi della ricerca, della progettazione e della produzione grazie alla flessibilità di una cultura acquisita basandosi sui modelli matematici e sulle operazioni di identificazione e simulazione. L'insieme delle competenze acquisite consente all'ingegnere elettronico magistrale di padroneggiare tutte le parti del sistema e di armonizzarle in un organismo efficiente.

**DESCRIZIONE METODI DI ACCERTAMENTO.** Tutti gli esami si concludono con una verifica delle conoscenze acquisite attraverso prove scritte e/o orali. Per qualche insegnamento sono previste delle prove intermedie. La prova finale consiste nella discussione, di fronte ad una commissione nominata dal Presidente del CAD, del contenuto della tesi di laurea magistrale appositamente assegnata allo studente e supervisionata dal docente relatore.

# Assicurazione qualità

## Consultazioni iniziali con le parti interessate

Le aziende sono state consultate, a livello di Facoltà, sistematicamente a partire dal 2006 attraverso il Protocollo di Intesa 'Diamoci Credito', ora Figi riconfermato il giorno 11/07/08. Le aree di interesse individuate sono: la progettazione e la valutazione dei corsi di studio per sviluppare un'offerta adeguata all' esigenze del mondo del lavoro, l'integrazione delle competenze delle imprese nel processo formativo dei corsi di laurea, l'orientamento degli studenti in ingresso e in uscita, l'attivazione di programmi di ricerca d' interesse tra Dipartimenti e grandi imprese. Il 2/12/08 il comitato di indirizzo e controllo si è riunito per l'esame conclusivo dell' offerta formativa 2009/10. L'offerta è stata approvata. La società Tecnip il 05/12/2008 ha espresso parere favorevole all'istituzione del corso. Nell'incontro finale della consultazione a livello di Ateneo del 19 gennaio 2009, considerati i risultati della consultazione telematica che lo ha preceduto, le organizzazioni intervenute hanno valutato favorevolmente la razionalizzazione dell'Offerta Formativa della Sapienza, orientata, oltre che ad una riduzione del numero dei corsi, alla loro diversificazione nelle classi che mostrano un'attrattività elevata e per le quali vi è una copertura di docenti più che adeguata. Inoltre, dopo aver valutato nel dettaglio l'Offerta Formativa delle Facoltà, le organizzazioni stesse hanno espresso parere favorevole all'istituzione dei singoli corsi.

## Consultazioni successive con le parti interessate

"La consultazione sul progetto formativo per l'a.a. 2016/2017 dei corsi di studio della Facoltà è avvenuta nel modo seguente: - N.1 incontro con le Organizzazioni rappresentative della produzione di beni e servizi e delle professioni in data 10.03.2015 organizzato dalla Presidenza per tutti i corsi di laurea della Facoltà. All'incontro erano presenti, oltre al Preside, al Vice Preside, al Manager Didattico e ai Presidenti di CAD/CdS, le seguenti organizzazioni rappresentative: 5 Emme informatica (Manager e Responsabile area prodotti), BIC Lazio S.p.A. (Responsabile Staff operativo), Cineca - SCIA (Information and knowledge management services), Exaltech - Impresa Latina (Co-fondatore e Vice Presidente), Ey (Reclutatrice risorse umane), GSE Gestore servizi energetici (Ingegnere gestionale), IBM (Business Development Executive), INFO EDGE, Istituto Italiano degli Attuari (Segretario Generale), Istituto Nazionale della Previdenza Sociale (Coordinatore Sezione statistico-attuariale), KYDEA impresa di Latina (CTO & Co-founder), Lait Regione Lazio (Amministratore unico), NS12 (Responsabile Marketing & Comunicazione), NttData (Responsabile HR), Ordine Nazionale degli Attuari (Presidente), SAS (SAS Academic Program manager), Telecom Italia/TIM (Strategy & Innovation - Market & Service Scenario e Risorse umane Senior Consultant). - Indagine di Cesop Communication sulla conoscenza e la percezione che le aziende italiane hanno della formazione erogata dai corsi di studio della Facoltà di Ingegneria dell'informazione, Informatica e Statistica. La ricerca ha avuto come scopo quello di effettuare una prima indagine di sfondo su due aspetti dei corsi della Facoltà: la notorietà dei corsi e la qualità percepita. 15/05/2017 L'indagine si è svolta attraverso la somministrazione di un questionario on-line con sistema CAWI ipostat-interview (domande standard e batterie con scala a intervalli da 1 a 10). Le aree del questionario riguardavano: - mercato del lavoro - esame dell'offerta formativa dei corsi della Facoltà - competenze (hard skill e soft skill) Il questionario è stato inviato a personale con funzioni decisionali nelle risorse umane di aziende operanti in Italia (addetti HR). Le aziende contattate sono state 3800, ma solo 100 questionari sono stati ritenuti validi. I casi non sono stati pesati rispettando i valori presenti nell'universo statistico di riferimento poiché solamente il 73% ha compilato i dati di base (area geografica e grandezza dell'azienda). Il dato che maggiormente si è riscontrato è stato la mancata conoscenza dell'offerta formativa della Facoltà. Questo elemento ha condizionato fortemente tutta l'indagine. Dei 73 intervistati che hanno indicato le caratteristiche base, 16 addetti provengono da piccole aziende, 15 da medie e 42 da grandi aziende. Dal nord hanno risposto in 38 unità, mentre dal centro 31 e solo 4 dal Sud e Isole. La maggioranza dei rispondenti (25 su 73 dichiaranti i dati di base) è occupato in un'azienda del settore IT (information technology). Le aziende del campione operano nei seguenti settori: Information Technology (34.7%), Industriale - manifatturiero - Trasporti (19.4%), Consulenza e revisione aziendale (15.3%), Media e comunicazione (9.7%), Chimico - Farmaceutico - biomedicale (6.9%), Grande distribuzione (5.6%), Istituzioni pubbliche (5.6%), Finanziario - assicurativo (2.8%). Dalle consultazioni è emerso quanto segue: - Alle organizzazioni presenti il 10.03.2016 è stata fornito un opuscolo della Facoltà nel quale, per ogni corso di laurea e laurea magistrale, oltre ad essere indicato il sito web del corso, erano illustrate le finalità del corso, il percorso formativo e gli sbocchi occupazionali. Tale documentazione è stata inviata in data 17.02.2016. Nel corso dell'incontro sono stati posti i seguenti temi per la valutazione dei fabbisogni formativi e degli sbocchi professionali offerti dai corsi di laurea della Facoltà: Adeguatezza degli obiettivi formativi e delle denominazioni dei corsi di laurea Adeguatezza delle figure professionali rispetto alle esigenze del mercato del

lavoro Sbocchi professionali attesi Suggerimenti sugli obiettivi e sui contenuti dei corsi di studio Opinioni sulle lauree triennali e sulla durata media dei corsi di laurea Collaborazioni in Stage/Tirocini/Tesi/Ricerca Tutte le organizzazioni hanno ritenuto validi ed interessanti i temi trattati nei corsi della Facoltà e gli sbocchi occupazionali previsti, consigliando di aumentare però la trasversalità tra i corsi di laurea in parte già presente (nei corsi Interfacoltà e Interdipartimentali). Le organizzazioni hanno poi sottolineato come nell'offerta formativa sono presenti i temi attuali come information technology e data science, big data, internet of things (IoT) e internet of everything (IoE), smart cities, robotica, domotica, cyber security, cognitive computing, social networking, cloud analytics, mobile networking, privacy, open source, open data, open agent, auspicandone però ulteriori approfondimenti e sviluppi anche per le esigenze legate all'introduzione della cittadinanza digitale nella Pubblica amministrazione. Inoltre, è stata sottolineata l'importanza di incrementare la formazione normativa soprattutto nei corsi di area statistico e attuariale. Per quanto riguarda il tema delle soft skills, sono emerse posizioni diverse tra le grandi organizzazioni e quelle medio/piccole. Secondo le prime è necessario aumentarne la presenza anche attraverso la collaborazione con le aziende disponibili a fornire seminari da inserire nell'offerta formativa come CFU. Le piccole e medie organizzazioni, invece, ritengono che sia più importante fornire una forte formazione di base soprattutto nelle lauree di primo livello. Tutte le organizzazioni hanno sottolineato come sia importante, ai fini del collocamento sul mercato del lavoro, che gli studenti conseguano il titolo in corso e che già durante il corso di studi inizino la collaborazione con mondo del lavoro, aumentando la previsione di testimonianze aziendali all'interno dei corsi, l'attivazione di stage, di progetti di ricerca e di collaborazioni nella stesura della tesi. Per attuare questi aspetti le organizzazioni hanno manifestato la loro piena collaborazione. - Indagine Cesop Communication Dalle tre aree del questionario è emerso che: - l'88% del campione prevede di assumere nel 2016 avvalendosi di risorse con formazione proveniente dalla Facoltà di Ingegneria dell'Informazione, Informatica e Statistica. L'ingegnere informatico in particolare è la figura professionale che riscuote maggior successo (19.8% su base 88). La conoscenza dell'offerta formativa dei corsi risulta molto bassa e per questo la comunicazione della Facoltà con le aziende dovrebbe essere incrementata (collaborazioni e incontri tra Facoltà e aziende). Un interessante benchmarking è il Politecnico di Milano che viene considerato un Ateneo di qualità e con una buona comunicazione. - Sul piano dei contenuti dell'offerta formativa le aziende, anche se di poco, premiano per importanza le soft skills rispetto alle hard skills (media 5.58 su scala 10). Tra le soft skills è la «Capacità di collaborare con gli altri in modo costruttivo» e la «Capacità di adattamento alle esigenze delle organizzazioni» quelle sulle quali la Facoltà deve e può incidere maggiormente. I CdS concordano di tenere conto delle seguenti indicazioni: - continuare ad approfondire nei corsi di laurea e laurea magistrale temi come information technology e data science, big data, internet of things (IoT) e internet of everything (IoE), smart cities, robotica, domotica, cyber security, cognitive computing, social networking, cloud analytics, mobile networking, privacy, open source, open data, open agent; - aumentare la trasversalità e la contaminazione tra i vari corsi di laurea, soprattutto nei corsi magistrali; - incrementare l'apprendimento delle soft skills attraverso la previsione di seminari con o senza riconoscimento di CFU; - rafforzare la formazione di base, soprattutto nelle lauree di primo livello; - aumentare la conoscenza dell'offerta formativa e rafforzare il collegamento con il mondo del lavoro prevedendo maggiori testimonianze aziendali in aula, stage, incontri con aziende, tesi di laurea in azienda, progetti di ricerca che coinvolgano anche studenti soprattutto della magistrale. Alla luce di quanto emerso si ritiene che i progetti formativi dei corsi della Facoltà siano adeguatamente strutturati al proprio interno. Si ritiene inoltre che le funzioni e le competenze che caratterizzano le figure professionali a cui preparano i vari corsi della Facoltà sono descritte in modo adeguato, e costituiscono quindi una base chiara per definire i risultati di apprendimento attesi e che i risultati di apprendimento attesi specifici e quelli generici previsti dall'ordinamento sono coerenti con le esigenze professionali, in modo che la preparazione dei laureati risponda ai più ampi bisogni della società e del mercato del lavoro (domanda di formazione)." L'area didattica di ingegneria elettronica ha avuto l'opportunità di aggiornare i contatti con il mondo dell'industria elettronica attraverso due iniziative sia nel 2018 che nel 2019. La prima iniziativa è consistita nello "Spazio Incontro" organizzato dalla stessa area didattica per la presentazione dell'offerta della Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica a tutti gli studenti della triennale a maggio sia del 2018 e 2019. La seconda iniziativa è consistita nella partecipazione dei docenti del raggruppamento dell'SSD ING-INF/01 alla riunione annuale sulla didattica dell'ingegneria elettronica, SIE-EDU, organizzata dalla Società Italiana di Elettronica a Febbraio sia nel 2018 e 2019. A tutti gli eventi hanno partecipato esponenti dell'Industria italiana nel campo dell'elettronica e dell'ICT, evidenziando la necessità in continuo aumento di assumere giovani laureati. Le edizioni 2018 e 2019 di SIE-EDU ha visto in particolare la partecipazione di ST Microelectronics che ha evidenziato la necessità di acquisire competenze nel campo dell'industria dei semiconduttori e dei sistemi elettronici in svariati campi applicativi come quelli dell'automotive, della telemedicina e "Internet of Things", tra gli altri. Si segnala inoltre la giornata Spazio Incontro organizzato dal CAD più recentemente svoltasi presso la sede di San Pietro in Vincoli a Maggio 2019 a cui hanno partecipato autorevoli rappresentanti di Telespazio e Infineon che hanno descritto le professionalità nel campo dell'Ingegneria Elettronica richieste nel mondo industriale, animando anche una tavola rotonda sulle opportunità lavorative per giovani laureati. Sono state identificate e consultate le principali parti interessate ai profili formativi in uscita (studenti, docenti, organizzazioni scientifiche e professionali, esponenti del mondo della cultura, della produzione, anche a livello internazionale). Le aree di

interesse individuate sono: la progettazione e la valutazione dei corsi di studio per sviluppare un'offerta adeguata alle esigenze del mondo del lavoro, l'integrazione delle competenze delle imprese nel processo formativo dei corsi di laurea magistrale, l'orientamento degli studenti in ingresso e in uscita, l'attivazione di programmi di ricerca d'interesse tra Dipartimenti e grandi imprese. Piccole e medie aziende sono state consultate da docenti del CdS durante le attività di tirocinio e/o stage organizzate dalla Commissione Didattica o dal singolo docente interessato attraverso il sistema Job SOUL. Queste interazioni sono state raccolte e recepite dalla Commissione Qualità del CdS per essere integrate nell'ambito delle azioni di miglioramento dell'offerta didattica. Sebbene le attività in tale direzione abbiano subito un forte rallentamento durante gli anni della pandemia, sono stati organizzati incontri con le aziende che fanno parte del Tecnopolo S.p.a. Le aziende consultate includono piccole e medie imprese tutte impegnate nel settore dell'Information and Communication Technologies o che comunque fanno ampio uso e/o sviluppano sistemi elettronici. Durante il primo incontro, svoltosi il 15.7.2021, è stata presentata l'offerta formativa del CdS e chiesto un confronto. Hanno partecipato le seguenti aziende della regione: Beam Digital, ENEA, INFORDATA S.p.A., Intecs Solutions S.p.A., Microsis S.r.l., Move2ai S.r.l., Omnia BPM, Proesys S.r.l., PROSER S.r.l., Sistemi di Telecomunicazione S.p.A., Campus Carlo Spin S.r.l., Staer Sistemi, TD Group Italia, Titan4, Universo Energia S.r.l., BM ITP. All'incontro del 15 luglio sono seguiti altri incontri su tematiche tecniche più specifiche con singoli docenti interessati che hanno dato luogo anche a contratti di collaborazione. Altri incontri sono avvenuti con esponenti di grandi aziende nell'ambito della presentazione agli studenti del CdS dell'offerta formativa della laurea magistrale in ingegneria elettronica il 21.5.2020, il 27.5.2021, 9.6.2022, 27.4.2023. Le aziende coinvolte sono state ST Microelectronics, Infineon, Motorola, Rheinmetall. A livello nazionale, ogni anno nel mese di febbraio attraverso l'evento SIE-EDU su due giorni organizzato dalla Società Italiana di Elettronica, associazione di riferimento del raggruppamento scientifico disciplinare di Elettronica (ING-INF/01), è stato approfondito il confronto con i CdS analoghi di altre sedi universitarie e con attori del mondo industriale su tutto il territorio nazionale sulle problematiche della didattica dell'elettronica, in riferimento alle evoluzioni scientifico-tecnologiche e i relativi sviluppi occupazionali. Le riflessioni emerse dalle consultazioni sono state prese in considerazione per la progettazione del CdS, soprattutto con riferimento alle potenzialità occupazionali dei laureati magistrali e all'eventuale proseguimento di studi con il Dottorato. Il confronto con le aziende, in particolare, ha confermato la scelta di un'ampia offerta a largo spettro del CdS per poter preparare meglio i laureati magistrali. Inoltre è stato sottolineato che è un valore aggiunto la possibilità di svolgere tesi in azienda come spesso avviene, auspicando che questa possibilità possa continuare ad essere incentivata.

## **Organizzazione e responsabilità della AQ del Cds**

Il Sistema di Assicurazione Qualità (AQ) di Sapienza è descritto diffusamente nelle Pagine Web del Team Qualità consultabili all'indirizzo <https://www.uniroma1.it/it/pagina/team-qualita>. Nelle Pagine Web vengono descritti il percorso decennale sviluppato dall'Ateneo per la costruzione dell'Assicurazione Qualità Sapienza, il modello organizzativo adottato, gli attori dell'AQ (Team Qualità, Comitati di Monitoraggio, Commissioni Paritetiche Docenti-Studenti, Commissioni Qualità dei Corsi di Studio), i Gruppi di Lavoro attivi, le principali attività sviluppate, la documentazione predisposta per la gestione dei processi e delle attività di Assicurazione della Qualità nella Didattica, nella Ricerca e nella Terza Missione. Le Pagine Web rappresentano inoltre la piattaforma di comunicazione e di messa a disposizione dei dati di riferimento per le attività di Riesame, di stesura delle relazioni delle Commissioni Paritetiche Docenti-Studenti e dei Comitati di Monitoraggio e per la compilazione delle Schede SUA-Didattica e SUA-Ricerca. Ciascun Corso di Studio e ciascun Dipartimento ha poi facoltà di declinare il Modello di Assicurazione Qualità Sapienza definito nelle Pagine Web del Team Qualità nell'Assicurazione Qualità del CdS/Dipartimento mutuandolo ed adattandolo alle proprie specificità organizzative pur nel rispetto dei modelli e delle procedure definite dall'Anvur e dal Team Qualità. Le Pagine Web di CdS/Dipartimento rappresentano, unitamente alle Schede SUA-Didattica e SUA-Ricerca, gli strumenti di comunicazione delle modalità di attuazione del Sistema di Assicurazione Qualità a livello di CdS/Dipartimento.