

Corso di Laurea specialistica in Ingegneria Elettronica (Classe delle lauree specialistiche in Ingegneria Elettronica – n. 32/S)

Il Corso di Laurea specialistica in Ingegneria Elettronica si propone di ampliare la formazione impartita nel primo ciclo di studi fornendo gli strumenti conoscitivi necessari per ideare e sviluppare soluzioni tecniche innovative. Questo risultato viene ottenuto attraverso un approfondimento degli aspetti teorico-scientifici della matematica, della fisica e delle altre scienze di base, coniugata con la capacità di collegare tali conoscenze con quelle impartite nelle discipline tipiche dell'ingegneria. In tal modo il laureato specialista sarà messo in grado di interpretare e descrivere problemi dell'ingegneria complessi, che richiedono un approccio interdisciplinare.

La conoscenza approfondita degli aspetti teorico-scientifici dell'ingegneria, con particolare riguardo a quelli dell'ingegneria elettronica, rende l'ingegnere specialista capace di identificare, formulare e risolvere, in modo innovativo, problemi complessi sia nell'area dell'ingegneria dell'informazione e della comunicazione (ICT) sia in altre aree ad alta tecnologia dell'industria, nelle quali la sempre maggiore presenza di sistemi e sottosistemi elettronici rende sempre più rilevante il ruolo ivi svolto dall'ingegnere elettronico.

Oltre alla formazione scientifico - tecnica, il laureato specialista in Ingegneria Elettronica acquisisce un bagaglio di conoscenze nel campo dell'organizzazione aziendale (cultura d'impresa) e dell'etica professionale; esso sarà inoltre dotato di conoscenze di contesto e di capacità trasversali; sarà in grado di utilizzare fluentemente, in forma scritta e orale, almeno una lingua dell'Unione Europea oltre l'italiano.

Gli ambiti professionali tipici per i laureati specialisti della classe sono quelli dell'innovazione e dello sviluppo della produzione, della progettazione avanzata, della pianificazione e della programmazione, della gestione di sistemi complessi, sia nella libera professione sia nelle imprese manifatturiere o di servizi che nelle amministrazioni pubbliche. La pervasività dell'elettronica, sempre più presente in modo significativo in moltissime categorie di prodotti e impianti, fa sì che le competenze dell'ingegnere elettronico siano richieste praticamente in ogni tipo e settore di produzione, in particolare: Imprese di progettazione e produzione di componenti, apparati e sistemi elettronici e optoelettronici per le telecomunicazioni e l'informatica; Industrie manifatturiere di ogni tipo per il controllo elettronico di apparati, macchine, processi industriali e per la qualificazione e controllo della qualità dei prodotti; Settori delle amministrazioni pubbliche e imprese di servizi, che applicano tecnologie e infrastrutture elettroniche per il trattamento e la trasmissione di segnali in ambito civile, industriale e dell'informazione.

Curriculum

Insegnamento	Modulo	Settore scientifico - disciplinare	CFU	Attività formativa (#)	Propedeuticità
I Anno - 1° semestre					
Fisica dello stato solido	Fisica dello stato solido	FIS/01 FIS/03	6	a	Nessuna
A scelta da Tabella C			6	c	
A scelta da Tabelle A/B/C			12	a/b/c	
I Anno - 2° semestre					
Complementi di analisi matematica	Complementi di analisi matematica	MAT/05	6	a	Metodi matematici per l'ingegneria
Microelettronica	Microelettronica	ING-INF/01	6	b	Nessuna
Circuiti integrati analogici	Circuiti integrati analogici	ING-INF/01	6	b	Elettronica analogica Circuiti integrati digitali
Ottica	Ottica	ING-INF/02	6	b	Nessuna
Misure elettroniche	Misure elettroniche	ING-INF/07	6	b	Nessuna

Insegnamento	Modulo	Settore scientifico - disciplinare	CFU	Attività formativa (#)	Propedeuticità
II Anno					
A scelta da Tabella B		ING-INF/01 -02 -07	24	b	
A scelta da Tabelle A/C			6	a/c	
A scelta da Tabella C			6	c	
A scelta da Tabelle A/B/C			9	a/b/c	
A scelta autonoma dello studente			6	d	
Ulteriori conoscenze			6	f	
Prova finale			9	e	

(#) Ai sensi dell'Art. 10 comma 1 del D.M n. 509 del 3/11/1999: a = di base; b = caratterizzanti; c = affini o integrative; d = a scelta autonoma dello studente; e = prova finale; f = ulteriori conoscenze

Insegnamenti/Moduli a scelta curriculare

X indica la collocazione di ciascun modulo nei semestri.

Si noti che **non sono previsti** insegnamenti opzionali al 1° anno II semestre

Tabella A - Attività formative di base

Insegnamento/Modulo	S S D	CFU	1° Anno I Sem	2° Anno I Sem	2° Anno II Sem	Propedeuticità
Geometria e algebra II	MAT/03	3	X	X		Nessuna
Equazioni differenziali	MAT/05	3		X		Metodi matematici per l'ingegneria
Analisi funzionale	MAT/05	6			X	Metodi matematici per l'ingegneria
Chimica II	CHIM/07	3	X	X		Chimica
Superconduttività	FIS/03	3			X	Struttura della materia
Struttura della materia	FIS/03	6		X		Nessuna

Tabella B - Attività formative caratterizzanti

Insegnamento/Modulo	S S D	CFU	1° Anno I Sem	2° Anno I Sem	2° Anno II Sem	Propedeuticità
Architettura dei sistemi integrati	ING-INF/01	6			X	Circuiti integrati digitali
Circuiti attivi a microonde e radiofrequenza	ING-INF/01	6			X	Nessuna
Circuiti integrati optoelettronici	ING-INF/01	6		X		Elettronica analogica Optoelettronica
Circuiti per l'elaborazione digitale dei segnali (Attivo da 07/08)	ING-INF/01	6		X		Nessuna
Dispositivi elettronici di potenza	ING-INF/01	6			X	Elettronica analogica
Elettronica di potenza	ING-INF/01	6	X			Elettronica analogica
Tecnologie microelettroniche	ING-INF/01	6		X		Nessuna
Antenne e propagazione	ING-INF/02	6			X	Analisi matematica II Fisica generale II Introduzione ai circuiti
Componenti e circuiti ottici	ING-INF/02	6		X		Ottica
Misure a microonde	ING-INF/02	6		X		Nessuna
non più di uno fra:						
Sensori e trasduttori di misura	ING-INF/07	6			X	Fondamenti di misure
Sistemi automatici di misura	ING-INF/07	6			X	Misure elettroniche
Sistemi di misura in tempo reale	ING-INF/07	6			X	Misure elettroniche

Tabella C - Attività formative affini o integrative

Insegnamento/Modulo	S S D	CFU	1° Anno I Sem	2° Anno I Sem	2° Anno II Sem	Propedeuticità
Modelli numerici per campi	ING-IND/31	6	X			Nessuna
Fondamenti di reti di telecomunicazioni	ING-INF/03	6			X	Analisi matematica II Geometria e algebra
Calcolatori elettronici II	ING-INF/05	6			X	Calcolatori elettronici I
Reti di calcolatori	ING-INF/05	6			X	Programmazione I
Tecnologie dei sistemi di automazione	ING-INF/04	6			X	Nessuna
Trasmissione del calore	ING-IND/10	6	X			Nessuna
Teoria dei circuiti	ING-IND/31	6		X		Introduzione ai circuiti
Sistemi elettrici industriali	ING-IND/33	6	X			Nessuna
Gestione aziendale	ING-IND/35	6		X		Economia e organizzazione aziendale
Gestione dell'innovazione e dei progetti	ING-IND/35	3			X	Gestione aziendale

Attività formative del Corso di Laurea specialistica in Ingegneria Elettronica.

Insegnamento: Analisi funzionale

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Analisi funzionale	MAT/05	a	II	6

Modalità di insegnamento: Lezione

Ore impegno docente: 50 **Ore impegno studente:** 150

Obiettivi formativi:

Il corso si propone di fornire alcuni concetti fondamentali dell'Analisi funzionale, per affrontare lo studio di argomenti specialistici utili per le applicazioni in un contesto avanzato, e di esporre qualche capitolo significativo.

Contenuti:

Spazi metrici, normati, dotati di prodotto interno, norme hilbertiane: gli esempi fondamentali. Spazi di Hilbert, teorema delle proiezioni, sistemi ortonormali completi e serie di Fourier, con esempi significativi. Funzionali lineari e continui, spazi duali, teorema di rappresentazione negli spazi di Hilbert. Operatori lineari e continui, norma, operatori aggiunti ed esempi significativi. Equazioni funzionali, punti fissi, il teorema delle contrazioni ed approssimazioni successive; applicazioni alle equazioni differenziali ordinarie ed alle equazioni integrali.

Equazioni funzionali lineari, operatori a codominio chiuso, equazioni di Riesz, spettro degli operatori autoaggiunti negli spazi di Hilbert e teoria di Hilbert-Schmidt, applicazione ai problemi ai limiti per le equazioni differenziali ordinarie del II ordine.

Cenni sugli spazi di Sobolev e formulazione variazionale di problemi ai limiti in dimensione uno.

Propedeuticità: Metodi matematici per l'ingegneria.

Prerequisiti: Complementi di analisi matematica.

Modalità di accertamento del profitto: Colloquio.

Insegnamento: Antenne e propagazione

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Antenne e propagazione	ING-INF/02	b	I	6

Modalità di insegnamento: Lezione

Ore impegno docente: 46 **Ore impegno studente:** 138

Modalità di insegnamento: Esercitazione

Ore impegno docente: 2 **Ore impegno studente:** 4

Modalità di insegnamento: Laboratorio

Ore impegno docente: 16 **Ore impegno studente:** 8

Obiettivi formativi:

Sono presentate le caratteristiche, i parametri e le tecniche di analisi di semplici sistemi radianti ai fini di un collegamento radio. Vengono inoltre presentati gli elementi fondamentali per lo studio della propagazione in presenza di idrometeore ed elevate concentrazioni di gas, nonché gli elementi di base per lo studio della propagazione in ambiente urbano.

Contenuti:

Teoremi di equivalenza, delle immagini e di reciprocità. Parametri in ricezione delle antenne. Formula del collegamento in spazio libero. Valutazione asintotica di integrali.

Gli array di antenne: principio di funzionamento, array lineari, array broadside, scansione del fascio, reti di alimentazione, esempio di array multifascio, array planari.

Le antenne filiformi: derivazione dell'equazione di Pocklington, equazione di Halen e sua soluzione, caratteristiche al variare di lunghezza e frequenza, dipoli compensato, antenne dual frequency e dipolo ripiegato. Antenna Yagi.

Le antenne a riflettore: espansione in onde piane, ottica geometrica, ottica fisica (cenni). Efficienza di una antenna a singolo riflettore. Antenne Cassegrain ed offset. Confronto tra le diverse tipologie.

Scattering da una striscia metallica : interpretazione e rilevanza dei contributi a fase stazionaria e degli 'end point'. Applicazione allo studio della propagazione in ambiente urbano (cenni)

Collegamenti in presenza di piccoli ostacoli (idrometeore, molecole di vapor d'acqua...) : valutazione delle relative attenuazioni addizionali, scelta delle frequenze.

Temperatura di rumore di una antenna. Cenni alle tecniche di diagnostica elettromagnetica

Propedeuticità: Analisi matematica II, Fisica generale II, Introduzione ai circuiti.

Prerequisiti: Propagazione, Campi elettromagnetici.

Modalità di accertamento del profitto: Colloquio mirato ad accertare la padronanza dello studente delle tecniche di analisi di semplici sistemi radianti e di alcune metodi per lo studio della propagazione dei campi e.m.

Insegnamento: Architettura dei sistemi integrati

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Architettura dei sistemi integrati	ING-INF/01	b	II	6

Modalità di insegnamento: Lezione **Ore impegno docente:** 50 **Ore impegno studente:** 150

Obiettivi formativi:

Conoscenza delle architetture dei sistemi VLSI. Capacità di progettare e analizzare a livello architetturale, circuitale e fisico circuiti e sistemi VLSI. Conoscenza dei linguaggi per la descrizione dell'hardware. Capacità di utilizzare sistemi di sviluppo per la progettazione assistita al calcolatore di sistemi VLSI.

Contenuti:

Metodologie di progetto di sistemi integrati. Astrazioni progettuali e progettazione gerarchica. Classificazione dei sistemi integrati: full-custom, basati su celle standard e programmabili. Tecniche di sintesi e di place and-route automatiche. Livelli di interconnessione e parametri parassiti. Elmore delay. Porte CMOS avanzate per sistemi VLSI. Grafo dei ritardi di un sistema combinatorio e static timing analysis. Progetto di sistemi combinatori. Progetto e temporizzazione di sistemi sequenziali. Pipelining. Distribuzione del clock. Linguaggi per la descrizione dell'hardware. Il VHDL per la descrizione e la sintesi di sistemi integrati. Circuiti aritmetici: Addizionatori, Unità logico-aritmetiche, Moltiplicatori. Testing dei sistemi integrati CMOS. Tecniche di self-testing.

Propedeuticità: Circuiti integrati digitali.

Prerequisiti: Conoscenza di base dei sistemi digitali. Conoscenza delle principali caratteristiche dei dispositivi MOS e delle logiche CMOS.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale e prova pratica sull'utilizzo degli strumenti software.

Insegnamento: Calcolatori elettronici II

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Calcolatori elettronici II	ING-INF/05	b	I	6

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 32	Ore impegno studente: 96
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 10	Ore impegno studente: 30
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 12	Ore impegno studente: 24

Obiettivi formativi:

Il corso si propone di fornire una conoscenza approfondita delle metodologie e strumenti tecnologici per la progettazione di sistemi digitali e delle principali architetture dei sistemi a microprocessore per lo sviluppo dei sistemi informatici di tipo general purpose ed embedded. Il corso fa ampio riferimento agli argomenti trattati nel corso di Calcolatori Elettronici I della laurea triennale.

Contenuti:

Architettura e programmazione dei sistemi a microprocessore: organizzazione di un computer; processori CISC/RISC general e special purpose, in logica cablata e microprogrammata; pipeline e processori superscalari; microcontrollori; repertorio codici operativi e programmazione a basso livello (assembler, C, mista); architettura di principali famiglie di processori commerciali (ARM, Motorola, Intel). Il sistema memoria: tecnologie; architetture; memorie centrali e cache. Il sistema BUS: bus sincroni, asincroni e protocolli di handshaking; esempi di Bus commerciali. Il sistema I/O: organizzazione dell'I/O; dispositivi di I/O, funzionalità principali e modello di programmazione; programmazione di driver di controllo per dispositivi di I/O commerciali; principali periferiche dei microcomputer. Progettazione dei sistemi embedded: ciclo di sviluppo e semplice progetto di microsistema per controllo processo. Processori ad elevate prestazioni: processori con uso di pipeline, superscalari; multiprocessori.

Propedeuticità: Calcolatori elettronici I.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Sviluppo di un elaborato, test al calcolatore e prova orale.

Insegnamento: Chimica II

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Chimica II	CHIM/07	a	I	3

Modalità di insegnamento: *Lezione* **Ore impegno docente:** 20 **Ore impegno studente:** 60
Si propongono i contenuti in forma di seminario sollecitando la classe alla discussione critica sugli argomenti svolti.

Modalità di insegnamento: *Esercitazione* **Ore impegno docente:** 6 **Ore impegno studente:** 15
Si propongono esercizi che sono risolti in classe dagli studenti. La soluzione è presentata e discussa in maniera critica da uno studente guidato dal docente.

Obiettivi formativi:

Conoscere le regole termodinamiche e cinetiche delle trasformazioni fisiche e chimiche, comprese le reazioni redox come responsabili dei processi elettrochimici.

Contenuti:

Interpretazione statistica dell'entropia. Aspetti cinetici e termodinamici degli equilibri fisici: solubilizzazione-precipitazione, evaporazione-liquefazione e sublimazione-brinamento. Equazioni cinetiche e meccanismi di reazione. Legge di azione di massa per reazioni in fase gassosa e in soluzione, in fase omogenea ed eterogenea. Reazioni redox. Potenziali elettrochimici standard. Celle galvaniche e di elettrolisi. Equazione di Nernst e sue applicazioni. Calcolo delle costanti di equilibrio di reazioni in soluzione da misure di potenziale. Cenni di corrosione. Principali composti organici. Seminario tematico,

Propedeuticità: Chimica.

Prerequisiti: Il I e il II principio della termodinamica.

Modalità di accertamento del profitto: Discussione di un argomento riguardante la descrizione microscopica della materia e almeno degli argomenti riguardanti il comportamento macroscopico.

Insegnamento: Circuiti attivi a microonde e radiofrequenza

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Circuiti attivi a microonde e radiofrequenza	ING-INF/01	b	II	6

Modalità di insegnamento: *Lezione* **Ore impegno docente:** 40 **Ore impegno studente:** 120

Modalità di insegnamento: *Esercitazione* **Ore impegno docente:** 15 **Ore impegno studente:** 30

Obiettivi formativi:

Fondamenti di progetto degli amplificatori a radiofrequenza e microonde; descrizione del funzionamento e delle caratteristiche dei dispositivi a stato solido utilizzati in tali circuiti.

Contenuti:

Richiami sulle linee di trasmissione e rappresentazione di un doppio bipolo con parametri S. Carta di Smith. Reti di adattamento d'impedenza.

Dispositivi attivi per circuiti a microonde: transistor bipolare, MESFET, HEMT. Circuiti equivalenti; reti di polarizzazione; parametri S e analisi dei data sheet.

Progetto di amplificatori a microonde. Guadagno di potenza. Criteri di stabilità. Criteri di progetto per amplificatori unilaterali e bilaterali. Rumore negli amplificatori. Progetto di amplificatori a basso rumore. Amplificatori a larga banda. Amplificatori a singolo stadio e multistadio.

Amplificatori di potenza. Classificazione degli amplificatori di potenza e studio della distorsione.

Oscillatori.

Propedeuticità: Nessuna.

Prerequisiti: Propagazione guidata; Circuiti a microonde; Elettronica analogica.

Modalità di accertamento del profitto: Progetto svolto e prova orale.

Insegnamento: Circuiti integrati analogici

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Circuiti integrati analogici	ING-INF/01	b	I	6

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 40	Ore impegno studente: 120
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 15	Ore impegno studente: 30

Obiettivi formativi:

Il corso ha come obiettivo l'analisi e il progetto di circuiti integrati su singolo chip di silicio. Particolare enfasi viene data alle problematiche di layout sul chip dei circuiti. Parte integrante del corso sono esercitazioni numeriche svolte in laboratorio utilizzando simulatori circuitali e tool CAD. Al termine del corso lo studente è in grado di passare, da semplici specifiche di funzionamento alla progettazione ed al layout sul silicio di circuito elettronici analogici complessi.

Contenuti:

Richiami su reti di polarizzazione e stadi amplificatori elementari. Modelli avanzati del transistor MOS. Amplificatore cascode. Carichi non lineari. Circuiti per la generazione di correnti di polarizzazione. Analisi e progetto di circuiti operazionali in tecnologia MOS, bipolare e mista. Stabilizzazione dei circuiti operazionali. Retroazione del modo comune. Riferimenti di tensione. Filtri analogici. Sistemi di conversione A/D e D/A. Circuiti a capacità commutate.

Propedeuticità: Elettronica analogica, Circuiti integrati digitali.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Circuiti integrati optoelettronici

Modulo:	SSD	Af	Anno	CFU
Circuiti integrati optoelettronici	ING-INF/01	b	II	6

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 40	Ore impegno studente: 120
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 15	Ore impegno studente: 30

Obiettivi:

Il modulo si pone come obiettivo di offrire una panoramica, dal punto di vista di sistema e delle applicazioni, dei più recenti progressi nell'ambito della fotonica integrata; con particolare riferimento ai dispositivi optoelettronici in materiali a semiconduttore e in fibra ottica. Verranno analizzati i principi di funzionamento dei più comuni dispositivi della fotonica integrata, e saranno prese in considerazione applicazioni rivolte, sia alla trasmissione di informazione a portante ottica.

Contenuti:

Gli argomenti trattati saranno: richiami di trasmissione ottica guidata, richiami di fibre ottiche, guide planari in diversi materiali semiconduttori, gli emettitori di luce integrati, dispositivi optoelettronici passivi, dispositivi optoelettronici attivi, fonorivelatori, cenni di tecnologie di realizzazione.

Propedeuticità: Elettronica analogica, Optoelettronica

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Colloquio finale.

Insegnamento: Circuiti per l'Elaborazione digitale dei Segnali

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Circuiti per l'Elaborazione digitale dei Segnali	ING-INF/01	b	II	6

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore Impegno Docente: 36	Ore Impegno Studente: 108
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore Impegno Docente: 21	Ore Impegno Studente: 42

Obiettivi formativi:

Conoscenza approfondita delle architetture dei circuiti DSP disponibili commercialmente e dell'ambiente di sviluppo per la loro programmazione. Conoscenza delle problematiche, sia teoriche che pratiche, relative alla implementazione ottimale, su DSP, dei principali algoritmi di elaborazione dei segnali digitali.

Contenuti:

Tecniche di calcolo avanzate in aritmetica a virgola fissa e mobile. Effetti derivanti dalla precisione finita dei segnali, quantizzazione dei coefficienti, prevenzione e gestione dell'overflow, tecniche di rounding. Problematiche inerenti l'implementazione in tempo reale degli algoritmi di elaborazione. Studio dei circuiti programmabili per l'elaborazione dei segnali (DSP): architetture di tipo Very-Long-Instruction-Word. Tecniche avanzate di implementazione legate alle caratteristiche dell'hardware: software pipelining, tecniche di buffering circolare, elaborazione per frame. Tecniche di analisi delle prestazioni in tempo reale dei circuiti DSP. Metodologie di in-system debugging. Problematiche di interfacciamento verso memorie e periferiche esterne. Circuiti DSP embedded in sistemi integrati su singolo chip.

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Conoscenza di base del funzionamento dei circuiti digitali e del linguaggio C per lo svolgimento delle esercitazioni

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale e prova pratica sull'utilizzo dei sistemi di sviluppo.

Insegnamento: Complementi di analisi matematica

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Complementi di analisi matematica	MAT/05	a	I	6

Modalità di insegnamento: Lezione **Ore impegno docente:** 40 **Ore impegno studente:** 120

Modalità di insegnamento: Esercitazione **Ore impegno docente:** 12 **Ore impegno studente:** 30

Obiettivi formativi:

Fornire i concetti fondamentali relativi ai metodi matematici utilizzati per affrontare alcune questioni rilevanti nell'ambito dell'ingegneria.

Contenuti:

Complementi alle successioni e serie di funzioni. Equazioni differenziali ordinarie: il problema di Cauchy; il teorema di Cauchy di esistenza e unicità locale; prime conseguenze del teorema di Cauchy; teorema di esistenza e unicità globale; prolungabilità di una soluzione. Metodi per la risoluzione di alcuni tipi di equazioni differenziali. Complementi alle equazioni differenziali lineari ordinarie.

Funzioni implicite: teorema di Dini per le equazioni; curve e superfici in forma implicita; massimi e minimi vincolati; moltiplicatori di Lagrange.

Problemi ai limiti per le equazioni differenziali ordinarie: problema di Sturm-Liouville, autovalori e autofunzioni, ortogonalità di autofunzioni relative ad autovalori distinti, equazioni non omogenee, unicità, esistenza, funzione di Green, condizione di compatibilità.

Equazioni differenziali alle derivate parziali: generalità, equazioni lineari del secondo ordine in due variabili, classificazione.

Equazioni di Laplace e Poisson: problemi al contorno di Dirichlet e di Neumann, principio del massimo, unicità per il problema di Dirichlet, separazione delle variabili, risoluzione del problema di Dirichlet per l'equazione di Poisson, formula di rappresentazione di Green, soluzione fondamentale dell'equazione di Laplace.

Equazione del calore: problema misto nella semistriscia mediante separazione delle variabili, problema di Cauchy nel semipiano mediante la trasformazione di Fourier, soluzione fondamentale dell'equazione del calore.

Equazione delle onde: problema di Cauchy nel semipiano, soluzione di D'Alembert, problema misto nella semistriscia mediante la trasformazione di Laplace.

Propedeuticità: Metodi matematici per l'ingegneria.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Componenti e circuiti ottici

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Componenti e circuiti ottici	ING-INF/02	b	II	6

Modalità di insegnamento: Lezione

Ore impegno docente: 52 **Ore impegno studente:** 150

Obiettivi formativi:

Il corso si propone di offrire gli elementi per la comprensione dei principi di funzionamento di componenti e dei circuiti ottici, basati anche su effetti non lineari, facendo riferimento alle applicazioni più comuni.

Contenuti:

Elementi di ottica in mezzi anisotropi e non lineari: introduzione ai concetti fondamentali, agli strumenti teorici per l'analisi della propagazione della radiazione alle frequenze ottiche e descrizione dei principali effetti utili nelle applicazioni.

Componenti ottici: principi di funzionamento, descrizione delle strutture e individuazione dei parametri di progetto. Strutture dielettriche guidanti, attenuatori, accoppiatori, interferometri, isolatori, divisori di potenza, circolatori, multiplexer, demultiplexer, reticoli, filtri, beam-splitter, polarizzatori, faraday rotators.

Componenti a cristalli liquidi

Cenni alle metodologie e alle tecnologie utilizzate nella realizzazione e caratterizzazione sperimentale di componenti ottici.

Circuiti ottici: analisi e progetto dell'interconnessione fra componenti con l'ausilio di strumenti teorici e numerici.

Dispositivi olografici e dispositivi ottici di memorizzazione: memorie olografiche e dischi ottici.

Propedeuticità: Ottica.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Dispositivi elettronici di potenza

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Dispositivi elettronici di potenza	ING-INF/01	b	II	6

Modalità di insegnamento: Lezione

Ore impegno docente: 42 **Ore impegno studente:** 126

Modalità di insegnamento: Esercitazione

Ore impegno docente: 12 **Ore impegno studente:** 24

Obiettivi formativi:

Conoscenza dei diversi dispositivi a semiconduttore utilizzati nelle applicazioni di potenza - caratteristiche statiche e in commutazione - limitazioni - prestazioni - campi di applicazioni.

Contenuti:

La conversione di potenza - Uso dei dispositivi nei circuiti di potenza - Strutture a semiconduttore per alte tensioni e elevate correnti - Safe Operating Area - Limitazioni elettriche e termiche sulla potenza dissipata - Rettificatori: diodo PIN, Schottky - Rettificatori controllati: SCR, GTO - Dispositivi attivi controllati: BJT, Darlington, MOS, IGBT - Caratteristiche statiche e dinamiche - Commutazioni su carico induttivo - Circuiti di pilotaggio- Integrazione dei dispositivi di potenza - Materiali e tecnologie innovative per i dispositivi di potenza.

Propedeuticità: Elettronica analogica.

Prerequisiti: Inclusi nelle propedeuticità.

Modalità di accertamento del profitto: Prove intracorso e verifica finale.

Insegnamento: Elettronica di potenza

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Elettronica di potenza	ING-INF/01	b	I	6

Modalità di insegnamento: Lezione

Ore impegno docente: 42 **Ore impegno studente:** 126

Modalità di insegnamento: Esercitazione

Ore impegno docente: 12 **Ore impegno studente:** 24

Obiettivi formativi:

Analisi e progetto di circuiti elettronici per la conversione statica dell'energia elettrica.

Contenuti:

Amplificatori di potenza lineari: Generalità, classi di funzionamento, schemi applicativi. Convertitori dc-dc switch mode: Generalità, convertitori step-down (Buck) - Step-up (Boost) - CUK - Full Bridge. Convertitori risonanti: generalità, circuiti tipo ZCS, ZVS, ZVS-CV. Convertitori con carico risonante. Circuiti integrati di potenza

Propedeuticità: Elettronica analogica.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Colloquio orale.

Insegnamento: Equazioni differenziali

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Equazioni differenziali	MAT/05	a	II	3
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 18	Ore impegno studente: 54		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 8	Ore impegno studente: 16		
Modalità di insegnamento: Seminario	Ore impegno docente: 5	Ore impegno studente: 5		

Obiettivi formativi:

Evidenziare la sinergia tra gli aspetti teorici e modellistici di alcuni problemi per le equazioni differenziali ordinarie e a derivate parziali.

Presentare alcuni metodi di risoluzione per le equazioni differenziali ordinarie e a derivate parziali particolarmente utili nelle applicazioni.

Contenuti:

Complementi alle equazioni differenziali ordinarie del secondo ordine: Teorema di Fuchs; sviluppi asintotici delle soluzioni; Equazione di Bessel.

Equazioni a derivate parziali del primo ordine: leggi di conservazione dell'energia; metodo delle caratteristiche; metodo delle soluzioni integrali.

Equazione delle onde: soluzioni speciali; problemi ben posti, unicità; il problema di Cauchy.

Cenni su spazi funzionali: spazi normati; spazi di Hilbert, distribuzioni.

Soluzioni nel senso delle distribuzioni per equazioni differenziali alle derivate parziali. Formulazione debole di problemi di evoluzione.

Propedeuticità: Metodi matematici per l'ingegneria.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Fisica dello stato solido

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Fisica dello stato solido	FIS/01-03	a	I	6
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 35	Ore impegno studente: 105		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 20	Ore impegno studente: 40		
Modalità di insegnamento: Seminario	Ore impegno docente: 5	Ore impegno studente: 5		

Obiettivi formativi:

Il corso intende fornire gli elementi di base della fisica dei solidi con particolare riferimento alla fisica dei metalli, dei semiconduttori e del magnetismo, nonché elementi delle tecniche di caratterizzazione dei materiali.

Contenuti:

Cenni di meccanica quantistica. Metalli: Densità degli stati. Livello di Fermi e funzione di Fermi. Capacità termica elettronica. Legge di Ohm e cammino libero medio. Conduttività in corrente alternata ed alte frequenze. Effetto di un

debole potenziale periodico. Gap di energia. Massa efficace. Vibrazioni reticolari. Frequenza di plasma e di Debye. Fononi. Capacità termica del reticolo. Dipendenza dalla temperatura della conduttività dei metalli.

Semiconduttori: Concetto di lacuna. Conduttività elettrica intrinseca. Proprietà di germanio e silicio. Effetto delle impurezze. Legge di azione di massa. Conduttività elettrica di semiconduttori drogati. Effetto Hall. Giunzioni p-n e caratteristica corrente –tensione. Situazioni di non equilibrio. Tempo di ricombinazione e lunghezze di diffusione.

Magnetismo: Concetti di base ed unità di misura. Regole di Hund e stato fondamentale. Diamagnetismo di Langevin. Paramagnetismo di un sistema di ioni liberi. Campo molecolare e modello di Weiss. Temperatura di Curie. Magnetizzazione spontanea. Paramagnetismo degli elettroni liberi. Fattore di Stoner. Ferromagnetismo degli elettroni liberi. Domini magnetici ed isteresi magnetica. Antiferromagnetismo. Onde di spin e magnoni.

Tecniche di indagine: Diffrazione a raggi X. Microscopie elettroniche SEM, TEM, ed STM-AFM. Spettroscopie Auger e XPS. Spettroscopia laser. Tecniche di base di sincrotrone.

Propedeuticità: Nessuna.

Prerequisiti:

Modalità di accertamento del profitto: Prova scritta, eventuale colloquio orale.

Insegnamento: Fondamenti di reti di telecomunicazioni

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Fondamenti di reti di telecomunicazioni	ING-INF/03	c	II	6

Modalità di insegnamento : Lezione	Ore impegno docente : 42	Ore impegno studente : 126
Modalità di insegnamento : Esercitazione	Ore impegno docente : 12	Ore impegno studente : 24

Obiettivi formativi:

Acquisire familiarità con gli elementi costitutivi e le finalità di una rete di telecomunicazione. Acquisire i concetti fondamentali sulle caratteristiche e problematiche inerenti principalmente le reti cablate.

Contenuti:

Introduzione: struttura di una rete per telecomunicazioni, commutazione di circuito e di pacchetto, multiplazione, condivisione delle risorse, tecniche di accesso, applicazioni e servizi. La rete telefonica pubblica fissa: architettura, TDM/PCM, gerarchie PDH e SDH, cenni sulla commutazione. Reti dati: architettura stratificata, modello ISO/OSI, Internet, suite TCP/IP. Cenni sulle reti radiomobili.

Propedeuticità: Analisi matematica II, Geometria e algebra.

Prerequisiti: Teoria dei segnali.

Modalità di accertamento del profitto: Prova scritta finale, colloquio.

Insegnamento: Geometria e algebra II

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Geometria e algebra II	MAT/03	a	I	3

Modalità di insegnamento : Lezione	Ore impegno docente : 25	Ore impegno studente : 75
---	---------------------------------	----------------------------------

Obiettivi formativi:

L'obiettivo di questo modulo è essenzialmente quello di approfondire le conoscenze acquisite nel corso di Geometria e algebra, affrontando questioni di algebra lineare più avanzate di immediato utilizzo nei corsi caratterizzanti.

Contenuti:

Forme bilineari reali simmetriche, forme complesse hermitiane e forme quadratiche associate (proprietà fondamentali, disuguaglianze, matrici reali simmetriche e antisimmetriche, matrici complesse hermitiane e antihermitiane, cambiamenti di base, congruenze). Forme bilineari reali simmetriche e basi ortogonali (Teorema di esistenza di una base ortogonale in un campo di caratteristica diversa da due, caso complesso, Teorema di Sylvester). Matrici ortogonali, matrici unitarie e basi ortonormali. Endomorfismi simmetrici (definizioni, teorema spettrale, teorema della base spettrale, espressione matriciale, cambiamenti di base).

Endomorfismi unitari, prodotti hermitiani, endomorfismi hermitiani. Decomposizione in valori singolari di una matrice complessa. Norme di matrici, norma spettrale e norma di Frobenius. Matrici in forma canonica di Jordan (blocchi di Jordan, autospazi generalizzati, riduzione al caso triangolare con un solo autovalore, caso generale).

Propedeuticità: Nessuna.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Gestione aziendale

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Gestione aziendale	ING-IND/35	c	II	6
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 40	Ore impegno studente: 110		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 12	Ore impegno studente: 26		
Modalità di insegnamento: Seminario	Ore impegno docente: 8	Ore impegno studente: 10		
Modalità di insegnamento: Prova intracorso	Ore impegno docente: 4	Ore impegno studente: 4		

Obiettivi formativi:

Conoscenza degli elementi base relativi alla progettazione del sistema di controllo di gestione, delle tecniche di allocazione dei costi e di analisi degli scostamenti.

Capacità di articolare il processo di budgeting nelle sue diverse fasi e di elaborare report relativi al controllo di gestione.

Contenuti:

La pianificazione d'impresa, il controllo di gestione: finalità e legami con il processo di pianificazione strategica. Le diverse fasi del processo di budgeting. Identificazione di finalità e obiettivi del sistema di controllo. Progettazione della struttura organizzativa del sistema di controllo. Progettazione della struttura tecnico-contabile. La rilevazione e l'imputazione dei costi: tecniche tradizionali, tecniche activity-based. Il controllo dei costi: confronto fra costi effettivi e costi obiettivo. L'analisi degli scostamenti e l'identificazione e attuazione di interventi correttivi.

Propedeuticità: Economia e organizzazione aziendale.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova scritta e orale.

Insegnamento: Gestione dell'innovazione e dei progetti

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Gestione dell'innovazione e dei progetti	ING-IND/35	c	II	3
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 20	Ore impegno studente : 60		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 5	Ore impegno studente : 10		
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 10	Ore impegno studente : 5		

Obiettivi formativi:

Conoscenza delle problematiche relative all'innovazione tecnologica e alla gestione dell'innovazione tecnologica. Conoscenza delle problematiche e delle tecniche di project management. Conoscenza della struttura e delle funzionalità di un business plan

Contenuti:

L'impresa come sistema aperto. La gestione strategica dell'impresa: gestione corrente e gestione non corrente. Definizione di tecnologia. Tecnologie di prodotto e di processo. Il ciclo di vita per singola tecnologia. Il patrimonio tecnologico dell'impresa. Cambiamento tecnologico e innovazione tecnologica. Innovazioni di prodotto e innovazioni di processo. Innovazioni radicali e innovazioni evolutive. Il rapporto tra tecnologia e organizzazione. Le risorse per i processi di innovazione tecnologica. Il ruolo delle risorse umane nei processi di innovazione tecnologica. L'innovazione tecnologica nelle piccole e medie imprese. L'innovazione tecnologica e le imprese a rete. La gestione di un progetto di innovazione tecnologica e le tecniche di project management. L'analisi di fattibilità tecnico-economica di un progetto di innovazione tecnologica. Cenni alla struttura e ai contenuti del business plan.

Propedeuticità : Gestione aziendale.

Prerequisiti : Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova scritta e orale.

Insegnamento: Microelettronica

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Microelettronica	ING-INF/01	b	I	6

Modalità di insegnamento: Lezione

Ore impegno docente: 50 **Ore impegno studente:** 150

Obiettivi formativi:

Il corso è rivolto allo studio del funzionamento e della progettazione dei dispositivi utilizzati nei circuiti VLSI. Ulteriore obiettivo del corso è quello di illustrare le principali problematiche nella realizzazione dei circuiti VLSI e l'evoluzione dell'industria dei semiconduttori.

Contenuti:

Dopo alcuni richiami relativi fondamenti della fisica dei dispositivi a semiconduttore ed ai processi tecnologici alla base della realizzazione dei circuiti integrati, sono illustrate le caratteristiche dei dispositivi attivi più utilizzati nei circuiti ad elevata densità di integrazione, ovvero i transistori bipolari e i transistori MOS. Sono quindi descritte le principali problematiche relative al progetto di questi dispositivi, con particolare attenzione ai dispositivi di ultima generazione, e i corrispondenti modelli utilizzati dal programma di simulazione circuitale SPICE. Nell'ultima parte del corso sono illustrate le tecniche e le problematiche relative all'integrazione e alla miniaturizzazione dei dispositivi nei sistemi VLSI realizzati in tecnologia bipolare, MOS, CMOS e BICMOS.

Propedeuticità: Nessuna.

Prerequisiti: Elettronica analogica, Elettronica digitale, Dispositivi elettronici.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Misure a microonde

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Misure a microonde	ING-INF/02	b	II	6

Modalità di insegnamento: Lezione

Ore impegno docente: 30 **Ore impegno studente:** 90

Modalità di insegnamento: Laboratorio

Ore impegno docente: 24# **Ore impegno studente:** 60

#Le ore effettive di impegno docente sono 24 x n turni; 1 turno = 12 studenti

Obiettivi formativi:

Far apprendere le fondamentali tecniche di misura a microonde, con il sostegno degli elementi teorici essenziali e fino al livello effettivamente operativo.

Contenuti:

Circuiti in guida d'onda per la misura di coefficienti di riflessione. Circuiti in guida d'onda per la misura di coefficienti di trasmissione. Misure a frequenza variabile. Analizzatore di reti. Analizzatore di spettro. Misure di permittività. Misure su antenne in campo lontano e in campo vicino. Misure di campo ambientale a banda larga e a banda stretta.

Propedeuticità: Nessuna.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Durante le esercitazioni è possibile verificare il grado di apprendimento riguardo la conoscenza e l'utilizzo delle tecniche di misura e dei componenti passivi a microonde descritti durante le lezioni. L'esame consiste in una prova orale in cui si verificano, attraverso quesiti di carattere teorico e pratico, le conoscenze acquisite e si discutono i risultati delle misure effettuate in laboratorio che vengono prodotti mediante teline.

Insegnamento: Misure elettroniche

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Misure elettroniche	ING-INF/07	b	I	6

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 44	Ore impegno studente: 132
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 5	Ore impegno studente: 10
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 8	Ore impegno studente: 8

Obiettivi formativi:

Insegnare all'allievo i principali metodi di misura e l'architettura della più recente strumentazione di laboratorio attualmente impiegati in un moderno laboratorio elettronico.

Contenuti:

Metodi di misura su componenti passivi (metodo volt-amperometrico, metodo della caduta di potenziale, metodi di ponte) e attivi (metodi di misura di tensioni, correnti, potenze, frequenza, fase, periodo). Architettura della strumentazione adottata nell'implementazione dei metodi succitati.

Propedeuticità: Nessuna.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Colloquio finale.

Insegnamento: Modelli numerici per i campi

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Modelli numerici per i campi	ING-IND/31	c	I	6

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 36	Ore impegno studente: 108
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 12	Ore impegno studente: 20
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 12	Ore impegno studente: 22

Obiettivi formativi:

L'obiettivo del corso è duplice: fare conoscere i principi del calcolo scientifico; fornire gli strumenti per la risoluzione con il calcolatore di alcune classi di problemi di campo. Nel laboratorio numerico è utilizzato il linguaggio di programmazione MATLAB®.

Contenuti:

Soluzione di sistemi di equazioni algebriche lineari. Metodi diretti: sistemi triangolari, metodo di Gauss, la decomposizione LU, il problema del condizionamento, analisi degli errori. Metodi iterativi: metodi di Jacobi, Gauss-Seidel e rilassamento, il problema della convergenza. Metodi del gradiente, metodo del gradiente coniugato, preconditionamento. Metodi rapidi. Decomposizione SVD. Soluzione di sistemi di equazioni algebriche non lineari: iterazione di punto fisso, metodo di Newton-Raphson, convergenza. Soluzione di sistemi di equazioni differenziali ordinarie: il metodo di Eulero, il metodo di Crank-Nicholson, metodi espliciti e impliciti; consistenza, stabilità e convergenza. Formulazioni differenziali di alcune classi di problemi di campo. Il problema delle condizioni al contorno. Metodo delle differenze finite. Formulazioni deboli. Metodo dei residui pesati: metodo della collocazione e metodo di Galerkin. Approssimazione in uno spazio a dimensione finita. Metodo degli elementi finiti. Formulazioni integrali di alcune classi di problemi di campo. Laboratorio numerico.

Propedeuticità: Nessuna.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale con discussione di un problema risolto numericamente al calcolatore.

Insegnamento: Ottica

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Ottica	ING-INF/02	b	I	6

Modalità di insegnamento: Lezione
Modalità di insegnamento: Esercitazione

Ore impegno docente: 48 **Ore impegno studente:** 144
Ore impegno docente: 4 **Ore impegno studente:** 6

Obiettivi formativi:

Il corso offre gli elementi per lo studio della propagazione elettromagnetica a frequenze elevate e per la comprensione dei principi necessari per la descrizione del funzionamento delle antenne alle alte frequenze e dei sistemi e componenti ottici.

Contenuti:

Ottica geometrica e soluzione asintotica delle equazioni di Maxwell, derivazione e limiti. Trasporto dell'intensità e della polarizzazione. Teoria geometrica dei sistemi ottici, teorema di Maxwell, ottica gaussiana e trasformazioni proiettive. La matrice delle costanti gaussiane, punti e piani cardinali. Lente sottile e spessa in aria, Sistemi ottici in cascata, tracciamento dei raggi. Diaframmi pupille ed aperture. Aberrazione cromatica, oculari. Sistemi ottici elementari, descrizione mediante l'ottica gaussiana e applicazioni. Fibre ottiche, semplice modello di propagazione. Aberrazione monocromatica, funzione di aberrazione, approssimazione parassiale estesa, aberrazioni primarie e correzioni. Condizione dei seni. Teoria della coerenza, tempo e lunghezza di coerenza. Elementi di interferometria e applicazioni. Interferenza per divisione di ampiezza. Interferenza per divisione di fronte d'onda. Sorgenti policromatiche. Sorgenti estese. Interferometri di Michelson e di Rayleigh. Teoria della diffrazione. Approssimazione di Kirkoff. Teoria geometrica della diffrazione.

Propedeuticità: Nessuna.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Reti di calcolatori

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Reti di calcolatori	ING-INF/05	b	III	6

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 37	Ore impegno studente: 111
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 15	Ore impegno studente: 30
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 7	Ore impegno studente: 9

Obiettivi formativi:

Scopo del modulo è fornire le nozioni teoriche e le necessarie conoscenze operative nel settore delle reti di calcolatori, con particolare riferimento alle applicazioni ed ai servizi. Tra gli obiettivi formativi rientrano la conoscenza delle esigenze di comunicazione delle moderne applicazioni informatiche e telematiche ed i modelli di base per la progettazione e l'integrazione di sistemi informativi basati su reti di calcolatori. Sono altresì obiettivi formativi del modulo la presentazione dei principali servizi e protocolli applicativi ad oggi utilizzati nel contesto dell'architettura TCP/IP, cardine della rete Internet. Il corso prevede inoltre una formazione iniziale sulle tecnologie per la programmazione distribuita e sul modello client/server, una buona operatività nella configurazione base di semplici sistemi di rete basati sulla tecnologia TCP/IP, la capacità di utilizzare semplici strumenti per la simulazione, il monitoraggio, la gestione e la configurazione di reti di calcolatori. Il programma del corso parte dall'introduzione dei concetti generali relativi alle tecniche di comunicazione nelle moderne reti di calcolatori. Si passa, in seguito, allo studio dei principali protocolli disponibili ai vari livelli dello stack di comunicazione, concentrando l'attenzione sulle applicazioni e sui servizi supportati dalla rete. Fa parte del programma l'analisi delle principali tecnologie per la realizzazione di reti locali sia di tipo *wired* che *wireless*, nonché lo studio delle tecniche per la gestione di infrastrutture di rete ad estensione geografica. L'approccio adottato è volto allo studio pratico dei protocolli e delle tecniche di comunicazione ed assume la rete Internet come esempio principe di infrastruttura di comunicazione su larga scala.

Contenuti:

Concetti generali – Commutazione di circuito – Commutazione di pacchetto. Stratificazione – Servizi e protocolli – Breve storia della rete Internet HTTP (Hyper-Text Transfer Protocol) – FTP (File Transfer Protocol) – DNS (Domain Name System) – SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) – POP3 (Post Office Protocol) – IMAP (Internet Mail Access Protocol) – Cenni su Content Delivery Networks (CDN) e Reti Peer-to-Peer (P2P).

Il protocollo IP (Internet Protocol): introduzione e concetti generali – Subnetting ICMP (Internet Control Message Protocol) – ARP (Address Resolution Protocol) – Programmi ping e traceroute - IP versione 6 (IPv6).

Routing IP: Concetti generali – Introduzione ai protocolli IGP (Interior Gateway Protocol) ed EGP (Exterior Gateway Protocol) – Protocolli link-state (Open Shortest Path First Protocol – OSPF) – Protocolli Distance Vector – Routing gerarchico – Routing inter-dominio (Border Gateway Protocol – BGP).

IP Multicasting: concetti generali – protocollo IGMP (Internet Group Management Protocol) – Multicast routing: concetti generali Protocollo UDP (User Datagram Protocol) Problemi legati alla trasmissione affidabile dei dati –

Algoritmi “Go Back N” e “Selective Repeat” Protocollo TCP (Transmission Control Protocol) – TCP congestion control.
 Programmazione con le socket di Berkeley.
 Livello Data Link: Introduzione e concetti generali – Tecniche di rilevazione e correzione degli errori.
 Protocolli di accesso multiplo: TDM, FDM, CDMA, ALOHA, Slotted ALOHA, CSMA, CSMA/CD.
 Ethernet (802.3) – Hub, Switch, Bridge – Reti WiFi (802.11) – Bluetooth (cenni).
 ATM (Asynchronous Transfer Mode) – Frame Relay – X.25.

Propedeuticità: Programmazione I.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: L'esame è costituito da due diverse prove: svolgimento di un questionario a risposta multipla, prova orale. L'esame si intende superato qualora entrambe le prove previste vengano superate con esito positivo.

Insegnamento: Sensori e trasduttori di misura

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Sensori e trasduttori di misura	ING-INF/07	b	I	6
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 25	Ore impegno studente: 70		
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 40	Ore impegno studente: 80		

Obiettivi formativi:

Obiettivo del corso è fornire la capacità di individuare le caratteristiche metrologiche necessarie al progetto e alla realizzazione di un sistema di misura basato su sensori e trasduttori di misura. Inoltre, il corso si propone di fornire, attraverso un approccio metodologico e con riferimento alla normativa di settore, le basi per la realizzazione di sistemi di misura complessi basati su sensori intelligenti per applicazioni di tipo ambientale e industriale.

Contenuti:

Caratteristiche metrologiche dei sensori. Il modello del sensore: funzione di conversione, grandezze di influenza, campo di misura, campo di variabilità dell'uscita, comportamento energetico. La caratterizzazione del sensore. Il funzionamento in regime stazionario. Caratteristiche statiche: Sensibilità, Linearità, Soglia, Risoluzione, Incertezza. Il funzionamento in regime dinamico. Caratteristiche dinamiche: tempo di risposta e risposta in frequenza. Principi fisici di funzionamento dei sensori. Tecnologie di realizzazione.

Principali architetture di acquisizione dati. Condizionamento dei sensori: scopi e criteri di progetto. Condizionamento dei sensori resistivi. Condizionamento dei sensori a reattanza. Condizionamento dei sensori in tensione. Amplificatori di misura. Tecniche di linearizzazione della caratteristica dei sensori.

Sensori Intelligenti. Trasduttori “Smart”: autocompensazione, autocalibrazione, e autoverifica; multisensing. Web Sensors. Il monitoraggio su larga scala attraverso le reti distribuite di sensori. Realizzazione di una rete di sensori secondo le linee guida dello Standard IEEE 1451. Il problema della raccolta e dell'elaborazione dei dati: tecniche di ottimizzazione. Data processing e sensor data fusion. Il problema della risposta dei dati di misura ai limiti di specifica: conformità a specifiche secondo lo Standard EN ISO 14253. Principali applicazioni in ambito industriale e ambientale. Esperienze pratiche di Laboratorio.

Propedeuticità: Fondamenti di misure.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova sperimentale e prova orale.

Insegnamento: Sistemi automatici di misura

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Sistemi automatici di misura	ING-INF/07	b	II	6
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 30	Ore impegno studente: 90		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 15	Ore impegno studente: 30		
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 21	Ore impegno studente: 21		
Modalità di insegnamento: Seminario	Ore impegno docente: 6	Ore impegno studente: 9		

Obiettivi formativi:

Controllo remoto della strumentazione automatica di misura.

Contenuti:

Controllo remoto della strumentazione automatica di misura: protocolli di comunicazione seriale: RS-232/485; modem; ethernet; fieldBus; wireless modem; sistemi remoti di acquisizione dati. Stazioni automatiche di misura per il monitoraggio di grandezza fisiche; Stazioni automatiche di misura per il controllo di sistemi produttivi e impianti; Software per la gestione automatica delle stazioni di telemisura.

Propedeuticità: Misure elettroniche.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Colloquio finale.

Insegnamento: Sistemi di misura in tempo reale

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Sistemi di misura in tempo reale	ING-INF/07	b	II	6
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 30	Ore impegno studente: 90		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 15	Ore impegno studente: 30		
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 21	Ore impegno studente: 21		
Modalità di insegnamento: Seminario	Ore impegno docente: 6	Ore impegno studente: 9		

Obiettivi formativi:

Insegnare allo studente ad affrontare le problematiche di misura connesse con l'elaborazione in tempo reale dei segnali di misura.

Contenuti:

Architettura generale dei sistemi di misura basati su DSP; Acquisizione di segnali e generazione di stimoli di misura su sistemi a DSP; Algoritmi di misura in tempo reale mediante DSP; Algoritmi di misura in linea mediante DSP.

Propedeuticità: Misure elettroniche.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: colloquio finale.

Insegnamento: Sistemi elettrici industriali

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Sistemi elettrici industriali	ING-IND/33	c	I	6
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 40	Ore impegno studente: 120		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 15	Ore impegno studente: 30		

Obiettivi formativi:

Il corso fornisce un quadro esaustivo sulle apparecchiature elettriche e di sicurezza (macchine elettriche, componenti di manovra, protezione e misura) presenti in sistemi industriali o grandi centri civili terziari, ai principi di funzionamento, ai criteri di scelta e alle modalità di gestione. Il corso vuole fornire al futuro ingegnere gli strumenti tecnico-gestionali minimi, che gli consentano di poter operare scelte oculate nella sua vita professionale.

Contenuti:

Principi di funzionamento e criteri di utilizzo dei trasformatori, dei motori asincroni e in corrente continua. Funzionamento e scelta dei principali componenti di manovra, protezione e controllo di un sistema elettrico. Schemi di funzionamento di impianti di conversione statica, di corrente alternata in continua, di corrente continua in continua e di corrente continua in alternata. Impianti di rifasamento, di terra e di protezione contro le scariche atmosferiche. Sistemi elettrici di sicurezza relativi a protezioni antincendio, antintrusione e TVCC. Elementi progettuali e di gestione centralizzata degli impianti tecnologici e di sicurezza.

Propedeuticità: Nessuna.

Prerequisiti: Conoscenza degli argomenti trattati nel corso di Elettrotecnica (oltre alla preparazione fisico-matematica).

Modalità di accertamento del profitto: Esame orale al termine del corso.

Insegnamento: Struttura della materia

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Struttura della materia	FIS/03	a	II	6

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 45	Ore impegno studente: 120
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 15	Ore impegno studente: 15
Modalità di insegnamento: Attività seminariale	Ore impegno docente: 12	Ore impegno studente: 15

Obiettivi formativi:

Il corso fornisce strumenti metodologici propri della fisica moderna in relazione ad aspetti fondamentali della struttura della materia. Elementi di meccanica quantistica. Problematiche relative agli stati condensati. Particolare attenzione viene dedicata alla superconduttività e sue applicazioni.

Contenuti:

Stati e trasformazioni della materia. Elementi di meccanica quantistica: Fondamenti sperimentali della teoria dei quanti, elementi di Meccanica Ondulatoria (Equazione di Schrodinger), applicazioni: atomo di idrogeno, effetto tunnel. Termodinamica e tecniche criogeniche: richiami di termodinamica, raffreddamento isoentropico, smagnetizzazione atomica e nucleare, elio liquido ed elementi di superfluidità, sistema a diluizione He^3/He^4 , elio solido ed effetto Pomeranchuk. Superconduttività. Proprietà superconduttive: conduttore perfetto, diamagnetismo perfetto (Effetto Meissner), campo magnetico critico, effetto isotopico, proprietà termiche. Teorie fenomenologiche. Teoria di London: Eq. London, L_L , elettroni e superelettroni, potenziale vettore e gauge di London. Quantizzazione del flusso. Termodinamica della transizione Superconduttiva: Potenziale Termodinamico di Gibbs, Transizione di fase del I e del II ordine. Teoria di Ginzburg-Landau. Risultati della teoria BCS. Effetto Josephson (modello di Feynman), caratteristiche I-V giunzioni, SQUID. Introduzione ai superconduttori ad alta T_c .

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Superconduttività

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Superconduttività	FIS/03	a	II	3

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 20	Ore impegno studente: 60
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 15	Ore impegno studente: 15

Obiettivi formativi:

Il corso si propone di fornire all'allievo conoscenze scientifiche riguardanti la superconduttività nei suoi aspetti teorici e sperimentali sia relativamente a superconduttori tradizionali sia a materiali superconduttori non convenzionali. Aspetti tecnologici ed applicazioni.

Contenuti:

Tecnologie di preparazione di campioni superconduttori. Effetto tunnel tra superconduttori. Teoria della superconduttività debole. Giunzioni Josephson. Effetto del campo magnetico e della geometria. Caratteristiche corrente-tensione e fluttuazioni. Altre configurazioni di strutture Josephson. Effetti non stazionari. Tecnologie di preparazione di giunzioni tunnel. Superconduttori non convenzionali. Superconduttori ad alta temperatura critica. Caratteristiche generali e strutturali degli ossidi cuprati superconduttori. Proprietà elettroniche e di trasporto. Simmetrie nonconvenzionali del parametro d'ordine. Problemi di fabbricazione di giunzioni Josephson ad alta T_c (Strutture a bicristallo e biepitassiali). Effetti quantistici macroscopici (MQT ed MQC) nelle giunzioni Josephson. Applicazioni della superconduttività (elettrotecniche ed elettroniche) con particolare riferimento alla dispositiviistica SQUID (applicazioni in Biomagnetismo, NDE etc.). Strutture superconduttive come rivelatori di radiazione.

Propedeuticità: Struttura della materia.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Tecnologie microelettroniche

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Tecnologie microelettroniche	ING-INF/01	b	II	6

Modalità di insegnamento: Lezione **Ore impegno docente:** 42 **Ore impegno studente:** 126

Modalità di insegnamento: Esercitazione **Ore impegno docente:** 12 **Ore impegno studente:** 24

Obiettivi formativi:

Fornire allo studente i fondamenti dei processi tecnologici necessari per progettare dispositivi a stato solido con l'impiego di idonei programmi numerici di processo e di verifica delle caratteristiche elettriche.

Contenuti:

Crescita del cristallo: tecniche Czochralski e a zona fusa mobile; coefficiente di segregazione; difetti cristallini; processi di "gettering".

Processo litografico. Sistemi di esposizione; risoluzione nei sistemi a proiezione; maschere a sfasamento; camera bianca. Evoluzione e costo della litografia.

Ossidazione: modello Deal Grove; dipendenza della velocità di ossidazione dai parametri fisici del cristallo e degli agenti ossidanti. Processi di isolamento dei dispositivi.

Processi di diffusione termica; interazione tra impurità e difetti puntuali. Diffusione estrinseca. Dipendenza dai parametri fisici del sistema. Maschere per diffusione. Caratteristiche delle sorgenti.

Impiantazione ionica; descrizione della distribuzione teorica del drogante; profili reali. Danno cristallino; attivazione elettrica; fenomeni connessi all'impiantazione; maschere per impiantazione. Applicazioni. Sistemi di impiantazione ionica.

Tecniche di rilevazione di profili di drogante in film sottili.

Deposizione di film sottili: Caratteristiche e cinetica del processo epitassiale. Deposizioni chimiche e fisiche da fase vapore a bassa pressione, a pressione atmosferica e mediante plasma.

Tecniche di attacco di film sottili su base fisica, su base chimica e su base chimica e fisica

Realizzazione dei profili di drogaggio di una struttura assegnata mediante il programma numerico di processo ICECREM e verifica delle relative caratteristiche elettriche mediante il programma numerico bidimensionale PISCES2B.

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti:

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Tecnologie dei sistemi di automazione

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Tecnologie dei sistemi di automazione	ING-INF/04	c	II	6

Modalità di insegnamento: Lezione **Ore impegno docente:** 38 **Ore impegno studente:** 114

Modalità di insegnamento: Esercitazione **Ore impegno docente:** 4 **Ore impegno studente:** 6

Modalità di insegnamento: Laboratorio **Ore impegno docente:** 10 **Ore impegno studente:** 30

Obiettivi formativi:

Educare lo studente alle problematiche di progettazione hardware e software di sistemi di automazione industriale basati su Controllori a Logica Programmabile (PLC).

Contenuti:

Supervisione e Controllo logico/sequenziale. Strumenti per la descrizione di sistemi logici e degli algoritmi di controllo (Sequential Functional Chart, Ladder diagram). Architetture hardware per la realizzazione del controllo. Lo standard IEC-1131. Sistemi per il controllo di supervisione e l'acquisizione dati. Reti Informatiche per l'Automazione: il modello OSI, integrazioni tra reti, il protocollo MAP, reti di campo (ASI, Seriplex, Interbus-S, reti basate sul bus CAN, Fieldbus,

Profibus). Cenni sulla Modellistica dei sistemi a eventi discreti. Gli automi a stati. Le reti di Petri. Specifiche del controllo supervisivo. Sintesi del supervisore. Problematiche di realizzazione del supervisore.

Il corso prevede attività di laboratorio che gli studenti svolgeranno autonomamente. È richiesto che gli studenti preparino in anticipo tali attività.

Propedeuticità: Nessuna.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Elaborato da svolgere durante il corso, prova scritta, prova orale.

Insegnamento: Teoria dei circuiti

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Teoria dei circuiti	ING-IND/31	c	II	6

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 40	Ore impegno studente: 120
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 10	Ore impegno studente: 20
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 10	Ore impegno studente: 10

Obiettivi formativi:

Arricchire il bagaglio di strumenti e metodologie di analisi dei circuiti, illustrare gli aspetti di base della teoria dei circuiti non lineari, sviluppare la capacità di analisi qualitativa e numerica dei circuiti, introdurre le principali fenomenologie non lineari.

Contenuti:

Circuito fisico, modello circuitale, soluzione analitica e numerica; esempi. Rivisitazione del modello circuitale e degli elementi circuitali. Elementi di teoria dei grafi: matrici di incidenza di nodo e di maglia, sistema fondamentale, equazioni di Tableau, forma canonica delle equazioni circuitali. Esempi di analisi di reti non lineari statiche e dinamiche, incongruenze di modellazione, fenomeno della "impasse". Problemi di esistenza ed unicità della soluzione, teorema di Picard-Liendelöf; esempi. Equazioni di stato "locali". Stabilità delle soluzioni, esistenza e unicità del regime in reti non lineari. Comportamento asintotico di circuiti non lineari: esempi di circuiti con più soluzioni di regime; esempi di circuiti con biforcazioni e dinamiche caotiche. Circuiti a costanti distribuite (linee di trasmissione). Modelli di interconnessioni, identificazione e riduzione d'ordine.

Algoritmi per la soluzione numerica di circuiti statici non lineari: algoritmi di punto fisso, metodo di Newton-Raphson e secante, circuito equivalente. Algoritmi per la soluzione numerica di circuiti dinamici: integrazione e classificazione degli errori, algoritmi di Eulero e dei trapezi. Stabilità e stima dell'errore numerico. Introduzione ai problemi di ottimizzazione nella progettazione circuitale. Definizioni e background matematico. Principali algoritmi per l'ottimizzazione deterministici, di ordine zero, uno e due. Cenni ad algoritmi stocastici: evolutivisti, genetici, simulated annealing.

Propedeuticità: Introduzione ai circuiti.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Colloquio per la verifica dell'acquisizione delle metodologie e dei principali risultati teorici, eventuale discussione di elaborato (facoltativo).

Insegnamento: Trasmissione del calore

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Trasmissione del calore	ING-IND/10	c	I	6

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 32	Ore impegno studente: 96
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 25	Ore impegno studente: 50
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 4	Ore impegno studente: 4

Obiettivi formativi:

Fornire le conoscenze fondamentali di trasmissione del calore e i principali strumenti di analisi per il controllo e il progetto termico dei componenti e dei sistemi elettronici.

Contenuti:

Conduzione: Metodi analitici e numerici per la determinazione del campo di temperatura.

Convezione: Equazioni e gruppi adimensionali nella convezione forzata e naturale. Correlazioni tra gruppi adimensionali.

Irraggiamento: corpo nero; caratteristiche radiative e fattori di vista; scambio termico radiativo.

Meccanismi combinati. Costruzione delle apparecchiature elettroniche e valutazione del carico termico per le differenti applicazioni. Analisi di sistemi alettati. Concetti sui fenomeni di evaporazione, ebollizione e condensazione per il controllo termico dei sistemi di potenza. Tecniche per il controllo termico con superfici alettate, cold-plates, raffreddamento a immersione, tubi di calore e raffreddamento per effetto termoelettrico. Esercitazioni numeriche con l'utilizzo di codici di calcolo specialistici.

Propedeuticità: Nessuna.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale e discussione di un elaborato.

Calendario delle attività didattiche nell'a.a. 2006/2007**I ANNO**

1° semestre	Inizio 25 settembre 2006	Termine 16 Dicembre 2006
Esami	Inizio 18 Dicembre 2006	Termine 24 Febbraio 2007
2° semestre	Inizio 26 Febbraio 2007	Termine 09 Giugno 2007
Esami	Inizio 11 Giugno 2007	Termine 04 Agosto 2007
Esami	Inizio 20 Agosto 2007	Termine 29 Settembre 2007