

Corso di Laurea specialistica in Ingegneria delle Telecomunicazioni
(Classe delle lauree specialistiche in Ingegneria delle Telecomunicazioni – n. 30/S)

Il Corso di Laurea specialistica in Ingegneria delle Telecomunicazioni (TLC) ha l'obiettivo di formare una figura di ingegnere capace di inserirsi e portare un contributo innovativo in realtà produttive molto differenziate e caratterizzate da rapida evoluzione. Il laureato specialista in Ingegneria delle Telecomunicazioni dovrà essere in grado di occuparsi della progettazione, produzione, ed esercizio di apparati e sistemi per la trasmissione, la propagazione e la ricezione del segnale elettromagnetico; dell'analisi e sintesi di segnali di informazione e della progettazione e la produzione di sistemi rivolti alla loro elaborazione; della progettazione, organizzazione e gestione di reti telematiche in cui tali apparati e sistemi sono integrati. A tal fine, il laureato specialista dovrà:

- conoscere approfonditamente gli aspetti teorico-scientifici della matematica e delle altre scienze di base ed essere capace di utilizzare tale conoscenza per interpretare e descrivere problemi complessi dell'ingegneria;
- possedere un'adequata conoscenza degli aspetti teorico-scientifici dell'ingegneria, in generale, e in modo più approfondito dell'ingegneria delle telecomunicazioni, nel quale ambito sarà capace di identificare, formulare e risolvere, anche in modo innovativo, problemi che richiedono un approccio interdisciplinare;
- essere capace di ideare, pianificare, progettare e gestire sistemi, processi e servizi complessi e/o innovativi;
- essere capace di progettare e gestire esperimenti di elevata complessità;
- avere conoscenze nel campo dell'organizzazione aziendale (cultura d'impresa) e dell'etica professionale;
- essere in grado di utilizzare fluentemente, in forma scritta e orale, almeno una lingua dell'Unione Europea oltre l'italiano, con riferimento anche ai lessici disciplinari.

Curricula

Insegnamento	Modulo	Settore scientifico – disciplinare	CFU	Attività formativa (#)	Propedeuticità
I Anno – 1° Semestre					
Elementi di fisica moderna	Elementi di fisica moderna	FIS/01	3	a	Fisica generale II
Termodinamica	Termodinamica	ING-IND/10	6	c	Nessuna
oppure Chimica	oppure Chimica	CHIM/07	6	a	Nessuna
Insegnamento a scelta dalla Tabella A	Modulo a scelta dalla Tabella A		6	a/c	
Elaborazione statistica dei segnali	Elaborazione statistica dei segnali	ING-INF/03	6	b	Teoria dei segnali Teoria dei fenomeni aleatori Metodi matematici per l'ingegneria
Insegnamento a scelta dalla Tabella B (*)	Modulo a scelta dalla Tabella B		3	a	
I Anno – 2° Semestre					
Geometria e algebra II	Geometria e algebra II	MAT/03	3	a	Geometria e algebra
Antenne e propagazione ⁽⁺⁾	Antenne e propagazione	ING-INF/02	6	b	Campi elettromagnetici
Trasmissione numerica ⁽⁺⁺⁾	Trasmissione numerica	ING-INF/03	6	b	Teoria dei segnali
oppure, se già acquisito, Teoria dell'informazione e codici	oppure, se già acquisito, Teoria dell'informazione e codici	ING-INF/03	6	b	Teoria dei fenomeni aleatori Metodi matematici per l'ingegneria
Ottica	Ottica	ING-INF/02	6	b	Campi elettromagnetici
Complementi di analisi matematica	Complementi di analisi matematica	MAT/05	6	a	Metodi matematici per l'ingegneria
Insegnamento a scelta dalla Tabella B (***)	Modulo a scelta dalla Tabella B		3	a	

II Anno – 1° Semestre					
Sistemi di telecomunicazioni	Sistemi di telecomunicazioni	ING-INF/03	6	b	Trasmissione numerica Comunicazioni elettriche
Reti di telecomunicazioni	Reti di telecomunicazioni	ING-INF/03	6	b	Fondamenti di reti di telecomunicazione
Insegnamento curriculare obbligatorio (*)	Modulo curriculare obbligatorio		6	b	
1° insegnamento curriculare a scelta	1° modulo curriculare a scelta		6	b/c	
2° insegnamento curriculare a scelta (*)	2° modulo curriculare a scelta		6	b/c	
Insegnamento a scelta (**)	Modulo a scelta (**)		6	b/c	
II Anno – 2° Semestre					
Insegnamento curriculare obbligatorio (***)	Modulo curriculare obbligatorio		6	b	
2° insegnamento curriculare a scelta (***)	2° modulo curriculare a scelta		6	b/c	
Insegnamento a scelta nelle Tabelle A o B o tra gli insegnamenti dei curricula Sistemi di telecomunicazione e Telematica	Modulo a scelta nelle Tabelle A o B o tra i moduli dei curricula Sistemi di telecomunicazione e Telematica		6	a/b/c	
Insegnamento a scelta dalle Tabelle A o B	Modulo a scelta dalla Tabelle A o B		6	a/c	
	Prova finale		9		
I o II Anno					
	A scelta autonoma dello studente (****)		6	d	
	Ulteriori conoscenze (****)		6	f	

(+) Se già superato, lo studente scelga un modulo del Settore scientifico - disciplinare ING-INF/02.

(++) Si scelga Trasmissione numerica se non è stato già superato; altrimenti si scelga Teoria dell'informazione e codici.

(*) Solo se non si inserisce l'analogo modulo al 2° Semestre.

(**) La scelta va effettuata solo nella Tabella A per coloro che hanno scelto il curriculum **Sistemi di telecomunicazioni** o anche tra gli insegnamenti curriculari dei curricula **Telematica e Sistemi di telecomunicazioni** per gli altri.

(***) Solo se non si inserisce l'analogo modulo al 2° Semestre.

(****) Da distribuire liberamente tra il 1° e il 2° Semestre del I e del II Anno.

La selezione dei moduli a scelta deve rispettare i vincoli sulla distribuzione dei CFU previsti dall'ordinamento del Corso di Laurea specialistica; più specificatamente: Fisica e Chimica ≤ 24 CFU; Matematica, Informatica e Statistica ≤ 60 CFU; Ingegneria delle Telecomunicazioni ≤ 105 CFU; Discipline Ingegneristiche ≤ 96; Cultura scientifica, ... ≤ 15.

Curriculum Telematica

Insegnamento/Modulo	Tipologia	Settore scientifico - disciplinare	Semestre	CFU	Attività formativa (#)	Propedeuticità
Reti di calcolatori II <i>oppure</i> Sistemi operativi	Obbligatorio	ING-INF/05	1°	6	c	Reti di calcolatori I
			2°	6	c	Calcolatori elettronici I Programmazione I
Misure per la qualificazione di reti di telecomunicazioni Applicazioni telematiche	Uno dei due moduli è obbligatorio	ING-INF/07	1°	6	c	Fondamenti di misura
		ING-INF/05	2°	6	c	Reti di calcolatori I
Elaborazione di segnali multimediali Radiocopertura per reti di telecomunicazioni	Uno dei due moduli è obbligatorio	ING-INF/03	2°	6	b	Teoria dei segnali Teoria dei fenomeni aleatori Metodi matematici per l'ingegneria
		ING-INF/02	2°	6	b	Campi elettromagnetici
Reti wireless	A scelta	ING-INF/03	2°	6	b	Nessuna

Componenti e circuiti ottici	A scelta	ING-INF/02	1°	6	b	Ottica
------------------------------	----------	------------	----	---	---	--------

Curriculum Sistemi di telecomunicazioni

Insegnamento/Modulo	Tipologia	Settore scientifico - disciplinare	Semestre	CFU	Attività formativa (#)	Propedeuticità
Progettazione di antenne	Obbligatorio	ING-INF/02	2°	6	b	Antenne e propagazione
Circuiti attivi a microonde e radiofrequenza Misure su sistemi radiomobili Sistemi operativi	Uno dei tre moduli è obbligatorio	ING-INF/01	2°	6	b	Campi elettromagnetici
		ING-INF/07	1°	6	c	Fondamenti di misura
		ING-INF/05	2°	6	b	Calcolatori elettronici I Programmazione I
Progetti di sistemi di telerilevamento Elaborazione numerica dei segnali	Uno dei due moduli è obbligatorio	ING-INF/02	1°	6	b	Campi elettromagnetici
		ING-INF/03	1°	6	b	Teoria dei segnali Teoria dei fenomeni aleatori Metodi matematici per l'ingegneria
Misure a microonde	A scelta	ING-INF/02	1°	6	b	Campi elettromagnetici
Reti wireless	A scelta	ING-INF/03	2°	6	b	Nessuna
Componenti e circuiti ottici	A scelta	ING-INF/02	1°	6	b	Ottica

Tabella A

Insegnamento/Modulo	Settore scientifico - disciplinare	Semestre	CFU	Attività formativa (#)	Propedeuticità
Analisi funzionale	MAT/05	2°	6	a	Metodi matematici per l'ingegneria
Architettura dei sistemi integrati	ING-INF/01	2°	6	c	Circuiti integrati digitali
Circuiti integrati optoelettronici	ING-INF/01	1°	6	c	Nessuna
Misure su sistemi radiomobili	ING-INF/07	1°	6	c	Fondamenti di misura
Misure per la qualificazione di reti di telecomunicazioni	ING-INF/07	1°	6	c	Fondamenti di misura
Modelli numerici per i campi	ING-IND/31	1°	6	c	Campi elettromagnetici
Teoria dei circuiti	ING-IND/31	1°	6	c	Introduzione ai circuiti
Misure per la compatibilità elettromagnetica	ING-INF/07	2°	6	c	Fondamenti di misura
Trasmissione del calore	ING-IND/10	1°	6	c	Nessuna
Termodinamica	ING-IND/10	1°	6	c	Nessuna
Calcolatori elettronici II	ING-INF/05	2°	6	c	Calcolatori elettronici I
Reti di calcolatori II	ING-INF/05	1°	6	c	Reti di calcolatori I
Sistemi operativi	ING-INF/05	2°	6	c	Calcolatori elettronici I Programmazione I
Applicazioni telematiche	ING-INF/05	2°	6	c	Reti di calcolatori I
Programmazione II (*)	ING-INF/05	2°	6	c	Programmazione I Sistemi operativi
Geometria differenziale	MAT/03	2°	3	a	Geometria e algebra
Geometria finita e codici lineari	MAT/03	2°	3	a	Geometria e algebra
Chimica	CHIM/07	2°	6	a	Nessuna
Fondamenti chimici delle tecnologie di sintesi di materiali per applicazioni elettro-ottiche e sensoristiche	CHIM/07	2°	3	a	Chimica

(*) Solo per lo studente che non abbia superato l'esame dell'insegnamento Elementi di trasmissione del calore

Tabella B

Insegnamento/Modulo	Settore scientifico disciplinare	CFU	Attività formativa (#)	Propedeuticità
Complementi di analisi di Fourier	MAT/05	3	a	Metodi matematici per l'ingegneria
Strutture geometriche e algebriche	MAT/03	3	a	Geometria e algebra
Complementi di fisica generale	FIS/01	3	a	Elementi di fisica moderna

Attività formative del Corso di Laurea specialistica in Ingegneria delle Telecomunicazioni.

Insegnamento: Analisi funzionale

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Analisi funzionale	MAT/05	a	I-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 e approssimazioni successive; applicazioni alle equazioni differenziali ordinarie e 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 e 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: Campi elettromagnetici.

Prerequisiti: Propagazione guidata.

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

Insegnamento: Applicazioni telematiche

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Applicazioni telematiche	ING-INF/05	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:

Il corso si propone di fornire le nozioni teoriche e metodologiche di base per la progettazione e lo sviluppo di applicazioni telematiche, con particolare riferimento ai sistemi basati sul web ed alle applicazioni multimediali distribuite. Le applicazioni telematiche verranno studiate dal punto di vista sia dell'architettura software sia dei protocolli che definiscono le modalità di comunicazione. Il corso si articola in tre parti: 1) Progetto e sviluppo di applicazioni basate sul web; 2) Progetto e sviluppo di applicazioni multimediali distribuite; 3) Paradigmi di comunicazione alternativi per applicazioni telematiche. La presentazione degli aspetti teorici è integrata da un'attività di esercitazione in laboratorio.

Contenuti:

Parte I: Applicazioni basate sul web. Interazione Client-Server nel Web. Il Protocollo HTTP. Web caching e problematiche connesse. Web Server. Servizio di pagine statiche. Meccanismi di autenticazione ed autorizzazione. Pagine Web dinamiche: programmazione server-side. Linguaggi di scripting per il web. Applicazioni Web in Java. Servlet: modello di servizio, ciclo di vita, modelli di richiesta e risposta, meccanismi per la gestione di sessione. Server applicativi e sviluppo basato su componenti. La tecnologia Java Server Pages (JSP). Architettura delle moderne applicazioni web. Il modello n-tier. Il design pattern Model-View-Controller. XML come formato di interscambio dati. DTD e Schema. Validazione e parsing di documenti XML. API per il parsing di documenti XML. Dalle applicazioni Web ai Web Services. Service Oriented Architectures (SOA). Lo stack protocollare dei WS. Registry per WS. UDDI.

Parte II: Applicazioni Multimediali Distribuite. Applicazioni multimediali distribuite e requisiti di Qualità del Servizio. Protocolli a supporto dello streaming di flussi audio/video. Il protocollo RTP. Il protocollo RTSP per il controllo di sessioni. Applicazioni di video-on-demand e near-video-on-demand. Applicazioni di telefonia su IP. Protocolli di segnalazione per telefonia su IP: SIP, H.323.

Parte III: Paradigmi di comunicazione alternativi per applicazioni telematiche. Comunicazione Multicast. Dal modello Client-Server al modello Peer-to-Peer. Architettura delle applicazioni Peer-to-Peer. Applicazioni di file sharing. Dalla comunicazione sincrona alla comunicazione asincrona: comunicazione mediante code di messaggi; comunicazione secondo il modello publish-subscribe.

Propedeuticità: Reti di calcolatori I.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Discussione elaborato e prova orale.

Insegnamento: Architettura dei sistemi integrati

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Architettura dei sistemi integrati	ING-INF/01	c	I-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 architeturale, 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	c	I-II	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.

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

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Chimica	CHIM/07	a	I	6
Modalità di insegnamento: Lezione				
Si propongono i contenuti in forma di seminario sollecitando la classe alla discussione critica sugli argomenti svolti.		Ore impegno docente: 40 Ore impegno studente: 120		
Modalità di insegnamento: Esercitazione				
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.		Ore impegno docente: 15 Ore impegno studente: 30		

Obiettivi formativi:

Conoscere le regole della trasformazione chimica completa e di equilibrio.
Conoscere le regole di alcune trasformazioni fisiche.
Conoscere le regole per la formazione dei legami chimici e dei legami fisici.

Contenuti:

Dalle leggi fondamentali della chimica all'ipotesi atomica. Il significato di formula chimica. La reazione chimica completa. Spettroscopia atomica e modello di N.Bohr. Significato di funzione d'onda e sua relazione con la definizione di orbitale. Configurazioni elettroniche. Sistema periodico degli elementi. Legame covalente e covalente polare. Polarità delle molecole. Formazione del solido ionico dal punto di vista energetico. I solidi in relazione alle unità costitutive. Strutture compatte. Difetti in strutture solide e solidi amorfi. Solidi metallici. Sistema gassoso ideale. Teoria cinetica e distribuzione di Maxwell-Boltzmann. Sistema gassoso reale. Diagrammi di Andrew e temperatura critica. Attrazioni intermolecolari. Tensione di vapore e diagramma di fase di una sostanza pura. Soluzioni e solubilità. Aspetti cinetici e termodinamici degli equilibri fisici. 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. Cenni di corrosione. Principali composti organici e relative reazioni.

Propedeuticità: Nessuna.

Prerequisiti : Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova finale scritta e orale.

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: Campi elettromagnetici.

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

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

Insegnamento: Circuiti integrati optoelettronici

Modulo:	SSD	Af	Anno	CFU
Circuiti integrati optoelettronici	ING-INF/01	c	I-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: 15	Ore impegno studente: 30

Obiettivi formativi:

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 ed in fibra ottica. Verranno analizzati i principi di funzionamento dei più comuni dispositivi della fotonica integrata, e saranno prese in considerazione applicazioni rivolte 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: Nessuna.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Colloquio finale.

Insegnamento: Complementi di analisi di Fourier

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Complementi di analisi di Fourier	MAT/05	a	I-II	3

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

Obiettivi formativi:

Il corso si propone lo studio degli spazi di Hilbert con riferimento ai sistemi ortonormali e alle serie di Fourier e un'introduzione alle basi di wavelets.

Contenuti:

Spazi metrici, normati, dotati di prodotto interno, norme hilbertiane; spazi di Hilbert, ortogonalità, decomposizione ortogonale. Sistemi ortonormali e serie di Fourier, sistemi completi e criteri di completezza. Completezza del sistema trigonometrico, base di Haar.

Basi ortonormali di ordine sullo spazio delle funzioni di quadrato sommabile e decomposizione ortogonale di tale spazio; analisi multirisoluzione e costruzione di una base ortonormale di ordine; le MRA che generano la base di Haar e quella di Shannon.

Propedeuticità: Metodi matematici per l'ingegneria.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Colloquio.

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: Complementi di fisica generale

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Complementi di fisica generale	FIS/01	a	I-II	3

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 22	Ore impegno studente: 66
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 5	Ore impegno studente: 9

Obiettivi formativi:

Approfondimento delle proprietà fisiche di materiali funzionali per le applicazioni alle telecomunicazioni, con particolare riferimento alla registrazione e riproduzione basate su dispositivi magnetici e alle applicazioni elementari dei superconduttori.

Contenuti:

Elementi di fisica dello stato solido: modello a elettroni liberi, la statistica di Fermi-Dirac, la conduzione nel modello a elettroni liberi, il modello a bande. L'effetto Hall e incongruenze del modello a elettroni liberi. Il modello a bande e la massa efficace dei portatori di carica. La superconduttività e applicazioni elementari dei superconduttori nel campo delle telecomunicazioni. Proprietà magnetiche della materia, materiali ferromagnetici permanenti, dolci e semipermanenti con cenni alle loro principali applicazioni. I supporti semipermanenti per la registrazione magnetica e l'evoluzione nella densità di informazioni registrabili. Dispositivi per la lettura e scrittura con testine a induzione magnetica. Effetto magneto-resistivo convenzionale e con applicazioni elementari per la lettura e registrazione dei dati. Effetto Magneto-ottico e sue applicazioni per la lettura dei dati. Magnetoresistenza gigante e principio di funzionamento di una Spin-valve. Scrittura magnetotermica. Memorie RAM. Introduzione alla spintronica.

Propedeuticità: Elementi di fisica moderna.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova scritta e contestuale discussione 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: Elaborazione dei segnali multimediali

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Elaborazione dei segnali multimediali	ING-INF/03	b	II	6

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

Modalità di insegnamento: Laboratorio **Ore impegno docente:** 12 **Ore impegno studente:** 36

Obiettivi formativi:

Fornire gli strumenti concettuali e matematici di base per l'elaborazione numerica di immagini, audio e sequenze video. Sviluppare algoritmi di elaborazione dei segnali mediante l'uso di Matlab.

Contenuti:

Generalità sulle immagini. Elaborazioni di base delle immagini: operazioni puntuali, elaborazione dell'istogramma, operazioni geometriche, filtraggio spaziale e frequenziale. Compressione di immagini: cenni sulla quantizzazione, codifica mediante trasformata (DCT e KLT). Trasformata wavelet. Analisi multirisoluzione e banche di filtri. Algoritmo EZW. Standard JPEG e JPEG2000. Generalità sul segnale video. Compressione del segnale video, famiglia degli standard MPEG. Compressione del segnale vocale e del segnale audio. Codifica di forme d'onda e per modelli. Schemi di codifica a sottobande. Standard MP3.

Propedeuticità: Teoria dei segnali, Teoria dei fenomeni aleatori, Metodi matematici per l'ingegneria.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Progetto in Matlab, prova orale.

Insegnamento: Elaborazione numerica dei segnali

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Elaborazione numerica dei segnali	ING-INF/03	b	II	6

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

Modalità di insegnamento: Esercitazione **Ore impegno docente:** 6 **Ore impegno studente:** 12

Modalità di insegnamento: Laboratorio **Ore impegno docente:** 6 **Ore impegno studente:** 12

Obiettivi formativi:

Familiarizzare l'allievo con le principali tecniche di elaborazione numerica dei segnali e con il relativo software.

Contenuti:

Richiami sulla Z-trasformata e la DFT, algoritmi FFT, progetto filtri, analisi spettrale, filtraggio MMSE e realizzazioni adattative, architetture DSP.

Propedeuticità: Teoria dei segnali, Teoria dei fenomeni aleatori, Metodi matematici per l'ingegneria.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Elaborazione statistica dei segnali

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Elaborazione statistica dei segnali	ING-INF/03	b	II	6
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 36	Ore impegno studente: 109		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 14	Ore impegno studente: 28		
Modalità di insegnamento: Seminario	Ore impegno docente: 5	Ore impegno studente: 8		
Modalità di insegnamento: Prova intracorso	Ore impegno docente: 5	Ore impegno studente: 5		

Obiettivi formativi:

Acquisire i concetti fondamentali della teoria della stima bayesiana e non bayesiana. Acquisire i fondamenti della teoria della rivelazione di segnali secondo Bayes e secondo Neyman-Pearson. Saper applicare tali teorie alla risoluzioni di problemi tipici delle telecomunicazioni.

Contenuti:

Introduzione. il problema Radar/Sonar, la trasmissione numerica, Stima del ritardo e della doppler di un bersaglio, stima di fase e/o di frequenza. Possibili approcci: Bayesiano e non; strutturato e non.

Teoria della stima. Parametri di qualità degli stimatori. Statistiche sufficienti, complete. Teorema di fattorizzazione. Teorema BRLS e suo impiego per l'individuazione di stimatori MVU. Il principio della massima verosimiglianza. Limite di Cramer-Rao. Invarianza della stima ML e sue proprietà asintotiche. Sincronizzazione: stima di frequenza e fase. Stima Bayesiana: stima MMSE, ABS, MAP. Predittore MMSE d'ordine N. Modello lineare: stima di un segnale distorto in AGN. Stima LMMSE: principio d'ortogonalità, prestazioni.

Teoria della rivelazione. Approccio Bayesiano: LRT e LLRT. Regola MAP, ML e mini-max. Criterio NP. ROC. Classificazione M-aria: regola a minimo rischio, MAP, ML. Rivelazione binaria in AWGN. Rivelazione di un segnale noto in AGN: approccio sbiancante, analisi delle prestazioni. Teorema dell'invertibilità. Rivelazione di un segnale aleatorio: RX stimatore correlatore. Rivelazione di segnali non completamente noti: approccio Bayesiano. Ricezione FSK incoerente e con fading d'ampiezza. Rivelazione Radar di bersagli puntiformi lentamente fluttuanti. Approccio non Bayesiano: RX *clairvoyant* e UMP; prestazioni limite. GLRT. Rivelazione GLRT di bersagli puntiformi.

Propedeuticità: Teoria dei segnali, Teoria dei fenomeni aleatori, Metodi matematici per l'ingegneria.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Eventuale prova scritta, prova orale.

Insegnamento: Elementi di fisica moderna

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Elementi di fisica moderna	FIS/01	a	I	3
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 22	Ore impegno studente: 66		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 5	Ore impegno studente: 9		

Obiettivi formativi:

Completare la preparazione di base nel campo della fisica con i primi elementi della meccanica quantistica, tenendo particolarmente conto degli aspetti applicativi connessi a dispositivi funzionali per le telecomunicazioni.

Contenuti:

Le basi sperimentali della meccanica quantistica: lo spettro del corpo nero e sua interpretazione quantistica, effetto fotoelettrico e sua interpretazione attraverso l'esistenza dei fotoni, effetto Compton, spettri atomici, modelli atomici di Bohr e Rutherford. Quantità di moto dei fotoni ed Esperimento di Lebedev. Meccanica quantistica: le onde di de Broglie, il dualismo onda-particella, le relazioni di indeterminazione di Heisenberg, la funzione di probabilità e l'equazione di Schroedinger, l'oscillatore armonico, l'atomo di idrogeno, quantizzazione del momento angolare, lo spin dell'elettrone. Esperimento di Stern e Gerlach e quantizzazione del momento magnetico. La legge di Mosley e la tavola periodica degli elementi di Mendeliev. La struttura elettronica degli elementi della tavola periodica e le proprietà fondamentali da essa derivanti. Emissione spontanea ed emissione stimolata; principi di funzionamento del laser; laser a rubino e a He-Ne. Introduzione alla teoria delle bande, proprietà ed applicazioni base dei semiconduttori intrinseci e drogati.

Propedeuticità: Fisica generale II.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova scritta e/o orale.

Insegnamento: Fondamenti chimici delle tecnologie di sintesi di materiali per applicazioni elettro-ottiche e sensoristiche

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Fondamenti chimici delle tecnologie di sintesi di materiali per applicazioni elettro-ottiche e sensoristiche	CHIM/07	a	II	3

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 20	Ore impegno studente: 60
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 6	Ore impegno studente: 15

Obiettivi formativi:

Acquisizione della capacità critica di valutare la funzionalità di un materiale in relazione alla sua struttura.

Contenuti:

Chimica dello stato solido: cenni introduttivi. Principali metodi di preparazione dei materiali allo stato solido: solidi policristallini, cristalli singoli, vetri, ceramici e vetroceramici. Descrizione della struttura dei solidi: cristalli metallici, leghe, cristalli ionici, cristalli covalenti, cristalli molecolari. Difetti in strutture solide e solidi amorfi. Difetti di punto, di linea e di piano. Conduttività ionica ed elettroliti solidi. La progettazione di una funzionalità in un materiale in relazione alla sua struttura.

Propedeuticità: Chimica.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale finale.

Insegnamento: Geometria differenziale

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Geometria differenziale	MAT/03	a	I-II	3

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

Obiettivi formativi:

Questo modulo si propone di colmare alcune delle lacune lasciate dai corsi di base su argomenti classici di Geometria, quali le curve e le superfici, e di rendere l'allievo capace di utilizzare alcuni strumenti della Geometria differenziale elementare.

Contenuti:

Cenni di topologia in uno spazio euclideo.

Richiami sulla differenziabilità delle funzioni vettoriali di più variabili reali. Diffeomorfismi. Derivate parziali e matrice jacobiana. Invertibilità locale. Prodotto scalare, vettoriale e misto di funzioni vettoriali.

Generalità sulle curve differenziabili. Cenni sulle coniche. Parametrazioni, cambiamenti di parametro. Curve parametrizzate regolari, archi di curva.

Parametrazione naturale. Lunghezza di un arco di curva e sua invarianza per riparametrazione. Ascissa curvilinea.

Retta tangente. Versore tangente, normale e binormale di una curva regolare e loro invarianza per riparametrazione.

Curvatura (scalare e vettoriale) e torsione. Punti di flesso. Formule di Frenet ed altre formule notevoli.

Evolute ed evolventi. Curve piane. Coordinate polari. Teorema di rigidità per le curve regolari e risultati ad esso correlati.

Studio delle curve classiche (piane e non): coniche, cubiche, eliche, cicloidi.

Cenni sulle superfici differenziabili.

Propedeuticità: Geometria e algebra.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

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: Geometria e algebra.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Geometria finita e codici lineari

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Geometria finita e codici lineari	MAT/03	a	I-II	3

Modalità di insegnamento: Lezione

Ore impegno docente: 25 **Ore impegno studente:** 75

Obiettivi formativi:

Il corso si propone di fornire i fondamenti dell'algebra lineare e della geometria sui campi finiti e le loro applicazioni alla teoria dei codici lineari con particolare riguardo ai codici ciclici.

Contenuti:

Strutture algebriche. Gruppi. Gruppi finiti. Anelli. Sottoanelli e ideali. Campi. Campi finiti. Caratteristica di un campo. Sottocampo primo. Anello dei polinomi su un campo. Teorema di Ruffini. Polinomi minimi e polinomi primitivi. Campo di spezzamento di un polinomio. Problematiche e fondamenti della teoria dei codici. Codici a blocchi. Distanza di Hamming e distanza minima di un codice. Codici rivelatori e codici correttori. Principio di massima somiglianza e sua interpretazione geometrica. Codici e-correttori perfetti. Codici equivalenti. Limitazioni fondamentali.

Codici lineari. Peso di Hamming. Matrici generatrici. Equivalenza nei codici lineari. Codifica e decodifica nei codici lineari. Prodotto scalare. Codice duale e matrice di controllo. Caratterizzazione della distanza minima. Teorema di esistenza di Gilbert-Varshamov. Codici di Hamming. Esempi di codici e-correttori perfetti. Codici BCH.

Codici ciclici. Connessione tra codici ciclici e ideali di un anello. Polinomio generatore e matrice generatrice di un codice ciclico. Polinomio e matrice di controllo di un codice ciclico. Schemi di codifica e decodifica. Registri a scorrimento. Limitazione della distanza e decodifica per i codici BCH.

Propedeuticità: Geometria e algebra.

Prerequisiti: Nessuno.

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

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: Campi elettromagnetici.

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 tesine.

Insegnamento: Misure per la compatibilità elettromagnetica

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Misure per la compatibilità elettromagnetica	ING-INF/07	c	I-II	6
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 30	Ore impegno studente: 90		
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 30	Ore impegno studente: 60		

Obiettivi formativi:

Il corso si propone di fornire allo studente gli strumenti teorici e tecnici per la comprensione delle problematiche connesse all'esecuzione delle prove di compatibilità elettromagnetica, mediante lo studio della strumentazione, dei setup e delle procedure e l'esecuzione di test di compatibilità, nel laboratorio di compatibilità elettromagnetica. Al termine del corso lo studente sarà in grado di scegliere la strumentazione più adatta all'esecuzione delle prove, eseguirle e valutare correttamente l'incertezza dei risultati delle misurazioni.

Contenuti:

La direttiva per la compatibilità elettromagnetica; Enti preposti alla verifica dei requisiti di compatibilità; Enti di Normazione e Norme Armonizzate. Il decibel. Ricevitore di picco, quasi-picco, media e valore efficace; Rete per la Stabilizzazione di Impedenza (LISN); Reti di Accoppiamento/Disaccoppiamento (CDN); Sonde di Corrente e di Tensione; Disturbi di modo Differenziale e modo Comune. Norme di immunità e emissione, radiata e condotta. La normativa di esposizione ai campi elettromagnetici ambientali; Sonde, Antenne per la misurazione di campi elettromagnetici. Esecuzione di prove di conformità presso il laboratorio di Compatibilità elettromagnetica; esecuzione di misurazioni di campo elettromagnetico ambientale.

Propedeuticità: Fondamenti di misura.

Prerequisiti:

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Misure per la qualificazione delle reti di telecomunicazione

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Misure per la qualificazione delle reti di TLC	ING-INF/07	c	I-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:

Fornire agli allievi nozioni specialistiche, in termini di metodologie di misura e strumenti hardware e software, per la qualificazione e collaudo delle reti di telecomunicazione e delle reti di calcolatori. Conferire agli allievi piena autonomia nell'allestimento di stazioni automatiche di misura.

Contenuti:

Concetti fondamentali concernenti il monitoraggio, il collaudo e la diagnostica di reti di telecomunicazione. Collaudo di reti WAN: test in-service, test out-of-service, misurazione di BER, analisi di protocollo, misurazioni statistiche, verifica

di integrità del segnale a livello fisico. Collaudo di reti LAN: test in-service, test out-of-service, misurazione di BER, analisi di protocollo, misurazioni statistiche, verifica di integrità del segnale a livello fisico. Test di conformità, test di interoperabilità, test di carico. Diagnostica di reti di telecomunicazione: Ethernet 10/100/1000 Mbit/s, ATM, SDH, PDH. Analizzatori di protocollo: possibili architetture, potenzialità, caratteristiche metrologiche e strategie implementative. Richiami sulle stazioni automatiche di misura per le telecomunicazioni: linguaggi grafici più diffusi per l'implementazione e la gestione, e principali standard di interfacciamento tra PC e strumenti di misura. Intensa attività di laboratorio rivolta alla messa a punto di una stazione automatica di misura che utilizza un analizzatore di protocollo e i più diffusi tool software per la valutazione dei parametri di qualità del servizio in una rete di calcolatori.

Propedeuticità: Fondamenti di misura.

Prerequisiti: Fondamenti di reti di telecomunicazioni, Reti di calcolatori I.

Modalità di accertamento del profitto: Prova pratica di laboratorio, Prova orale.

Insegnamento: Misure su sistemi radiomobili

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Misure su sistemi radiomobili	ING-INF/07	c	I-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:

Fornire agli allievi nozioni specialistiche, in termini di metodologie e strumentazione di misura, per la verifica delle prestazioni e il collaudo degli apparati di trasmissione e ricezione dei più diffusi sistemi di comunicazione wireless.

Contenuti:

Misurazioni a livello fisico sui sistemi di comunicazione digitali a radiofrequenza: dominio del tempo, dominio della frequenza, dominio della modulazione. Analisi spettrale analogica: importanza e scenari applicativi; architettura, principio di funzionamento, modalità di impiego e caratteristiche metrologiche della strumentazione più diffusa sul mercato. Analisi spettrale numerica: importanza e scenari applicativi; architettura, principio di funzionamento, modalità di impiego e caratteristiche metrologiche della strumentazione più diffusa sul mercato. Misure per la caratterizzazione di trasmettitori digitali a radiofrequenza: definizione, procedura di misura e dominio di appartenenza delle principali grandezze in banda/in canale relative alla potenza trasmessa; definizione, procedura di misura e dominio di appartenenza delle principali grandezze in banda/in canale relative alla qualità di modulazioni lineari e non lineari; definizione, procedura di misura e dominio di appartenenza delle principali grandezze in banda/fuori canale; definizione, procedura di misura e dominio di appartenenza delle principali grandezze fuori banda/fuori canale.

Esercitazione e laboratorio: realizzazione di una stazione automatica di misura capace di emulare la sezione a frequenza intermedia di un trasmettitore digitale conforme a uno standard prestabilito, e di eseguire sul segnale trasmesso le principali misurazioni necessarie alla verifica di conformità del trasmettitore considerato.

Propedeuticità: Fondamenti di misura.

Prerequisiti: Trasmissione numerica.

Modalità di accertamento del profitto: Prova pratica di laboratorio, Prova orale.

Insegnamento: Modelli numerici per i campi

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Modelli numerici per i campi	ING-IND/31	c	I-II	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-Nicolson, 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: Campi elettromagnetici.

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	Ore impegno docente: 48	Ore impegno studente: 144		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	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 e 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: Campi elettromagnetici.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Progettazione di antenne

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Progettazione di antenne	ING-INF/02	b	II	6
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 48	Ore impegno studente: 144		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 4	Ore impegno studente: 6		

Obiettivi formativi:

Il corso si propone di offrire 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:

Limitazioni fondamentali sul campo realizzabile da sorgenti di dimensioni assegnate. Progetto di sistemi radianti: dalle applicazioni alle specifiche, problemi di sintesi esterna e interna. Possibili formulazioni del problema esterno (sintesi in campo, sintesi in potenza, sintesi in potenza con maschere) vincoli realizzativi. Progetto di schiere di antenne: Sintesi ottima di fasci somma e differenza, sintesi ottima di fasci sagomati. Rilevanza e controllo dei mutui accoppiamenti. Sintesi delle reti di alimentazione. Antenne ad apertura. Progetto di antenne a tromba liscia e sagomata. Metodi asintotici per l'analisi di grandi antenne: ottica fisica, GTD, PTD. Progetto di antenne a riflettore parabolico singolo o doppio o a riflettore sagomato. Tecniche di progetto di antenne stampate Cenni al processo realizzativo. Antenne a fessura. Progetto di allineamenti di fessure ad onda stazionaria o progressiva. Antenne indipendenti dalla frequenza. Progetto di antenne log-periodiche e di antenne a spirale. Progetto di antenne a lente. Lenti sintetiche, lenti a zone. Antenne intelligenti

Propedeuticità: Antenne e propagazione.

Prerequisiti: Ottica.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Progetti di sistemi di telerilevamento

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Progetti di sistemi di telerilevamento	ING-INF/02	b	II	6
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 40	Ore impegno studente: 120		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 8	Ore impegno studente: 16		
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 7	Ore impegno studente: 14		

Obiettivi formativi:

Sono espone le tecniche per progettare un sistema di telerilevamento a partire dai requisiti utente e definendo le specifiche di sistema. Sono presentate le logiche di progettazione dei sensori disponibili attualmente e in futuro, e sono considerate le relative applicazioni.

Contenuti:

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

Dai requisiti di sistema alle specifiche di sistema. Radiometri. Sensori Ottici. Altimetri. Scatterometri. Radar ad Apertura Sintetica: determinazione dei valori di risoluzione geometrica e radiometrica, rapporti Segnale/Rumore e Segnale/Ambiguità, specifiche dei parametri dei sistemi radianti e ricevitori dei sensori. Simulazione al calcolatore di dati telerilevati.

Dalle specifiche di sistema alle scelte progettuali. Principali caratteristiche progettuali di alcuni sistemi di Telerilevamento esistenti e di prossima realizzazione delle agenzie spaziali: ASI, ESA, NASA. Missioni: ERS, ENVISAT, EOS, SIR, CASSINI, LANDSAT, SPOT, IKONOS. Sistemi radianti e di controllo. Produzione al calcolatore di dati telerilevati.

Propedeuticità: Campi elettromagnetici.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Programmazione II

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Programmazione II	ING-INF/05	c	I-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:

Il corso intende

- consentire agli studenti di approfondire le conoscenze delle tecniche di progettazione e programmazione orientate agli oggetti;
- fornire competenze sullo sviluppo di applicazioni distribuite;
- introdurre i concetti fondamentali delle tecnologie middleware. Lo studente è guidato alla comprensione dei principali concetti della progettazione mediante l'applicazione del linguaggio UML, mentre per gli aspetti di programmazione viene proposto lo studio e l'utilizzo dei meccanismi supportati dal linguaggio Java e dal middleware CORBA.

Contenuti:

Il linguaggio Java. Generalità, differenze col C++, strumenti di sviluppo. Modelli di esecuzione: interpretazione e compilazione just-in-time. Costrutti base. Ereditarietà. Polimorfismo. Moduli (packages). Input-output. Gestione delle eccezioni. Threads.

Tecniche avanzate di sviluppo a oggetti. Progettazione e programmazione basate su pattern. Pattern di Design e pattern architetturali.

Cenni sullo sviluppo di applicazioni server in ambiente web. Servlet. Cenni su JSP.

Progettazione ad oggetti in ambiente distribuito. Il modello cliente-server e il modello a oggetti. Interoperabilità.

Le problematiche dell'Enterprise Application Integration. Modelli di middleware: Chiamata di procedura remota (RPC), Accesso a Dati Remoti (RDA), Transazionale (TP), Spazio delle Tuple (TS), Orientato ai Messaggi (MOM), a Oggetti Distribuiti (DOM), a Componenti (CM).

Tecnologie middleware. L'architettura OMA. Lo standard CORBA. Il linguaggio di specifica di interfacce IDL. Approcci statico e dinamico. I servizi CORBA. I protocolli GIOP e IIOP. Il modello a componenti di CORBA (CCM). La comunicazione asincrona: modello basato su callback distribuita; modello basato a eventi; modello basato su servizio di notifica. Progettazione di un'applicazione server: configurazione e tuning della piattaforma lato server.

Propedeuticità: Programmazione I, Sistemi operativi.

Prerequisiti: Basi di dati.

Modalità di accertamento del profitto: Elaborato e prova orale.

Insegnamento: Radiocopertura per reti di telecomunicazioni

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Radiocopertura per reti di telecomunicazioni	ING-INF/02	b	II	6
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 40	Ore impegno studente: 120		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 8	Ore impegno studente: 16		
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 7	Ore impegno studente: 14		

Obiettivi formativi:

Comprensione delle linee guida per la gestione delle problematiche elettromagnetiche inerenti la progettazione di reti di telecomunicazioni. Nel corso si presentano gli aspetti relativi alla pianificazione, progettazione, realizzazione e gestione dei collegamenti per le reti di telecomunicazione.

Contenuti:

Interazione tra campi elettromagnetici e ambiente. Richiami di elettromagnetismo; campo elettromagnetico vicino, lontano; soluzioni di ottica fisica e ottica geometrica; Teoria geometrica della diffrazione; Teoria uniforme della diffrazione; segnali a banda stretta; segnali a banda larga; tecniche di ray-tracing e loro attuazione su sistemi di calcolo.

Aspetti elettromagnetici nella progettazione di collegamenti. collegamenti punto-punto e loro progettazione, collegamenti punto-multipunto e loro progettazione; collegamenti outdoor, modelli per collegamenti in ambiente rurale, urbano; collegamenti indoor, modelli per collegamenti in edifici e gallerie; campo elettromagnetico indoor generato da reti a sviluppo outdoor, modelli per reti di telefonia mobile.

Cenni sulle scelte progettuali, aspetti elettromagnetici. Reti cellulari: sistemi GSM, TETRA, UMTS; sistemi di radiolocalizzazione: GPS, tecniche per il miglioramento della precisione nella localizzazione, tecniche differenziali; collegamenti satellitari; connessioni reti mobili - reti fisse; reti telefoniche; tecniche per la diffusione del segnale televisivo e radiofonico; simulazione al calcolatore di aree di copertura per reti cellulari; verifica delle caratteristiche del canale trasmissivo, ricezione, acquisizione e analisi di segnali trasmessi da una stazione radio-base GSM.

Propedeuticità: Campi elettromagnetici.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Reti di calcolatori II

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Reti di calcolatori II	ING-INF/05	c	II	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 metodologiche sul funzionamento e sulla progettazione di reti di calcolatori e di sistemi telematici complessi. Costituiscono gli obiettivi formativi: I concetti avanzati della qualità del servizio; I modelli di base per la simulazione e lo studio di reti di calcolatori; Le principali metodologie per il controllo del traffico nelle reti a commutazione di pacchetto; Le principali tecnologie hardware e software a oggi in uso nelle reti geografiche sia fisse che mobili; I problemi base legati all'internetworking di reti complesse multi-dominio. Le metodologie e le tecnologie per l'ingegneria del traffico. Le caratteristiche avanzate dell'architettura TCP/IP e di Internet con particolare riferimento agli aspetti di routing e di offerta di servizi a qualità del servizio; Scheduling, forwarding, discarding; Aspetti evoluti del multicasting; Le principali tecnologie e dei protocolli per la trasmissione di dati multimediali su reti di calcolatori; La conoscenza delle problematiche legate alla sicurezza attiva e passiva dei sistemi in rete.

Contenuti:

Aspetti avanzati delle reti di calcolatori e dei servizi di rete. La qualità del servizio. Progettazione di sistemi di cablaggio. Tecnologie di rete pubblica: Frame Relay, ATM, WDM, GMPLS e cenni sulle reti wireless. Protocolli Data Link. Tecniche di flow-control. Tecniche di error control. Algoritmi e protocolli di routing. Politiche di scheduling. Aspetti evoluti dell'architettura TCP/IP: multicasting e modelli a QoS. IP over ATM, MPLS, MPLS. Ingegneria delle reti: network design. Il network management e SNMP. Service Level Agreement e Service Level Specification. Progettazione di protocolli di comunicazione. Protocolli per Applicazioni Multimediali: SDR, RTP, RTSP, H.323, SIP. IP Telephony. Streaming. Il problema della sicurezza. Firewall e protezioni. Tipologie di intrusione.

Propedeuticità: Reti di calcolatori I.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Partecipazione alle esercitazioni in laboratorio: 20% del voto finale. Sviluppo di un progetto di corso: 40 % del voto finale. Colloquio finale: 40 % del voto finale.

Insegnamento: Reti di telecomunicazioni

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Reti di telecomunicazioni	ING-INF/03	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:

Acquisire la capacità di analizzare e progettare sistemi e reti di sistemi a coda. Imparare a costruire o adattare un modello matematico adeguato del problema in esame e a usarlo per effettuare l'analisi di un sistema (lo studio delle sue prestazioni) oppure la sintesi del sistema stesso (progetto/dimensionamento).

Contenuti:

Modello astratto di coda e misure di prestazione, teorema di Little. Code senza memoria: catene di Markov a tempo continuo e equazioni di bilancio del flusso, modelli M/M/n e formula Erlang-C, modelli M/M/n e formula Erlang-B, applicazioni alla telefonia, misura del traffico, congestione, progetto di commutatori, applicazioni alle reti dati, ALOHA. Code con tempi di servizio generici: modello M/G/1, tempi residui di servizio, teorema di Pollaczek-Kinchine, code con priorità. Analisi di code mediante embedded Markov chain, analisi nel dominio della trasformata Z. Applicazioni alle reti token passing, analisi semplificata delle prestazioni. Reti di code senza memoria: reti aperte, approssimazione di Kleinrock, teorema di Jackson, soluzioni prodotto, reti chiuse, algoritmo di Buzen, mean-value analysis. Applicazioni al problema dell'instradamento.

Propedeuticità: Fondamenti di reti di telecomunicazioni.

Prerequisiti: Teoria dei fenomeni aleatori.

Modalità di accertamento del profitto: Prova scritta finale, prova orale.

Insegnamento: Reti wireless

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Reti wireless	ING-INF/03	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:

Apprendere le principali tecnologie impiegate nelle reti wireless. Acquisire le principali metodologie per il progetto di reti wireless.

Contenuti:

Caratterizzazione del canale per reti wireless. Tecniche di modulazione e codifica. Tecniche di ritrasmissione. Tecniche di accesso per reti wireless. Architetture per reti wireless. Reti wireless locali infra-strutturate. Reti non infra-strutturate: reti ad hoc e reti di sensori. Il local loop mediante reti wireless. La sicurezza nelle reti wireless. Cenni sul networking.

Propedeuticità: nessuna.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Sistemi di telecomunicazioni

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Sistemi di telecomunicazioni	ING-INF/03	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:

Acquisire familiarità con i sistemi di telecomunicazione in grado di erogare servizi di tipo punto-punto e broadcasting.

Contenuti:

Multiplexing TDM/PCM. Sistemi di trasmissione PDH. Gerarchia numerica sincrona SDH. Struttura della trama SDH. Strutture numeriche: container, virtual container, tributary unit, tributary unit group, administrative unit, administrative unit group, STM-N. Trasporto asincrono dei segnali E1, E3 ed E4. Giustificazione di puntatore. Architettura funzionale a strati della rete SDH. Sistemi di trasmissione in ponte radio terrestri e via satellite. Modulazione multiportante. Sistemi per radiodiffusione circolare terrestri e satellitari (DVB, DAB).

Propedeuticità: Trasmissione numerica, Comunicazioni elettriche.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Eventuali prove in itinere e/o prova finale, colloquio finale.

Insegnamento: Sistemi operativi

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Sistemi operativi	ING-INF/05	c	I-II	6

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 40	Ore impegno studente: 120
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 6	Ore impegno studente: 15
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 6	Ore impegno studente: 15

Obiettivi formativi:

Il corso si pone l'obiettivo di far acquisire agli allievi concetti, struttura e meccanismi dei moderni sistemi operativi.

Contenuti:

Introduzione ai Sistemi Operativi. Architettura a livelli di un S.O. Cenni sulla Concorrenza. I Processi: Generalità, Creazione, Attivazione e Terminazione dei processi; Descrittore di un processo; Stati di un Processo; Meccanismi di sincronizzazione dei processi nei modelli a memoria globale e locale. Lo Scheduling e la gestione del processore. La Gestione della Memoria: Generalità; Swapping; Tecniche di Virtualizzazione della Memoria; Partizioni; Paginazione; Segmentazione; Memoria Virtuale. La Gestione dell'I/O: Generalità; Tecniche di Virtualizzazione delle unità di I/O;

Gestore dell'I/O nei modelli a memoria globale e locale. Il file system: Organizzazione, Directory e file e operazioni relative; Condivisione di file; Architettura interna del file system. La Gestione della Memoria Secondaria: Metodi di allocazione dei file, La gestione dello spazio libero; Lo scheduling dei dischi, Affidabilità dei dischi. L'Interfaccia Utente. Esemplificazione di problemi classici di sincronizzazione in laboratorio didattico.

Propedeuticità: Calcolatori elettronici I, Programmazione I.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Strutture geometriche e algebriche

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Strutture geometriche e algebriche	MAT/03	a	I-II	3

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

Obiettivi formativi:

L'obiettivo del corso è quello di introdurre gli allievi allo studio della matematica discreta, ovvero a quella parte della matematica divenuta ormai fondamentale per i tecnici e ricercatori nei campi più disparati, dalla progettazione del software a quella dei calcolatori e degli automi.

Contenuti:

Relazioni binarie tra insiemi. Rappresentazione grafica e tabellare di una relazione. Relazioni su un insieme: relazioni di compatibilità e ricoprimento associato, relazioni di equivalenza e partizioni. Relazioni di equivalenza e classi di resto modulo n.

Grafi multipli e semplici orientati. Rappresentazione di relazioni tramite grafi orientati. Raggiungibilità e connessione forte. Grafi multipli e semplici non orientati. Relazioni simmetriche. Problemi relativi a cammini: grafi euleriani e hamiltoniani. Alberi: definizioni e caratterizzazioni. Albero parziale di un grafo.

Strutture algebriche: semigrupp, omomorfismi tra strutture algebriche.

Gruppi: proprietà fondamentali. Gruppi finiti. Struttura algebrica delle classi resto. Gruppi ciclici. Lateral di un sottogruppo.

Anelli: proprietà fondamentali. Sottoanelli ed ideali.

Applicazione dei concetti precedenti alla codifica e decodifica dei codici lineari.

Orientamenti parziali. Insiemi parzialmente ordinati e rappresentazione tramite diagramma di Hasse. Operazioni di congiunzione e disgiunzione. Problemi di estremo superiore ed inferiore. Reticoli e sottoreticoli.

Propedeuticità: Geometria e algebra.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Teoria dei circuiti

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Introduzione ai circuiti	ING-IND/31	c	I-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-Lindelöf; 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: evoluzionistici, 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: Teoria dell'informazione e codici

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Teoria dell'informazione e codici	ING-INF/03	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:

Acquisire il concetto di informazione come quantità misurabile. Studiare gli aspetti fondamentali delle telecomunicazioni da un punto di vista informazionale. Familiarizzare con le principali applicazioni della teoria dell'informazione e acquisire strumenti di analisi e progetto di sistemi di telecomunicazione.

Contenuti:

Misura dell'informazione, entropia, informazione mutua. Codifica di sorgente senza perdita d'informazione: I teorema di Shannon, principali algoritmi di codifica, applicazioni alla compattazione di immagini, cenni agli standard esistenti. Codifica di sorgente con perdita d'informazione: cenni sulla teoria tasso-distorsione, quantizzazione scalare e vettoriale. Capacità per canali discreti senza memoria e II teorema di Shannon. Estensione ai canali continui. Cenni sulla teoria dell'informazione per reti.

Propedeuticità: Teoria dei sistemi, Teoria dei fenomeni aleatori, Metodi matematici per l'ingegneria.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova scritta finale, prova orale.

Insegnamento: Termodinamica

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Termodinamica	ING-IND/10	c	I	6
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 30	Ore impegno studente: 90		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 27	Ore impegno studente: 54		
Modalità di insegnamento: Prova intracorso	Ore impegno docente: 2	Ore impegno studente: 6		

Obiettivi formativi:

Il modulo si propone di fornire le conoscenze dei principi generali della termodinamica classica al fine di approfondire le fenomenologie più significative dei sistemi termodinamici.

Contenuti:

Concetti fondamentali e postulati, equazioni di bilancio della massa, dell'energia e dell'entropia in forma integrale e differenziale, condizioni di equilibrio e trasformazioni. Analisi termodinamica per la conversione dell'energia. Termodinamica dei processi irreversibili. Controllo termico dei sistemi elettronici.

Propedeuticità: Nessuna.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Una prova in itinere e colloquio finale.

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.

Insegnamento: Trasmissione numerica

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Trasmissione numerica	ING-INF/03	b	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: 24
Modalità di insegnamento: Prova intracorso	Ore impegno docente: 6	Ore impegno studente: 6

Obiettivi formativi:

Acquisire familiarità con i fondamenti teorici della trasmissione numerica, le principali metodologie di progetto e di analisi, e la conoscenza delle principali tecniche di modulazione numerica.

Contenuti:

Modello di sistema di comunicazioni numeriche. Misura dell'informazione: entropia, sorgente discreta senza memoria, entropia di sorgente. Tecniche di codifica di sorgente (codici di Huffman). Primo teorema di Shannon. Codifica di canale, secondo teorema di Shannon, codici lineari a blocco. Richiami di trasmissione su canale AWGN. Trasmissione su canale AWGN a banda limitata: interferenza intersimbolica, diagramma a occhio, criteri di Nyquist. Elementi di codifica di linea. Elementi di egualizzazione e sincronizzazione.

Propedeuticità: Teoria dei segnali, Teoria dei fenomeni aleatori, Metodi matematici per l'ingegneria.

Prerequisiti: Comunicazioni elettriche.

Modalità di accertamento del profitto: Prova scritta finale, prova orale.

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