

**Manifesto degli Studi del
Corso di Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni
a.a. 2015/2016**

Insegnamento o attività formativa	CFU	SSD	AF	Propedeuticità
I Anno – 1° Semestre				
Analisi matematica I	9	MAT/05	1	Nessuna
Fisica generale I	6	FIS/01	1	Nessuna
Fondamenti di informatica	9	ING-INF/05	1	Nessuna
I Anno – 2° Semestre				
Analisi matematica II	6	MAT/05	1	Analisi matematica I
Fisica generale II	6	FIS/01	1	Fisica generale I
Geometria e algebra	6	MAT/03	1	Nessuna
Calcolatori elettronici I	9	ING-INF/05	2	Fondamenti di informatica
Inglese	3	L-LIN/12	5	Nessuna
II Anno – 1° Semestre				
Metodi matematici per l'ingegneria	9	MAT/05	1	Analisi matematica II, Geometria e algebra
Introduzione ai circuiti	6	ING-IND/31	4	Analisi matematica II, Fisica generale II
Fondamenti di misure	9	ING-INF/07	4	Analisi matematica II, Fisica generale II
II Anno – 2° Semestre				
Campi elettromagnetici e circuiti	12	ING-INF/02	2	Analisi matematica II, Fisica generale II
Teoria dei segnali	9	ING-INF/03	2	Analisi matematica II, Geometria e algebra
Fondamenti di sistemi dinamici	9	ING-INF/04	4	Analisi matematica II, Fisica generale II
III Anno – 1° Semestre				
Fondamenti di reti di telecomunicazioni	9	ING-INF/03	2	Nessuna
Teoria dei fenomeni aleatori	9	ING-INF/03	2	Metodi mat. per l'ingegneria, Teoria dei segnali
Elettronica generale	12	ING-INF/01	2	Introduzione ai circuiti, Fond. sistemi dinamici
A scelta autonoma dello studente	0-12		3	
III Anno – 2° Semestre				
Trasmissione numerica	9	ING-INF/03	2	Teoria dei fenomeni aleatori
Antenne e misure d'antenna	9	ING-INF/02	2	Campi elettromagnetici e circuiti
Insegnamento a scelta nella tabella A	6		2	
Ulteriori conoscenze	3		6	
A scelta autonoma dello studente	0-12		3	
Prova finale	3		5	

Tabella A: Attività formative caratterizzanti a scelta dello studente				
Telerilevamento e diagnostica e.m.	6	ING-INF/02	2	Campi elettromagnetici e circuiti
Sistemi di telecomunicazioni mobili	6	ING-INF/03	2	Fondamenti reti di telecomunicazioni
Telematica	6	ING-INF/03	2	Fondamenti reti di telecomunicazioni

Tabella B: Attività formative disponibili per la scelta autonoma dello studente				
Reti di calcolatori I	6	ING-INF/05	3	Calcolatori elettronici I
Misure per telecomunicazioni	6	ING-INF/07	3	Fondamenti di misure

Regole per la formulazione del Piano di Studi

Oltre agli insegnamenti obbligatori, lo studente deve inserire nel proprio Piano di studio (Pds):

- un insegnamento da 6 CFU scelto fra quelli offerti nella Tabella A;
- attività formative a scelta autonoma, ma coerenti con il proprio percorso formativo, per ulteriori 12 CFU.

Se la scelta autonoma avviene scegliendo due ulteriori insegnamenti presi dalle Tabella A o B il Piano è approvato automaticamente, altrimenti deve essere esaminato per l'eventuale approvazione o modifica.

Allegato B.2

Attività formative del Corso di Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni

Insegnamento: Analisi matematica I	
CFU: 9	SSD: MAT/05
Ore di lezione: 40	Ore di esercitazione: 40
Anno di corso: I	
Obiettivi formativi: Fornire i concetti fondamentali, in vista delle applicazioni, relativi al calcolo infinitesimale, differenziale e integrale per le funzioni di una variabile reale; fare acquisire adeguate capacità di formalizzazione logica e abilità operativa consapevole.	
Contenuti: Numeri reali. Numeri complessi. Funzioni elementari nel campo reale. Equazioni e disequazioni. Limiti di funzioni reali di una variabile reale: proprietà dei limiti, operazioni con i limiti e forme indeterminate, infinitesimi, infiniti, calcolo di limiti. Funzioni continue: proprietà e principali teoremi. Calcolo differenziale per funzioni reali di una variabile reale: funzioni derivabili e significato geometrico della derivata, il differenziale, principali teoremi del calcolo differenziale, estremi relativi e assoluti, criteri di monotonia, funzioni convesse e concave, studio del grafico, formula di Taylor. Integrazione indefinita: primitive e regole di integrazione indefinita. Calcolo integrale per le funzioni continue in un intervallo compatto: proprietà e principali teoremi, area del rettangoloide, teorema fondamentale del calcolo integrale, calcolo di integrali definiti. Successioni e serie numeriche, serie geometrica e serie armonica. Serie di Taylor: condizioni per la sviluppabilità in serie di Taylor.	

Insegnamento: Analisi matematica II	
CFU: 6	SSD: MAT/05
Ore di lezione: 30	Ore di esercitazione: 22
Anno di corso: I	
Obiettivi formativi: Fornire i concetti fondamentali, in vista delle applicazioni, relativi sia al calcolo differenziale e integrale per le funzioni di più variabili reali; sia alle equazioni differenziali ordinarie; fare acquisire abilità operativa consapevole.	
Contenuti: Successioni di funzioni nel campo reale. Funzioni reali e vettoriali di più variabili reali: limiti, continuità e principali teoremi. Calcolo differenziale per funzioni reali di più variabili reali: differenziabilità, principali teoremi del calcolo differenziale, formula di Taylor. Estremi relativi e assoluti: condizioni necessarie, condizioni sufficienti. Funzioni implicite. Estremi vincolati: metodo dei moltiplicatori di Lagrange. Integrali doppi e tripli di funzioni continue su insiemi compatti, formule di riduzione e cambiamento di variabili. Curve e superfici regolari, retta e piano tangenti, lunghezza di una curva e area di una superficie. Integrali curvilinei e integrali superficiali. Forme differenziali a coefficienti continui e integrali curvilinei di forme differenziali. Campi vettoriali gradienti, campi vettoriali irrotazionali. Teoremi della divergenza e di Stokes nel piano e nello spazio. Equazioni differenziali del primo ordine a variabili separabili, Equazioni differenziali lineari, risoluzione delle equazioni differenziali lineari a coefficienti costanti.	

Insegnamento: Antenne e misure d'antenna	
CFU: 9	SSD: ING-INF/02
Ore di lezione: 52	Ore di esercitazione: 26
Anno di corso: III	
Obiettivi formativi: Lo studente acquisirà i concetti fondamentali per la descrizione delle caratteristiche radiative e circuitali di un'ampia classe di antenne di comune utilizzo. Verranno acquistate conoscenze di natura sperimentale e numerica connesse all'analisi ed il testing delle antenne. Verranno forniti infine elementi di propagazione.	
Contenuti: Richiami di Campi Elettromagnetici e di elementi di antenne. Le antenne filiformi. Derivazione dell'equazione di Pocklington. Equazione di Hallen e sua soluzione. Caratteristiche radiative e circuitali al variare di lunghezza e frequenza. Metodi numerici (metodo dei momenti). Dipoli compensati, antenne dual frequency e dipoli ripiegati. Antenna Yagi. Gli array di antenne. Espressione del campo irradiato da un allineamento. Fattore di array e di elemento. Array lineari. Array uniformi, array broadside ed endfire. Phased array. Array non uniformi. Mutuo accoppiamento negli array e	

matrice delle impedenze, impedenza attiva. Reti di formazione del fascio. Array planari.
 Antenne ad apertura e metodi per la loro analisi teorica, Ottica Geometrica, Ottica Fisica. Antenne a tromba: trombini piramidali e settoriali.
 Riflettori: singolo riflettore, doppio riflettore, geometria centrata ed offset. Fattore d'efficienza.
 Antenne a microstriscia.
 Temperatura di rumore di un'antenna.
 Esperienze di laboratorio: camera anecoica, misura di guadagno di un'antenna, misura di diagramma di radiazione, misura d'impedenza d'ingresso. Utilizzo di CAD elettromagnetici per l'analisi del comportamento radiativo e circuitale di un'antenna.
 Elementi di propagazione.

Insegnamento: Calcolatori Elettronici I	
CFU: 9	SSD: ING-INF/05
Ore di lezione: 66	Ore di esercitazione: 12
Anno di corso: I	
Obiettivi formativi: Fornire gli strumenti metodologici per l'analisi e la sintesi di macchine elementari per la elaborazione delle informazioni (reti logiche combinatorie e sequenziali). Presentare i fondamenti dell'architettura dei calcolatori elettronici di tipo von Neumann, il repertorio dei codici operativi e la programmazione in linguaggio assemblativo.	
Contenuti: Analisi e sintesi di reti combinatorie. Minimizzazione di funzioni booleane completamente ed incompletamente specificate. Mappe di Karnaugh. Sintesi di reti combinatorie in logica NAND e NOR. Macchine combinatorie elementari. Multiplexer. Demultiplexer. Macchine per il trattamento di codici. Controllori di parità. Macchine aritmetiche elementari: addizionatori, sottrattori, comparatori. Analisi e sintesi di reti sequenziali. Modelli per la tempificazione e struttura delle reti sequenziali sincrone ed asincrone. Flip-flop: generalità. Flip-flop RS a porte NOR. Flip-flop latch ed edge-triggered. FF D. Flip-flop a commutazione. FF T e JK. Registri. Caricamento seriale e parallelo. Registri a scorrimento. Bus. OR di bus. Trasferimenti tra registri. Metodologia di progetto delle reti sincrone e asincrone. Calcolatore Elettronico: sottosistemi e architettura. Il processore. Algoritmo del processore. Il ruolo dell'unità di controllo. Processori ad accumulatore e processori a registri generali. Tecniche di indirizzamento. Codifica delle istruzioni. La memoria centrale. Interfacciamento processore-memoria. Organizzazione del sistema memoria. Collegamento di moduli di memoria. Memorie statiche e dinamiche. Linguaggio macchina e linguaggio assembler. Linguaggio assembler del processore Motorola 68000. Simulatore di processore MC68000. Assemblaggio ed esecuzione di programmi in linguaggio assembler. Sottoprogrammi in linguaggio assembler. Passaggio dei parametri. Corrispondenza tra linguaggi di alto livello e linguaggio macchina. Meccanismo delle interruzioni. Protezioni e controlli del processore. Gestione dell'I/O mediante polling e interruzioni. Il sottosistema di I/O e strutturazione in strati.	

Insegnamento: Campi elettromagnetici e circuiti	
CFU: 12	SSD: ING-INF/02
Ore di lezione: 80	Ore di esercitazione: 24
Anno di corso: II	
Obiettivi formativi: Fornire gli strumenti metodologici e le conoscenze di base necessarie per lo studio delle proprietà dei campi elettromagnetici, in relazione ai problemi di propagazione libera e guidata e all'irradiazione. Fornire gli strumenti metodologici e operativi per lo studio della propagazione elettromagnetica guidata e per la caratterizzazione e l'uso delle linee di trasmissione e delle guide d'onda, con riferimento ai problemi applicativi di maggiore rilevanza per le telecomunicazioni. Fornire i concetti fondamentali per la descrizione delle caratteristiche radiative e circuitali di un'ampia classe di antenne di comune utilizzo. Fornire le conoscenze di natura sperimentale e numerica richieste nell'analisi e nel testing delle antenne.	
Contenuti: <i>Generalità e leggi fondamentali:</i> Equazioni di Maxwell in forma integrale, e differenziale e condizioni di raccordo. Relazioni costitutive. Equazioni di Maxwell nel dominio della frequenza.	

Regime sinusoidale. Vettori sinusoidali e loro rappresentazione fasoriale. Polarizzazione di un vettore sinusoidale. Teoremi di unicità. Teoremi di Poynting. Cenni alle relazioni di dispersione. Teoremi di equivalenza. Teorema di dualità. Teorema di reciprocità. Teorema delle immagini.

Propagazione guidata:

Guide d'onda metalliche: definizione e contesti applicativi. Il concetto di modo: modi TEM, TE e TM e loro proprietà di rappresentazione.

Modi TEM. Linee di trasmissione: definizione e contesti applicativi. Tensione e corrente su una linea. Equazioni delle linee. Costanti primarie delle linee. Propagazione della tensione e della corrente su una linea. Velocità di propagazione. Potenza ed energia su una linea. Eccitazione, terminazione ed interconnessione della linee. Linee di trasmissione in regime sinusoidale: velocità di fase e lunghezza d'onda, coefficiente di riflessione, impedenza, potenza. Trasporto d'impedenza e abaco di Smith. Adattamento: significato e rilevanza. Principali tecniche di adattamento. Le linee come elementi circuitali. Risonanza. Analisi e caratterizzazione delle linee di maggiore interesse applicativo: cavo coassiale, linea bifilare, linea a striscia, microstriscia. Perdite nelle linee.

Modi TE e TM. Linea di trasmissione equivalente. Caratteristiche della propagazione in guida: frequenza di taglio. Espansione modale. Potenza ed energia in guida. Ortogonalità dei modi. Perdite nelle guide. Costante di attenuazione. Dispersione e sua rilevanza. Diagramma di Brillouin. Propagazione di un segnale a banda stretta: velocità di gruppo. Dispersione di un pacchetto d'onda.

Guida d'onda rettangolare. Modo fondamentale: andamento dei campi e delle correnti. Dimensionamento di una guida d'onda rettangolare.

Cenni sulle strutture risonanti. Cavità ideali e cavità con perdite. Fattore di merito di una struttura risonante.

Propagazione in spazio libero:

Onde Piane: definizione e rilevanza. Espansione in onde piane. Incidenza di un'onda piana su una discontinuità piana tra dielettrici. Legge di Snell. Coefficienti di riflessione e trasmissione: formule di Fresnel. Incidenza di un'onda piana su semispazio metallico. Condizione di Leontovic. Propagazione in mezzi stratificati.

Radiazione:

Potenziali elettrodinamici. Campo irradiato da un dipolo elettrico elementare. Teorema di dualità. Dipolo magnetico elementare. Campo irradiato da una distribuzione arbitraria di corrente. Regione di Fraunhofer.

Radiazione in presenza di piano metallico. Radiazione da un'apertura.

Elementi di antenne:

Altezza efficace, diagramma di radiazione, direttività, guadagno, area efficace, efficienza. Esempi di antenne. Dipolo corto, antenne filiformi. Cenni agli allineamenti di antenne.

Esercitazioni sulle guide, sulle cavità risonanti, sulla propagazione in mezzi stratificati e sulle antenne.

Insegnamento: Elettronica generale	
CFU: 12	SSD: ING-INF/01
Ore di lezione: 80	Ore di esercitazione: 24
Anno di corso: II	
Obiettivi formativi:	
Allo studente vengono forniti gli strumenti necessari per l'analisi dei circuiti elettronici elementari, sia analogici, sia digitali. A tale fine vengono preliminarmente studiate le caratteristiche elettriche del diodo del transistor bipolare a giunzione e del transistor MOSFET. Di tali dispositivi vengono presentate sia le applicazioni nei circuiti lineari (amplificatori di segnale e di potenza, filtri) e nei circuiti oscillatori sia le applicazioni nei circuiti logici digitali. Alla fine del corso lo studente sarà in grado, anche con l'ausilio di strumenti software, di analizzare il funzionamento di un qualsiasi circuito elettronico e di progettare semplici circuiti rispondenti a specifiche assegnate. Alla fine del corso lo studente è in grado di comprendere il funzionamento di un circuito elettronico elementare ed è in grado di simularne il funzionamento con l'ausilio di strumenti software CAD.	
Contenuti:	
Introduzione ai concetti dell'elettronica per il trattamento dei segnali: contenuto armonico del segnale, concetto di amplificazione, circuiti elementari. Introduzione ai concetti di fisica dei semiconduttori: generalità sui materiali a semiconduttore e funzionamento della giunzione p-n. Il diodo ideale. Analisi di circuiti a diodi: il concetto di retta di carico.	
Il transistor bipolare a giunzione: struttura fisica e modi di funzionamento. Caratteristica tensione corrente. Analisi grafica delle caratteristiche. Modelli equivalenti a piccolo segnale. Studio ed analisi di elementari configurazioni di amplificatore di segnale a singolo transistor. Risposta in frequenza delle configurazioni di amplificatore.	
Il transistor MOSFET: struttura fisica e descrizione qualitativa del funzionamento, descrizione delle caratteristiche tensione corrente ai terminali. MOSFET a canale n e a canale p, analisi e confronti. Modelli equivalenti a piccolo segnale.	
Studio ed analisi di amplificatori elementari in tecnologia MOSFET: amplificatore differenziale, la retroazione. Risposta in frequenza dei circuiti amplificatori a MOSFET.	

Amplificatore Operazionale. Struttura interna e sue caratteristiche funzionali.
 Concetti di elettronica digitale. Descrizione dell'Invertitore ideale, porte logiche elementari, Definizioni delle grandezze caratteristiche dell'invertitore reale. Uso del transistor MOSFET per la realizzazione di porte logiche: Calcolo dei parametri caratteristici della funzione di trasferimento, Analisi dinamica, Potenza dissipata, Porte logiche elementari NAND e NOR.
 Cenni di conversione analogica digitale e digitale analogica.
 Simulazioni ed esercitazioni mediante l'ausilio del simulatore SPICE e del simulatore di layout Microwind.

Insegnamento: Fisica Generale I	
CFU: 6	SSD: FIS/01
Ore di lezione: 38	Ore di esercitazione: 14
Anno di corso: I	
Obiettivi formativi: Lo studente acquisirà i concetti fondamentali dalle Meccanica Classica e i primi concetti della Termodinamica, privilegiando gli aspetti fenomenologici e metodologici. Inoltre acquisirà una abilità operativa consapevole nella risoluzione di semplici esercizi numerici.	
Contenuti: Cinematica del punto materiale in una dimensione. Vettori. Cinematica del punto in due e tre dimensioni. La prima legge di Newton: il principio di inerzia. La seconda legge di Newton. La terza legge di Newton: il principio di azione e reazione. Il principio di relatività galileiana. La forza peso, il moto dei proiettili. Forze di contatto: tensione, forza normale, forza di attrito. Il piano inclinato. La forza elastica, l'oscillatore armonico. Il pendolo semplice. Quantità di moto di una particella e impulso di una forza. Momento della quantità di moto di una particella e momento di una forza. Lavoro di una forza; il teorema dell'energia cinetica; campi di forza conservativi ed energia potenziale; il teorema di conservazione dell'energia meccanica. Le leggi di Keplero e la legge di Newton di gravitazione universale. Dinamica dei sistemi di punti materiali: equazioni cardinali; centro di massa; leggi di conservazione della quantità di moto e del momento angolare. Elementi di dinamica del corpo rigido. Elementi di statica dei fluidi. Temperatura e calore. Il gas perfetto. L'esperienza di Joule. Il primo principio della termodinamica.	

Insegnamento: Fisica Generale II	
CFU: 6	SSD: FIS/01
Ore di lezione: 38	Ore di esercitazione: 14
Anno di corso: I	
Obiettivi formativi: Lo studente acquisirà i concetti fondamentali dell'Elettromagnetismo, privilegiando gli aspetti fenomenologici e metodologici. Acquisirà inoltre una abilità operativa consapevole nella risoluzione di semplici esercizi numerici.	
Contenuti: Interazione elettrica. Il principio di conservazione della carica elettrica. Legge di Coulomb. Principio di sovrapposizione. Campo elettrico. Potenziale elettrostatico. Potenziale di dipolo. Forza risultante e momento risultante su un dipolo posto in un campo esterno. Flusso di un campo vettoriale. Legge di Gauss. Il campo elettrico in presenza di conduttori. Condensatori. Densità di energia del campo elettrico. Cenni sull'elettrostatica nei dielettrici. Correnti continue. Legge di Ohm. Legge di Joule. Forza elettromotrice di un generatore. Leggi di Kirchhoff. Circuito RC. Interazione magnetica. Forza di Lorentz. Forza su un conduttore percorso da corrente. Momento meccanico su una spira. Moto di una carica in un campo magnetico uniforme. Il campo magnetico generato da correnti stazionarie. Il campo di una spira a grande distanza. Il momento magnetico di una spira. La legge di Gauss per il magnetismo. Il teorema della circuitazione di Ampere. Cenni sulla magnetostatica nei mezzi materiali. Legge di Faraday. Coefficienti di Auto e Mutua induzione. Circuito RL. Densità di energia del campo magnetico. Corrente di spostamento. Equazioni di Maxwell. Cenni sulle onde elettromagnetiche.	

Insegnamento: Fondamenti di Informatica	
CFU: 9	SSD: ING-INF/05
Ore di lezione: 48	Ore di esercitazione: 30
Anno di corso: I	
Obiettivi formativi: Fornire le nozioni di base per le discipline informatiche, introducendo lo studente allo studio dei fondamenti teorici dell'informatica, dell'architettura dei calcolatori e dei linguaggi di programmazione ad alto livello. Fornire le conoscenze necessarie per lo sviluppo di programmi per la risoluzione di problemi di limitata complessità.	

Contenuti:

Il concetto di elaborazione e di algoritmo.

I modelli in Informatica. Automi a stati finiti: definizione, grafo e tabella, Mealy e Moore. Macchina di Turing. Calcolabilità.

Algebra di Boole: definizioni e teorema di De Morgan. Funzioni booleane. Algebra degli insiemi. L'algebra della logica delle proposizioni.

La codifica e la rappresentazione dell'informazione. Rappresentazione dei numeri naturali, relativi, reali.

Fondamenti di architettura dei sistemi di elaborazione: il modello di Von Neumann, funzionamento del processore. Le memorie, l'Input/Output.

Il sistema operativo. Il ciclo di vita di un programma. Traduttori ed interpreti. I linguaggi di programmazione: grammatiche; la Backus-Naur Form.

Fondamenti di programmazione: tipi di dato semplici strutturati; istruzioni elementari e strutture di controllo. La programmazione strutturata. Array. I sottoprogrammi e le librerie standard.

Allocazione dinamica e puntatori. Algoritmi su sequenze e array. Strutture e stringhe. Operazioni di Input/Output verso le memorie di massa.

Programmazione di strutture dati astratte: liste, pile, code. Algoritmi di ricerca ed ordinamento. La ricorsione.

Il linguaggio C++. Impiego di un ambiente di sviluppo dei programmi con esempi di algoritmi fondamentali e di gestione di tipi di dato astratti.

Elementi di programmazione ad oggetti. L'astrazione sui dati. classi, oggetti.

Insegnamento: Fondamenti di misure

CFU: 9

SSD: ING-INF/07

Ore di lezione: 52

Ore di esercitazione: 26

Anno di corso: III

Obiettivi formativi:

Fornire i fondamenti teorici e pratici della misurazione. Informare e formare l'allievo sulle principali metodologie e procedure di misura e sugli strumenti di base per l'analisi dei segnali nel dominio del tempo, delle ampiezze e della frequenza.

Mettere in grado l'allievo di usare la strumentazione di base per l'analisi dei segnali nel dominio del tempo e delle ampiezze, di interpretarne adeguatamente le specifiche tecniche e di presentarne correttamente i risultati di misura.

Contenuti:

Fondamenti teorici e pratici della misurazione: le unità di misura; l'errore di misura; l'incertezza di misura; la propagazione dell'incertezza nelle misurazioni indirette; le caratteristiche metrologiche degli strumenti di misura; le principali metodologie e procedure di misura per l'analisi dei segnali nel dominio del tempo (misurazione di frequenza, periodo, intervallo di tempo e differenza di fase), delle ampiezze (misurazione di tensioni continue e alternate) e della frequenza (misurazione di spettro); architettura e modalità di impiego della strumentazione di base per l'analisi dei segnali nel dominio delle ampiezze (multimetri numerici), nel dominio del tempo (contatori, oscilloscopi) e nel dominio della frequenza (analizzatori di forma d'onda e di spettro); problematiche di inserzione della strumentazione nei circuiti di misura e di collegamento fra diverse apparecchiature.

Insegnamento: Fondamenti di Reti di Telecomunicazioni

CFU: 9

SSD: ING-INF/03

Ore di lezione: 60

Ore di esercitazione: 18

Anno di corso: III

Obiettivi formativi:

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

Contenuti:

Introduzione: struttura di una rete di telecomunicazioni. Principio di stratificazione e di raggruppamento. Condivisione delle risorse. Principali funzioni di rete: moltiplicazione, instradamento e indirizzamento, controllo di errore, controllo di flusso e di congestione. Ripartizione delle funzioni in una architettura stratificata per terminali fissi e mobili. Interconnessione di architetture di rete. Evoluzione della rete telefonica pubblica: standard analogici, standard numerici a commutazione di circuito. Cenni agli standard per le reti diffuse. Convergenza della rete telefonica e della reti dati geografiche: lo standard ATM. Lo standard Ethernet e le sue evoluzioni. Lo standard TCP/IP, la struttura della rete Internet e l'interconnessione di reti eterogenee. Cenni sulle reti wireless e su mobile IP.

Insegnamento: Fondamenti di sistemi dinamici	
CFU: 9	SSD: ING-INF/04
Ore di lezione: 50	Ore di esercitazione: 30
Anno di corso: III	
Obiettivi formativi: Fornire elementi di base di modellistica matematica di sistemi naturali e/o artificiali di tipo logico, decisionale, medico-biologico o basati sulle principali leggi delle scienze moderne; di analisi di sistemi descritti mediante modelli matematici ingresso-stato-uscita ed ingresso-uscita; di simulazione in ambiente Matlab/Simulink.	
Contenuti: Generalità sui sistemi Definizione informale e formale di un sistema e schema base di simulazione e/o di realizzazione. Classificazione dei sistemi. Modellistica Principali leggi per la modellistica. Modelli di sistemi a stati finiti, decisionali, a logica fuzzy, ad eventi discreti, a stato vettore lineari e non di tipo meccanico, elettrico, termico, a fluido, medico-biologico. Interconnessione ed interazione dei sistemi. Modellistica dei sistemi interagenti. Cenni sui dispositivi di interfacciamento. Sistemi a stati finiti Analisi, simulazione, realizzazione e controllo dei sistemi a stati finiti. Sistemi a stato vettore Linearizzazione. Analisi nel dominio dei sistemi lineari e stazionari discreti e continui. Caratterizzazione dei modi. I sistemi a dati campionati. Elementi di stabilità dei sistemi a stato vettore discreti e continui. Analisi dei sistemi lineari e stazionari discreti e continui nel dominio della variabile complessa. Funzione di trasferimento dei sistemi interconnessi. Parametri caratteristici della risposta a un comando impulsivo e a gradino e loro calcolo per alcune classi di sistemi. Analisi dei sistemi lineari e stazionari discreti e continui nel dominio della frequenza. Approssimazione impulsiva di un segnale e calcolo della relativa risposta. Approssimazione polinomiale di un segnale e calcolo della relativa risposta a regime e transitoria. Approssimazione di un segnale mediante armoniche e calcolo della relativa risposta a regime e transitoria. Diagrammi di Bode. Parametri caratteristici della risposta armonica e loro calcolo per alcune classi di sistemi. Tecniche di digitalizzazione di un sistema. Filtri analogici e digitali. Fondamenti di teoria del controllo Schema generale di supervisione, diagnosi e controllo di un sistema anche remoto. Elementi di progettazione e realizzazione di semplici controllori. Esempi di simulazione e realizzazione di sistemi di supervisione e controllo. Alcuni programmi di simulazione di sistemi di rilevante interesse ingegneristico, di progettazione e di realizzazione di controllori, principalmente in ambiente Matlab/Simulink.	

Insegnamento: Geometria e Algebra	
CFU: 6	SSD: MAT/03
Ore di lezione: 30	Ore di esercitazione: 22
Anno di corso: I	
Obiettivi formativi: In questo insegnamento si dovranno acquisire gli strumenti di base dell'algebra lineare e della geometria. L'obiettivo di questo insegnamento è, da un lato, quello di abituare lo studente ad affrontare problemi formali, utilizzando strumenti adeguati ed un linguaggio corretto, e dall'altro di risolvere problemi specifici di tipo algebrico e geometrico, con gli strumenti classici dell'algebra lineare.	
Contenuti: Vettori geometrici applicati. Relazioni d'equivalenza e vettori liberi. Operazioni sui vettori. Cenni sulle strutture algebriche. Spazi vettoriali su un campo. Spazi vettoriali numerici e prodotto scalare standard. Dipendenza lineare, generatori, basi e dimensione. Sottospazi di uno spazio vettoriale. Operazioni sui sottospazi: sottospazi congiungenti, somme dirette e Teorema di Grassmann. Matrici. Lo spazio vettoriale delle matrici su un campo. Matrice trasposta. Matrici quadrate di vari tipi: triangolari, diagonali, simmetriche. Rango di una matrice. Prodotto righe per colonne. Il determinante di una matrice quadrata: definizione e principali proprietà. Metodi di calcolo. Teoremi di Laplace, di Binet e degli Orlati. Operazioni elementari sulle righe (o colonne) di una matrice. Metodi di triangolazione. Questioni di invertibilità. Sistemi di equazioni lineari. Compatibilità, sistemi equivalenti. Teoremi di Rouchè-Capelli e di Cramer. Metodi di calcolo delle soluzioni di un sistema compatibile. Sistemi parametrici. Applicazioni lineari. Nucleo e immagine; l'equazione dimensionale. Monomorfismi, epimorfismi ed isomorfismi. L'isomorfismo coordinato. Matrice associata ad una applicazione lineare. Endomorfismi, autovalori, autovettori ed	

autospazi. Il polinomio caratteristico. Molteplicità algebrica e geometrica di un autovalore. Diagonalizzazione di un endomorfismo e di una matrice. Il Teorema Spettrale.
 Geometria del piano. Rappresentazione parametrica e cartesiana della retta. Fasci di rette. Cenni su questioni affini nel piano: parallelismo e incidenza tra rette. Cenni su questioni euclidee nel piano.
 Geometria dello spazio. Rappresentazione parametrica e cartesiana della retta e del piano. Vettore direzionale della retta e vettore normale del piano. Fasci di piani. Cenni su questioni affini nello spazio: parallelismo e incidenza tra rette, tra piani, e tra una retta ed un piano. Cenni su questioni euclidee nello spazio. Il problema della comune perpendicolare.

Insegnamento: Introduzione ai Circuiti	
CFU: 6	SSD: ING-IND/31
Ore di lezione: 32	Ore di esercitazione: 20
Anno di corso: II	
Obiettivi formativi: Illustrare gli aspetti di base della teoria dei circuiti lineari in condizioni di funzionamento stazionario, dinamico e sinusoidale, sviluppandone capacità di analisi. Introdurre inoltre le metodologie di base, sviluppando la conoscenza di strumenti teorici anche propedeutici a corsi successivi.	
Contenuti: Le grandezze elettriche fondamentali: l'intensità di corrente, la tensione; il modello circuitale, bipoli, leggi di Kirchhoff; potenza ed energia elettrica, resistore, interruttore, generatori indipendenti e pilotati, condensatore, induttore; bipoli attivi e passivi, dissipativi e conservativi. Elementi di topologia dei circuiti. Leggi di Kirchhoff in forma matriciale, equazioni di Kirchhoff indipendenti, potenziali di nodo e correnti di maglia; Potenze virtuali, conservazione delle potenze elettriche; proprietà di non amplificazione delle tensioni e delle correnti. Bipoli equivalenti, resistori in serie e parallelo; circuiti resistivi lineari, sovrapposizione degli effetti; generatori equivalenti di Thevenin e di Norton. Circuiti in regime sinusoidale, fasori, metodo simbolico; impedenza, proprietà dei circuiti di impedenze; potenze in regime sinusoidale e proprietà di conservazione; reti in regime periodico e quasi-periodico; risonanza, cenni alla risposta in frequenza di un circuito. Elementi circuitali a più terminali, doppi bipoli: generatori controllati lineari; doppi bipoli di resistori, trasformatore ideale e giratore. Circuiti mutuamente accoppiati. Analisi dinamica di circuiti, variabili di stato, circuito resistivo associato, evoluzione libera e forzata, circuiti del primo e del secondo ordine. Cenni sui sistemi elettrici di potenza, trasmissione dell'energia, rifasamento, cenni alle reti trifasi ed applicazioni.	

Insegnamento: Metodi matematici per l'Ingegneria	
CFU: 9	SSD: MAT/05
Ore di lezione: 70	Ore di esercitazione: 10
Anno di corso: II	
Obiettivi formativi: Il corso si propone di fornire allo studente l'acquisizione e la consapevolezza operativa dei concetti e dei risultati fondamentali, in vista delle applicazioni nelle discipline del corso di laurea, relativi alle funzioni analitiche, alle serie di Fourier e alle trasformate di Laplace e Fourier.	
Contenuti: Successioni e serie di funzioni nel campo complesso. Sommabilità, integrali in senso improprio, integrali a valor principale. Segnali notevoli, segnali periodici, convoluzione. Spazi vettoriali normati e con prodotto scalare, spazi di Hilbert. Serie di Fourier, proprietà, errore quadratico medio, convergenza nel senso dell'energia, convergenza puntuale. Funzioni complesse di variabile complessa, derivabilità e condizione di Cauchy-Riemann, funzioni analitiche, armonicità, integrali, teorema e formula di Cauchy, serie di potenze, sviluppo di Taylor, sviluppi di Laurent, singolarità e classificazione, teoremi notevoli sulle funzioni analitiche. Teoremi dei residui, calcolo dei residui, calcolo di integrali con il metodo dei residui, scomposizione in fratti semplici delle funzioni razionali. Z-trasformazione, trasformate notevoli, proprietà formali, applicazione alle equazioni ricorrenti. Trasformazione di Laplace, bilatera e unilatera, antitrasformata, trasformate notevoli, proprietà formali, regolarità e comportamento all'infinito, teoremi del valore iniziale e finale, antitrasformazione delle funzioni razionali, applicazione alle equazioni differenziali lineari a coefficienti costanti. Trasformazione di Fourier: trasformata e antitrasformata, proprietà formali, regolarità, comportamento all'infinito. Funzioni generalizzate, impulso ed esempi notevoli, operazioni, derivazione, successioni di funzioni con limite l'impulso, trasformazione di Fourier, trasformate notevoli, trasformata delle funzioni periodiche e delle funzioni campionate. Problemi ai limiti per le equazioni differenziali ordinarie: problema di Sturm-Liouville. Cenni sulle equazioni differenziali alle derivate parziali: generalità, equazioni lineari del secondo ordine in due variabili, classificazione. Equazioni di Laplace e Poisson. Equazione del calore. Equazione delle onde.	

Insegnamento: Misure per telecomunicazioni	
CFU: 6	SSD: ING-INF/07
Ore di lezione: 26	Ore di esercitazione: 26
Anno di corso: III	
Obiettivi formativi: Illustrare agli allievi i metodi e gli strumenti, in termini di modalità di impiego ed interpretazione delle specifiche, più diffusi per la misurazione di grandezze peculiari al settore delle telecomunicazioni. Mettere in grado l'allievo di allestire stazioni automatiche di misura e di usare i linguaggi grafici per lo sviluppo di strumenti virtuali.	
Contenuti: §Analisi spettrale analogica: architetture avanzate di analizzatori di spettro a supereterodina multistadio, e loro uso ottimizzato per la misura dei parametri caratteristici di segnali a modulazione analogica. Analisi spettrale numerica: architetture avanzate di analizzatori di spettro basati su Fast Fourier Transform (FFT Analyzer, Dynamic Signal Analyzer), e loro uso ottimizzato per la misura dei parametri caratteristici di segnali a modulazione analogica. Metodi e strumenti per la misura della potenza a radiofrequenza. Le stazioni automatiche di misura e i sistemi di acquisizione dati. Lo standard IEEE-488 per il controllo tramite personal computer di strumentazione di misura. Gli strumenti di misura virtuali e i linguaggi grafici per il loro sviluppo: LabView, LabWindows CVI.	

Insegnamento: Reti di calcolatori I	
CFU: 6	SSD: ING-INF/05
Ore di lezione: 40	Ore di esercitazione: 12
Anno di corso: III	
Obiettivi formativi: Scopo del corso è fornire le prime nozioni teoriche e le necessarie competenze operative sulle reti di calcolatori ed in generale sulle reti di comunicazione a commutazione di pacchetto. Gli obiettivi formativi principali sono: la conoscenza delle esigenze di comunicazione nelle moderne applicazioni informatiche e telematiche; le caratteristiche delle tecnologie di comunicazione a commutazione di pacchetto; le principali tecnologie ad oggi in uso nelle reti locali sia cablate che wireless; le caratteristiche base dell'architettura TCP/IP e di Internet; le competenze base per la programmazione distribuita basata sul modello client/server.	
Contenuti: Reti di calcolatori e servizi di rete. Terminali e server. Le reti a commutazione di pacchetto. Protocolli di comunicazione e modelli layered e non layered. Lo strato applicazione: i protocolli HTTP, FTP, SMTP. I protocolli di servizio: DNS. Le tecnologie per il software di rete: le Socket e lo sviluppo di software distribuito. Lo strato trasporto: TCP, UDP. Tecniche per il controllo di errore, di flusso e di congestione. Lo strato rete: il protocollo IP. Il protocollo IPv6. Routing unicast e multicast in ambiente intradomain. I protocolli RIP ed OSPF. Architetture di reti LAN cablate. Reti wireless LAN e PAN: tecnologie 802.11 e Bluetooth. Interconnessione di LAN: bridging e switching. Sistemi di cablaggio strutturato. Collegamento di LAN in rete geografica: tecnologie di accesso (xDSL, MetroEthernet, WiMax, HSPDA). Gestione di Reti Locali: indirizzamento, servizi NAT e DHCP, servizi VLAN. La sicurezza informatica: servizi di autenticazione e di certificazione. Sistemi di filtraggio ed antivirus. Cenni sui firewall e sulle VPN. Laboratorio di Networking.	

Insegnamento: Sistemi di Telecomunicazioni Mobili	
CFU: 6	SSD: ING-INF/03
Ore di lezione: 42	Ore di esercitazione: 12
Anno di corso: III	
Obiettivi formativi: Acquisire i concetti sui principali standard per sistemi di telefonia cellulare, nonché i principi di simulazione di tali sistemi ai fini della progettazione, dell'analisi e del dimensionamento delle reti di telefonia.	
Contenuti: Generalità sui sistemi cellulari: architettura, servizi, requisiti. Cenni su canale radiomobile. Richiami su tecniche di accesso multiplo al canale radio. Sistemi cellulari 1G: cenni e principi generali. Sistemi cellulari 2G: architettura di sistema, interfaccia radio, protocolli di segnalazione, evoluzione dei sistemi cellulari 2G. Sistemi cellulari 3G: architettura di sistema, interfaccia radio, cenni ad altri sistemi cellulari 3G. Sistemi 4G: LTE, LTE-A, interfaccia radio, protocol stack. Allocazione dinamica dello spettro: paradigma Cognitive Radio. Simulazione di sistemi di telefonia cellulare.	

Insegnamento: Telematica	
CFU: 6	SSD: ING-INF/03
Ore di lezione: 40	Ore di esercitazione: 12
Anno di corso: III	
Obiettivi formativi: Acquisire i principi e gli strumenti di progettazione, configurazione e gestione di reti di telecomunicazione cablate per l'erogazione di servizi telematici.	
Contenuti: Progettazione di interconnessione su cavo e/o su fibra, domini di collisione (es. VLAN), e piano di indirizzamento (es. subnetting, supernetting, NAT/NAPT, CIDR), per l'erogazione di servizi telematici su reti di telecomunicazione cablate. Configurazione e gestione delle principali infrastrutture di rete (es. switch, router, firewall) su tecnologia CISCO. Configurazione e gestione dei principali servizi di rete (es. DNS, DHCP) in ambienti Microsoft e/o Linux. Strumenti di base per la diagnostica (es. ping, traceroute, nslookup, telnet, packet sniffer/analyzer). Cenni di virtualizzazione dei servizi di rete. Cenni di buone pratiche per la progettazione di CEDs e sale server con riferimento alle infrastrutture di rete.	

Insegnamento: Telerilevamento e Diagnostica Elettromagnetica	
CFU: 6	SSD: ING-INF/02
Ore di lezione: 40	Ore di esercitazione: 12
Anno di corso: III	
Obiettivi formativi: Sono fornite le informazioni per l'uso ragionato dei dati del telerilevamento ambientale da satellite e da aereo da impiegarsi per l'osservazione della Terra e per esplorazioni interplanetarie. Sono presentati i sensori disponibili, è spiegata la logica delle elaborazioni dei dati telerilevati, sono illustrati gli schemi per l'ottenimento di informazioni a valore aggiunto. Per ogni sensore sono presentati i modelli elettromagnetici e gli schemi di elaborazione dei dati. Sono mostrate le tecniche per l'aggiornamento continuo delle informazioni sui sensori esistenti e per l'ottenimento dei dati telerilevati.	
Contenuti: Principali modelli di diffusione elettromagnetica e loro interpretazione: modelli geometrici ed elettromagnetici di superfici aleatorie; approssimazione di Kirchhoff, soluzioni di Ottica Fisica e Ottica Geometrica per superfici rugose ed aleatorie, limiti di validità. Modelli per superfici marine. Diffusione elettromagnetica da superfici marine. Altimetri: principi di funzionamento, applicazioni per lo studio del mare e dei ghiacci. Scatterometri: principi di funzionamento, applicazioni alla terra ed al mare, stima dei venti. Radar ad Apertura Reale: segnali chirp e loro elaborazione, risoluzioni spaziali. Radar ad Apertura Sintetica: risoluzioni spaziali e radiometriche, focalizzazione ed elaborazione dei dati. Distorsioni geometriche dei dati telerilevati, creazione di dati per sistemi informativi geografici. Modelli elettromagnetici per fading e speckle, tecniche di multilook. Interferometria radar: principi e schemi di elaborazione dei dati; cause e modelli di decorrelazione. Interferometria differenziale. Telerilevamento da satellite dell'ambiente terrestre: applicazioni al suolo, mare, ghiacci, aree urbane. Telerilevamento per esplorazioni interplanetarie. Integrazione di dati telerilevati. Analisi di dati telerilevati delle agenzie spaziali: ASI, ESA, NASA. Missioni: ERS, ENVISAT, SIR, CASSINI.	

Insegnamento: Teoria dei Fenomeni Aleatori	
CFU: 9	SSD: ING-INF/03
Ore di lezione: 50	Ore di esercitazione: 28
Anno di corso: III	
Obiettivi formativi: Conoscenza degli elementi di teoria della probabilità, delle variabili aleatorie e dei processi aleatori necessaria per affrontare lo studio di problemi di telecomunicazioni.	
Contenuti: Esperimenti casuali. Teoria della probabilità: spazio campione, eventi, probabilità, dipendenza statistica tra eventi. Variabili aleatorie continue e discrete e loro caratterizzazione: funzione di distribuzione cumulativa e di densità di probabilità, momenti e momenti centrali, funzione caratteristica. Trasformazioni di variabili aleatorie. Caratterizzazione congiunta di variabili aleatorie. Sequenze di variabili aleatorie e teoremi limite.	

Definizione di processo aleatorio. Caratterizzazione dei processi aleatori: funzione di distribuzione cumulativa, funzione di densità di probabilità, media statistica, potenza media, funzione di autocorrelazione, funzione di autocovarianza. Stazionarietà in senso stretto e in senso lato di un processo aleatorio. Ergodicità di un processo aleatorio. Caratterizzazione congiunta di processi aleatori. Incorrelazione, ortogonalità, indipendenza statistica tra processi aleatori. Analisi armonica dei processi aleatori: la densità spettrale di potenza. Trasformazioni (lineari e non) di processi aleatori. Processi gaussiani.

Insegnamento: Teoria dei Segnali	
CFU: 9	SSD: ING-INF/03
Ore di lezione: 48	Ore di esercitazione: 30
Anno di corso: II	
Obiettivi formativi:	
Saper analizzare segnali deterministici a tempo continuo e a tempo discreto nel dominio del tempo e della frequenza. Acquisire familiarità con i principali sistemi per l'elaborazione dei segnali. Saper caratterizzare, analizzare e utilizzare i sistemi lineari tempo-invarianti per l'elaborazione dei segnali.	
Conoscere le leggi che regolano la conversione analogico/digitale e digitale/analogica dei segnali.	
Imparare a utilizzare il linguaggio Matlab per la simulazione e l'analisi di semplici sistemi di elaborazione dei segnali attraverso una serie di esercitazioni guidate riguardanti gli argomenti di teoria.	
Contenuti:	
Segnali deterministici a tempo continuo e a tempo discreto. Operazioni elementari sui segnali. Caratterizzazione energetica dei segnali. Proprietà dei sistemi. Sistemi lineari tempo-invarianti: convoluzione e risposta impulsiva. Serie e trasformata di Fourier e loro proprietà. Caratterizzazione di segnali e sistemi nel dominio della frequenza: risposta armonica di un sistema. Banda. Filtraggio. Distorsione lineare e non lineare. Funzioni di correlazione e densità spettrale. Conversione analogico/digitale e digitale/analogica. Trasformata discreta di Fourier.	

Insegnamento: Trasmissione Numerica	
CFU: 9	SSD: ING-INF/03
Ore di lezione: 60	Ore di esercitazione: 18
Anno di corso: III	
Obiettivi formativi:	
Acquisire familiarità con i fondamenti teorici della trasmissione, le principali metodologie di progetto e di analisi, e la conoscenza delle principali tecniche di modulazione e codifica numeriche.	
Contenuti:	
Rappresentazione complessa di segnali e sistemi passabanda. Caratterizzazione e rappresentazione complessa del rumore bianco. Modulazioni analogiche d'ampiezza e angolari. Effetti del rumore nelle comunicazioni analogiche. Sintesi del ricevitore ottimo in AWGN. Ricevitore a correlazione e a filtri adattati. Modulazioni numeriche senza memoria in banda base e passabanda. Calcolo della probabilità di errore. Ricezione ottima in rumore gaussiano colorato. Trasmissione su canali a banda limitata. Criterio di Nyquist. Equalizzazione lineare ZF e MMSE. Sincronizzazione di fase, simbolo e frame. Codifica e decodifica di canale. Informazione mutua e capacità di canale. Rivelazione a massima verosimiglianza di sequenze. L'algoritmo di Viterbi. Codici a blocchi, ciclici e convoluzionali.	