



Insegnamento	Telecomunicazioni
Livello e corso di studio	Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica (LM-29)
Settore scientifico disciplinare (SSD)	ING-INF/03 (TELECOMUNICAZIONI)
Anno di corso	2
Numero totale di crediti	9
Propedeuticità	<p>Nell'ambito della Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica non sono previste propedeuticità. Tuttavia, lo studente che intende affrontare il presente insegnamento deve possedere una ottima padronanza delle seguenti discipline scientifiche:</p> <ul style="list-style-type: none">• Teoria della Probabilità;• Processi stocastici;• Teoria dei Segnali;• Fisica II.
Docente	<p>Fabio Mangini AREA: Ingegneria</p> <p>EMAIL: fabio.mangini@unicusano.it</p>
Presentazione	<p>L'insegnamento di "Telecomunicazioni" si propone di fornire allo studente competenze tecniche nell'ambito dei sistemi di comunicazione. In particolare lo studente acquisirà sia la capacità di dimensionare dal punto di vista energetico i collegamenti radio che la conoscenza delle principali problematiche connesse al trasferimento dell'informazione mediante segnali elettrici, elettromagnetici oppure ottici. A tal fine l'insegnamento è costituito da tre parti. La prima parte consiste in una descrizione ad alto livello del mondo delle telecomunicazioni focalizzandosi sui dispositivi elettronici che costituiscono un sistema di comunicazione sia a radiofrequenza che ottico. La seconda parte introduce lo studente alle modulazioni analogiche sia lineari (di ampiezza) che non lineari (di frequenza e di fase). Infine la terza parte si focalizza sulla Teoria dell'Informazione e sulle modulazioni numeriche sia in banda base che in banda passante. Infine, lo studente che avrà superato la prova finale di questo corso avrà acquisito la conoscenza delle architetture dei componenti fondamentali (ricevitore: demodulatore, decodificatore; trasmettitore: modulatore, codificatore) di un sistema di telecomunicazioni.</p>
Obiettivi formativi	<p>Gli obiettivi formativi dell'insegnamento di "Telecomunicazioni" sono:</p>



	<ul style="list-style-type: none">• presentazione dei principali aspetti connessi a un sistema di telecomunicazione;• descrizione qualitativa e quantitativa del disturbo presente nei dispositivi elettronici di un sistema di telecomunicazione;• descrizione delle equazioni di dimensionamento di un canale radio;• introduzione alla rappresentazione dei segnali in banda passante e alla loro demodulazione;• presentazione delle principali tecniche di modulazione analogica sia lineari (ovvero di ampiezza) che non lineari (ovvero di fase e frequenza) e descrizione degli schemi di ricezione;• introduzione alla Teoria dell'Informazione con particolare enfasi sul concetto di capacità di canale, entropia, mutua informazione e codici decifrabili;• descrizione delle principali tecniche di modulazione numerica sia in banda base che in banda passante e delle regole di decisione per la ricostruzione del messaggio trasmesso.
Prerequisiti	L'insegnamento richiede che lo studente abbia una ottima padronanza degli strumenti dell'analisi matematica, della geometria, della Teoria della Probabilità e dell'Elaborazione dei Segnali deterministici e aleatori. In particolare, lo studente deve essere in grado di usare strumenti quali il calcolo integrale multidimensionale, i limiti, le successioni e le serie di funzioni, il calcolo vettoriale e matriciale, calcolo delle probabilità e della caratterizzazione statistica e sintetica dei processi stocastici, trasformata e serie di Fourier.
Risultati di apprendimento attesi	In sintesi, i risultati di apprendimento attesi sono: <ul style="list-style-type: none">• CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE (KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING): lo studente avrà acquisito la conoscenza relativa ai metodi di trasmissione dell'informazione sia nel caso di comunicazioni analogiche che numeriche. Inoltre lo studente sarà in grado di padroneggiare gli strumenti analitici per la rappresentazione dei segnali in banda passante e per la loro demodulazione e decodifica.• APPLICAZIONE DELLA CONOSCENZA E DELLA COMPrensIONE (APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING): lo studente sarà in grado di applicare le competenze acquisite per l'analisi dei sistemi di telecomunicazioni. Precisamente, egli sarà in grado di dimensionare dal punto di vista energetico i canali di comunicazione radio, di costruire codici con lunghezza media prossima all'entropia di sorgente, di valutare le caratteristiche spettrali dei segnali di comunicazione, di caratterizzare statisticamente il ricevitore di un sistema di trasmissione numerica.• AUTONOMIA DI GIUDIZIO (MAKING JUDGEMENTS): lo studente sarà in grado di interpretare i risultati ottenuti dall'applicazione delle conoscenze analitiche ai



	<p>punti precedenti al fine di capire la tipologia di interventi necessari per ottenere i risultati richiesti/voluti.</p> <ul style="list-style-type: none">• ABILITÀ COMUNICATIVE (COMMUNICATION SKILLS): lo studente avrà acquisito un linguaggio tecnico-scientifico corretto e comprensibile che permetta di esprimere in modo chiaro e privo di ambiguità le conoscenze tecniche acquisite nell'ambito degli argomenti proposti ed analizzati.• CAPACITÀ DI APPRENDERE (LEARNING SKILLS): lo studente sarà in grado utilizzare sapientemente le conoscenze acquisite per lo studio e l'analisi di nuove tematiche legate alle telecomunicazioni.
<p>Organizzazione dell'insegnamento</p>	<p>L'insegnamento di "Telecomunicazioni" prevede 9 CFU, che corrispondono a un carico didattico di almeno 225 da parte dello studente, ed è sviluppato attraverso lezioni ed esercitazioni preregistrate audio-video, dispense e altre risorse didattiche di supporto. Tutto il suddetto materiale è disponibile in piattaforma.</p> <p>Inoltre, per una preparazione quanto più completa del presente insegnamento, si raccomanda di affiancare lo studio delle dispense con la consultazione del testo di riferimento principale (a disposizione presso la Biblioteca di Ateneo).</p> <p>Il carico di studio comprende almeno le seguenti componenti:</p> <ul style="list-style-type: none">• 166 ore per la visualizzazione e lo studio delle lezioni (circa 24 ore di videolezione);• 15 ore per lo studio e visualizzazione delle esercitazioni (3 ore di esercitazione);• 44 ore di didattica interattiva sul forum (aula virtuale) mirata allo svolgimento di esercizi proposti dal docente. Si tratta di esercizi su specifiche parti del programma che preparano lo studente a sostenere l'esame finale. <p>E' importante tenere presente che le esercitazioni e gli esercizi proposti dal docente sia finali che transitori (attività interattive) mirano a far acquisire allo studente le capacità analitiche per risolvere i problemi relativi ai sistemi di comunicazione con la dovuta proprietà di linguaggio tecnico nonché' la capacità di saper applicare gli strumenti teorici adeguati. Pertanto, le attività sopraelencate sono obbligatorie al fine di poter sostenere in maniera proficua l'esame.</p> <p>Sono poi proposti degli esercizi finali di autovalutazione, di tipo asincrono, che consistono in tracce di esame mirate ad aiutare lo studente a capire il livello di preparazione raggiunto. Anche questa attività, che si avvale degli strumenti presenti in piattaforma, è interattiva e richiede ulteriori ore di studio a discrezione dello studente.</p> <p>Infine, la didattica si avvale di strumenti sincroni come il ricevimento in web-conference e chat disponibili in piattaforma che consentono un'interazione in tempo reale con gli studenti iscritti.</p>



Contenuti del corso

- **MODULO 1, SETTIMANA 1-2, 21.5 ORE DI STUDIO**

Introduzione.

La trasmissione dell'informazione. Tipi di informazione. Il canale di comunicazione. Cenni storici. Schemi di comunicazione (trasmissione analogica e trasmissione digitale). Linee di trasmissione. Ponti radio (Link Budget) e Equazione radar. Il rumore. Cifra di rumore. Amplificatori e attenuatori. Cascata di sistemi.

- **ESERCITAZIONE MODULO 1, 2.5 ORE DI STUDIO**

- **ATTIVITA' INTERATTIVA IN PIATTAFORMA, 10 ORE DI STUDIO**

Esercizi proposti dal docente

- **MODULO 2, SETTIMANA 3, 10.5 ORE DI STUDIO**

Rappresentazione dei Segnali.

Segnali passa-banda. Segnale analitico e involuppo complesso. La trasformata di Hilbert. Filtro di Hilbert. Stima di modulo e fase in banda-passante. Sistemi passa-banda. Processi aleatori passa-banda.

- **MODULO 3, SETTIMANA 4-5, 38.5 ORE DI STUDIO**

Modulazioni analogiche.

Modulazioni di ampiezza: DSB-AM, DSB-SC-AM, SSB-AM, VSB-AM. Multiplexing. Modulazioni angolari: FM, PM. Demodulatore ad aggancio di fase (PLL). Ricevitore supereterodina. Rumore nelle modulazioni.

- **ESERCITAZIONE MODULO 1 2-3, 5 ORE DI STUDIO**

- **ATTIVITA' INTERATTIVA IN PIATTAFORMA, 15 ORE DI STUDIO**

Esercizi proposti dal docente

- **MODULO 4, SETTIMANA 6-8, 42 ORE DI STUDIO**

Trasmissione numerica.

Introduzione alla Teoria dell'informazione. Codifica. Canale discreto di comunicazione. Capacità di canale. Sorgenti continue. Canale additivo Gaussiano. Spazio dei segnali di energia. Regole di decisione: MAP e ML. Canale multivettoriale e Teorema dell'Irrelevanza. Teorema della Reversibilità. Canali a forme d'onda. Filtro adattato.

- **ESERCITAZIONE MODULO 1 4, 2.5 ORE DI STUDIO**

- **ATTIVITA' INTERATTIVA IN PIATTAFORMA, 4 ORE DI STUDIO**

Esercizi proposti dal docente



	<ul style="list-style-type: none">• MODULO 5, SETTIMANA 9-10, 28.5 ORE DI STUDIO Modulazioni numeriche in banda base. Modulazioni numeriche in banda base PAM, PPM e Simplex in banda base: Probabilità di errore e considerazioni di efficienza in banda. Canale LTI passa-basso a banda limitata. Interferenza intersimbolica. Precodifica.• MODULO 6, SETTIMANA 11-12, 25 ORE DI STUDIO Modulazioni numeriche in banda passante. Modulazione ASK (PAM in banda passante): ricevitore, probabilità di errore e considerazioni energetiche. Modulazione PSK: ricevitore, probabilità di errore e considerazioni energetiche. Modulazione QAM: ricevitore, probabilità di errore e considerazioni energetiche. Sincronizzazione e codifica differenziale. Modulazione FSK coerente e incoerente: ricevitore, probabilità di errore e considerazioni energetiche.• ESERCITAZIONE MODULI 5-6, 5 ORE DI STUDIO• ATTIVITA' INTERATTIVA IN PIATTAFORMA, 15 ORE DI STUDIO Esercizi proposti dal docente
Materiali di studio	Videolezioni preregistrate a cura del docente Materiali didattici di supporto a cura del docente (dispense e altro) Testi consigliati: <ul style="list-style-type: none">• S. Haykin e M. Moher, Introduzione alle telecomunicazioni analogiche e digitali, Casa Editrice Ambrosiana, 2007.
Modalità di verifica dell'apprendimento	L'esame consiste nello svolgimento di una prova scritta tendente ad accertare le capacità di analisi, la proprietà di linguaggio e la capacità di applicazione dei concetti acquisiti. La prova scritta si compone di 3 esercizi (sia di natura teorica che di natura applicativa) che riguardano l'intero programma dell'insegnamento, ogni domanda ha uguale dignità e pertanto un massimo voto pari a 10. Particolare attenzione nella valutazione delle risposte date viene data alla capacità dello studente di rielaborare, applicare e presentare con proprietà di linguaggio il materiale presente in piattaforma (maturata a valle dello svolgimento delle attività interattive).
Criteri per l'assegnazione dell'elaborato finale	L'assegnazione dell'elaborato finale avverrà sulla base di un colloquio con il docente in cui lo studente manifesterà i propri specifici interessi in relazione a qualche argomento che intende approfondire tra quelli proposti dal docente; non esistono preclusioni alla richiesta di assegnazione della tesi e non è prevista una media particolare per poterla richiedere. Tuttavia, è raccomandato che lo studente rispetti quanto stabilito nella sezione Prerequisiti.