



Insegnamento	Sistemi RF e Microonde per le Comunicazioni
Livello e corso di studio	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica (LM-29)
Settore scientifico disciplinare (SSD)	IINF-02/A (ex ING-INF/02)
Anno Accademico	2025-2026
Anno di corso	2
Numero totale di crediti	9
Propedeuticità	Nessuna
Docente	Stefano Vellucci Facoltà: Ingegneria Email: stefano.vellucci@unicusano.it Orario di ricevimento: Consultare il calendario alla pagina seguente del nostro sito verificando gli orari di Videoconferenza http://www.unicusano.it/calendario-lezioni-in-presenza/calendario-area-ingegneristica
Presentazione	Il corso di Sistemi RF e Microonde per le Comunicazioni ha come obiettivo principale quello di fornire le conoscenze relative al funzionamento dei principali sistemi a microonde (sistemi radar, sistemi di comunicazione wireless, sistemi di riscaldamento a microonde, ecc.) e ai principali componenti hardware che li costituiscono. Alcuni degli elementi presenti in un sistema a microonde, già introdotti nei corsi precedenti dello stesso settore scientifico-disciplinare (antenne, linee di trasmissione, etc.), verranno ripresi per risaltarne gli aspetti sistemici. Particolare risalto sarà inoltre dato alla comprensione dei fondamentali criteri di progettazione di un sistema a microonde e dei singoli componenti che lo costituiscono.
Obiettivi formativi	Il corso di Sistemi RF e Microonde per le Comunicazioni ha i seguenti obiettivi formativi: 1. Introdurre i sistemi a microonde e i loro componenti principali; 2. Richiamare i concetti relativi alle antenne ed alle linee di trasmissione con particolare riferimento agli aspetti sistemici; 3. Illustrare le tecniche di progetto tipicamente utilizzate per una rete di adattamento di impedenza; 4. Illustrare le tecniche di progetto tipicamente utilizzate per i filtri a microonde; 5. Fornire gli strumenti necessari alla progettazione di componenti o circuiti a microonde.
Prerequisiti	La frequenza al corso richiede inoltre la conoscenza dei concetti fondamentali dei campi elettromagnetici e delle antenne .
Risultati di apprendimento attesi	Conoscenza e capacità di comprensione Lo studente al termine del Corso avrà conoscenza dei principali sistemi a microonde e dei componenti che tipicamente li compongono. In particolare, lo studente sarà in grado di comprendere le implicazioni dei diversi componenti sulle prestazioni del sistema complessivo. Inoltre, tramite le Etivity, gli studenti acquisiranno la capacità di formulare problemi dell'elettromagnetismo all'interno del software CST Microwave Studio. Applicazione delle conoscenze Lo studente sarà in grado di progettare i principali dispositivi e apparati che compongono un sistema a microonde. Sarà quindi in grado di approcciarsi al progetto di un semplice sistema di trasmissione e ricezione a radiofrequenza, utilizzando i tool di simulazione disponibili in commercio. Capacità di trarre conclusioni Lo studente sarà in grado di individuare i modelli più appropriati per descrivere e progettare i singoli blocchi funzionali di un sistema a microonde complesso (es. generatore, linea di trasmissione, elemento radiante, ecc.) e di applicare metodi di verifica critica per valutare la bontà del progetto stesso. Abilità comunicative Lo studente sarà in grado di presentare i risultati di progetto attraverso discussione in linguaggio tecnico o relazione scritta sulle attività svolte. Capacità di apprendere

	Al termine dell'insegnamento lo studente sarà in grado di leggere documenti tecnici da cui ricavare le informazioni necessarie al progetto di diversi componenti a microonde e di applicare le conoscenze acquisite per la risoluzione di problemi non familiari che abbiano come oggetto il progetto di sistemi a microonde.
Organizzazione dell'insegnamento	Il corso è sviluppato attraverso le lezioni preregistrate audio-video che compongono, insieme a slide e dispense, i materiali di studio disponibili in piattaforma. Sono poi proposti dei test di autovalutazione, di tipo asincrono, che corredano le lezioni preregistrate e consentono agli studenti di accertare sia la comprensione, sia il grado di conoscenza acquisita dei contenuti di ognuna delle lezioni. La didattica interattiva è svolta nel forum della "classe virtuale" e comprende 2 Eivity che applicano le conoscenze acquisite nelle lezioni di teoria. In particolare, il Corso di Sistemi RF e Microonde per le Comunicazioni prevede 9 Crediti formativi. Il carico totale di studio per questo modulo di insegnamento è nell'intorno delle 170 ore, così suddivise in: • Circa 150 ore per la visualizzazione e lo studio del materiale videoregistrato. • Circa 20 ore di Didattica Interattiva per l'elaborazione e la consegna di 2 Eivity e per l'esecuzione dei test di autovalutazione. Si consiglia di distribuire lo studio della materia uniformemente in un periodo di 6 settimane circa 25 ore di studio a settimana.
Contenuti del corso	Modulo 1 – Introduzione ai sistemi a microonde (Settimana 1 – Impegno di 25 ore) Richiami di antenne con particolare risalto agli aspetti sistemici (diagramma di radiazione, temperatura di rumore...); sistemi di comunicazione wireless (formula di Friis, link budget, architettura di un ricevitore radio, caratterizzazione in termini di rumore, esempi...); sistemi radar (equazione radar, radar cross section; tipologie di radar); sistemi radiometrici; propagazione a microonde (effetti dell'atmosfera, effetti del suolo, effetti del plasma); altre applicazioni (riscaldamento a microonde, trasferimento di potenza, effetti biologici e sicurezza). Modulo 2 – Richiami sulle linee di trasmissione e utilizzo della carta di Smith (Settimana 2 – Impegno di 25 ore) Dalle equazioni di Maxwell alle equazioni dei telegrafisti; soluzione delle equazioni dei telegrafisti; coefficiente di riflessione e adattamento nelle linee di trasmissione; carta di Smith: introduzione e funzionamento; comportamento in frequenza di semplici circuiti; operazioni di base sulla carta di Smith. Modulo 3 – Adattamento di impedenza (Settimana 3 – Impegno di 25 ore) Adattamento con elementi concentrati (reti ad L, soluzione analitica e con carta di Smith); adattamento a singolo stub (connessione in serie e parallelo); adattamento a doppio stub (soluzione analitica e con carta di Smith); trasformatore a quarto d'onda; teoria delle piccole riflessioni; trasformatore multisezione binomiale; trasformatore multisezione di Chebyshev (polinomi di Chebyshev e progetto del trasformatore); linee rastremate (rastremazione esponenziale, triangolare e di Klopfenstein); criterio di Bode-Fano. Modulo 4 – Filtri a microonde (Settimana 4 – Impegno di 25 ore) Strutture periodiche (analisi di strutture periodiche infinite, strutture periodiche finite, diagrammi di dispersione); progetto di filtri attraverso il metodo delle perdite di inserzione (caratterizzazione attraverso il power loss ratio, prototipo passa-basso massimamente piatto, prototipo passa-basso equal-ripple, prototipo passa-basso a fase lineare); trasformazioni di filtri (scalatura di impedenza e frequenza, trasformazioni passabanda ed elimina banda); implementazione dei filtri (trasformazioni di Richards, identità di Kuroda, invertitori di impedenza e ammettenza); filtro passabasso stepped-impedance; filtri a linee accoppiate (proprietà filtranti di una sezione di linea accoppiata, progetto di filtri passabanda a linea accoppiata); filtri con risonatori accoppiati (filtri elimina banda e passabanda con risonatore a quarto d'onda; filtro passabanda con risonatore serie accoppiato capacitivamente, filtro passabanda con risonatore parallelo accoppiato capacitivamente). Modulo 5 – Dispositivi Attivi a RF e Microonde (Settimana 5 – Impegno di 25 ore) Richiami di Diodi e circuiti a diodi. Richiami di Diodi Schottky e rilevatori. Richiami di Diodi PIN e circuiti di controllo. Diodi Varactor. Richiami di Transistor a giunzione bipolare. Richiami di Transistor a giunzione bipolare. Richiami di Transistor a effetto di campo. Combinazione di potenza. Richiami di Transistor bipolare a eterogiunzione. Richiami di Transistor a effetto di campo a semiconduttore metallico. Richiami di Transistor ad alta mobilità elettronica. Circuiti integrati a microonde. Circuiti integrati a microonde ibridi. Circuiti integrati a microonde monolitici. Amplificatori a microonde.

	Modulo 6 – Software di simulazione elettromagnetica (Settimana 6 – Impegno di 25 ore) Introduzione alla simulazione elettromagnetica; processo generico di simulazione elettromagnetica (metodo dei momenti, metodo FEM, finite difference time domain, confronto tra i diversi simulatori); principali software di simulazione elettromagnetica (Momentum, FEKO, HFSS, CST Microwave Studio,...); tutorial per l'uso di CST Microwave Studio. Etivity 1 – Progetto di una rete di adattamento e relativa implementazione all'interno del software CST Design Studio (impegno di 10 ore – Settimana 6) Etivity 2 – Progetto di un filtro a microonde e relativa implementazione all'interno del software CST Design Studio (impegno di 10 ore - Settimana 6)
Materiali di studio	Materiali didattici a cura del docente Il materiale didattico presente in piattaforma è suddiviso in 5 moduli. Essi ricoprono interamente il programma e ciascuno di essi contiene dispense, slide e videolezioni in cui il docente commenta le slide. Tale materiale contiene tutti gli elementi necessari per affrontare lo studio della materia. Testi consigliati: • David M. Pozar, “<i>Microwave Engineering</i>”, John Wiley & Sons, Inc., 4rd edition. • Robert E. Collin, “<i>Foundations for Microwave Engineering</i>”, Wiley-IEEE Press, 2nd edition
Modalità di verifica dell'apprendimento	L'esame consiste nello svolgimento di una prova scritta tendente ad accertare le capacità di analisi e rielaborazione dei concetti acquisiti e di una serie di attività (E-tivity) svolte durante il corso nelle classi virtuali. La valutazione delle Etivity da 0 a 5 punti è effettuata, in itinere, durante la durata del corso. L'esame di profitto è valutato per i restanti da 0 a 25 e può essere effettuato in forma scritta sia presso la sede di Roma sia presso i poli didattici previa prenotazione da parte dello studente. La prova scritta (della durata di 90 minuti) prevede la trattazione teorica, in forma scritta, di due argomenti del corso. Ogni risposta verrà valutata in base ai seguenti parametri: attinenza al quesito, completezza delle informazioni, modalità di sviluppo dell'argomento. I risultati di apprendimento attesi circa le conoscenze della materia e la capacità di applicarle sono valutate dalla prova scritta, mentre le abilità comunicative, la capacità di trarre conclusioni e la capacità di autoapprendimento sono valutate in itinere attraverso le Etivity. Le e-tivity, inoltre, vanno svolte individualmente da ciascuno studente e consegnate al docente tramite messaggio in piattaforma almeno una settimana prima della prova d'esame cui lo studente si è prenotato. NOTA BENE: ESONERI Si comunica che a partire dall'appello di gennaio 2020 (sia per la sede di Roma, sia per le sedi esterne), la facoltà di Ingegneria ha introdotto la possibilità di effettuare l'esame mediante due esami parziali (o esoneri). Gli esoneri potranno essere svolti esclusivamente durante gli appelli d'esame, pubblicati sul sito, e non saranno previste ulteriori modalità d'esame al di fuori di quelle comunicate. Gli esami parziali riguarderanno i seguenti materiali del corso: • Esonero 1 – Modulo 1, Modulo 2. L'esame parziale 1 sarà valutato fino ad un massimo di 30 punti. • Esonero 2 – Modulo 3, Modulo 4, Modulo 5, e-tivity 1, ed e-tivity 2. L'esame parziale 2 sarà valutato fino ad un massimo di 30 punti (compresa la valutazione delle e-tivity 1, e 2). Il compito d'esame sarà quindi composto da 4 domande teoriche. Le prime due domande teoriche verteranno su argomenti dei primi 2 moduli (2 CFU), mentre le altre due domande su argomenti dei restanti 3 moduli (4 CFU). Sarà quindi possibile sostenere l'esame con le seguenti modalità: • Esame intero (6 CFU): in questo caso si svolgerà l'esame sull'intero programma del corso, rispondendo alla prima e alla terza domanda del compito. Le domande a cui rispondere saranno esplicitamente indicate anche sul testo del compito stesso. Non è possibile scegliere arbitrariamente le due domande a cui rispondere (sulle 4 presenti). • Esame parziale: in questo caso sarà possibile svolgere solamente la parte sui primi 2 moduli (prime due domande) e successivamente sugli ultimi 3 moduli (terza e quarta domanda). All'interno dell'esame ci sarà uno spazio per indicare che tipologia di esame si è scelto di svolgere (Prova parziale 1, Prova parziale 2 o Esame intero). Nel caso si scegliesse la prova parziale, quindi nel caso in cui si scegliesse di svolgere solamente una parte dell'esame (moduli 1 e 2 o moduli 3, 4 e 5) la restante parte non verrà corretta. Una scelta multipla o nessuna scelta comporterà automaticamente la correzione dell'esame in forma integrale. Nel caso in cui lo studente scegliesse di svolgere solamente una parte dell'esame e per quella parte raggiungesse la sufficienza, lo studente riceverà un giudizio positivo per la prova in questione che potrà essere

	integrato da un successivo giudizio positivo (da ottenere in un appello successivo) sulla parte restante di programma. Se si scegliesse di svolgere l'esame tramite prove parziali, al superamento di entrambi, verrà verbalizzato un voto d'esame, che terrà conto delle attività svolte in itinere (e-tivity) e della valutazione ottenuta nelle due prove parziali. In caso di rifiuto di tale voto, i giudizi positivi precedentemente ottenuti verranno azzerati. Il giudizio riportato nella prima prova parziale rimarrà valido per i successivi (6 mesi). In caso di mancato superamento e/o sostenimento della seconda prova, il giudizio riportato nella prima prova verrà annullato.
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; non esistono preclusioni alla richiesta di assegnazione della tesi e non è prevista una media particolare per poterla richiedere.