

# Regolamento didattico del corso di laurea magistrale in Ingegneria delle Telecomunicazioni LM-27

Anno accademico da cui il Regolamento ha decorrenza: a.a. 2025-2026

Data di approvazione del Regolamento: ... [*indicare la data di deliberazione del Senato Accademico*].

Struttura didattica responsabile: Dipartimento di Ingegneria Industriale, Elettronica e Meccanica – Collegio Didattico di Ingegneria Elettronica

## Indice

Art. 1.	Obiettivi formativi specifici del corso e descrizione del percorso formativo .....	2
Art. 2.	Profilo professionale e sbocchi occupazionali e professionali previsti per i laureati ..	2
Art. 3.	Conoscenze richieste per l'accesso e requisiti curriculari.....	3
Art. 4.	Modalità di ammissione .....	3
Art. 5.	Abbreviazioni di corso per trasferimento, passaggio, reintegro, riconoscimento di attività formative, conseguimento di un secondo titolo di studio. Iscrizione contemporanea a due corsi di studio universitari. ....	4
Art. 6.	Organizzazione della didattica .....	7
Art. 7.	Articolazione del percorso formativo.....	9
Art. 8.	Piano di studio.....	10
Art. 9.	Mobilità internazionale .....	10
Art. 10.	Caratteristiche della prova finale .....	10
Art. 11.	Modalità di svolgimento della prova finale .....	11
Art. 12.	Valutazione della qualità delle attività formative .....	11
Art. 13.	Altre fonti normative.....	12
Art. 14.	Validità.....	12

Il presente Regolamento disciplina gli aspetti organizzativi del corso di studio. Il Regolamento è pubblicato sul sito *web* del Dipartimento:

<https://ingegneriaindustrialeelettronicameccanica.uniroma3.it/didattica/regolamenti-didattici/> .

Qualora cada di sabato o di giorno festivo, ogni scadenza presente nel Regolamento è da intendersi posticipata al primo giorno lavorativo successivo.

## Art. 1. Obiettivi formativi specifici del corso e descrizione del percorso formativo

Il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria delle Telecomunicazioni è finalizzato alla formazione di un Ingegnere in grado di gestire l'intero ciclo di vita sia di apparati e di sistemi, sia di servizi ad alto valore aggiunto, connessi con l'acquisizione, il trattamento, la consultazione da remoto, la trasmissione e la diffusione delle informazioni in un'ampia varietà di modi e di forme, garantendo livelli adeguati di sicurezza e riservatezza.

A tal fine l'Ingegnere magistrale in Telecomunicazioni dovrà essere in grado di svolgere sia attività di progettazione complesse, sia attività direzionali di pianificazione, organizzazione, guida, coordinamento e controllo connesse con la produzione di beni e l'erogazione di servizi del settore delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT). Egli dovrà essere, pertanto, in grado di identificare, formulare e risolvere, in modo innovativo economico e con approccio interdisciplinare, problemi di pianificazione, progettazione, ingegnerizzazione, produzione e monitoraggio delle prestazioni, sia tecniche che economiche, di componenti, dispositivi, apparati, sistemi e servizi connessi con il trattamento e la trasmissione dell'informazione.

Al termine del ciclo di studi l'Ingegnere magistrale in Telecomunicazioni dovrà conoscere approfonditamente le teorie, le metodologie, le tecniche e le tecnologie specifiche dell'Ingegneria dei Campi Elettromagnetici e delle Telecomunicazioni, oltre alle teorie e metodologie matematiche, con particolare riguardo all'area dell'ingegneria dell'informazione e, in essa, alle tecnologie elettromagnetiche ed elettroniche.

Con tali obiettivi formativi specifici del corso ci si prefigge di formare una figura professionale le cui competenze acquisite nel percorso formativo permettano di:

- sviluppare metodi di analisi dei sistemi di trasmissione dell'informazione;
- progettare dispositivi e sistemi per l'acquisizione, l'elaborazione ed il trasporto dell'informazione, sia monomediale che multimediale (dati, voce, immagini, video e loro rappresentazione in realtà virtuale o aumentata), su reti fisse e mobili;
- sviluppare metodologie e sistemi per la realizzazione di sistemi di elaborazione dell'informazione e delle telecomunicazioni sicuri;
- progettare dispositivi, sistemi e apparati radianti e guidanti per la propagazione su canale elettromagnetico;
- progettare sistemi radar e di telerilevamento.

Pertanto, oltre all'approfondimento dei contenuti di impostazione metodologica per garantire un rafforzamento delle conoscenze di natura scientifica e tecnica, è obiettivo primario del Corso di Laurea Magistrale la formazione culturalmente aperta all'acquisizione autonoma e continua nel tempo di metodologie e tecniche che consentano di gestire l'innovazione tecnologica nei diversi ambiti dell'Ingegneria dell'Informazione.

## Art. 2. Profilo professionale e sbocchi occupazionali e professionali previsti per i laureati

### 1. Funzione in un contesto di lavoro

I principali compiti che la figura professionale del laureato magistrale in Ingegneria delle Telecomunicazioni abitualmente svolge sono relativi al progetto, sviluppo e test di impianti, apparati e sistemi per uso industriale, commerciale e di ricerca, alla gestione del funzionamento, alla manutenzione, al collaudo e alla pianificazione, organizzazione, e direzione di tutte le relative attività, con specifico riferimento: ai sistemi di acquisizione, elaborazione e il trasporto dell'informazione su reti fisse e mobili; alla sicurezza dei sistemi di elaborazione dell'informazione e dei sistemi di telecomunicazioni; ai sistemi e apparati radianti e guidanti per la propagazione del campo elettromagnetico in ambito terrestre, aereo, navale, satellitare e spaziale; ai sistemi radar e di telerilevamento.

### 2. Competenze associate alla funzione

L'ingegnere delle telecomunicazioni è in grado di utilizzare o creare sistemi di analisi, modellistici e numerici per lo studio di apparati e sistemi tipici del settore delle telecomunicazioni; è in grado di utilizzare o creare procedure di sintesi per il progetto di sistemi tipici del settore delle telecomunicazioni; è in grado di aggiornarsi autonomamente al fine di portare innovazione negli ambiti di ricerca ed industriali tipici del settore delle telecomunicazioni.

### **3. Sbocchi occupazionali**

- Aziende fornitrici di servizi di aggregazione e di distribuzione di contenuti monomediali e multimediali, anche personalizzati, sia a scopo informativo che di intrattenimento,
- Aziende impegnate nello sviluppo e nella fornitura e gestione di sistemi e di servizi di telecomunicazione e telerilevamento,
- Aziende manifatturiere produttrici di componentistica elettromagnetica, sistemi radianti, sistemi guidanti, sistemi radar e materiali assorbenti, apparati per la propagazione di segnali su canale elettromagnetico,
- Aziende operanti nel settore della difesa,
- Aziende operanti nell'ambito della sicurezza dell'informazione e delle telecomunicazioni,
- Università e centri di ricerca e sviluppo pubblici o privati,
- Libero professionista, nei campi dell'analisi, progettazione e gestione di sistemi per le telecomunicazioni e la sicurezza delle telecomunicazioni.

### **4. Il corso prepara alla professione di (codifiche ISTAT)**

1. Ingegneri in telecomunicazioni - (2.2.1.4.3)
2. Ricercatori e tecnici laureati nelle scienze matematiche e dell'informazione - (2.6.2.1.1)
3. Ricercatori e tecnici laureati nelle scienze ingegneristiche industriali e dell'informazione - (2.6.2.3.2)

## **Art. 3. Conoscenze richieste per l'accesso e requisiti curricolari**

Per l'accesso alla Laurea magistrale in Ingegneria delle Telecomunicazioni è richiesto il possesso delle lauree di primo livello nella Classe dell'Ingegneria dell'Informazione (L-8 o equipollenti). Il Collegio Didattico effettua una verifica obbligatoria dell'adeguatezza della preparazione personale come di seguito specificato. L'iscrizione di studenti con laurea triennale diversa da quelle specificate, o di Laurea conseguita in paese estero, è valutata dal Collegio Didattico sulla base del curriculum di studi dello studente. Eventuali carenze curricolari, individuate dal Collegio Didattico, dovranno essere colmate prima dell'immatricolazione attraverso l'iscrizione a singoli insegnamenti e il superamento dei relativi esami.

E' inoltre richiesta allo studente un'adeguata padronanza di metodi e contenuti scientifici generali nelle discipline scientifiche di base e nelle discipline dell'ingegneria, propedeutiche a quelle caratterizzanti previste nell'ordinamento della presente classe di laurea magistrale e di essere capace di comunicare efficacemente, in forma scritta e orale, in lingua inglese. Il riconoscimento dell'idoneità linguistica è effettuato sulla base del superamento di prove di verifica svolte presso il Centro Linguistico di Ateneo di Roma Tre o dell'Ateneo di provenienza.

## **Art. 4. Modalità di ammissione**

È richiesto il possesso della laurea di primo livello nelle Classi dell'Ingegneria dell'Informazione (di cui al D.M.509/1999 o D.M.270/2004) o laurea in Ingegneria conseguita secondo il Preesistente Ordinamento (ante D.M. 509/1999).

Possono presentare domanda anche i laureandi che prevedono di conseguire il titolo entro la data indicata sul *Bando per l'ammissione ai corsi di Laurea Magistrale*.

La domanda preliminare, compilata secondo le indicazioni del bando, si presenta entro la data di scadenza riportata sul bando per via telematica seguendo le istruzioni presenti nel Portale dello Studente e quelle riportate sul Bando per consegna della documentazione; gli studenti provenienti da altri Atenei dovranno

inoltre necessariamente far pervenire i programmi degli insegnamenti i cui esami sono stati superati, mediante inserimento nel sistema elettronico ovvero mediante posta elettronica indirizzata alla Segreteria del Collegio Didattico di Ingegneria Elettronica.

Compatibilmente con la disponibilità economica per ciascun anno accademico è prevista un'incentivazione economica, sotto forma di borse di studio, per gli studenti meritevoli che si immatricolano per la prima volta alle Lauree Magistrali del CCD di Ingegneria Elettronica.

Per accedere proficuamente al Corso di Laurea Magistrale Ingegneria delle Telecomunicazioni è necessario che:

- il candidato sia in grado di comunicare efficacemente, in forma scritta e orale, in lingua inglese;
- il candidato abbia competenze di analisi matematica, geometria ed algebra, fisica, chimica, elettrotecnica, fisica tecnica, fondamenti di elettronica analogica e digitale, fondamenti di informatica, fondamenti di automatica, telecomunicazioni, campi elettromagnetici, misure elettriche, tipiche dei corsi di laurea in Ingegneria Elettronica, Ingegneria delle Telecomunicazioni ed Ingegneria dell'Informazione.

In relazione al percorso didattico pregresso non sono previsti crediti formativi aggiuntivi per i laureati delle classi di Laurea in Ingegneria dell'Informazione e per tutti i laureati, che rispettino i requisiti minimi come disposto dal decreto D.M. del 4 agosto 2000 e dal decreto D.M. n.157 del 16 marzo 2007 del MUR per la classe delle Lauree in Ingegneria dell'Informazione.

Per i laureati che non soddisfino i suddetti requisiti minimi, in relazione al percorso didattico prescelto, potranno essere individuate competenze necessarie che saranno valutate per ogni singolo caso in relazione al percorso didattico presentato. La verifica delle competenze è effettuata sulla base del curriculum del candidato ed eventualmente accertata tramite un colloquio. La eventuale acquisizione di tali competenze dovrà avvenire con l'iscrizione a corsi singoli e con il superamento dei relativi esami prima dell'immatricolazione e, comunque, entro il 28 febbraio di ciascun anno.

## **Art. 5. Abbreviazioni di corso per trasferimento, passaggio, reintegro, riconoscimento di attività formative, conseguimento di un secondo titolo di studio. Iscrizione contemporanea a due corsi di studio universitari.**

### **1. Norme comuni**

La domanda di passaggio da altro corso di laurea dell'Università degli Studi Roma Tre, trasferimento da altro Ateneo, reintegro a seguito di decadenza o rinuncia, abbreviazione di corso per riconoscimento esami e carriere pregresse deve essere presentata secondo le modalità e le tempistiche definite nel bando rettorale di ammissione al corso di laurea.

Relativamente al passaggio degli studenti da un altro Corso di Studio dello stesso livello dell'Ateneo e al trasferimento degli studenti da un Corso di Studio dello stesso livello di un'altra Università, viene assicurato il riconoscimento del maggior numero possibile dei CFU già maturati dallo studente, ricorrendo eventualmente a colloqui per la verifica delle conoscenze effettivamente possedute. Quando il trasferimento è effettuato da un Corso di Studio appartenente alla stessa classe, la quota di CFU relativi al medesimo Settore Scientifico-Disciplinare<sup>1</sup> direttamente riconosciuti allo studente non sarà comunque inferiore al 50% di quelli già maturati. Nel caso in cui il corso di provenienza sia stato svolto in modalità a distanza, la quota minima del 50% sarà riconosciuta solo se il corso di provenienza risulti accreditato ai sensi del Decreto Legislativo 27 gennaio 2012, n. 19.

Per l'accesso al Corso di Studio è possibile riconoscere CFU maturati da Laureati di altre Classi; viene assicurato sempre il riconoscimento del maggior numero possibile dei CFU già maturati, ricorrendo eventualmente a colloqui per la verifica delle conoscenze effettivamente possedute.

Nelle pratiche di passaggio, trasferimento, reintegro ed iscrizione al Corso di Studio come secondo titolo, ai fini del riconoscimento di un insegnamento presente nel percorso formativo obbligatorio dello studente e avente CFU maggiori dell'esame da riconoscere, si chiede allo studente di sostenere una prova integrativa, cui seguirà la verbalizzazione sul portale dei crediti residui. Insegnamenti ed attività non direttamente

riconoscibili nel percorso formativo della laurea, potranno essere convalidati nelle attività a scelta dello studente e/o nel tirocinio.

Le regole per l'attribuzione del voto d'esame sono le seguenti:

- sarà confermato il voto attribuito allo studente nella sua carriera pregressa nel caso in cui l'insegnamento da riconoscere abbia un numero di CFU uguale o inferiore a quello relativo all'insegnamento già sostenuto;
- nel caso di richiesta di integrazione sarà calcolata la media tra il voto attribuito all'insegnamento già sostenuto e quello attribuito all'integrazione, pesata attraverso i CFU precedentemente acquisiti e quelli da acquisire;
- nel caso di riconoscimento di più attività acquisite che confluiscono in un'attività presente nel percorso formativo obbligatorio dello studente, sarà calcolata la media dei voti ottenuti nelle rispettive attività considerate, pesata attraverso i CFU corrispondenti.

Il Consiglio di Collegio Didattico valuterà la non obsolescenza dei contenuti formativi verificando la congruenza dei programmi dei corsi sostenuti dallo studente con quanto previsto negli obiettivi formativi del percorso formativo obbligatorio dello studente.

Le attività formative acquisite o acquisibili presso istituzioni universitarie europee sono quantificate sulla base dell'European Credit Transfer System (ECTS).

## **2. Passaggi e crediti riconoscibili**

Il riconoscimento di CFU acquisiti presso un altro Corso di Studi dell'Ateneo e il percorso di studi che lo studente deve seguire per il conseguimento della laurea è stabilito dal Consiglio di Collegio Didattico tenendo conto della congruità con gli Ordinamenti Didattici e con gli obiettivi formativi del Corso di Laurea Magistrale.

In particolare, sono ammessi direttamente passaggi da:

- Laurea Magistrale D.M. 270/2004 in Biomedical Engineering - Bioingegneria;
- Laurea Magistrale D.M. 270/2004 in Ingegneria Elettronica per l'Industria e l'Innovazione;
- Laurea Magistrale D.M. 270/2004 in Ingegneria Informatica;
- Laurea Magistrale D.M. 270/2004 in Ingegneria Gestionale e dell'Automazione;
- pre-esistenti Lauree Specialistiche D.M. 509/1999 corrispondenti alle medesime classi di laurea magistrale

per le quali sarà assicurato il riconoscimento del maggior numero possibile dei crediti già maturati dallo studente.

La domanda preliminare di passaggio, compilata secondo le indicazioni del bando, si presenta per via informatica entro la data di scadenza riportata sul bando seguendo le istruzioni presenti nel Portale dello Studente e, per l'eventuale consegna della documentazione, quelle riportate sul Bando.

Gli studenti per i quali sono riconoscibili fino ad un massimo di 23 CFU sono ammessi al I anno; gli studenti per i quali sono riconoscibili almeno 24 CFU sono ammessi al II anno.

## **3. Trasferimenti e crediti riconoscibili**

La convalida in termini di CFU delle attività formative già acquisite e il percorso formativo che lo studente deve seguire vengono stabiliti dal Consiglio di Collegio Didattico in relazione alla congruità dei contenuti formativi acquisiti e acquisibili con gli obiettivi formativi specifici del Corso di Laurea.

Sono ammessi studenti della Classe delle Lauree Magistrali delle telecomunicazioni. In particolare gli studenti che richiedono il trasferimento devono essere in possesso della laurea di I livello nella classe L-9 dell'Ingegneria dell'informazione secondo il D.M. 509/1999 e classe L-8 dell'Ingegneria dell'informazione secondo il D.M. 270/2004.

La domanda preliminare di trasferimento, compilata secondo le indicazioni del bando, si presenta per via telematica entro la data di scadenza riportata sul bando seguendo le istruzioni presenti nel Portale dello Studente e, per l'eventuale consegna della documentazione, quelle riportate sul Bando.

È obbligatorio presentare autocertificazione del titolo della Laurea di I livello, nonché tutti i programmi degli insegnamenti relativi agli esami sostenuti, sia nella Laurea che nella Laurea Magistrale di provenienza. I programmi dovranno pervenire alla Segreteria Didattica mediante inserimento nel sistema elettronico ovvero mediante posta elettronica indirizzata alla Segreteria del Collegio Didattico di Ingegneria Elettronica.

Gli studenti per i quali sono riconoscibili fino ad un massimo di 23 CFU sono ammessi al I anno; gli studenti per i quali sono riconoscibili almeno 24 CFU sono ammessi al II anno.

#### **4. Reintegro a seguito di decadenza o rinuncia**

Lo studente decaduto o rinunciatario può, inoltrando apposita domanda compilata secondo le indicazioni del bando, richiedere il reintegro nella qualità di studente nel Corso di laurea secondo il D.M. 270/2004, con riconoscimento degli esami sostenuti prima della decadenza o rinuncia. Il Consiglio di Collegio Didattico valuterà la non obsolescenza della formazione pregressa e definirà conseguentemente il numero di crediti da riconoscere in relazione agli esami già sostenuti e le ulteriori attività formative necessarie per il conseguimento del titolo di studio.

#### **5. Iscrizione al corso come secondo titolo**

I laureati che intendono iscriversi al Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria delle Telecomunicazioni per il conseguimento del secondo titolo dovranno essere in possesso di un titolo di livello equivalente.

È possibile riconoscere crediti maturati da Laureati di altre Classi sulla base della congruenza culturale dei programmi degli insegnamenti superati. Viene assicurato sempre il riconoscimento del maggior numero possibile dei crediti già maturati, anche ricorrendo eventualmente a colloqui per la verifica delle conoscenze effettivamente possedute.

La domanda preliminare di iscrizione come secondo titolo, compilata secondo le indicazioni del bando, si presenta per via informatica entro la data di scadenza riportata sul bando seguendo le istruzioni presenti nel Portale dello Studente e, per l'eventuale consegna della documentazione, quelle riportate sul Bando.

È obbligatorio presentare autocertificazione del titolo della Laurea di I livello, nonché tutti i programmi degli insegnamenti relativi agli esami sostenuti, sia nella Laurea che nella Laurea Magistrale. I programmi dovranno pervenire alla Segreteria Didattica mediante inserimento nel sistema elettronico ovvero mediante posta elettronica indirizzata alla Segreteria del Collegio Didattico di Ingegneria Elettronica.

Sono riconoscibili i crediti formativi acquisiti nell'ambito di carriere pregresse in corsi di laurea magistrale di durata biennale, purché compatibili con gli obiettivi formativi del corso. Sono riconoscibili i crediti formativi relativi a una carriera svolta nell'ambito dell'ordinamento ante D.M. n. 509/99, sebbene il relativo titolo di studio sia presentato quale titolo d'accesso, limitatamente alle attività formative ritenute equiparabili a quelle svolte in un corso di laurea magistrale biennale del vigente ordinamento, in seguito a una valutazione da effettuarsi a cura della competente Commissione didattica del Collegio Didattico. Non sono riconoscibili i crediti acquisiti per il conseguimento della laurea presentata quale titolo d'accesso al corso di studio.

#### **6. Riconoscimento delle conoscenze extra universitarie**

Il Consiglio di Collegio Didattico può riconoscere, ai fini dell'attribuzione di CFU:

- a) conoscenze e abilità professionali, certificate ai sensi della normativa vigente in materia,
- b) altre conoscenze e abilità maturate in attività formative di livello post-secondario;
- c) attività formative svolte nei cicli di studio presso gli istituti di formazione della pubblica amministrazione;
- d) altre conoscenze e abilità maturate in attività formative di livello post-secondario, alla cui progettazione e realizzazione l'università abbia concorso;
- e) conseguimento da parte dello studente di medaglia olimpica o paralimpica ovvero del titolo di campione mondiale assoluto, campione europeo assoluto o campione italiano assoluto nelle discipline riconosciute dal Comitato olimpico nazionale italiano o dal Comitato italiano paralimpico.

Ai fini del riconoscimento, è necessario che le suddette conoscenze e abilità siano certificate a norma di legge dall'ente e/o dalla struttura presso cui sono state svolte le attività formative o lavorative tramite cui le conoscenze e le abilità sono state conseguite. Se le attività sono state svolte presso una pubblica amministrazione è sufficiente che lo studente presenti un'autocertificazione, ai sensi dell'art. 46 del D.P.R. n. 445/2000. Se le attività sono state svolte presso un ente e/o una struttura non afferenti alla pubblica amministrazione, è necessario che lo studente presenti una certificazione rilasciata a norma di legge dall'ente e/o dalla struttura presso cui le attività sono state svolte. La certificazione deve, altresì, riportare il numero di ore delle attività formative svolte, la valutazione dell'apprendimento e le competenze acquisite all'esito dell'attività certificata.

Il riconoscimento viene effettuato:

- a) nei limiti previsti dalle norme vigenti: massimo 24 CFU per i corsi di laurea magistrale;

- b) sulla base di criteri di stretta coerenza con gli obiettivi formativi e i risultati di apprendimento attesi riferibili a questo corso di studio.

Pertanto, sono riconoscibili crediti formativi riferibili alle seguenti attività formative previste nell'ordinamento didattico del corso di studio:

- a) attività formative previste tra le discipline di base o caratterizzanti o affini del corso di studio, nel caso in cui sia documentato il possesso di capacità e competenze corrispondenti agli obiettivi formativi e ai risultati di apprendimento attesi di uno o più corsi di insegnamento previsti dal regolamento didattico del corso di studio. Il riconoscimento può riguardare l'intero numero di CFU attribuiti al corso di insegnamento o un numero di CFU inferiore. Nel caso di riconoscimento di un numero inferiore di CFU, per l'acquisizione dei restanti CFU lo studente è tenuto a svolgere l'esame o l'altra forma di verifica del profitto di cui al comma 4;
- b) attività formative a scelta dello studente, con l'applicazione dei medesimi criteri di cui alla lettera a);
- c) attività formative volte ad acquisire ulteriori conoscenze linguistiche, nonché abilità informatiche e telematiche, relazionali, o comunque utili per l'inserimento nel mondo del lavoro, nonché attività formative volte ad agevolare le scelte professionali, mediante la conoscenza diretta del settore lavorativo cui il titolo di studio può dare accesso.

Allo studente è consentita la possibilità di chiedere più volte nel corso della carriera accademica il riconoscimento delle attività formative di cui ai commi precedenti, purché il numero dei crediti complessivamente riconosciuti non superi il limite massimo previsto dalle norme vigenti. Le attività formative già riconosciute come CFU nell'ambito di corsi di laurea non possono essere nuovamente riconosciute nell'ambito di corsi di laurea magistrale. Il riconoscimento viene effettuato esclusivamente sulla base delle competenze dimostrate dal singolo studente. Sono escluse forme di riconoscimento attribuite collettivamente.

Il Collegio Didattico assicura il riconoscimento dei crediti formativi attraverso una sua valutazione.

È possibile il riconoscimento di abilità professionali certificate fino al valore massimo dei CFU corrispondenti ai CFU delle attività didattiche a scelta dello Studente.

#### **7. Riconoscimento delle conoscenze linguistiche extra universitarie**

Il riconoscimento delle conoscenze linguistiche extra-universitarie acquisite è quantificato sulla base della certificazione ufficiale e della valutazione del Centro Linguistico d'Ateneo.

#### **8. Iscrizione contemporanea a due corsi di studio universitari**

Ai sensi delle norme relative alla contemporanea iscrizione a due diversi corsi di studio universitari, introdotte dalla legge 12 aprile 2022, n. 33 e dal decreto ministeriale n. 930 del 29/07/2022, tali corsi non devono appartenere alla stessa classe e devono differenziarsi per almeno i due terzi delle attività formative. Inoltre, nel caso in cui uno dei corsi di studio sia a frequenza obbligatoria, è consentita l'iscrizione a un secondo corso di studio che non presenti obblighi di frequenza. Pertanto, in presenza di una richiesta di iscrizione al corso di studio, disciplinato dal presente Regolamento, quale contemporanea iscrizione a uno di due diversi corsi universitari, l'organo competente effettua una valutazione specifica, caso per caso, considerando, ai fini dell'individuazione della differenziazione per almeno i due terzi delle attività formative dei due corsi, esclusivamente gli insegnamenti (discipline di base, caratterizzanti, affini, esame a scelta) previsti dai piani di studio seguiti dallo studente interessato in entrambi i corsi e in particolare computando la differenza dei due terzi sul numero dei CFU relativi ai suddetti insegnamenti. Nel caso in cui la differenziazione sia da computarsi tra corsi di studio di differente durata, il calcolo dei due terzi è da riferirsi al corso di studio di durata inferiore. È possibile presentare istanza di riconoscimento dei crediti acquisiti nell'ambito di una delle due carriere contemporaneamente attive, ai fini del conseguimento del titolo nell'altra carriera.

## **Art. 6. Organizzazione della didattica**

### **1. Numero complessivo di esami di profitto previsti per il conseguimento del titolo di studio**

Per il conseguimento del titolo di studio sono previsti un massimo di 12 esami o valutazioni finali di profitto anche favorendo prove di esame integrate per più insegnamenti o moduli coordinati.

## 2. Tipologia delle forme didattiche

Ai sensi dell'art 10 del D.M. 270/2004, le attività formative di base, caratterizzanti e affini/integrative sono costituite da corsi di insegnamento svolti in forma frontale e articolati in lezioni, esercitazioni e seminari nonché esercitazioni pratiche (svolte anche in laboratorio, in forma assistita o individuale).

Le attività autonomamente scelte dallo studente sono costituite da corsi di insegnamento attivati presso il Dipartimento di Ingegneria Industriale, Elettronica e Meccanica o da un altro Dipartimento di Ateneo.

Le altre attività formative comprendono: la preparazione della prova finale per il conseguimento del titolo di studio, la verifica della conoscenza di almeno una lingua straniera, le attività formative volte ad agevolare le scelte professionali mediante la conoscenza diretta del settore lavorativo cui il titolo di studio può dare accesso, i tirocini formativi e di orientamento di cui al decreto 25 marzo 1998, n. 142, del Ministero del lavoro e ogni altra attività ritenuta utile alla formazione degli studenti.

I corsi di insegnamento sono composti da uno o più moduli. Ogni modulo rientra nell'ambito di un Settore Scientifico Disciplinare ed è affidato ad un docente.

## 3. CFU ed ore di didattica frontale

Ad ogni attività didattica (e ad ogni modulo) viene attribuito un numero intero di CFU. A ogni CFU corrispondono 25 ore d'impegno complessivo dello studente, delle quali, per i corsi di insegnamento, almeno 6 debbono essere costituite da attività didattiche frontali. Lo studio individuale non può essere comunque inferiore al 50% dell'impegno complessivo dello studente.

Il corso di laurea magistrale prevede un impegno di didattica frontale di 8 ore a CFU.

## 4. Calendario delle attività didattiche

Il calendario delle attività didattiche è organizzato secondo la seguente scansione cronologica.

- Le attività didattiche frontali iniziano i primi di ottobre (con possibilità di anticipare all'ultima settimana di settembre) e sono suddivise in due semestri;
- Ciascun semestre è a sua volta suddiviso in un periodo iniziale di circa 14 settimane dedicato alla didattica frontale (con eventuali prove di valutazione intermedia e altre attività svolte dagli studenti, ove previste) ed un periodo di circa 5 settimane dedicato allo svolgimento degli esami;
- Il mese di settembre è dedicato allo svolgimento degli esami con possibilità di anticipare all'ultima settimana di settembre l'inizio di alcune lezioni. Inoltre, nello stesso mese di settembre si svolgono le attività propedeutiche per gli studenti immatricolati.

Prima dell'inizio delle lezioni il Collegio Didattico definisce e rende pubblico il calendario delle attività didattiche e degli esami di profitto sul sito del Dipartimento

([Lezioni - aule e orari - Dipartimento di Ingegneria Industriale, Elettronica e Meccanica \(uniroma3.it\)](#))

([Appelli d'esame - Dipartimento di Ingegneria Industriale, Elettronica e Meccanica \(uniroma3.it\)](#)).

Il calendario delle attività didattiche frontali deve garantire la possibilità di frequenza possibilmente a tutte le attività formative previste in ciascun anno di corso.

Prima dell'inizio delle lezioni ciascun docente rende noto il dettaglio delle modalità d'esame del proprio corso. Il programma dettagliato dell'insegnamento tenuto viene fornito dal docente prima della conclusione delle lezioni.

## 5. Tutorato

Il Dipartimento di Ingegneria Industriale, Elettronica e Meccanica organizza attività di tutorato, volte ad assistere gli studenti nell'apprendimento. Queste attività sono svolte, oltre che da professori, ricercatori e cultori della materia, anche da studenti di dottorato, individuati per mezzo di apposite procedure.

## 6. Esami di profitto e composizione delle commissioni

Per ogni corso di insegnamento è prevista una verifica dei risultati delle attività formative sotto forma di esami di profitto. Possono essere previste prove di valutazione intermedia da svolgersi durante il corso d'insegnamento corrispondente, del cui esito si potrà tener conto ai fini della valutazione finale. Tutte le prove di valutazione, intermedia e finale, si svolgeranno mediante prove scritte e/o orali e/o prove di laboratorio.

Il Collegio assicura un minimo di cinque appelli ad anno accademico per le prove d'esame, così suddivisi: due appelli nella sessione invernale, due appelli nella sessione estiva, un appello nella sessione autunnale. A questi si aggiunge un appello nella sessione primaverile.

Infine, potrà essere aggiunto, a seguito di delibera del Consiglio di Dipartimento, un ulteriore appello straordinario nel mese di novembre riservato ai soli studenti laureandi.

Gli esami di profitto sono svolti in presenza per tutte le tipologie dei corsi di studio. Lo svolgimento a distanza degli esami di profitto, ferma restando la necessità di individuare idonee misure relative all'univoca identificazione dei candidati e al corretto svolgimento delle prove, è consentito nei seguenti casi:

- specifiche situazioni personali, relative a studenti con gravi e documentate patologie o infermità ai sensi della legge n. 104/1992 e della legge n. 17/1999 o a studenti in detenzione nel rispetto delle linee guida definite dal Ministero della Giustizia - Dipartimento dell'Amministrazione Penitenziaria d'intesa con la Conferenza nazionale dei delegati dei Rettori per i poli universitari penitenziari;
- temporanee situazioni emergenziali che consentono l'erogazione della didattica a distanza, nonché l'eventuale svolgimento a distanza delle prove d'esame. In tal caso il provvedimento dell'Ateneo che dispone l'attivazione temporanea della modalità a distanza della didattica ovvero delle prove d'esame è sottoposto al preventivo nulla osta ministeriale.

Le modalità di composizione delle commissioni degli esami di profitto sono disciplinate dal Regolamento didattico di Ateneo.

### **7. Studenti a tempo parziale**

Lo studente che opta per il tempo parziale sottopone il piano degli studi scelto all'approvazione del Consiglio di Collegio Didattico entro la data riportata sul sito ufficiale.

Per la disciplina di questo punto si rinvia al Regolamento Carriera.

### **8. Inclusione degli studenti con disabilità o DSA**

Il Corso di Studio promuove con il massimo impegno i percorsi di inclusione delle studentesse e degli studenti con disabilità o DSA come sancito nel Regolamento Carriera.

A tal proposito, il Dipartimento individua un referente.

Per quanto concerne le figure coinvolte, le responsabilità e le procedure connesse, il Dipartimento adotta e rinvia al "VADEMECUM per promuovere il processo di inclusione delle studentesse e degli studenti con disabilità o DSA" predisposto dall'Ateneo e disponibile al link <http://www.uniroma3.it/ateneo/uffici/ufficio-studenti-disabilita-dsa/>

## **Art. 7. Articolazione del percorso formativo**

Il corso di Laurea Magistrale in Ingegneria delle Telecomunicazioni ha due curricula. Il percorso formativo è organizzato:

a) in un primo anno dedicato all'apprendimento di discipline fondanti, costituito da insegnamenti obbligatori caratterizzanti nel cui ambito sono trasmesse conoscenze relative all'elaborazione dei segnali, alla teoria dell'informazione, ai sistemi radiomobili, alle reti di telecomunicazioni, all'interazione della materia naturale/artificiale/vivente con i campi elettromagnetici, ai fondamenti di antenne e propagazione, al progetto di componenti e circuiti elettromagnetici;

b) in un secondo anno che si articola in due curricula, uno relativo alla sicurezza dei sistemi di telecomunicazioni e l'altro relativo all'ingegneria delle microonde e delle radio-frequenze, nei quali si approfondiscono, rispettivamente, i principi metodologici per l'analisi e il progetto di sistemi di elaborazione dei dati e delle infrastrutture di telecomunicazione sicuri e il progetto avanzato dei sistemi di antenne, dei dispositivi wireless e dei dispositivi basati sull'utilizzo dei metamateriali. L'attività formativa è completata da corsi di insegnamento affini o integrativi relativi alla gestione delle basi di dati e dei progetti e alle metodologie di intelligenza artificiale, allo scopo di fornire competenze trasversali necessarie a completare la figura dell'ingegnere delle telecomunicazioni.

Il secondo anno inoltre comprende lo svolgimento delle attività a scelta dello studente, del tirocinio nell'ambito delle attività formative previste dall'art. 10 comma 5 lett. d) del D.M. n.270 del 22/10/2004, e della prova finale.

L'elenco delle attività formative programmate ed erogate è specificato negli allegati n.1 e 2 al presente regolamento. Il percorso formativo è riportato nell'allegato n.3.

I criteri per l'espletamento e per la verifica dei risultati del tirocinio sono esplicitati nell'allegato n.4.

## Art. 8. Piano di studio

a) Il piano di studio è l'insieme delle attività didattiche che è necessario sostenere per raggiungere il numero di crediti previsti per il conseguimento del titolo finale. L'eventuale frequenza di attività didattiche in sovrannumero e l'ammissione ai relativi appelli di esame, disciplinata dal Regolamento Carriera, è consentita fino a un massimo di 9 crediti; oltre tale soglia è consentita esclusivamente tramite l'iscrizione a singoli insegnamenti. Tali attività didattiche non sono comprese nel piano di studio e non concorrono al calcolo dei crediti e della media per il conseguimento del titolo.

Le mancate presentazione e approvazione del piano di studio comportano l'impossibilità di prenotarsi agli esami, ad esclusione delle attività didattiche obbligatorie.

Lo Studente iscritto al primo anno presenta il proprio Piano di Studio entro la scadenza riportata sul sito del Dipartimento di Ingegneria Industriale, Elettronica e Meccanica – Didattica – Ingegneria Elettronica.

La presentazione del Piano di Studio deve essere effettuata in accordo con quanto riportato nel percorso formativo, tenendo conto dei consigli per la compilazione del Piano di Studio che di anno in anno vengono proposti dal Consiglio di Collegio Didattico. In caso di presentazione di un Piano di Studio individuale comprendente anche attività formative diverse da quelle previste dal presente regolamento, il Collegio Didattico valuterà la coerenza con l'ordinamento didattico del corso di studio dell'anno accademico di immatricolazione.

Si ricorda la delibera del Consiglio di Collegio Didattico (seduta del 06 giugno 2008) che stabilisce in 3 (tre) il numero minimo di studenti necessario per l'attivazione di un insegnamento ai sensi del D.M. 270/2004.

b) Per gli studenti a tempo parziale, il Collegio Didattico definisce individualmente sulla base della proposta dello studente uno specifico percorso formativo, organizzato nel rispetto dei contenuti didattici dell'ordinamento del Corso, distribuendo le attività formative ed i crediti da conseguire.

c) È possibile l'acquisizione di crediti formativi presso altri atenei italiani sulla base di convenzioni stipulate tra le istituzioni interessate, ai sensi della normativa vigente.

## Art. 9. Mobilità internazionale

Gli studenti e le studentesse assegnatari di borsa di mobilità internazionale devono predisporre un *Learning Agreement* da sottoporre all'approvazione del docente coordinatore disciplinare obbligatoriamente prima della partenza. Il riconoscimento degli studi compiuti all'estero e dei relativi crediti avverrà in conformità con quanto stabilito dal Regolamento Carriera e dai programmi di mobilità internazionale nell'ambito dei quali le borse di studio vengono assegnate.

Gli studenti di sedi estere, assegnatari di borsa di mobilità internazionale presso l'Università degli Studi Roma Tre, prima di effettuare la mobilità devono preparare e sottoporre all'approvazione del docente coordinatore disciplinare il *Learning Agreement* firmato dal referente accademico presso l'università di appartenenza, secondo le norme stabilite dai programmi di mobilità internazionale nell'ambito dei quali le borse di studio vengono assegnate.

## Art. 10. Caratteristiche della prova finale

La laurea magistrale in Ingegneria delle Telecomunicazioni si consegue previo superamento di una prova finale, che consiste nello sviluppo, da parte dello studente, con la guida di un Docente, il relatore, e da eventuali Co-relatori, di un lavoro, la tesi di Laurea, in forma di elaborato scritto, avente carattere innovativo

e che affronti aspetti di analisi e/o di sintesi relativi ad argomenti coerenti con gli obiettivi formativi del corso di studio.

La tesi ha lo scopo di effettuare una verifica del livello di apprendimento dei contenuti tecnici e scientifici da parte del candidato, la sua capacità di operare in modo autonomo, il suo livello di organizzazione, di comunicazione e di innovazione nell'analisi e sintesi di progetti complessi.

Tale attività può essere svolta sia nei laboratori dell'Ateneo, sia presso aziende o enti di ricerca in Italia e all'estero.

### Art. 11. Modalità di svolgimento della prova finale

La prova finale verte sulla discussione orale della tesi di laurea. La Commissione per l'esame finale è composta da almeno cinque Docenti. La modalità di nomina delle commissioni è contemplata nel Regolamento Didattico di Ateneo.

I criteri orientativi per la valutazione della prova finale di laurea e dell'intero curriculum degli studi ai fini della determinazione del voto finale sono definiti nel *Regolamento per la prova finale* (Allegato 5).

Ai fini dell'ammissione all'esame di laurea, lo studente dovrà fare riferimento al Regolamento qui allegato nonché alle scadenze e alle modalità di presentazione della domanda di conseguimento titolo pubblicate sul Portale dello Studente <http://portalestudente.uniroma3.it/carriera/ammissione-allesame-di-laurea/>.

La prova finale è svolta di norma in presenza. Lo svolgimento a distanza della prova finale, ferma restando la necessità di individuare idonee misure relative all'univoca identificazione dei candidati e al corretto svolgimento delle prove, è consentita nei seguenti casi:

- specifiche situazioni personali, relative a studenti con gravi e documentate patologie o infermità ai sensi della legge n. 104/1992 e della legge n. 7/1999 o a studenti in detenzione nel rispetto delle linee guida definite dal Ministero della Giustizia - Dipartimento dell'Amministrazione Penitenziaria d'intesa con la Conferenza nazionale dei delegati dei Rettori per i poli universitari penitenziari;
- temporanee situazioni emergenziali che consentono l'erogazione della didattica a distanza nonché l'eventuale svolgimento a distanza dell'esame finale previo apposito provvedimento dell'Ateneo.

### Art. 12. Valutazione della qualità delle attività formative

Il Collegio Didattico si avvale di una commissione di assicurazione della qualità, cui partecipa almeno un rappresentante della componente studentesca, per il monitoraggio e la valutazione periodica della qualità dell'offerta formativa, anche usufruendo dei dati forniti dall'Ateneo relativi alle seguenti azioni:

- monitoraggio dei flussi studenteschi (numero di immatricolazioni, di abbandoni, di trasferimenti in ingresso e in uscita);
- valutazione diretta da parte degli studenti (tramite questionari di valutazione) dell'organizzazione e metodologia didattica di ogni singolo insegnamento e dell'adeguatezza delle strutture didattiche;
- monitoraggio dell'andamento del processo formativo (livello di superamento degli esami previsti nei diversi anni di corso, voto medio conseguito, ritardi registrati rispetto ai tempi preventivati dal percorso formativo);
- valutazione quantitativa e qualitativa dei risultati della formazione (numero dei laureati, durata complessiva degli studi, votazione finale conseguita),

e provvede a stilare un rapporto presentato e discusso annualmente in Consiglio di Dipartimento.

Il Coordinatore del Collegio Didattico promuove la revisione con cadenza annuale del regolamento didattico alla luce dell'autovalutazione e dei processi di valutazione ed accreditamento periodici previsti dalla normativa vigente.

### Art. 13. Altre fonti normative

Per quanto non espressamente qui disciplinato si rinvia al Regolamento didattico di Ateneo e al Regolamento Carriera.

### Art. 14. Validità

Le disposizioni del presente Regolamento si applicano a decorrere dall'a.a. 2025-2026 e rimangono in vigore per l'intero ciclo formativo (e per la relativa coorte studentesca) avviato da partire dal suddetto a.a. Si applicano inoltre ai successivi anni accademici e relativi percorsi formativi (e coorti) fino all'entrata in vigore di successive modifiche regolamentari.

Gli allegati 1, 2, 3, 4 e 5 richiamati nel presente Regolamento possono essere modificati da parte della struttura didattica competente, nell'ambito del processo annuale di programmazione didattica.

#### [Allegato 1](#)

Elenco delle attività formative previste per il corso di studio. Allegato della didattica programmata generato dall'applicativo informatico utilizzato per la gestione dell'attività didattica

#### [Allegato 2](#)

Elenco delle attività formative erogate. Allegato didattica erogata generato dall'applicativo informatico utilizzato per la gestione dell'attività didattica

#### [Allegato 3](#)

Percorso formativo del corso di laurea magistrale

#### [Allegato 4](#)

Regolamento per le attività di tirocinio

#### [Allegato 5](#)

Regolamento per la prova finale di laurea

## DIDATTICA PROGRAMMATA 2025/2026

### Ingegneria delle Telecomunicazioni (LM-27)

**Dipartimento:** INGEGNERIA INDUSTRIALE, ELETTRONICA E MECCANICA

**Codice CdS:** 108660

**Codice SUA:** 1610441

**Area disciplinare:** ScientificoTecnologica

**Curricula previsti:**

- Applied Artificial Intelligence
- Wireless Technologies

#### CURRICULUM: Applied Artificial Intelligence

##### Primo anno

##### Primo semestre

Denominazione (Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)	SSD	CFU	Ore	Lingua
<b>20810540 - ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION</b> <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/02	9	72	ENG
<b>20810544 - DIGITAL SIGNAL PROCESSING</b> <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/03	9	72	ITA
<b>20810550 - NEW GENERATION MOBILE SYSTEMS</b>				
MODULO - DIGITAL COMMUNICATIONS <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/03	6	48	ITA
MODULO - 5G COMMUNICATIONS AND BEYOND <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/03	6	48	ITA

##### Secondo semestre

Denominazione (Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)	SSD	CFU	Ore	Lingua
<b>20810338 - ADVANCED ENGINEERING ELECTROMAGNETICS</b> <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/02	9	72	ENG
<b>20810549 - ARTIFICIAL INTELLIGENCE</b>				
MODULO - ARTIFICIAL INTELLIGENCE: ALGORITHMS AND METHODS <i>TAF C - Attività formative affini o integrative</i>	ING-IND/31	6	48	ITA
MODULO - DESIGN OF LEARNING ALGORITHMS <i>TAF C - Attività formative affini o integrative</i>	ING-IND/31	6	48	ITA
<b>20810545 - INFORMATION THEORY</b> <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/03	6	48	ITA
<b>GRUPPO OPZIONALE Insegnamenti a scelta</b>				
<b>20810546 - METAVERSE AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE</b> <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/03	6	48	ITA

##### Secondo anno

##### Primo semestre

Denominazione (Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)	SSD	CFU	Ore	Lingua
<b>20810541 - ADVANCED ANTENNA ENGINEERING</b> <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/02	6	48	ENG

<b>Denominazione</b> <i>(Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)</i>	<b>SSD</b>	<b>CFU</b>	<b>Ore</b>	<b>Lingua</b>
<b>20810542 - ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR ELECTROMAGNETIC TECHNOLOGIES</b> <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/02	9	72	ENG
<b>20810547 - ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR SIGNAL PROCESSING</b> <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/03	9	72	ITA
<b>20810548 - BIOMETRICS AND MULTISENSORIAL INTERACTION</b> <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/03	6	48	ITA

## **Secondo semestre**

<b>Denominazione</b> <i>(Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)</i>	<b>SSD</b>	<b>CFU</b>	<b>Ore</b>	<b>Lingua</b>
<b>20801954 - PROVA FINALE DI LAUREA</b> <i>TAF E - Per la prova finale</i>		12	300	ITA
<b>20802015 - TIROCINIO</b> <i>TAF F - Tirocini formativi e di orientamento</i>		6	150	ITA

## CURRICULUM: Wireless Technologies

### Primo anno

#### Primo semestre

Denominazione (Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)	SSD	CFU	Ore	Lingua
<b>20810540 - ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION</b> <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/02	9	72	ENG
<b>20810544 - DIGITAL SIGNAL PROCESSING</b> <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/03	9	72	ITA
<b>20810550 - NEW GENERATION MOBILE SYSTEMS</b>				
MODULO - DIGITAL COMMUNICATIONS <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/03	6	48	ITA
MODULO - 5G COMMUNICATIONS AND BEYOND <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/03	6	48	ITA

#### Secondo semestre

Denominazione (Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)	SSD	CFU	Ore	Lingua
<b>20810338 - ADVANCED ENGINEERING ELECTROMAGNETICS</b> <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/02	9	72	ENG
<b>20810549 - ARTIFICIAL INTELLIGENCE</b>				
MODULO - ARTIFICIAL INTELLIGENCE: ALGORITHMS AND METHODS <i>TAF C - Attività formative affini o integrative</i>	ING-IND/31	6	48	ITA
MODULO - DESIGN OF LEARNING ALGORITHMS <i>TAF C - Attività formative affini o integrative</i>	ING-IND/31	6	48	ITA
<b>20810552 - ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY</b> <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/02	9	72	ENG
<b>20810545 - INFORMATION THEORY</b> <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/03	6	48	ITA
<b>GRUPPO OPZIONALE Insegnamenti a scelta</b>				

### Secondo anno

#### Primo semestre

Denominazione (Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)	SSD	CFU	Ore	Lingua
<b>20810541 - ADVANCED ANTENNA ENGINEERING</b> <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/02	6	48	ENG
<b>20810551 - DEVICES FOR WIRELESS SYSTEMS</b> <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/02	6	48	ENG
<b>20810543 - METAMATERIALS AND METASURFACES FOR WAVE ENGINEERING</b> <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/02	9	72	ENG

#### Secondo semestre

Denominazione (Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)	SSD	CFU	Ore	Lingua
<b>20801954 - PROVA FINALE DI LAUREA</b> <i>TAF E - Per la prova finale</i>		12	300	ITA
<b>20802015 - TIROCINIO</b> <i>TAF F - Tirocini formativi e di orientamento</i>		6	150	ITA
<b>20810553 - WIRELESS NETWORKING AND IOT</b> <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/03	6	48	ITA

## GRUPPI OPZIONALI

<b>GRUPPO OPZIONALE Insegnamenti a scelta</b>				
<b>Denominazione</b> <i>(Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)</i>	<b>SSD</b>	<b>CFU</b>	<b>Ore</b>	<b>Lingua</b>
<b>A SCELTA STUDENTE</b> <i>TAF D - A scelta dello studente</i>		9	72	ITA
<b>20802093 - ELETTRONICA DEI SISTEMI PROGRAMMABILI</b> <i>TAF D - A scelta dello studente</i>	ING-INF/01	9	72	ITA
<b>20810554 - ETHICAL HACKING</b> <i>TAF D - A scelta dello studente</i>	ING-INF/03	9	72	ENG

## TIPOLOGIE ATTIVITA' FORMATIVE (TAF)

Sigla	Descrizione
A	Base
B	Caratterizzanti
C	Attività formative affini o integrative
D	A scelta studente
E	Prova Finale o Per la conoscenza di almeno una lingua straniera
F	Ulteriori attività formative (art. 10, comma 5, lettera d)
R	Attività formative in ambiti disciplinari affini o integrativi a quelli di base e caratterizzanti, anche con riguardo alle culture di contesto e alla formazione interdisciplinare
S	Per stages e tirocini presso imprese, enti pubblici o privati, ordini professionali

## OBIETTIVI FORMATIVI

### 20810541 - ADVANCED ANTENNA ENGINEERING

#### Italiano

Le antenne sono componenti fondamentali dei moderni sistemi di comunicazioni wireless per ambienti 'smart', quali sistemi pervasivi per calcolo e informazione distribuiti, sistemi spaziali avanzati, sistemi di trasporto intelligenti. Il corso si propone di presentare una selezione di argomenti avanzati, comprendenti tecniche analitiche e numeriche, nel settore dell'ingegneria delle antenne operanti nelle bande dalle microonde fino al THz: teoria e applicazioni delle strutture periodiche; antenne risonanti e a onda viaggiante per sistemi di comunicazione terrestri e spaziali; array smart e per sistemi MIMO; materiali innovativi per antenne riconfigurabili; cenni sui metodi numerici basati su formulazioni differenziali (differenze finite nel tempo e in frequenza) e integrali al contorno (metodo dei momenti). Verranno inoltre illustrati i principali CAD elettromagnetici commerciali per il progetto di antenne basati sulle tecniche illustrate.

#### Inglese

Antennas are fundamental components of modern wireless communication systems for smart environments such as pervasive systems for distributed information and computing, advanced space systems, intelligent transportation systems. This course aims at providing a selection of advanced topics, including analytical and numerical techniques, in antenna engineering from microwave to THz bands: theory and applications of periodic structures; resonant and traveling-wave antennas for terrestrial and space communication systems; smart and MIMO antenna arrays; innovative materials for reconfigurable antennas; introduction to numerical techniques based on differential formulations (finite differences in time and frequency) and on boundary integral formulations (method of moments). The main commercial CAD tools for antennas based on the above numerical techniques will also be illustrated.

### 20810541 - ADVANCED ANTENNA ENGINEERING

#### Italiano

Le antenne sono componenti fondamentali dei moderni sistemi di comunicazioni wireless per ambienti 'smart', quali sistemi pervasivi per calcolo e informazione distribuiti, sistemi spaziali avanzati, sistemi di trasporto intelligenti. Il corso si propone di presentare una selezione di argomenti avanzati, comprendenti tecniche analitiche e numeriche, nel settore dell'ingegneria delle antenne operanti nelle bande dalle microonde fino al THz: teoria e applicazioni delle strutture periodiche; antenne risonanti e a onda viaggiante per sistemi di comunicazione terrestri e spaziali; array smart e per sistemi MIMO; materiali innovativi per antenne riconfigurabili; cenni sui metodi numerici basati su formulazioni differenziali (differenze finite nel tempo e in frequenza) e integrali al contorno (metodo dei momenti). Verranno inoltre illustrati i principali CAD elettromagnetici commerciali per il progetto di antenne basati sulle tecniche illustrate.

#### Inglese

Antennas are fundamental components of modern wireless communication systems for smart environments such as pervasive systems for distributed information and computing, advanced space systems, intelligent transportation systems. This course aims at providing a selection of advanced topics, including analytical and numerical techniques, in antenna engineering from microwave to THz bands: theory and applications of periodic structures; resonant and traveling-wave antennas for terrestrial and space communication systems; smart and MIMO antenna arrays; innovative materials for reconfigurable antennas; introduction to numerical techniques based on differential formulations (finite differences in time and frequency) and on boundary integral formulations (method of moments). The main commercial CAD tools for antennas based on the above numerical techniques will also be illustrated.

### 20810338 - ADVANCED ENGINEERING ELECTROMAGNETICS

#### Italiano

Il corso permette di apprendere conoscenze avanzate sull'interazione tra campo elettromagnetico e materia naturale, artificiale e vivente. Tali conoscenze sono utili per l'analisi ed il progetto dei sistemi elettromagnetici orientati per applicazioni riguardanti i circuiti, i dispositivi, gli apparati ed i sistemi per l'elettronica, la biomedica e per le telecomunicazioni.

#### Inglese

The course aims at learning advanced knowledge on the interaction between electromagnetic field and natural, artificial and living matter. This knowledge is useful for the analysis and design of electromagnetic systems oriented for applications in circuits, devices, and systems for electronics, bio-engineering and telecommunications.

### 20810338 - ADVANCED ENGINEERING ELECTROMAGNETICS

#### Italiano

Il corso permette di apprendere conoscenze avanzate sull'interazione tra campo elettromagnetico e materia naturale, artificiale e vivente. Tali conoscenze sono utili per l'analisi ed il progetto dei sistemi elettromagnetici orientati per

applicazioni riguardanti i circuiti, i dispositivi, gli apparati ed i sistemi per l'elettronica, la biomedica e per le telecomunicazioni.

### Inglese

The course aims at learning advanced knowledge on the interaction between electromagnetic field and natural, artificial and living matter. This knowledge is useful for the analysis and design of electromagnetic systems oriented for applications in circuits, devices, and systems for electronics, bio-engineering and telecommunications.

#### 20810540 - ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION

### Italiano

Il corso si propone di dare una formazione sulle antenne partendo dalle conoscenze tipiche acquisite nei corsi della Laurea triennale, in particolare si presenta lo studio e progettazione delle antenne ad apertura, delle antenne planari e degli allineamenti di antenne. Si introduce inoltre il problema dello scattering elettromagnetico sia da strutture presenti nell'ambiente che da eventuali diffusori presenti nel terreno. Si propone infine di affrontare lo studio della propagazione delle onde radio e microonde nell'atmosfera terrestre. Ambiti di applicazione: industria biomedica, elettrica, elettronica e delle telecomunicazioni.

### Inglese

The course is designed in order to approach the study of antennas on the basis of the typical knowledge acquired in the Laurea degree courses. In particular the study and design of aperture antennas, planar antennas and antenna alignments is accomplished. It also introduces the problem of electromagnetic scattering both from structures present in the environment and from scatterers present in the ground. Finally, it is proposed to address the study of the propagation of radio waves and microwaves in the earth's atmosphere. Areas of application: biomedical, electrical, electronic and telecommunications industries.

#### 20810540 - ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION

### Italiano

Il corso si propone di dare una formazione sulle antenne partendo dalle conoscenze tipiche acquisite nei corsi della Laurea triennale, in particolare si presenta lo studio e progettazione delle antenne ad apertura, delle antenne planari e degli allineamenti di antenne. Si introduce inoltre il problema dello scattering elettromagnetico sia da strutture presenti nell'ambiente che da eventuali diffusori presenti nel terreno. Si propone infine di affrontare lo studio della propagazione delle onde radio e microonde nell'atmosfera terrestre. Ambiti di applicazione: industria biomedica, elettrica, elettronica e delle telecomunicazioni.

### Inglese

The course is designed in order to approach the study of antennas on the basis of the typical knowledge acquired in the Laurea degree courses. In particular the study and design of aperture antennas, planar antennas and antenna alignments is accomplished. It also introduces the problem of electromagnetic scattering both from structures present in the environment and from scatterers present in the ground. Finally, it is proposed to address the study of the propagation of radio waves and microwaves in the earth's atmosphere. Areas of application: biomedical, electrical, electronic and telecommunications industries.

#### 20810549 - ARTIFICIAL INTELLIGENCE

(ARTIFICIAL INTELLIGENCE: ALGORITHMS AND METHODS)

### Italiano

L'insegnamento si propone di introdurre gli studenti nel campo dell'intelligenza artificiale partendo dallo studio degli algoritmi di base nella loro intima natura. Dopo una iniziale panoramica dello stato dell'arte, lo studente sarà guidato nello studio a basso livello del funzionamento degli algoritmi di machine learning per poi essere in grado di sviluppare meccanismi di previsione anche per livelli di astrazione maggiori. Al termine dell'insegnamento, lo studente sarà in grado di analizzare, progettare e realizzare un sistema di Intelligenza Artificiale applicato ad uno specifico problema.

### Inglese

The course aims to introduce students to the field of artificial intelligence starting from the study of basic algorithms in their intimate nature. After an initial overview of the state of the art, the student will be guided in the low-level study of the functioning of machine learning algorithms to then be able to develop prediction mechanisms even for higher levels of abstraction. At the end of the course, the student will be able to analyse, design and create an Artificial Intelligence system applied to a specific problem.

#### 20810549 - ARTIFICIAL INTELLIGENCE

(ARTIFICIAL INTELLIGENCE: ALGORITHMS AND METHODS)

### Italiano

L'insegnamento si propone di introdurre gli studenti nel campo dell'intelligenza artificiale partendo dallo studio degli algoritmi di base nella loro intima natura. Dopo una iniziale panoramica dello stato dell'arte, lo studente sarà guidato nello studio a basso livello del funzionamento degli algoritmi di machine learning per poi essere in grado di sviluppare meccanismi di previsione anche per livelli di astrazione maggiori. Al termine dell'insegnamento, lo studente sarà in grado di analizzare, progettare e realizzare un sistema di Intelligenza Artificiale applicato ad uno specifico problema.

## Inglese

The course aims to introduce students to the field of artificial intelligence starting from the study of basic algorithms in their intimate nature. After an initial overview of the state of the art, the student will be guided in the low-level study of the functioning of machine learning algorithms to then be able to develop prediction mechanisms even for higher levels of abstraction. At the end of the course, the student will be able to analyse, design and create an Artificial Intelligence system applied to a specific problem.

### **20810549 - ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

( *DESIGN OF LEARNING ALGORITHMS* )

## Italiano

L'insegnamento ha come obiettivo principale fornire agli studenti una solida base teorica sulla progettazione e l'implementazione di algoritmi di apprendimento automatico. Gli studenti impareranno a progettare e implementare algoritmi di apprendimento supervisionato, non supervisionato e per rinforzo, e ad applicare i principi di ottimizzazione non lineare per migliorare le prestazioni degli algoritmi di apprendimento automatico. Al termine dell'insegnamento, gli studenti saranno in grado di progettare e implementare algoritmi di apprendimento personalizzati per specifici problemi e domini.

## Inglese

The main objective of the course is to provide students with a solid theoretical basis on the design and implementation of machine learning algorithms. Students will learn to design and implement supervised, unsupervised, and reinforcement learning algorithms, and to apply nonlinear optimization principles to improve the performance of machine learning algorithms. Upon completion of the course, students will be able to design and implement customized learning algorithms for specific problems and domains.

### **20810549 - ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

( *DESIGN OF LEARNING ALGORITHMS* )

## Italiano

L'insegnamento ha come obiettivo principale fornire agli studenti una solida base teorica sulla progettazione e l'implementazione di algoritmi di apprendimento automatico. Gli studenti impareranno a progettare e implementare algoritmi di apprendimento supervisionato, non supervisionato e per rinforzo, e ad applicare i principi di ottimizzazione non lineare per migliorare le prestazioni degli algoritmi di apprendimento automatico. Al termine dell'insegnamento, gli studenti saranno in grado di progettare e implementare algoritmi di apprendimento personalizzati per specifici problemi e domini.

## Inglese

The main objective of the course is to provide students with a solid theoretical basis on the design and implementation of machine learning algorithms. Students will learn to design and implement supervised, unsupervised, and reinforcement learning algorithms, and to apply nonlinear optimization principles to improve the performance of machine learning algorithms. Upon completion of the course, students will be able to design and implement customized learning algorithms for specific problems and domains.

### **20810542 - ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR ELECTROMAGNETIC TECHNOLOGIES**

## Italiano

Il corso si propone di fornire agli studenti una comprensione avanzata delle tecniche di intelligenza artificiale applicate all'ingegneria elettromagnetica, con particolare riferimento all'analisi, modellazione, progettazione e ottimizzazione di dispositivi e sistemi per le telecomunicazioni. Al termine del corso, lo studente sarà in grado di: - comprendere e analizzare criticamente i principali algoritmi di apprendimento automatico, con applicazioni specifiche al dominio elettromagnetico; - implementare modelli di intelligenza artificiale per la previsione di parametri elettromagnetici e per la progettazione assistita di antenne, metamateriali e circuiti RF; - integrare tecniche di AI nei workflow simulativi basati su metodi numerici; - valutare le prestazioni dei modelli addestrati in funzione della qualità e quantità dei dati, della complessità computazionale e della generalizzabilità; - utilizzare strumenti software avanzati per l'addestramento, la validazione e il testing di reti neurali e modelli statistici; - sviluppare un approccio critico e consapevole all'utilizzo dell'intelligenza artificiale in contesti scientifici e ingegneristici, con attenzione all'affidabilità dei risultati e ai limiti epistemologici dei modelli predittivi.

## Inglese

The course aims to provide students with an advanced understanding of artificial intelligence techniques applied to electromagnetic engineering, particularly for the analysis, modeling, design, and optimization of devices and systems for telecommunications. By the end of the course, students will be able to: - critically understand and analyze the main machine learning algorithms, with specific applications to electromagnetic problems; - implement AI-based models for predicting electromagnetic parameters and assisting in the design of antennas, metamaterials, and RF circuits; - integrate AI techniques within numerical simulation workflows; - assess model performance in terms of data quality, computational complexity, and generalization ability; - use advanced software tools for training, validating, and testing neural networks and statistical models; - develop a critical and informed approach to the use of artificial intelligence in scientific and engineering contexts, with attention to result reliability and the epistemological limitations of predictive models.

## **20810547 - ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR SIGNAL PROCESSING**

### **Italiano**

Il corso introduce i principi e i metodi fondamentali utilizzati nell'intelligenza artificiale, inclusi i principali paradigmi di machine learning e deep learning, con un focus specifico sugli approcci volti a rivelare le informazioni rilevanti nascoste nei segnali raccolti in applicazioni del mondo reale, come quelli associati a sensori elettrici e meccanici, audio e parlato, immagini e video, o tracciati biologici e medicali, tra molti altri.

### **Inglese**

The course introduces the fundamental principles and methods used in artificial intelligence, including the main machine learning and deep learning paradigms, with a specific focus on the approaches aiming to unveil the relevant information hidden in signals collected in real-world applications, such as those associated with electrical and mechanical sensors, audio and speech, images and videos, or biological and medical records, among many others.

## **20810548 - BIOMETRICS AND MULTISENSORIAL INTERACTION**

### **Italiano**

L'insegnamento si propone di fornire gli strumenti necessari per l'analisi e la progettazione di sistemi biometrici. Inoltre, le informazioni multisensoriali derivate da diversi organi, saranno analizzate nel contesto del riconoscimento biometrico. Saranno analizzati e descritti sia i sistemi unimodali che multimodali. L'insegnamento inoltre affronta in modo esaustivo i requisiti di sicurezza e privacy nel progetto dei sistemi biometrici. Le nozioni apprese durante il corso verranno messe a frutto realizzando un sistema biometrico funzionante durante l'attività di laboratorio.

### **Inglese**

The course aims to provide the necessary instruments for analyzing and designing biometric systems. In addition, multisensory information derived from different sensory organs will be exploited in the biometric framework. Unimodal and multimodal systems will be addressed. It comprehensively addresses the principles of including the needed security and privacy requirements in the system's project. New notions learned during the course will be brought to fruition by realizing a functioning biometric system during the lab activity.

## **20810551 - DEVICES FOR WIRELESS SYSTEMS**

### **Italiano**

Obiettivo del corso è fornire i fondamenti per il progetto e l'analisi di circuiti e componenti per sistemi wireless di nuova generazione destinati ad applicazioni di comunicazione e sensing.

### **Inglese**

The aim of the course is to provide the fundamentals for the design and the analysis of circuits and components of new-generation wireless systems addressing applications of communication and sensing.

## **20810544 - DIGITAL SIGNAL PROCESSING**

### **Italiano**

Acquisire conoscenze specifiche sulle metodologie sia deterministiche che statistiche che consentono di analizzare e trasmettere segnali. Fornire una panoramica dei principali algoritmi di elaborazione, analisi statistica e rivelazione di segnali e immagini. Descrivere concetti operativi fondamentali ed esempi applicativi tipici nel campo delle telecomunicazioni e del telerilevamento. Fornire agli studenti strumenti SW per la progettazione ottima di sistemi lineari e non lineari mediante elaborazione digitale di segnali e immagini.

### **Inglese**

Acquiring specific knowledge on both deterministic and statistical methodologies that allow to analyze and transmit signals. Providing an overview of most employed algorithms for processing, statistical analysis, and detection of signals and images. Describing basic operating concepts and typical application examples in the fields of telecommunications

and remote sensing. Providing students with SW tools to perform optimum linear and non-linear digital processing of signals and images.

## **20810544 - DIGITAL SIGNAL PROCESSING**

### **Italiano**

Acquisire conoscenze specifiche sulle metodologie sia deterministiche che statistiche che consentono di analizzare e trasmettere segnali. Fornire una panoramica dei principali algoritmi di elaborazione, analisi statistica e rivelazione di segnali e immagini. Descrivere concetti operativi fondamentali ed esempi applicativi tipici nel campo delle telecomunicazioni e del telerilevamento. Fornire agli studenti strumenti SW per la progettazione ottima di sistemi lineari e non lineari mediante elaborazione digitale di segnali e immagini.

### **Inglese**

Acquiring specific knowledge on both deterministic and statistical methodologies that allow to analyze and transmit signals. Providing an overview of most employed algorithms for processing, statistical analysis, and detection of signals and images. Describing basic operating concepts and typical application examples in the fields of telecommunications and remote sensing. Providing students with SW tools to perform optimum linear and non-linear digital processing of signals and images.

## **20810552 - ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY**

### **Italiano**

L'obiettivo di questo insegnamento è fornire una solida comprensione dei meccanismi alla base delle interferenze elettromagnetiche, dei concetti fondamentali riguardanti sia le emissioni radiate che condotte, e dei principi fondamentali della diafonia. Inoltre, l'insegnamento offre le competenze necessarie per comprendere e progettare dispositivi di schermatura e di assorbimento dei campi elettromagnetici, nonché per affrontare le sfide legate alle tecniche di misurazione in questo ambito.

### **Inglese**

The aim of this course is to provide a solid understanding of the mechanisms underlying electromagnetic interference, the fundamental concepts related to both radiated and conducted emissions, and the basic principles of crosstalk. Additionally, the course equips students with the necessary skills to comprehend and design electromagnetic shielding and absorption devices, as well as to tackle challenges associated with measurement techniques in this field.

## **20802093 - ELETTRONICA DEI SISTEMI PROGRAMMABILI**

### **Italiano**

L'insegnamento consente allo studente di apprendere e applicare le tecniche di progettazione dei sistemi digitali in generale e di approfondire in particolare gli aspetti che riguardano l'implementazione tramite piattaforme programmabili. Il corso analizza la struttura tipica e la tecnologia dei moderni componenti elettronici programmabili, sviluppa la capacità di progettare un sistema elettronico digitale dalle specifiche fino all'implementazione e alla verifica sperimentale del comportamento, la capacità di redazione di un rapporto tecnico relativo al progetto e alla caratterizzazione di un componente o sistema elettronico digitale.

### **Inglese**

The course allows the students to acquire the knowledge and the ability to apply design techniques for digital systems in general and in particular with programmable platforms. The course analyzes the typical structure and the technology of modern programmable electronic components, develops the ability to design a digital electronic system from specifications to implementation and experimental verification of the behavior, the ability to draft a technical report on the design and characterization of a component or digital electronic system.

## **20802093 - ELETTRONICA DEI SISTEMI PROGRAMMABILI**

### **Italiano**

L'insegnamento consente allo studente di apprendere e applicare le tecniche di progettazione dei sistemi digitali in generale e di approfondire in particolare gli aspetti che riguardano l'implementazione tramite piattaforme programmabili. Il corso analizza la struttura tipica e la tecnologia dei moderni componenti elettronici programmabili, sviluppa la capacità di progettare un sistema elettronico digitale dalle specifiche fino all'implementazione e alla verifica sperimentale del comportamento, la capacità di redazione di un rapporto tecnico relativo al progetto e alla caratterizzazione di un componente o sistema elettronico digitale.

### **Inglese**

The course allows the students to acquire the knowledge and the ability to apply design techniques for digital systems in general and in particular with programmable platforms. The course analyzes the typical structure and the technology of

modern programmable electronic components, develops the ability to design a digital electronic system from specifications to implementation and experimental verification of the behavior, the ability to draft a technical report on the design and characterization of a component or digital electronic system.

## 20810554 - ETHICAL HACKING

### Italiano

Questo corso fornisce un'introduzione all'hacking etico, che comporta il tentativo di penetrare in sistemi sicuri al fine di dimostrare la vulnerabilità in modo che possano essere prese misure per mitigare il rischio. Gli studenti svilupperanno una comprensione di alcune delle tecniche che possono essere utilizzate per valutare la sicurezza dei sistemi, delle informazioni e delle reti di comunicazione, e per difendersi dalle minacce a tali sistemi attraverso mezzi fisici ed elettronici. Risultati dell'apprendimento.

### Inglese

This course provides an introduction to ethical hacking, which involves attempting to penetrate secure systems in order to demonstrate vulnerability so that steps can be taken to mitigate the risk. Students will develop an understanding of some of the techniques that can be used to assess the security of information-sharing systems and networks, and to defend against threats to those systems through physical and electronic means. Learning Outcomes.

## 20810554 - ETHICAL HACKING

### Italiano

Questo corso fornisce un'introduzione all'hacking etico, che comporta il tentativo di penetrare in sistemi sicuri al fine di dimostrare la vulnerabilità in modo che possano essere prese misure per mitigare il rischio. Gli studenti svilupperanno una comprensione di alcune delle tecniche che possono essere utilizzate per valutare la sicurezza dei sistemi, delle informazioni e delle reti di comunicazione, e per difendersi dalle minacce a tali sistemi attraverso mezzi fisici ed elettronici. Risultati dell'apprendimento.

### Inglese

This course provides an introduction to ethical hacking, which involves attempting to penetrate secure systems in order to demonstrate vulnerability so that steps can be taken to mitigate the risk. Students will develop an understanding of some of the techniques that can be used to assess the security of information-sharing systems and networks, and to defend against threats to those systems through physical and electronic means. Learning Outcomes.

## 20810545 - INFORMATION THEORY

### Italiano

Acquisizione dei fondamenti teorici della teoria dell'informazione e delle metodologie e delle tecnologie per la codificazione di sorgente di segnali mono e multimediali ai fini della riduzione di ridondanza sia senza perdita d'informazione che con perdita controllata. Acquisizione dei fondamenti teorici, delle metodologie e delle tecnologie per la protezione dell'informazione in presenza di errori, distorsioni e rumori introdotti dai sistemi di comunicazione numerici. Applicazione al caso di sistemi multimediali e multisensoriali.

### Inglese

Acquisition of theoretical background in information theory, methodologies, and technologies for source coding of mono and multimedia signals to reduce redundancy for lossless and lossy information. Acquisition of theoretical background, methodologies, and technologies for channel coding, i.e., to protect digital communications against errors caused by distortions and noise. Case study to multimedia and multisensorial systems.

## 20810545 - INFORMATION THEORY

### Italiano

Acquisizione dei fondamenti teorici della teoria dell'informazione e delle metodologie e delle tecnologie per la codificazione di sorgente di segnali mono e multimediali ai fini della riduzione di ridondanza sia senza perdita d'informazione che con perdita controllata. Acquisizione dei fondamenti teorici, delle metodologie e delle tecnologie per la protezione dell'informazione in presenza di errori, distorsioni e rumori introdotti dai sistemi di comunicazione numerici. Applicazione al caso di sistemi multimediali e multisensoriali.

### Inglese

Acquisition of theoretical background in information theory, methodologies, and technologies for source coding of mono and multimedia signals to reduce redundancy for lossless and lossy information. Acquisition of theoretical background, methodologies, and technologies for channel coding, i.e., to protect digital communications against errors caused by distortions and noise. Case study to multimedia and multisensorial systems.

## 20810543 - METAMATERIALS AND METASURFACES FOR WAVE ENGINEERING

### Italiano

L'obiettivo di questo insegnamento è fornire una solida comprensione del comportamento elettromagnetico dei materiali artificiali, dei metamateriali e delle metasuperfici. Inoltre, l'insegnamento offre le competenze necessarie per comprendere e progettare dispositivi innovativi ad alto contenuto tecnologico basati sull'interazione anomala tra onde elettromagnetiche e metastrutture. Infine, il corso fornisce le competenze necessarie per verificare il corretto funzionamento della metastrutture attraverso simulazioni numeriche avanzate.

### Inglese

The goal of this course is to provide a solid understanding of the electromagnetic behavior of artificial materials, metamaterials, and metasurfaces. Additionally, the course equips students with the necessary skills to comprehend and design innovative high-tech devices based on the anomalous interaction between electromagnetic waves and metastructures. Finally, the course provides the skills required to verify the proper functioning of metastructures through advanced numerical simulations.

## 20810546 - METAVERSE AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE

### Italiano

L'obiettivo del corso è fornire le conoscenze necessarie per la progettazione, lo sviluppo e il collaudo di applicazioni e sistemi complessi basati sulla creazione, l'elaborazione, la trasmissione e la restituzione di segnali multimediali che, stimolando molteplici sensi, restituiscono un'esperienza immersiva multiutente. Il metaverso sarà utilizzato come scenario applicativo. In questo quadro, saranno analizzati gli aspetti principali della sicurezza, delle minacce e delle vulnerabilità, del controllo degli accessi e della gestione delle blockchain.

### Inglese

The objective of the course is to provide the knowledge necessary for the design, development and testing of complex applications and systems based on the creation, processing, transmission and rendering of multimedia signals that, by stimulating multiple senses, return a multi-user immersive experience. The metaverse will be used as an application framework. Within this framework, key aspects of security, threats and vulnerabilities, access control and blockchain management will also be analyzed.

## 20810550 - NEW GENERATION MOBILE SYSTEMS

( 5G COMMUNICATIONS AND BEYOND )

### Italiano

Il corso si propone di illustrare gli aspetti fondamentali relativi ai sistemi di telecomunicazione mobili, a partire dal 5G con uno sguardo agli sviluppi futuri (Beyond 5G - B5G). In particolare, copre aspetti di sistema quali la filosofia cellulare, modulazioni e tecniche per l'accesso radio, aspetti relativi alla modellazione del canale radio mobile, agli algoritmi di trasmissione in canali radio, alla elaborazione ottima dei segnali e alla analisi delle loro prestazioni. Vengono infine descritte problematiche applicative di tipo cross-layer quali sicurezza e confidenzialità delle comunicazioni mobili, oltre alla descrizione di tecniche di comunicazione nascosta ed algoritmi veloci per la rilevazione di segnali e sorgenti trasmissive.

### Inglese

The course aims to address fundamental aspects about telecommunication systems, starting from 5G mobile and looking at future developments (Beyond 5G - B5G). It covers system aspects such as the cellular scheme, radio network access and modulations, radio channel modelling, radio transmission algorithms, optimum signal processing, and performance analyses. Finally, it illustrates several cross-layer application problems such as security and privacy in mobile communications, as well as techniques for hidden communications and fast algorithms for signal and transmitting source detection.

## 20810550 - NEW GENERATION MOBILE SYSTEMS

( 5G COMMUNICATIONS AND BEYOND )

### Italiano

Il corso si propone di illustrare gli aspetti fondamentali relativi ai sistemi di telecomunicazione mobili, a partire dal 5G con uno sguardo agli sviluppi futuri (Beyond 5G - B5G). In particolare, copre aspetti di sistema quali la filosofia cellulare, modulazioni e tecniche per l'accesso radio, aspetti relativi alla modellazione del canale radio mobile, agli algoritmi di trasmissione in canali radio, alla elaborazione ottima dei segnali e alla analisi delle loro prestazioni. Vengono infine descritte problematiche applicative di tipo cross-layer quali sicurezza e confidenzialità delle comunicazioni mobili, oltre alla descrizione di tecniche di comunicazione nascosta ed algoritmi veloci per la rilevazione di segnali e sorgenti trasmissive.

### Inglese

The course aims to address fundamental aspects about telecommunication systems, starting from 5G mobile and looking at future developments (Beyond 5G - B5G). It covers system aspects such as the cellular scheme, radio network access and modulations, radio channel modelling, radio transmission algorithms, optimum signal processing, and performance analyses. Finally, it illustrates several cross-layer application problems such as security and privacy in mobile communications, as well as techniques for hidden communications and fast algorithms for signal and transmitting source detection.

## 20810550 - NEW GENERATION MOBILE SYSTEMS

( DIGITAL COMMUNICATIONS )

### Italiano

Il Corso consente di acquisire conoscenze specifiche sulle tecniche di base per la trasmissione dell'informazione su collegamenti numerici nonché di apprendere le principali metodologie per il dimensionamento e la progettazione di collegamenti punto-punto e punto-multipunto in tecnica numerica.

### Inglese

The course allows you to acquire specific knowledge of the basic techniques for transmitting information on digital connections and the principal methodologies for designing point-to-point and point-to-multipoint connections using digital techniques.

## 20810550 - NEW GENERATION MOBILE SYSTEMS

( DIGITAL COMMUNICATIONS )

### Italiano

Il Corso consente di acquisire conoscenze specifiche sulle tecniche di base per la trasmissione dell'informazione su collegamenti numerici nonché di apprendere le principali metodologie per il dimensionamento e la progettazione di collegamenti punto-punto e punto-multipunto in tecnica numerica.

### Inglese

The course allows you to acquire specific knowledge of the basic techniques for transmitting information on digital connections and the principal methodologies for designing point-to-point and point-to-multipoint connections using digital techniques.

## 20801954 - PROVA FINALE DI LAUREA

### Italiano

La laurea magistrale si consegue previo superamento di una prova finale, che consiste nello sviluppo, da parte dello studente, con la guida di un Docente, il relatore, e da eventuali Co-relatori, di un lavoro, la tesi di Laurea, in forma di elaborato scritto, avente carattere innovativo e che affronti aspetti di analisi e/o di sintesi relativi ad argomenti coerenti con gli obiettivi formativi del corso di studio. La tesi ha lo scopo di effettuare una verifica del livello di apprendimento dei contenuti tecnici e scientifici da parte del candidato, la sua capacità di operare in modo autonomo, il suo livello di organizzazione, di comunicazione e di innovazione nell'analisi e sintesi di progetti complessi.

### Inglese

The Master's degree is awarded after passing a final exam, which consists in defending a written report (the Master's thesis) on a work activity developed by the candidate, under the guidance of a supervisor, and possibly of other co-supervisors, of an innovative nature, and concerning aspects of analysis and/or synthesis associated with topics relevant to the learning outcomes of the Master's degree program. The final exam aims to verify the candidate's level of learning of the technical and scientific contents, her/his ability to work independently, and her/his level of organisation, communication and innovation in the analysis and synthesis of complex projects. The activities carried out during the preparation of the thesis work may be performed in the University's laboratories and in companies or research bodies in Italy and abroad.

## 20801954 - PROVA FINALE DI LAUREA

### Italiano

La laurea magistrale si consegue previo superamento di una prova finale, che consiste nello sviluppo, da parte dello studente, con la guida di un Docente, il relatore, e da eventuali Co-relatori, di un lavoro, la tesi di Laurea, in forma di elaborato scritto, avente carattere innovativo e che affronti aspetti di analisi e/o di sintesi relativi ad argomenti coerenti con gli obiettivi formativi del corso di studio. La tesi ha lo scopo di effettuare una verifica del livello di apprendimento dei contenuti tecnici e scientifici da parte del candidato, la sua capacità di operare in modo autonomo, il suo livello di organizzazione, di comunicazione e di innovazione nell'analisi e sintesi di progetti complessi.

### Inglese

The Master's degree is awarded after passing a final exam, which consists in defending a written report (the Master's thesis) on a work activity developed by the candidate, under the guidance of a supervisor, and possibly of other co-supervisors, of an innovative nature, and concerning aspects of analysis and/or synthesis associated with topics relevant to the learning outcomes of the Master's degree program. The final exam aims to verify the candidate's level of learning of the technical and scientific contents, her/his ability to work independently, and her/his level of organisation, communication and innovation in the analysis and synthesis of complex projects. The activities carried out during the preparation of the thesis work may be performed in the University's laboratories and in companies or research bodies in Italy and abroad.

## 20802015 - TIROCINIO

### Italiano

Lo studente dovrà svolgere un periodo di formazione e di orientamento detto tirocinio, volto a sperimentare e sviluppare le capacità tecniche e metodologiche acquisite nel corso degli studi, nonché ad agevolare le scelte professionali, mediante la conoscenza diretta del mondo del lavoro.

### Inglese

The Student must carry out a period of training and orientation called internship, aimed at experimenting and developing the technical and methodological skills acquired during the studies, as well as facilitating professional choices, through the direct knowledge of the industrial reality.

## 20802015 - TIROCINIO

### Italiano

Lo studente dovrà svolgere un periodo di formazione e di orientamento detto tirocinio, volto a sperimentare e sviluppare le capacità tecniche e metodologiche acquisite nel corso degli studi, nonché ad agevolare le scelte professionali, mediante la conoscenza diretta del mondo del lavoro.

### Inglese

The Student must carry out a period of training and orientation called internship, aimed at experimenting and developing the technical and methodological skills acquired during the studies, as well as facilitating professional choices, through the direct knowledge of the industrial reality.

## 20810553 - WIRELESS NETWORKING AND IOT

### Italiano

Il corso introduce gli aspetti fondamentali delle reti di comunicazioni wireless di tipo device-to-device (D2D) e introduce le nuove tecnologie emergenti per sistemi di comunicazione avanzati. Gli obiettivi del corso prevedono che gli studenti acquisiscano (i) la conoscenza necessaria sulle tecnologie di comunicazione mobili e wireless, anche in scenari emergenti Beyond5G (B5G), e (ii) l'abilità di applicare tale conoscenza per lo sviluppo di servizi per gli scenari applicativi di tipo Internet of Things (IoT). Particolare attenzione viene posta alla tecnologia WiFi, alle comunicazioni D2D e alle tecnologie emergenti in scenari B5G. Per ogni scenario applicativo (e.g., smart city, smart car, environmental monitoring), verranno studiate le principali tecnologie di rete, insieme alle loro performance e ai problemi aperti per i quali ancora si necessita di una soluzione.

### Inglese

This course introduces the fundamentals of wireless networks for device- to-device (D2D) communications and presents the new emerging technologies for advances wireless communication systems. The main objectives of this course are (i) basics on wireless technologies, especially in new emerging scenarios such as Beyond5G (B5G), and (ii) the skill to apply this information for service development in Internet of Things (IoT) context. In particular, we will study the WiFi technology, the D2D communications and new emerging technologies such as Massive MIMO, mmWave, optical wireless communications, etc. For different application scenarios (e.g., smart city, smart car, environmental monitoring), we will investigate the main networking issues and techniques, the wireless technologies, as well as the performance results and open issues.

## DIDATTICA EROGATA 2025/2026

### Ingegneria delle Telecomunicazioni (LM-27)

Dipartimento: INGEGNERIA INDUSTRIALE, ELETTRONICA E MECCANICA

Codice CdS: 108660

#### INSEGNAMENTI

#### Primo anno

#### Primo semestre

##### 20810540 - ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION ( - ING-INF/02 - 9 CFU - 72 ore - ITA )

*Curricula: Applied Artificial Intelligence - Wireless Technologies*

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
SCHETTINI GIUSEPPE	48	Carico didattico	
SCHETTINI GIUSEPPE	24	Affidamento di incarico retribuito	

##### 20810544 - DIGITAL SIGNAL PROCESSING ( - ING-INF/03 - 9 CFU - 72 ore - ITA )

*Curricula: Applied Artificial Intelligence - Wireless Technologies*

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
GIUNTA GAETANO	72	Carico didattico	

##### 20810550 - 5G COMMUNICATIONS AND BEYOND ( - ING-INF/03 - 6 CFU - 48 ore - ITA )

*Curricula: Applied Artificial Intelligence - Wireless Technologies*

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
GIUNTA GAETANO	48	Affidamento di incarico retribuito	

##### 20810550 - DIGITAL COMMUNICATIONS ( - ING-INF/03 - 6 CFU - 48 ore - ITA )

*Curricula: Applied Artificial Intelligence - Wireless Technologies*

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
VEGNI ANNA MARIA	24	Affidamento di incarico retribuito	
VEGNI ANNA MARIA	24	Carico didattico	

#### Secondo semestre

##### 20810338 - ADVANCED ENGINEERING ELECTROMAGNETICS ( - ING-INF/02 - 9 CFU - 72 ore - ITA )

*Curricula: Applied Artificial Intelligence - Wireless Technologies*

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
BILOTTI FILIBERTO	72	Carico didattico	

##### 20810549 - ARTIFICIAL INTELLIGENCE: ALGORITHMS AND METHODS ( - ING-IND/31 - 6 CFU - 48 ore - ITA )

)

**Curricula:** Applied Artificial Intelligence - Wireless Technologies

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
RIGANTI FULGINEI FRANCESCO	24	Affidamento di incarico retribuito	
RIGANTI FULGINEI FRANCESCO	24	Carico didattico	

**20810549 - DESIGN OF LEARNING ALGORITHMS ( - ING-IND/31 - 6 CFU - 48 ore - ITA )**

**Curricula:** Applied Artificial Intelligence - Wireless Technologies

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
RIGANTI FULGINEI FRANCESCO	24	Affidamento di incarico retribuito	
RIGANTI FULGINEI FRANCESCO	24	Carico didattico	

**20810552 - ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY ( - ING-INF/02 - 9 CFU - 72 ore - ITA )**

**Curricula:** Wireless Technologies

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
BARBUTO MIRKO	72	Carico didattico	

**20802093 - ELETTRONICA DEI SISTEMI PROGRAMMABILI ( - ING-INF/01 - 9 CFU - 72 ore - ITA )**

**Curricula:** Applied Artificial Intelligence - Wireless Technologies

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20802093 ELETTRONICA DEI SISTEMI PROGRAMMABILI in Ingegneria elettronica per l'industria e l'innovazione LM-29 NO SAVOIA ALESSANDRO STUART	72	
<b>Mutuato da:</b> 20802093 ELETTRONICA DEI SISTEMI PROGRAMMABILI in Ingegneria elettronica per l'industria e l'innovazione LM-29 NO SAVOIA ALESSANDRO STUART	72	

**20810554 - ETHICAL HACKING ( - ING-INF/03 - 9 CFU - 72 ore - ITA )**

**Curricula:** Applied Artificial Intelligence - Wireless Technologies

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
CARLI MARCO	72	Affidamento di incarico retribuito	

**20810545 - INFORMATION THEORY ( - ING-INF/03 - 6 CFU - 48 ore - ITA )**

**Curricula:** Applied Artificial Intelligence - Wireless Technologies

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
CAMPISI PATRIZIO	24	Affidamento di incarico retribuito	
CAMPISI PATRIZIO	24	Carico didattico	

**20810546 - METAVERSE AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE ( - ING-INF/03 - 6 CFU - 48 ore - ITA )**

**Curricula:** Applied Artificial Intelligence

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
CARLI MARCO	24	Affidamento di incarico retribuito	
CARLI MARCO	24	Carico didattico	

**Secondo anno**

## Primo semestre

### 20810541 - ADVANCED ANTENNA ENGINEERING ( - ING-INF/02 - 6 CFU - 48 ore - ITA )

**Curricula:** Applied Artificial Intelligence - Wireless Technologies

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
BACCARELLI PAOLO	48	Carico didattico	

### 20810542 - ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR ELECTROMAGNETIC TECHNOLOGIES ( - ING-INF/02 - 9 CFU - 72 ore - ITA )

**Curricula:** Applied Artificial Intelligence

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20810542 ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR ELECTROMAGNETIC TECHNOLOGIES in Ingegneria elettronica per l'industria e l'innovazione LM-29 TOSCANO ALESSANDRO	72	

### 20810548 - BIOMETRICS AND MULTISENSORIAL INTERACTION ( - ING-INF/03 - 6 CFU - 48 ore - ITA )

**Curricula:** Applied Artificial Intelligence

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
CAMPISI PATRIZIO	48	Affidamento di incarico retribuito	

### 20810551 - DEVICES FOR WIRELESS SYSTEMS ( - ING-INF/02 - 6 CFU - 48 ore - ITA )

**Curricula:** Wireless Technologies

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
PONTI CRISTINA	48	Carico didattico	

### 20810543 - METAMATERIALS AND METASURFACES FOR WAVE ENGINEERING ( - ING-INF/02 - 9 CFU - 72 ore - ITA )

**Curricula:** Wireless Technologies

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20810543 METAMATERIALS AND METASURFACES FOR WAVE ENGINEERING in Ingegneria elettronica per l'industria e l'innovazione LM-29 MONTI ALESSIO	72	

## Secondo semestre

### 20810547 - ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR SIGNAL PROCESSING ( - ING-INF/03 - 9 CFU - 72 ore - ITA )

**Curricula:** Applied Artificial Intelligence

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
MAIORANA EMANUELE	72	Carico didattico	

### 20810553 - WIRELESS NETWORKING AND IOT ( - ING-INF/03 - 6 CFU - 48 ore - ITA )

**Curricula:** Wireless Technologies

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
VEGNI ANNA MARIA	48	Carico didattico	

## INCARICHI DIDATTICI DEL CORSO DI LAUREA

Nominativo	Tot.Ore	Tipo incarico	Ore	Attività didattica
BACCARELLI PAOLO	48	Carico didattico	48	20810541 - ADVANCED ANTENNA ENGINEERING
BARBUTO MIRKO	72	Carico didattico	72	20810552 - ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY
BILOTTI FILIBERTO	72	Carico didattico	72	20810338 - ADVANCED ENGINEERING ELECTROMAGNETICS
CAMPISI PATRIZIO	96	Affidamento di incarico retribuito	48	20810548 - BIOMETRICS AND MULTISENSORIAL INTERACTION
		Carico didattico	24	20810545 - INFORMATION THEORY
		Affidamento di incarico retribuito	24	20810545 - INFORMATION THEORY
		Carico didattico	24	20810545 - INFORMATION THEORY
		Affidamento di incarico retribuito	24	20810545 - INFORMATION THEORY
CARLI MARCO	120	Affidamento di incarico retribuito	72	20810554 - ETHICAL HACKING
		Carico didattico	24	20810546 - METAVERSE AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE
		Affidamento di incarico retribuito	24	20810546 - METAVERSE AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE
GIUNTA GAETANO	120	Carico didattico	72	20810544 - DIGITAL SIGNAL PROCESSING
		Affidamento di incarico retribuito	48	20810550 - NEW GENERATION MOBILE SYSTEMS
MAIORANA EMANUELE	72	Carico didattico	72	20810547 - ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR SIGNAL PROCESSING
PONTI CRISTINA	48	Carico didattico	48	20810551 - DEVICES FOR WIRELESS SYSTEMS
RIGANTI FULGINEI FRANCESCO	96	Carico didattico	24	20810549 - ARTIFICIAL INTELLIGENCE
		Affidamento di incarico retribuito	24	20810549 - ARTIFICIAL INTELLIGENCE
		Carico didattico	24	20810549 - ARTIFICIAL INTELLIGENCE
		Affidamento di incarico retribuito	24	20810549 - ARTIFICIAL INTELLIGENCE
		Carico didattico	24	20810549 - ARTIFICIAL INTELLIGENCE
		Affidamento di incarico retribuito	24	20810549 - ARTIFICIAL INTELLIGENCE
		Carico didattico	24	20810549 - ARTIFICIAL INTELLIGENCE
		Affidamento di incarico retribuito	24	20810549 - ARTIFICIAL INTELLIGENCE
SCHETTINI GIUSEPPE	72	Carico didattico	48	20810540 - ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION
		Affidamento di incarico retribuito	24	20810540 - ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION
		Carico didattico	48	20810540 - ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION
		Affidamento di incarico retribuito	24	20810540 - ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION
VEGNI ANNA MARIA	96	Affidamento di incarico retribuito	24	20810550 - NEW GENERATION MOBILE SYSTEMS
		Carico didattico	24	20810550 - NEW GENERATION MOBILE SYSTEMS
		Affidamento di incarico retribuito	24	20810550 - NEW GENERATION MOBILE SYSTEMS
		Carico didattico	24	20810550 - NEW GENERATION MOBILE SYSTEMS
		Carico didattico	48	20810553 - WIRELESS NETWORKING AND IOT
DOCENTE NON DEFINITO	0			
<b>Totale ore</b>	<b>912</b>			

## CONTENUTI DIDATTICI

### 20810541 - ADVANCED ANTENNA ENGINEERING

**Docente:** BACCARELLI PAOLO

#### Italiano

##### Prerequisiti

Conoscenza delle nozioni di base dell'elettromagnetismo applicato (equazioni fondamentali dell'elettromagnetismo, onde piane dello spazio libero riflessione e rifrazione di onde piane su interfacce piane, formalismo delle linee di trasmissione, propagazione guidata, funzioni di Green, integrali di radiazione)

##### Programma

PRIMA PARTE Cenni e richiami introduttivi: Sistemi algebrici lineari e relativa soluzione. Decomposizione ai valori singolari di matrici a valori complessi. Proprietà fondamentali della radiazione elettromagnetica. Teoremi di unicità, reciprocità ed equivalenza e relative applicazioni nell'ambito dei fenomeni radiativi. Parametri caratteristici delle antenne. Allineamenti di antenne. Reti equivalenti trasverse e metodo della risonanza trasversa: Linee di trasmissione TE, TM e TEM. Applicazioni delle reti equivalenti trasverse alle strutture dielettriche multistrato. Il grounded dielectric slab (GDS). Equazione di risonanza trasversa. Equazione di dispersione dei modi TM e TE del GDS. Soluzione grafica dell'equazione di dispersione. Soluzioni proprie e improprie. Onde superficiali TM e TE. Onde leaky. Campo lontano generato da sorgenti elementari in strutture dielettriche multistrato. Antenne stampate a microstriscia: Introduzione, principi operativi, metodi di alimentazione e caratteristiche radiative. Tecniche di progetto e formule CAD. Campo lontano e diagramma di radiazione (derivazione con metodi approssimati basati sulla sovrapposizione degli effetti e la reciprocità). Impedenza di ingresso: modelli circuitali e sviluppo in autofunzioni. Antenne a larga banda e multi banda, miniaturizzazione. SECONDA PARTE Strutture periodiche: Introduzione e teoria di base (armoniche spaziali e teorema di Floquet-Bloch). Diagrammi di Brillouin. Proprietà spettrali delle armoniche spaziali: armoniche proprie e improprie. Analisi di Bloch. Antenne a onda leaky (Leaky-wave antennas, "LWAs"): Caratteristiche generali e classificazione. Tecniche di progetto per antenne a onda leaky monodimensionali (1D-LWAs) uniformi e periodiche. Antenne a cavità di tipo Fabry-Perot. Caratteristiche generali di antenne a onda leaky bidimensionali (2D LWAs). Array per comunicazioni wireless: Caratterizzazione dei canali wireless. Arrays e diversità nel tempo, nella frequenza e nello spazio. Introduzione ai sistemi Multiple-Input/Multiple-Output (MIMO). Metodi numerici basati sulle equazioni integrali al contorno e metodo dei momenti (MoM): Rappresentazioni integrali al contorno dei campi elettromagnetici ed equazioni integrali di superficie. Equazioni integrali ai potenziali misti nello spazio libero. MoM applicato alle equazioni integrali ai potenziali misti nello spazio libero: funzioni base e di test di tipo Rao-Wilton-Glisson. Equazioni integrali ai potenziali misti in strutture dielettriche multistrato. Metodo dello "spectral domain" per la derivazione delle funzioni di Green spettrali in strutture multistrato. Integrali di Sommerfeld, estrazioni asintotiche e singolarità spaziali. Metodi di accelerazione per il calcolo numerico di integrali e serie in elettromagnetismo. MoM in strutture periodiche nello spazio libero. ESERCITAZIONE NUMERICHE CAD elettromagnetici: Ansys HFSS e CST Microwave Studio: introduzione e caratteristiche generali. Analisi di antenne a microstriscia e a onda leaky. Analisi di strutture periodiche selettive in frequenza.

##### Testi

Materiale didattico: • Appunti delle lezioni a cura del docente pubblicati sullo spazio Moodle del corso

##### Bibliografia di riferimento

Testi di consultazione: • C. A. Balanis, Antenna theory, analysis and design. New York, NY: Wiley Interscience, 2005, 3a ed. • Y.T. Lo, S.W. Lee, Antenna Handbook. Antenna theory, Volume II, Van Nostrand Reinhold, 1993 • D. R. Jackson, "Microstrip Antennas," Ch. 7 of Antenna Engineering Handbook, J. L. Volakis, Editor, McGraw Hill, 2007. • D. R. Jackson, S. A. Long, J. T. Williams, and V. B. Davis, "Computer-Aided Design of Rectangular Microstrip Antennas," Ch. 5 of Advances in Microstrip and Printed Antennas, • K. F. Lee and W. Chen, Eds., John Wiley, 1997 • D. Guha e Y. M. M. Antar, Eds., Microstrip and printed antennas: New trends, techniques and applications. Wiley, 2011. • R. E. Collin and F. J. Zucker, Antenna theory. New York, NY: McGraw-Hill, 1969. • D. Tse and P. Viswanath, Fundamentals of Wireless Communication, Cambridge University Press, 2005. • K. F. Warnick, Numerical methods for engineering: An introduction using Matlab and computational electromagnetics. Raleigh, NC: SciTech Publishing Inc, 2011. • D. B. Davidson, Computational electromagnetics for RF and microwave engineering. New York: Cambridge University Press, 2011. • R. C. Booton, Computational methods for electromagnetics and microwaves. New York, NY: Wiley, 1992, 2a ed. • A. F. Peterson, S. L. Ray e R. Mittra, Computational methods for electromagnetics. New York: IEEE Press, 1997.

##### Modalità erogazione

lezioni frontali, esercitazioni, seminari

##### Modalità di valutazione

-Due domande orali (max 15 punti ciascuna) rispettivamente sulla prima e seconda parte del programma. L'esame è superato se la votazione complessiva è maggiore uguale a 18/30. -E' prevista una prova di esonero, prova scritta costituita da una o più domande aperte, della prima parte del programma (max 15 punti). L'esonero dalla prima parte si ottiene con un punteggio uguale o superiore a 9. La prova finale, nel caso di esonero dalla prima parte, conterà in una domanda orale sulla seconda parte del corso (max 15 punti). L'esame è superato se la votazione complessiva è maggiore uguale a 18/30.

#### English

##### Prerequisites

Knowledge of basic notions of applied electromagnetics (fundamental electromagnetic equations, plane waves in free space, reflection and refraction of plane waves from planar boundaries, transmission-line formalism, guided-wave propagation, Green's functions, radiation integrals)

##### Programme

I PART Introductory concepts: Linear algebraic systems and their numerical solution Singular-value decomposition (SVD) of general complex matrices. Fundamentals of radiation. Antenna parameters. Elementary array theory. Beyond elementary array theory. Microstrip and Printed antennas: Overview, basic principles of operation, feeding methods, and radiation characteristics. Design procedures and CAD formulas. Circular polarization, broadband and multi-band antennas, and miniaturization. II PART Periodic

structures: Introduction, basic theory (space harmonics, Floquet theorem). Brillouin diagrams. Bloch analysis. Leaky-wave antennas (LWAs): General features and classification. Design procedures for 1D LWAs. Fabry-Perot cavity antennas; general features of 2D LWAs Arrays for wireless communications: Characterization of the wireless channel. Arrays and diversity. Introduction to Multiple-Input/Multiple-Output (MIMO) systems. Boundary integral equations and the Method of Moments (MoM): MoM for 1D integral equations; basis and test functions. MoM for thin wires. Boundary integral representations of the electromagnetic field and boundary integral equations. Mixed-Potential Integral Equation (MPIE) in free space. MoM for MPIE: basis and test functions. MPIE in layered media. Sommerfeld integrals, asymptotic extractions, and spatial singularities. Acceleration techniques for integral and series in electromagnetic problems. MoM for MPIE: periodic structures (free space and layered media). III (Numerical simulations with commercial electromagnetic software) Electromagnetic CAD: Ansys Designer and FEKO: introduction and general features. Analysis of microstrip antennas: simple patch antenna, mutual coupling, and array configurations. Analysis of Frequency Selective Surfaces. (FSSs)

## Reference books

Teaching material: • Slides of the lessons available on the Moodle area of the course

## Reference bibliography

Bibliography: • C. A. Balanis, Antenna theory, analysis and design. New York, NY: Wiley Interscience, 2005, 3a ed. • Y.T. Lo, S.W. Lee, Antenna Handbook. Antenna theory, Volume II, Van Nostrand Reinhold, 1993 • D. R. Jackson, "Microstrip Antennas," Ch. 7 of Antenna Engineering Handbook, J. L. Volakis, Editor, McGraw Hill, 2007. • D. R. Jackson, S. A. Long, J. T. Williams, and V. B. Davis, "Computer-Aided Design of Rectangular Microstrip Antennas," Ch. 5 of Advances in Microstrip and Printed Antennas, • K. F. Lee and W. Chen, Eds., John Wiley, 1997 • D. Guha e Y. M. M. Antar, Eds., Microstrip and printed antennas: New trends, techniques and applications. Wiley, 2011. • R. E. Collin and F. J. Zucker, Antenna theory. New York, NY: McGraw-Hill, 1969. • D. Tse and P. Viswanath, Fundamentals of Wireless Communication, Cambridge University Press, 2005. • K. F. Warnick, Numerical methods for engineering: An introduction using Matlab and computational electromagnetics. Raleigh, NC: SciTech Publishing Inc, 2011. • D. B. Davidson, Computational electromagnetics for RF and microwave engineering. New York: Cambridge University Press, 2011. • R. C. Booton, Computational methods for electromagnetics and microwaves. New York, NY: Wiley, 1992, 2a ed. • A. F. Peterson, S. L. Ray e R. Mittra, Computational methods for electromagnetics. New York: IEEE Press, 1997.

## Study modes

-

## Exam modes

-

## 20810338 - ADVANCED ENGINEERING ELECTROMAGNETICS

**Docente:** BILOTTI FILIBERTO

## Italiano

### Prerequisiti

Competenze di base di elettromagnetismo.

### Programma

Parte I - Interazione tra campo elettromagnetico e materiali naturali Fondamenti della teoria dei campi elettromagnetici. Risposta macroscopica dei materiali naturali. Relazioni costitutive e classificazione dei materiali. Linearità. Dispersione. Località. Materiali stazionari ed omogenei. Causalità e relazioni di Kramers-Kronig. Risposta elettrica dei materiali naturali. Polarizzazione elettrica del materiale. Polarizzabilità elettronica, atomica, ionica, di orientamento, di interfaccia. Modello di Lorentz: derivazione e discussione. Modello di Drude: derivazione e discussione. Risposta magnetica dei materiali naturali. Risposta elettrodinamica di una ferrite magnetizzata. Parte II - Interazione tra campo elettromagnetico e materiali artificiali Materiali elettromagnetici artificiali. Prospettiva storica. Materiali chirali. Risposta microscopica della materia. Concetto di polarizzabilità. Polarizzabilità elettrica di una sfera dielettrica. Polarizzabilità magnetica di una spira metallica. Polarizzabilità elettrica di una striscia metallica. Polarizzabilità elettrica di una spira metallica. Polarizzabilità della particella metallica a forma di omega. Effetto magneto-elettrico. Campo locale e campo di interazione. Dalla risposta microscopica a quella macroscopica. Tecniche di omogeneizzazione. Formula di Maxwell-Garnett. Formula di Clausius-Mossotti. Formula di Bruggeman. Densità di energia per materiali dispersivi. Causalità e conservazione dell'energia: comportamento in frequenza dei parametri costitutivi. Dispersione anomala. Introduzione ai metamateriali. Panoramica storica. Metamateriali e loro definizioni. Studi di Victor Veselago. Indice di rifrazione negativo. Materiali con indice di rifrazione negativo e loro prima implementazione. Terminologia dei metamateriali. Materiali elettrici artificiali con permittività negativa. Il mezzo a fili. Il mezzo a piatti metallici piani e paralleli. Metalli nobili alle frequenze ottiche. Materiali elettrici artificiali nel visibile. Metamateriali ENZ. Magnetismo naturale e artificiale. Lo Split-Ring Resonator: concetto, analisi e progettazione. Miniaturizzazione di inclusioni magnetiche. Il Multiple Split-Ring Resonator: concetto, analisi e progettazione. Lo Spiral Resonator: concetto, analisi e progettazione. Il Labyrinth Resonator: concetto, analisi e progettazione. Modellazione di inclusioni metalliche nel visibile. L'induttanza cinetica degli elettroni. La struttura Fishnet. Materiali ad indice di rifrazione negativo nel visibile. Magnetismo alle frequenze ottiche. Parte III - Interazione tra campo elettromagnetico e la materia vivente Introduzione al bioelettromagnetismo. Panoramica storica ed impatto. Modellistica elettrica dei tessuti viventi. Meccanismo di interazione, effetti biologici e sulla salute. Quantità fisiche per determinare il rischio. Dosimetria e limiti di esposizione. Regolamentazione europea e nazionale. Parte IV - Imaging elettromagnetico, sensoristica elettromagnetica ed invisibilità elettromagnetica Imaging, sensoristica ed invisibilità: definizioni e principi di base. Microscopia: definizione e classificazione. Nozioni di base e principi di microscopia ottica. Tecniche di bright field, dark field, contrasto di fase, fluorescenza. Microscopia a raggi X e microscopia elettronica. TEM e SEM. Limite della diffrazione nelle lenti ottiche. La lente perfetta: aspetti fisici, progettazione, implementazione e funzionamento. Esempi di superlenti che lavorano a diverse frequenze. Metamateriali iperbolici: definizione e proprietà. Le iperlenti: aspetti fisici, progettazione, implementazione e funzionamento. Super e iper-lenti ibride. Microscopia in campo vicino. NSOM: fondamenti e principi. Modalità operative dell'NSOM: illumination, collection e scattering mode. Scattering e assorbimento di onde elettromagnetiche. Sezioni di scattering, assorbimento ed estinzione. Principi di spettroscopia. Scattering di Rayleigh (risposta elastica). Scattering Raman (risposta anelastica; scattering Stokes e anti-Stokes). Spettroscopia IR. Polaritone plasmonico di superficie (SPP): definizione ed eccitazione. Sensori elettromagnetici basati sulla risonanza plasmonica di superficie (SPR): definizione, aspetti fisici, implementazione, funzionamento. Modulazione angolare, di lunghezza d'onda, intensità, fase, polarizzazione di sensori basati su SPR. Biosensori basati su SPR. Preparazione del campione. Sensogrammi. Sensibilità, FoM, LoD.

Localized Surface Plasmon (LSP): definizione ed eccitazione. Sensori elettromagnetici basati sulla risonanza plasmonica di superficie localizzata (LSPR): definizione, fisica, implementazione, funzionamento. Principi di spettroscopia SERS. Riduzione dell'osservabilità dell'oggetto. Tecnologie stealth e RAM. Invisibilità elettromagnetica: definizione e figura di merito. L'elettromagnetismo di trasformazione come via per l'invisibilità. Approcci alternativi al cloaking. Principali limitazioni. Cancellazione dello scattering. Mantelli volumetrici per oggetti cilindrici e sferici: analisi e progettazione. Cloaking di oggetti con altre forme. Implementazione di mantelli volumetrici basati sulla cancellazione dello scattering a microonde e a frequenze ottiche. Mantle cloaking: concetto, modellistica, progettazione e realizzazione. Applicazioni del cloaking alle frequenze ottiche. Riduzione e manipolazione delle forze ottiche. Riduzione dell'effetto Casimir. Sistemi NSOM: principi di funzionamento e applicazioni. Transmission, reception e scattering mode. Punte dell'NSOM parzialmente schermate per immagini ad elevata risoluzione. Applicazioni dell'invisibilità alle antenne. Nascondere oggetti passivi e ostacoli nel campo vicino di un'antenna. Nascondere un'antenna ricevente. Nascondere antenne trasmettenti. Dispositivi di invisibilità non lineari. Metasuperfici riconfigurabili e relative applicazioni nei sistemi 5G+.

### Testi

Appunti predisposti a cura del docente.

### Bibliografia di riferimento

Appunti predisposti a cura del docente.

### Modalità erogazione

Lezioni frontali sugli aspetti teorici e esercitazioni sugli aspetti numerici e sperimentali.

### Modalità di valutazione

L'esame consiste in una prova orale (che potrà anche essere in forma scritta). Sono previste prove in itinere che si svolgono in forma scritta.

### English

### Prerequisites

Foundations of electromagnetism.

### Programme

Part I – Interaction between the electromagnetic field and natural materials Foundations of electromagnetic field theory. Macroscopic response of natural materials. Constitutive relations and material classification. Linearity. Dispersion. Locality. Stationary and homogeneous materials. Causality and Kramers- Kronig relations. Electric response of natural materials. Material polarization. Electronic, atomic/ionic, orientation, interface polarization mechanisms. Lorentz model: derivation and discussion. Drude model: derivation and discussion. Magnetic response of natural materials. Electrodynamical response of a magnetized ferrite. Part II – Interaction between the electromagnetic field and artificial materials Artificial electromagnetic materials. Historical perspective. Chiral materials. Microscopic response of matter. Polarizability concept. Electric polarizability of a dielectric sphere. Magnetic polarizability of a metallic loop. Electric polarizability of a metallic strip. Electric polarizability of a metallic loop. Polarizabilities of the metallic omega particle. Magneto-electric effect. Local field and interaction field. From microscopic to macroscopic response. Homogenization techniques. Maxwell-Garnett formula. Clausius-Mossotti formula. Bruggeman formula. Energy density for dispersive materials. Causality and energy conservation: frequency behavior of the constitutive parameters. Anomalous dispersion. Introduction to metamaterials. Historical overview. Metamaterials and their definitions. Original studies by Victor Veselago. Negative index of refraction. Negative-index materials and their first implementation. Metamaterial terminology. Artificial electric materials with negative permittivity. The wire medium. The parallel-plate medium. Noble metals at optical frequencies. Artificial electric materials in the visible. Epsilon-near-zero metamaterials. Natural and artificial magnetism. The split-ring resonator: concept, analysis, and design. Miniaturization of magnetic particles. The Multiple Split-Ring Resonator: concept, analysis, and design. The Spiral Resonator: concept, analysis, and design. The Labyrinth Resonator: concept, analysis, and design. Modelling of metallic particles in the visible. The kinetic inductance of electrons. The fishnet structure. Route towards negative index material in optics. Optical magnetism. Part III – Interaction between the electromagnetic field and living matter Introduction to bio-electromagnetism. Historical overview and impact. Electric modeling of living tissues. Interaction mechanism, biological/health effects. Physical quantities to determine the risk. Dosimetry and exposure limits. European and national regulation. Part IV – Electromagnetic invisibility, imaging and sensing Conceptually new electromagnetic devices based on the use of metamaterials: invisibility cloaks, superlenses, hyperlenses. Cloaking. Reduction of object observability. Stealth and RAM technologies. Electromagnetic invisibility concept. Total scattering cross section. Absorption cross section. Optical theorem. Definition of an ideal invisibility cloak. Figure of merit of non-ideal cloaks. Transformation electromagnetics as a route to invisibility. Alternative approaches to cloaking. Main limitations and assessment. Scattering cancellation approach to cloaking. Volumetric cloaks for cylindrical and spherical objects: analysis and design. Cloaking objects with other shapes. Cloaking a cone. Implementation of scattering cancellation based volumetric cloaks at microwave and optical frequencies. Mantle cloaking: concept, modelling, design, and implementation. Cloaking applications: reduction and manipulation of optical forces. Reduction of the Casimir effect. Imaging and sensing. The optical lens and the diffraction limit. Superlenses: concept, physical aspects, and design. Hyperlenses: concept, physical aspects, and design. Near-field-scanning optical microscope (NSOM). Aperture and apertureless NSOM tips. Advanced imaging with partially cloaked tips. Electromagnetic sensors. Biological sensors.

### Reference books

Notes provided by the lecturer.

### Reference bibliography

Notes provided by the lecturer.

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20810540 - ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION

**Docente:** SCHETTINI GIUSEPPE

## Italiano

### Prerequisiti

Il docente assume che il contenuto culturale dei corsi tipici della Laurea in Ingegneria Elettronica, in particolare nel settore dei Campi elettromagnetici, siano stati ben studiati e acquisiti.

### Programma

Fondamenti della radiazione elettromagnetica e parametri di un'antenna. Radiazione da dipolo corto. Radiazione da un loop di corrente. Radiazione da una distribuzione arbitraria di corrente. Dipolo a lambda mezzi. Impedenza d'antenna. Antenna a dipolo ripiegato, a dipolo corto e a monopolo. Antenne riceventi. Teorema di reciprocità ed area efficace. Disadattamento di polarizzazione. Formula di trasmissione di Friis. Rumore nei sistemi di comunicazione. Temperatura di rumore di antenna. Introduzione agli array. Array monodimensionali, broad-side, end-fire. Array bidimensionali. Reti di alimentazione. Array parassiti. Antenne in ricezione: teorema di reciprocità ed area efficace, formula di trasmissione di Friis. Temperatura di rumore di antenna. Progettazione degli array. Metodo di Chebyshev, arrays binomiali, array polinomiali. Reti di alimentazione. Matrici di Butler. Arrays parassiti. Arrays log-periodici. Antenne ad apertura: analisi e progettazione. Radiazione da una apertura piana. Metodo della trasformata di Fourier. Radiazione da apertura rettangolare e circolare. Principio di equivalenza. Applicazione del principio di equivalenza alla radiazione da apertura. Antenne a tromba. Radiazione da guida d'onda rettangolare e circolare. Ottica geometrica. Lenti a microonde. Antenne a paraboloide: efficienza, direttività, cross-polarizzazione. Metodo delle correnti indotte. Feed con bassa cross-polarizzazione. Sistemi a doppio riflettore. Radiazione da fenditura. Sintesi di allineamenti di fenditure. Antenne planari a microstriscia. Proprietà dei mezzi artificiali periodici e a band-gap elettromagnetico. Applicazione alle antenne. Diffusione della radiazione in ambiente elettromagnetico complesso e casi canonici. Scattering di un'onda piana da un cilindro conduttore, polarizzazione E ed H. Cilindro dielettrico. Propagazione fra punti fissi: presenza della terra, onda superficiale e riflessione da terra piatta. Indice di rifrazione per un mezzo ionizzato. Curvatura dei raggi nel plasma ionosferico. Le esercitazioni sono parte integrante del programma d'esame.

### Testi

A. Paraboni, M. D'Amico, "Radiopropagazione" Mc Graw-Hill Libri Italia. A. Paraboni, "Antenne", Mc Graw-Hill Libri Italia. C. Balanis, "Antenna theory, analysis and design", 3rd edition, Wiley, Robert E. Collin, "Antennas and Radiowave propagation", McGraw-Hill Book Company.

### Bibliografia di riferimento

-

### Modalità erogazione

Testi da definire

### Modalità di valutazione

Viene offerta la possibilità di svolgere una prova in itinere a circa metà del corso. Qualora si superi tale prova si svolge un esame orale sul programma rimanente del corso.

## English

### Prerequisites

It is assumed that the cultural content of the typical courses of the Degree in Electronic Engineering, in particular in the field of Electromagnetic Fields, have been well studied and acquired.

### Programme

Fundamentals of electromagnetic radiation and parameters of an antenna. Short dipole radiation. Radiation from a current loop. Radiation from an arbitrary distribution of current. Lambda dipole means. Antenna impedance. Folded dipole, short dipole and monopole antenna. Receiving antennas. Reciprocity theorem and effective area. Polarization mismatch. Friis transmission formula. Noise in communication systems. Antenna noise temperature. Introduction to arrays. One-dimensional, broad-side, end-fire arrays. Two-dimensional arrays. Power supply networks. Parasitic arrays. Receiving antennas: reciprocity theorem and effective area, Friis transmission formula. Antenna noise temperature. Array design. Chebyshev method, binomial arrays, polynomial arrays. Power supply networks. Butler matrices. Parasitic arrays. Log-periodic arrays. Aperture antennas: analysis and design. Radiation from a flat aperture. Fourier transform method. Radiation from rectangular and circular openings. Principle of equivalence. Application of the principle of equivalence to aperture radiation. Horn antennas. Radiation from rectangular and circular waveguides. Geometric optics. Microwave lenses. Paraboloid antennas: efficiency, directivity, cross-polarization. Eddy current method. Low cross-polar feeds. Dual reflector systems. Radiation from fissure. Synthesis of fissure alignments. Planar microstrip antennas. Properties of periodic and electromagnetic band-gap artificial media. Application to antennas. Diffusion of radiation in complex electromagnetic environment and canonical cases. Scattering of a plane wave from a conducting cylinder, polarization E and H. Dielectric cylinder. Propagation between fixed points: presence of earth, surface waves and reflection from flat surface. Refractive index of a ionized medium. Ray curvature in a ionospheric plasma. The exercises are an integral part of the exam program.

### Reference books

A. Paraboni, M. D'Amico, "Radiopropagazione" Mc Graw-Hill Libri Italia. A. Paraboni, "Antenne", Mc Graw-Hill Libri Italia. C. Balanis, "Antenna theory, analysis and design", 3rd edition, Wiley, Robert E. Collin, "Antennas and Radiowave propagation", McGraw-Hill Book Company.

### Reference bibliography

-

### Study modes

-

### Exam modes

## 20810549 - ARTIFICIAL INTELLIGENCE

( DESIGN OF LEARNING ALGORITHMS )

**Docente:** RIGANTI FULGINEI FRANCESCO

### Italiano

#### Prerequisiti

Analisi Matematica 1 Geometria ed Algebra Lineare

#### Programma

Introduzione alla teoria dell'ottimizzazione Ottimizzazione non-lineare: il problema dei minimi locali Preparazione dei dati per un corretto addestramento del sistema neurale Addestramento supervisionato: algoritmo di backpropagation per il calcolo del gradiente della funzione di errore di un MLP Realizzazione dell'algoritmo di backpropagation in C/C++ from scratch Algoritmo di addestramento a discesa del gradiente (Gradient Descent) Realizzazione dell'algoritmo Gradient Descent in C/C++ from scratch Algoritmo di addestramento a discesa stocastica del gradiente (Stochastic Gradient Descent) Realizzazione dell'algoritmo Stochastic Gradient Descent in C/C++ from scratch Algoritmo di addestramento Levenberg-Marquardt Realizzazione dell'algoritmo Levenberg-Marquardt in C/C++ from scratch Addestramento con algoritmi genetici e swarm intelligence Addestramento non supervisionato Addestramento a rinforzo

#### Testi

Dive into deep learning <https://d2l.ai/>

#### Bibliografia di riferimento

Dive into deep learning <https://d2l.ai/>

#### Modalità erogazione

Testi da definire

#### Modalità di valutazione

Progettazione ed implementazione di un algoritmo/sistema di addestramento specifico

### English

#### Prerequisites

Mathematical Analysis 1 Geometry and Linear Algebra

#### Programme

Introduction to optimization theory Non-linear optimization: the problem of local minima Preparation of data for correct training of the neural system Supervised training: backpropagation algorithm for calculating the gradient of the error function of an MLP Creation of the backpropagation algorithm in C/C++ from scratch Gradient Descent training algorithm Implementation of the Gradient Descent algorithm in C/C++ from scratch Stochastic Gradient Descent training algorithm Implementation of the Stochastic Gradient Descent algorithm in C/C++ from scratch Levenberg-Marquardt training algorithm Implementation of the Levenberg-Marquardt algorithm in C/C++ from scratch Training with genetic algorithms and swarm intelligence Unsupervised training Reinforcement training

#### Reference books

Dive into deep learning <https://d2l.ai/>

#### Reference bibliography

Dive into deep learning <https://d2l.ai/>

#### Study modes

-

#### Exam modes

-

## 20810549 - ARTIFICIAL INTELLIGENCE

( ARTIFICIAL INTELLIGENCE: ALGORITHMS AND METHODS )

**Docente:** RIGANTI FULGINEI FRANCESCO

### Italiano

#### Prerequisiti

Analisi Matematica 1 Geometria ed Algebra Lineare

#### Programma

Introduzione all'Intelligenza Artificiale e campi di applicazione Principi teorici e basi matematiche dell'Intelligenza Artificiale Principali algoritmi di Intelligenza Artificiale Reti neurali supervisionate: il perceptrone multistrato (MLP) e matrici dei pesi sinaptici Applicazione di un MLP in Matlab e Python per interpolazione ed approssimazione (regressione non lineare). Configurazione di un server esterno per la programmazione a basso livello Realizzazione di un MLP in C/C++ from scratch Reti neurali convolutive (CNN): progettazione in Matlab e Python Realizzazione di una CNN in C/C++ from scratch Reti neurali ricorsive (RNN): progettazione in Matlab e Python Realizzazione

di una RNN in C/C++ from scratch Reti neurali generative avversarie (GAN): progettazione in Matlab e Python Realizzazione di una GAN in C/C++ from scratch Reti neurali non supervisionate Reti neurali con apprendimento a rinforzo

### Testi

Dive into deep learning <https://d2l.ai/>

### Bibliografia di riferimento

Dive into deep learning <https://d2l.ai/>

### Modalità erogazione

Testi da definire

### Modalità di valutazione

Progettazione ed implementazione di un modello di machine learning

## English

### Prerequisites

Mathematical Analysis 1 Geometry and Linear Algebra

### Programme

Introduction to Artificial Intelligence and fields of application Theoretical principles and mathematical foundations of Artificial Intelligence Main Artificial Intelligence algorithms Supervised neural networks: the multilayer perceptron (MLP) and synaptic weight matrices Application of an MLP in Matlab and Python for interpolation and approximation (nonlinear regression). Setting up an external server for low-level programming Creating an MLP in C/C++ from scratch Convolutional Neural Networks (CNN): Design in Matlab and Python Building a CNN in C/C++ from scratch Recursive Neural Networks (RNN): Design in Matlab and Python Building an RNN in C/C++ from scratch Generative Adversarial Neural Networks (GANs): Design in Matlab and Python Building a GAN in C/C++ from scratch Unsupervised neural networks Neural networks with reinforcement learning

### Reference books

Dive into deep learning <https://d2l.ai/>

### Reference bibliography

Dive into deep learning <https://d2l.ai/>

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20810542 - ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR ELECTROMAGNETIC TECHNOLOGIES

**Docente:** TOSCANO ALESSANDRO

## Italiano

### Prerequisiti

Per affrontare con profitto il corso è fortemente consigliato che lo studente possieda conoscenze pregresse nei seguenti ambiti: Fondamenti di Elettromagnetismo Conoscenza delle equazioni di Maxwell, condizioni al contorno, onde piane, linee di trasmissione, antenne e propagazione elettromagnetica. È auspicabile la familiarità con strumenti di calcolo numerico in elettromagnetismo (es. metodo degli elementi finiti, metodo dei momenti, FDTD). Matematica applicata e statistica Padronanza di analisi matematica, algebra lineare, variabili aleatorie, processi stocastici, e nozioni base di ottimizzazione. Fondamenti di programmazione Esperienza pregressa nell'utilizzo di linguaggi di programmazione adatti all'analisi numerica e all'elaborazione dati, quali Python, MATLAB o Mathematica. È richiesto saper gestire strutture dati, cicli, funzioni, grafici e file di input/output. Basi di apprendimento automatico (machine learning) Anche se il corso fornirà un'introduzione ai principali paradigmi dell'intelligenza artificiale, è utile avere familiarità con concetti quali classificazione, regressione, clustering, reti neurali e overfitting. Conoscenza dell'inglese tecnico-scientifico Poiché il corso sarà erogato interamente in lingua inglese e farà uso di materiale tecnico internazionale, è richiesta una comprensione fluente dell'inglese scritto e orale.

### Programma

Testi da definire

### Testi

Manuali principali: S. Haykin, "Neural Networks and Learning Machines", 3ª edizione, Pearson C. M. Bishop, "Pattern Recognition and Machine Learning", Springer S. M. Rao, "Time Domain Electromagnetics", Academic Press Risorse complementari: Goodfellow, Bengio, Courville, "Deep Learning", MIT Press Krizhevsky et al., "ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks", NIPS Articoli selezionati da riviste scientifiche internazionali, in particolare: IEEE Trans. on Antennas and Propagation IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques IEEE Trans. on Neural Networks and Learning Systems Nature Machine Intelligence EPJ Applied Metamaterials Altri materiali: Appunti del docente: durante il corso verranno distribuiti appunti e materiali originali, inclusi notebook di calcolo, esempi di codice, schemi concettuali e raccolte di problemi, pensati per supportare lo studio e facilitare l'applicazione pratica degli argomenti trattati.

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

## Modalità erogazione

Testi da definire

## Modalità di valutazione

La valutazione si articola in tre componenti principali: Prova scritta: consiste in una serie di quesiti teorici e applicativi sugli argomenti trattati a lezione, finalizzati a verificare la comprensione dei concetti fondamentali, la capacità di applicare metodi di intelligenza artificiale a problemi elettromagnetici, e la padronanza del linguaggio tecnico. Progetto individuale o di gruppo: sviluppo e discussione di un progetto originale che impieghi modelli di intelligenza artificiale per l'analisi o la progettazione in ambito elettromagnetico (es. antenne, metamateriali, segnali RF). La presentazione del progetto avverrà in forma orale e sarà oggetto di valutazione approfondita. Valutazione continua: partecipazione attiva alle lezioni, svolgimento delle esercitazioni assegnate, eventuali presentazioni intermedie. In alcuni casi potrà essere proposta anche una prova scritta intermedia. La valutazione finale tiene conto della correttezza tecnica, della chiarezza espositiva, della capacità di ragionamento critico, dell'originalità delle soluzioni proposte, e della completezza del progetto.

## English

### Prerequisites

To successfully attend the course, students are strongly recommended to have prior knowledge in the following areas: Fundamentals of Electromagnetics Understanding of Maxwell's equations, boundary conditions, plane waves, transmission lines, antennas, and electromagnetic wave propagation. Familiarity with numerical methods in electromagnetics (e.g., Finite Element Method, Method of Moments, FDTD) is desirable. Applied Mathematics and Statistics Solid background in mathematical analysis, linear algebra, random variables, stochastic processes, and basic optimization techniques. Basic Programming Skills Prior experience in programming languages suited for numerical analysis and data processing, such as Python, MATLAB, or Mathematica. Students should be able to handle data structures, loops, functions, plotting, and file I/O operations. Introduction to Machine Learning Although the course will provide an overview of the main AI paradigms, familiarity with basic concepts such as classification, regression, clustering, neural networks, and overfitting is useful. Scientific and Technical English Proficiency Since the course is entirely taught in English and involves international technical literature, students are expected to have a fluent understanding of written and spoken scientific English.

### Programme

-

### Reference books

Main textbooks: S. Haykin, Neural Networks and Learning Machines, 3rd ed., Pearson C. M. Bishop, Pattern Recognition and Machine Learning, Springer S. M. Rao, Time Domain Electromagnetics, Academic Press Additional resources: Goodfellow, Bengio, Courville, Deep Learning, MIT Press Krizhevsky et al., ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks, NIPS Selected articles from international scientific journals, including: IEEE Trans. on Antennas and Propagation IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques IEEE Trans. on Neural Networks and Learning Systems Nature Machine Intelligence EPJ Applied Metamaterials Other materials: Lecture notes by the instructor: custom teaching materials will be provided throughout the course, including code notebooks, conceptual diagrams, datasets, and problem sets, designed to support learning and facilitate practical applications.

### Reference bibliography

-

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20810547 - ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR SIGNAL PROCESSING

**Docente:** MAIORANA EMANUELE

## Italiano

### Prerequisiti

Conoscenze relativi a variabili e processi aleatori

### Programma

Introduzione al data analytics Statistics inference and statistical hypothesis testing regression Machine Learning classification (supervised learning) decision trees, random forests, naïve Bayes, linear discriminant analysis, k-nearest neighbor, support vector machines clustering (unsupervised learning) k-means clustering hierarchical clustering data modeling principal component analysis, independent component analysis, outlier detection and data cleansing, hidden Markov models deep learning & CNN Processing examples in Matlab & Python Students' presentations

### Testi

S. Nolan and T. Heinzen, "Statistics for the Behavioral Sciences" G. James, D. Witten, T. Hastie, R. Tibshirani, "An Introduction to Statistical Learning" K. P. Murphy, "Machine Learning - A Probabilistic Perspective" S. Theodoridis and K. Koutroumbas, "Pattern Recognition" T. A. Runkler, "Data Analytics - Models and Algorithms for Intelligent Data Analysis" I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville, "Deep Learning" Materiale didattico ulteriore fornito dal docente

### Bibliografia di riferimento

Choudhary, K., DeCost, B., Chen, C. et al. Recent advances and applications of deep learning methods in materials science. npj Comput Mater 8, 59 (2022). Malhotra, R., Singh, P. Recent advances in deep learning models: a systematic literature review. Multimed Tools Appl (2023).

### Modalità erogazione

Lezioni in aula, esercitazioni, presentazioni assegnate

### Modalità di valutazione

Discussione orale, presentazione tematica assegnata dal docente

### English

#### Prerequisites

Basic knowledge regarding stochastic variables and processes

#### Programme

Introduction to data analytics Statistics inference and statistical hypothesis testing regression Machine Learning classification (supervised learning) decision trees, random forests, naïve Bayes, linear discriminant analysis, k-nearest neighbor, support vector machines clustering (unsupervised learning) k-means clustering hierarchical clustering data modeling principal component analysis, independent component analysis, outlier detection and data cleansing, hidden Markov models deep learning & CNN Processing examples in Matlab & Python Students' presentations

#### Reference books

S. Nolan and T. Heinzen, "Statistics for the Behavioral Sciences" G. James, D. Witten, T. Hastie, R. Tibshirani, "An Introduction to Statistical Learning" K. P. Murphy, "Machine Learning - A Probabilistic Perspective" S. Theodoridis and K. Koutroumbas, "Pattern Recognition" T. A. Runkler, "Data Analytics - Models and Algorithms for Intelligent Data Analysis" I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville, "Deep Learning" Further material provided by the teacher

#### Reference bibliography

Choudhary, K., DeCost, B., Chen, C. et al. Recent advances and applications of deep learning methods in materials science. npj Comput Mater 8, 59 (2022). Malhotra, R., Singh, P. Recent advances in deep learning models: a systematic literature review. Multimed Tools Appl (2023).

#### Study modes

-

#### Exam modes

-

## 20810548 - BIOMETRICS AND MULTISENSORIAL INTERACTION

**Docente:** CAMPISI PATRIZIO

### Italiano

#### Prerequisiti

Conoscenze di base di Teoria dei Segnali

#### Programma

Fondamenti di Biometria: Identità e biometria. Introduzione ai sistemi biometrici. Applicazioni. Identificatori biometrici morfologici: impronte digitali, volti (2D e 3D), geometria della mano, palmo della mano, strutture venose, iride, termogrammi, etc.) comportamentali (firma, voce, modalità di digitazione, andatura, movimento delle labbra, etc.) e cognitivi (segnale elettroencefalografico e risposte del sistema nervoso periferico). Progetto di un sistema biometrico: architettura dei sistemi biometrici. Fasi di progetto di un sistema biometrico (requisiti, definizione delle specifiche di progetto, architettura, implementazione, messa in esercizio, manutenzione del sistema). Verifica e valutazione delle prestazioni del sistema: FAR, FRR. FTE, FTA, curve ROC, DET, CMC, usabilità, scalabilità. Sicurezza, vulnerabilità, e privacy di un sistema biometrico: attacchi ad un sistema biometrico, protezione del template (criptosistemi biometrici, "cancelable templates"). Sistemi biometrici multimodali. Standard nei Sistemi Biometrici. Aspetti sociali, culturali e legali dell'uso dei sistemi biometrici.

#### Testi

Introduction to Biometrics, Anil K. Jain , Arun A. Ross , Karthik Nandakumar , Thomas Swearingen, Springer, 2025. Handbook of Biometrics , A. K. Jain, P. Flynn, A. Ross, Springer, 2007. Handbook of Multibiometrics, A. A. Ross, K. Nandakumar, and Anil K. Jain, Springer, 2006.

#### Bibliografia di riferimento

Guide to Biometrics, R. M. Bolle , J. H. Connell , S. Pankanti , N. K. Ratha , A. W. Senior , Springer, 2003.

### Modalità erogazione

Il corso è erogato in presenza

### Modalità di valutazione

Valutazione progetto/presentazione Prova scritta

### English

#### Prerequisites

Basic Knowledge of Signal Theory

## Programme

Biometrics fundamentals: identity and biometrics. Introduction to biometric systems. Biometric applications. Biometric modalities. Physical: fingerprints, face (2D and 3D), hand geometry, palmprint, vein patterns, iris, thermography). Behavioral: signature, voice, keystroke, gait, lip motion). Cognitive (electroencephalographic signals and responses from the peripheral nervous system. Biometric system design: biometric system architecture. Biometric system design stages: system requirements, system specification, architecture, implementation, deployment, and maintenance. System testing: FAR, FRR, FTE, FTA, curves ROC, DET, CMC, usability, and scalability Sicurezza, vulnerabilità, e privacy di un sistema biometrico: attacchi ad un sistema biometrico, protezione del template (criptosistemi biometrici, "cancelable templates"). Security, vulnerability, and privacy of a biometric system: attacks, privacy enhancing technologies (PETs). Multimodal biometric systems. Biometric Standards. Social, cultural, and legal implications.

## Reference books

Introduction to Biometrics, Anil K. Jain , Arun A. Ross , Karthik Nandakumar , Thomas Swearingen, Springer, 2025. Handbook of Biometrics , A. K. Jain, P. Flynn, A. Ross, Springer, 2007. Handbook of Multibiometrics, A. A. Ross, K. Nandakumar, and Anil K. Jain, Springer, 2006.

## Reference bibliography

Guide to Biometrics, R. M. Bolle , J. H. Connell , S. Pankanti , N. K. Ratha , A. W. Senior , Springer, 2003.

## Study modes

-

## Exam modes

-

## 20810551 - DEVICES FOR WIRELESS SYSTEMS

**Docente:** PONTI CRISTINA

### Italiano

#### Prerequisiti

Conoscenza dei contenuti dei corsi di Fisica, in particolare dell'elettromagnetismo. Conoscenza dei contenuti del corso di Campi elettromagnetici.

#### Programma

Introduzione ai sistemi wireless: standard e bande di frequenze. Standard per comunicazioni mobili, Wireless LAN e Bluetooth. Standard emergenti in band millimetrica per sistemi wireless indoor ed outdoor. Standard per i sistemi radar. Circuiti Integrati a Microonde (MIC) e Circuiti Integrati a Microonde Monolitici (MMIC). Teoria delle linee di trasmissione e adattamento delle linee. Circuiti integrati in microstriscia: formule di progetto per le linee a microstriscia. Impedenze in microstriscia. Discontinuità in microstriscia. Componenti in microstriscia: componenti due porte; componenti tre porte, componewnti resistivi e divisore Wilkinson; componenti quattro porte, accoppiatori direzionali ibridi, ibrido in quadratura, accoppiatore a linee accoppiate, rat-race. Antenne integrabili nei MIC. Circuiti in tecnologia Substrate Integrated Waveguide (SIW). Progetto di strutture guidanti. Componenti in SIW. Circuiti in tecnologia Gap Waveguide. Realizzazioni della struttura guidante. Componenti in Gap Waveguide. Progetto e simulazione di circuiti a microonde in microstriscia mediante software elettromagnetico. Amplificatori a microonde: stabilità, guadagno e adattamento. Sistemi radar. Radar ad impulsi e radar in frequenza. Architettura dei sistemi radar. Il Ground Penetrating Radar; applicazioni alla localizzazione di oggetti sepolti.

#### Testi

Materiale fornito dal Docente. R.E. Collin, Foundations for Microwave Engineering, McGraw Hill, 1992. D.M. Pozar, Microwave Engineering, Wiley, 1998.

#### Bibliografia di riferimento

-

#### Modalità erogazione

Testi da definire

#### Modalità di valutazione

Prova orale e valutazione di un progetto.

### English

#### Prerequisites

Knowledge of the course of physics, in particular on the topic relevant to electromagnetic fields. Knowledge of the course of Electromagnetic Fields, and in particular of the topics: transmission line theory, theory of guided propagation, waveguides.

#### Programme

Introduction to wireless systems: standards and frequency bands. Standards for mobile communications, wireless LAN, and bluetooth. Emerging standars in the millimeter frequency band for wireless outdoor and indoor links. Applications to wireless power transfer. Standards for radar systems. Microwave Integrated Circuits (MIC) e Monolithic Microwave Integrated Circuits (MMIC). Transmission line theory and matching techniques. Integrated circuits in microstrip line: technologies and design formulas for microstrip lines. Microstrip impedances. Microstrip components: two ports; thee ports, resistive dividers Wilkinson power divider; four ports, directional couples, quadrature hybrid, coupled-line coupler, rat-race. Printed antennas for MIC. Simulation of microstrip components with electromagnetic software. Microwave circuits in Substrate Integrated Waveguide (SIW) for millimeter wave applications. Design of a SIW waveguide. SIW components. Design and simulation of microstrip components through dedicated electromagnetic software. Microwave amplifiers:

stability, gain and matching. Radar systems. Radar equation: localization of the target, and radar cross-section evaluation. Pulsed radars and frequency-stepped radar. Radar architecture. The Ground Penetrating Radar; application to buried object detection.

### Reference books

Material delivered by the teacher. R.E. Collin, Foundations for Microwave Engineering, McGraw Hill, 1992. D.M. Pozar, Microwave Engineering, Wiley, 1998.

### Reference bibliography

-

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20810544 - DIGITAL SIGNAL PROCESSING

**Docente:** GIUNTA GAETANO

### Italiano

#### Prerequisiti

nessuno

#### Programma

Segnali e sistemi discreti. Operazioni lineari e non lineari tra sequenze. Cambiamento di scala dei segnali discreti (interpolazione e decimazione digitali). Trasformate numeriche. Filtraggio. Analisi dei sistemi lineari. Filtri ottimi. Stimatori numerici e loro prestazioni. Predizione. Stimatori spettrali. Applicazioni mobili dell'elaborazione dei segnali. Codifica vocale e video. Software defined radio. Smart antennas. Rivelazione di comunicazioni nascoste. Segnali e codici spread spectrum. Esercitazioni numeriche di laboratorio con la piattaforma MatLab. Ulteriori dettagli su: <https://sp4te.uniroma3.it/elaborazione>

#### Testi

G. Giunta, "Problemi di base di elaborazione numerica dei segnali" - IV edizione, Roma (Scaricabili Dal Sito Web Del Corso). Tamal Bose, Francois Meyer, "Digital Signal And Image Processing", December 2003, Wiley Publ. G. Giunta, Lucidi del corso di DSP (Scaricabili Dal Sito Web Del Corso). A.V. Oppenheim, R.W. Shafer, J.R. Buck, "Discrete-Time Signal Processing", Prentice-Hall, Upper Saddle River, Nj (USA), 1999. G. Giunta, Lucidi del corso su Rivelazione e comunicazioni sicure (Scaricabili Dal Sito Web Del Corso).

#### Bibliografia di riferimento

A.V. Oppenheim, R.W. Shafer, "Discrete-time signal processing", Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ (USA), 2010. Joseph Boccuzzi, "Signal processing for wireless communications", McGraw-Hill Professional, 2008.

#### Modalità erogazione

lezioni ed esercitazioni

#### Modalità di valutazione

orale con scritto preliminare

### English

#### Prerequisites

none

#### Programme

Discrete signals and systems. Operations between sequences. Scale changes. Digital transforms. Filtering. Linear system analysis. Optimum filters. Digital estimators and performance. Prediction. Spectral estimators. Mobile applications of DSP. Speech and video coding. Software defined radio. Smart antennas. Hidden signal detection. Spread spectrum signals and codes. Laboratory of numerical examples by MatLab platform. Further details at: <https://sp4te.uniroma3.it/elaborazione>

#### Reference books

G. Giunta, "Problemi di base di elaborazione numerica dei segnali" - IV edizione, Roma (Available for free downloading). Tamal Bose, Francois Meyer, "Digital Signal And Image Processing", December 2003, Wiley Publ. G. Giunta, Lucidi del corso di DSP (Available for free downloading). A.V. Oppenheim, R.W. Shafer, J.R. Buck, "Discrete-Time Signal Processing", Prentice-Hall, Upper Saddle River, Nj (USA), 1999. G. Giunta, Lucidi del corso su Rivelazione e comunicazioni sicure (Available for free downloading).

#### Reference bibliography

A.V. Oppenheim, R.W. Shafer, "Discrete-time signal processing", Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ (USA), 2010. Joseph Boccuzzi, "Signal processing for wireless communications", McGraw-Hill Professional, 2008.

#### Study modes

-

#### Exam modes

-

## 20810552 - ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY

**Docente:** BARBUTO MIRKO

### Italiano

#### Prerequisiti

• Conoscenze di base di elettromagnetismo e teoria dei circuiti. • Familiarità con l'elaborazione dei segnali e i sistemi di comunicazione (consigliato).

#### Programma

Modulo 1: Introduzione alla compatibilità elettromagnetica (EMC) o Definizione, importanza e ambito dell'EMC. o Contesto storico e significato pratico nei sistemi biomedicali e nelle telecomunicazioni. o Richiami sui campi elettromagnetici, la propagazione delle onde e le linee di trasmissione. \_\_\_\_\_ Modulo 2: Fondamenti dell'Interferenza Elettromagnetica (EMI) o Fonti di EMI: naturali e create dall'uomo. o Caratteristiche delle emissioni radiate e condotte. o Crosstalk: meccanismi, impatto ed esempi. \_\_\_\_\_ Modulo 3: Principi di progettazione per l'EMC o Principi generali di progettazione EMC. o Tecniche di schermatura e materiali. o Assorbimento dei campi elettromagnetici. o Strategie di filtraggio, messa a terra e collegamento. \_\_\_\_\_ Modulo 4: Normative e quadri regolatori EMC o Panoramica delle normative EMC. o Enti regolatori principali (internazionali, regionali, specifici per settore) e processo di certificazione. o Normative principali EMC. \_\_\_\_\_ Modulo 5: Test e Misurazioni EMC o Ambienti di test EMC (camere anecoiche, celle GTEM, ecc.). o Attrezzature per i test (sorgenti, ricevitori, sensori di campo e antenne, analizzatori di spettro, LISN, oscilloscopi, ecc.). o Normative e procedure per i test di emissioni e immunità. o Sfide pratiche nella misurazione delle EMI e nell'assicurare la conformità. \_\_\_\_\_ Modulo 7: Simulazione del accoppiamento elettromagnetico tra sistemi o Introduzione agli strumenti di simulazione circuitale ed elettromagnetica. o Utilizzo di CST MICROWAVE STUDIO per modellare fenomeni EMC e EMI. \_\_\_\_\_ Modulo 8: Nuovi materiali nell'EMC o Introduzione ai metamateriali e alle metasuperfici. o MTM e MTS per EMC. \_\_\_\_\_ Modulo 9: Fondamenti dell'interazione EM con la materia vivente o Fondamenti dell'interazione della materia vivente con i campi elettromagnetici. o Quadro normativo per l'esposizione ai campi elettromagnetici. o Tecniche di misurazione per la valutazione dell'esposizione biologica.

#### Testi

Materiale didattico a cura del docente.

#### Bibliografia di riferimento

1. Design for Electromagnetic Compatibility - In a Nutshell: Theory and Practice (open access) by Reto B. Keller. 2. Electromagnetic Compatibility Engineering by Henry W. Ott. 3. Introduction to Electromagnetic Compatibility by Clayton R. Paul. 4. EMC for Product Designers by Tim Williams.

#### Modalità erogazione

Testi da definire

#### Modalità di valutazione

La valutazione prevede una prova scritta composta da due domande sugli argomenti del corso e lo svolgimento di un progetto in itinere.

### English

#### Prerequisites

• Basic knowledge of electromagnetics and circuit theory. • Familiarity with signal processing and communication systems (recommended).

#### Programme

Module 1: Introduction to EMC o Definition, importance, and scope of EMC. o Historical context and practical significance in biomedical and telecom systems. o Electromagnetic fields, wave propagation, and transmission lines. \_\_\_\_\_ Module 2: Fundamentals of Electromagnetic Interference (EMI) o Sources of EMI: natural and man-made. o Characteristics of radiated and conducted emissions. o Crosstalk: mechanisms, impact, and examples. \_\_\_\_\_ Module 3: Design Principles for EMC o General EMC Design Principles. o Shielding techniques and materials. o Absorption of electromagnetic fields. o Filtering, grounding, and bonding strategies. \_\_\_\_\_ Module 4: EMC standards and regulatory frameworks o Overview of EMC regulations. o Key regulatory bodies (international, regional, industry-specific) and certification process. o Core EMC Standards. \_\_\_\_\_ Module 5: EMC Testing and Measurement o EMC testing environments (anechoic chambers, GTEM cells, etc.). o Testing equipment (sources, receivers, field sensors and antennas, spectrum analyzers, LISNs, oscilloscopes, etc.). o Standards and procedures for emissions and immunity testing. o Practical challenges in measuring EMI and ensuring compliance. \_\_\_\_\_ Module 7: Simulation of Electromagnetic Coupling between Systems o Introduction to circuit and electromagnetic simulation tools. o Using CST MICROWAVE STUDIO to model EMC and EMI phenomena. \_\_\_\_\_ Module 8: Novel Materials in EMC o Introduction to metamaterials and metasurfaces. o MTMs and MTSs for EMC. \_\_\_\_\_ Module 9: Fundamental of Live matter Interaction with EM fields o Fundamentals of live matter interaction with electromagnetic fields. o Regulatory framework for exposure to electromagnetic fields. o Measurement techniques for biological exposure assessment.

#### Reference books

Teaching material prepared by the professor.

#### Reference bibliography

1. Design for Electromagnetic Compatibility - In a Nutshell: Theory and Practice (open access) by Reto B.Keller. 2. Electromagnetic Compatibility Engineering by Henry W. Ott. 3. Introduction to Electromagnetic Compatibility by Clayton R. Paul. 4. EMC for Product

Designers by Tim Williams.

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20802093 - ELETTRONICA DEI SISTEMI PROGRAMMABILI

**Docente:** SAVOIA ALESSANDRO STUART

### Italiano

#### Prerequisiti

#### Programma

Testi da definire

#### Testi

Testi da definire

#### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

#### Modalità erogazione

Testi da definire

#### Modalità di valutazione

Testi da definire

### English

#### Prerequisites

#### Programme

-

#### Reference books

-

#### Reference bibliography

-

#### Study modes

-

#### Exam modes

-

## 20810554 - ETHICAL HACKING

**Docente:** CARLI MARCO

### Italiano

#### Prerequisiti

Non è richiesta alcuna conoscenza a priori

#### Programma

Unità 0 - Richiami Richiami di reti Richiami di programmazione in Python e macchine virtuali Unità 1 - Introduzione all'hacking etico Il concetto di "hacking etico" Valutazione delle vulnerabilità Report e documenti relativi all'hacking etico Unità 2 - Raccolta di informazioni sull'obiettivo dell'hacking Attacchi di scanning Attacchi di sniffing Social engineering Attacchi alle password Unità 3 - Hacking etico mediante attacchi attivi Attacchi web Attacchi di Denial of Service Attacchi wireless Unit 4 - Laboratorio di hacking etico Esercitazioni pratiche riguardanti le diverse unità del corso

#### Testi

Baloch Rafay. Ethical hacking and penetration testing guide. Auerbach Publications, 2015.

#### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

#### Modalità erogazione

Lezioni frontali e esercitazioni pratiche

## Modalità di valutazione

La verifica dell'apprendimento avviene attraverso una prova scritta e attività di laboratorio

## English

### Prerequisites

None

### Programme

Unit 0 - Recap Recap on networks Recap on Python programming and virtual machines Unit 1 - Introduction to ethical hacking The "ethical hacking" concept Vulnerability assessment Ethical hacking reports and documents Unit 2 - Target information gathering Scanning Sniffing Social engineering Password hacking Unit 3 - Active ethical hacking Web hacking Denial of Service attacks Wireless hacking Unit 4 - Hands-on ethical hacking Lab experiences concerning the different course units

### Reference books

Baloch Rafay. Ethical hacking and penetration testing guide. Auerbach Publications, 2015.

### Reference bibliography

-

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20810545 - INFORMATION THEORY

**Docente:** CAMPISI PATRIZIO

## Italiano

### Prerequisiti

Conoscenze di base di Analisi e Geometria

### Programma

Elementi di teoria dell'informazione: entropia di una sorgente, entropia relativa. Entropia congiunta e entropia condizionata. Statistica sufficiente. Codifica di sorgente senza perdita di informazione: Codici ottimi. Limiti sulla lunghezza delle parole di codice per i codici ottimi. Disuguaglianza di Kraft per codici univocamente decodificabili. Codificatori di Huffman e di Shannon-Fano-Elias. Codifica di sorgente Universale. Codificatori aritmetici. Codificatore di Lempel-Ziv. Equivocazione, tasso di informazione mutua, capacità di canale. Capacità dei canali binari simmetrici e dei canali limitati in banda affetti da rumore additivo gaussiano. Teorema di Shannon sulla codifica di canale. Disuguaglianza di Fano. Teorema della separazione tra codifica di sorgente e la codifica di canale. Codici lineari a blocco: definizione, matrice generatrice, controlli di parità, codici sistematici Rivelazione e correzione d'errore per codici lineari a blocco. Sindrome. Codice duale di un codice lineari a blocco. Decodificatore ottimo. Rivelazione e correzione d'errore per canali binari simmetrici. Schieramento standard. Prestazioni. Campi di Galois: definizioni e proprietà. Codici ciclici. Codici di Hamming. Codici di Reed-Solomon. Codici convoluzionali: definizioni e proprietà. Decodifica a massima verosimiglianza: canali binari simmetrici e canali gaussiani Serie di Markov: definizioni e proprietà. Algoritmo di Viterbi: principio, implementazione e prestazioni Algoritmo di Viterbi: prestazioni. Turbocodici: definizioni e principio di funzionamento. Codici concatenati. Codificatori convoluzionali ricorsivi sistematici. Interallacciatori per codici convoluzionali. Calcolo della probabilità a posteriori (AAP) per i turbocodici. Principio di funzionamento dei protocolli ARQ ibridi. Decodificatori per turbo codici: algoritmo di decodifica.

### Testi

Elements of information theory Thomas M. Cover, Joy A. Thomas, 2. ed., 2006 John Wiley & Sons, Ltd.

### Bibliografia di riferimento

A Mathematical Theory of Communication By C. E. SHANNON The Bell System Technical Journal, Vol. 27, pp. 379–423, 623–656, July, October, 1948.

### Modalità erogazione

Testi da definire

### Modalità di valutazione

Durante il corso sono previste prove in itinere atte a valutare la preparazione degli studenti. Sono previste due prove: a) la prima, scritta, atta a valutare la capacità di analisi dello studente b) la seconda, orale, atta a valutare la conoscenza teorica dello studente.

## English

### Prerequisites

Basic knowledge of Analysis and Geometry

### Programme

Elements of information theory: entropy of a source, relative entropy. Joint entropy and conditional entropy. Sufficient statistics. Lossless source coding: Optimal codes. Codeword length limits for optimal codes. Kraft inequality for uniquely decodable codes. Huffman and Shannon-Fano-Elias encoders. Universal source coding. Arithmetic encoders. Lempel-Ziv encoder. Equivocation, mutual information

rate, channel capacity. Capacitance of symmetric binary channels and band-limited channels affected by additive gaussian noise. Shannon's theorem on channel coding. Fano inequality. Separation theorem between source coding and channel coding. Linear block codes: definition, generating matrix, parity checks, systematic codes Error detection and correction for linear block codes. Syndrome. Dual code of a linear block code. Excellent decoder. Error detection and correction for symmetric binary channels. Standard deployment. Performance. Galois fields: definitions and properties. Cyclic codes. Hamming codes. Reed-Solomon codes. Convolutional codes: definitions and properties. Maximum likelihood decoding: symmetric binary channels and Gaussian channels Markov series: definitions and properties. Viterbi algorithm: principle, implementation and performance Viterbi algorithm: performance. Turbocodes: definitions and operating principle. Concatenated codes. Systematic recursive convolutional encoders. Interleavers for convolutional codes. Calculation of the posterior probability (AAP) for turbocodes. Operating principle of hybrid ARQ protocols. Turbo code decoders: decoding algorithm.

### Reference books

Elements of information theory Thomas M. Cover, Joy A. Thomas, 2. ed., 2006 John Wiley & Sons, Ltd.

### Reference bibliography

A Mathematical Theory of Communication By C. E. SHANNON The Bell System Technical Journal, Vol. 27, pp. 379–423, 623–656, July, October, 1948.

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20810543 - METAMATERIALS AND METASURFACES FOR WAVE ENGINEERING

**Docente:** MONTI ALESSIO

### Italiano

#### Prerequisiti

Conoscenza delle proprietà fondamentali del campo elettromagnetico. Conoscenza dei rudimenti della teoria della propagazione del campo elettromagnetico e della teoria delle antenne. Conoscenza dei concetti di base sull'interazione tra campo elettromagnetico e materia.

#### Programma

Modulo 1: Introduzione ai metamateriali. Metamateriali ad indice di rifrazione negativo. Classificazione e terminologia. Risonatore di Engheta. Lente di Pendry. Metamateriali a linea di trasmissione. Miniaturizzazione di componenti. Antenne miniaturizzate. Progetto di inclusioni per metamateriali a microonde. Progetto di metamateriali a linea di trasmissione e progetto di componenti miniaturizzati (celle elementari, sfasatori, rat-race, ecc.). Esercitazioni in ambiente di calcolo simbolico e numerico. Modulo 2: Introduzione alle metasuperfici. Introduzioni alle metasuperfici. Metasuperfici con risposta elettrica. Metasuperfici con risposta elettrica e magnetica. Metasuperfici per riflessione e rifrazione anomala. Metasuperfici a microonde. Metasuperfici a frequenze ottiche basate su allineamenti di nanoparticelle. Caratterizzazione elettromagnetica dei metalli a frequenze ottiche. Modello di Drude. Effetto della forma e delle dimensioni sulla risposta ottica dei materiali. Effetto di dispersione superficiale. Tecniche di omogeneizzazione bidimensionali. Applicazioni delle metasuperfici ottiche: invisibilità elettromagnetica, assorbitori ottici, dispositivi per la minimizzazione delle riflessioni e schermi trasparenti. Estensione del modello bidimensionale a metasuperfici composte da nanoparticelle dielettriche. Applicazioni delle metasuperfici dielettriche. Esercitazioni in ambiente di calcolo numerico. Modulo 3: Invisibilità elettromagnetica. Riduzione dell'osservabilità radar. Concetti di base sull'invisibilità elettromagnetica. Sezione radar e sezione di scattering. Figure di merito per quantificare l'efficacia di un dispositivo di invisibilità elettromagnetica. Concetti introduttivi sull'elettromagnetismo di trasformazione. Mantello dell'invisibilità basato sull'elettromagnetismo di trasformazione. Altre tecniche per ottenere l'invisibilità elettromagnetica. Concetti introduttivi sulla cancellazione dello scattering. Cancellazione dello scattering mediante metamateriali volumetrici. Cancellazione dello scattering mediante metasuperfici (mantle cloaking). Teoria di Mie per oggetti sferici e cilindrici ricoperti con uno strato volumetrico e un'impedenza superficiale. Implementazione di dispositivi di invisibilità basati sulla cancellazione dello scattering a microonde: materiali volumetrici e metasuperfici a singola e doppia polarizzazione. Applicazioni dell'invisibilità elettromagnetica alle microonde: invisibilità di oggetti passivi, invisibilità di antenne riceventi e sensori, invisibilità reciproca di antenne trasmettenti. Dispositivi di invisibilità elettromagnetica non-lineari e selettivi rispetto alla forma d'onda e relative applicazioni. Esercitazioni in ambiente di calcolo simbolico e numerico. Modulo 4: Metamateriali tempo-spazio varianti. Introduzione alla non-reciprocità elettromagnetica ottenuta con materiali naturali e metamateriali. Introduzione ai metamateriali modulati nel tempo e nello spazio. Analisi di un risonatore caricato con metamateriale tempo-spazio variante: modi accoppiati, modi in risonanza e risposta in frequenza. Applicazioni di risonatori caricati con metamateriale tempo-spazio variante. Propagazione libera in un mezzo infinitamente esteso e in uno slab finito modulato nel tempo e nello spazio. Analisi della propagazione in uno slab nel dominio del tempo e applicazioni. Metasuperfici tempo-spazio varianti. Modulo 5: Metamateriali per campi strutturati. Proprietà topologiche dei campi strutturati. Introduzione ai concetti di momento orbitale angolare, singolarità di fase e carica topologica. Generazione di campi elettromagnetici con singolarità di fase a frequenze ottiche e a microonde. Generazione di vortici compositi e loro proprietà topologiche (robustezza rispetto all'interazione con oggetti opachi e con campi non vorticosi). Esempi di applicazioni: antenna a patch con stato di polarizzazione di tipo Moebius; sagomatura e orientamento del diagramma di radiazione; casi particolari di diagramma settoriale e a sella. Esercitazioni in ambiente di calcolo simbolico e numerico.

#### Testi

Materiale didattico messo a disposizione dal docente.

#### Bibliografia di riferimento

Per approfondimenti di specifici argomenti, è possibile consultare i seguenti testi: Modulo 1 N. Engheta, R.W. Ziolkowki, Metamaterials: Physics and Engineering Explorations, Wiley-IEEE Press, 2006. C. Caloz, T. Itoh, Electromagnetic Metamaterials: Transmission Line Theory and Microwave Applications, Wiley-IEEE Press, 2006. C. Simovski, S. Tretyakov, An Introduction to Metamaterials and Nanophotonics, Cambridge University Press, 2020. Modulo 2 S. Tretyakov and C. Simovski, An Introduction to Metamaterials and Nanophotonics, Cambridge University Press, 2020. S. Tretyakov, Analytical Modeling in Applied Electromagnetics, Artech House, 2003. T.G. Mackay, A. La Lakhtakia, Modern Analytical Electromagnetic Homogenization with Mathematica, IOP Publishing, 2020. Modulo 3

C.F. Bohren, D.R. Huffman, Absorption and Scattering of Light by Small Particles, Wiley, 1998. E.F. Knott, J.F. Scaeffler, M.T. Tulley, Radar Cross Section, SciTech Publishing, 2004. K. Achouri, C. Caloz, Electromagnetic Metasurfaces: Theory and Applications, Wiley, 2021. Modulo 4 R.E. Collin, Antennas and Radiowave Propagation, McGraw-Hill College, 1985. C. R. Pollock, M. Lipson, Integrated Photonics, Springer, 2003. Modulo 5 D.H. Werner, R. Mittra, Frontiers in Electromagnetics, Wiley-IEEE Press, 2000.

### Modalità erogazione

Il corso è impartito tramite lezioni teoriche in aula e lo svolgimento di esercitazioni in ambiente di calcolo simbolico e numerico.

### Modalità di valutazione

La verifica dell'apprendimento avviene attraverso una prova orale finalizzata a verificare il livello di comprensione effettiva dei concetti e la capacità degli studenti di applicarli in contesti reali.

### English

#### Prerequisites

Knowledge of the basic concepts of classical electrodynamics. Knowledge of the fundamentals of electromagnetic field propagation and antenna theory. Knowledge of the basic principles of wave-matter interaction.

#### Programme

Unit 1: Introduction to metamaterials. Negative-index metamaterials. Classification and terminology. Engheta's resonator. Pendry's lens. Transmission-line metamaterials. Miniaturization of electromagnetic components. Miniaturized antennas. Design of inclusions for microwave metamaterials. Design of transmission-line metamaterials and design of miniaturized microwave components (elementary cells, phase shifters, rat-race, etc.). Computed-based exercises. Unit 2: Introduction to metasurfaces. Introduction to metasurfaces. Purely-electrical metasurfaces. Magnetolectric sheets. Metasurfaces for anomalous reflection and refraction. Microwave metasurfaces. Optical metasurfaces based on array of nanoparticles. Electromagnetic characterization of metals at optical frequencies. Drude model. Effect of shape and size on the optical response of materials. Surface dispersion effect. Two-dimensional homogenization techniques. Applications of optical metasurfaces: electromagnetic invisibility, optical absorbers, anti-reflection coatings and transparent screens. Extension of the two-dimensional model to dielectric metasurfaces. Applications of dielectric metasurfaces. Computed-based exercises. Unit 3: Electromagnetic invisibility. Reduction of radar observability. Basic concepts on electromagnetic invisibility. Radar and scattering cross section. Figure of merit for EM cloaks. Basic principles of the transformation-electromagnetism. Invisibility cloaks based on transformation-electromagnetism. Other approaches to achieve electromagnetic invisibility. Basic principles on scattering cancellation. Scattering cancellation by volumetric metamaterials. Scattering cancellation by metasurfaces (mantle cloaking). Mie theory for spherical and cylindrical objects covered by volumetric layers and surface impedances. Implementation of invisibility devices based on the scattering cancellation at microwaves: volumetric materials and metasurfaces. Applications of electromagnetic invisibility to microwaves: invisibility of passive objects, invisibility of receiving antennas and sensors, mutual invisibility of transmitting antennas. Non-linear and waveform-selective electromagnetic invisibility devices and related applications. Computed-based exercises. Unit 4: Space-time modulated metamaterials and metasurfaces. Introduction to EM non-reciprocity based on natural and artificial materials. Introduction to space-time modulated metamaterials. Analysis of a resonator loaded with a space-time modulated metamaterial: coupled mode theory, resonant modes and frequency response. Applications. Free-space and slab propagation in space-time modulated materials. Time-domain propagation in a dielectric slab. Space-time modulated metasurfaces. Unit 5: Metamaterials for structured fields. Topological properties of structured fields. Introduction to the concept of orbital angular momentum, phase singularity and topological charge. Generation of EM fields with phase singularities at optical and microwave frequencies. Generation of composite vortices and related topological properties (robustness with respect to the interaction with opaque objects and vortex-less fields). Application examples: patch antenna with Moebius polarization, shaping of the direction pattern, sectorial and saddle radiation patterns. Full-wave and analytical simulations.

#### Reference books

Learning materials provided by the teacher.

#### Reference bibliography

To deepen specific topics, students may refer to the following books: Unit 1 N. Engheta, R.W. Ziolkowski, Metamaterials: Physics and Engineering Explorations, Wiley-IEEE Press, 2006. C. Caloz, T. Itoh, Electromagnetic Metamaterials: Transmission Line Theory and Microwave Applications, Wiley-IEEE Press, 2006. C. Simovski, S. Tretyakov, An Introduction to Metamaterials and Nanophotonics, Cambridge University Press, 2020. Unit 2 S. Tretyakov and C. Simovski, An Introduction to Metamaterials and Nanophotonics, Cambridge University Press, 2020. S. Tretyakov, Analytical Modeling in Applied Electromagnetics, Artech House, 2003. T.G. Mackay, A. La Lakhtakia, Modern Analytical Electromagnetic Homogenization with Mathematica, IOP Publishing, 2020. Unit 3 C.F. Bohren, D.R. Huffman, Absorption and Scattering of Light by Small Particles, Wiley, 1998. E.F. Knott, J.F. Scaeffler, M.T. Tulley, Radar Cross Section, SciTech Publishing, 2004. K. Achouri, C. Caloz, Electromagnetic Metasurfaces: Theory and Applications, Wiley, 2021. Unit 4 R.E. Collin, Antennas and Radiowave Propagation, McGraw-Hill College, 1985. C. R. Pollock, M. Lipson, Integrated Photonics, Springer, 2003. Unit 5 D.H. Werner, R. Mittra, Frontiers in Electromagnetics, Wiley-IEEE Press, 2000.

#### Study modes

-

#### Exam modes

-

## 20810546 - METAVERSE AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE

**Docente:** CARLI MARCO

### Italiano

#### Prerequisiti

Non è richiesta alcuna conoscenza a priori

#### Programma

Metaverso Realtà Virtuale Realtà aumentata Realtà Mista Sicurezza ai vari livelli della pila protocollare per applicazioni nel metaverso Controllo degli accessi e della gestione delle blockchain Analisi e rilevazione di modifiche di dati multimediali Applicazioni di intelligenza artificiale nel dominio oggetto dello studio

### Testi

Stallings' Cryptography and Network Security, Seventh Edition Articoli scientifici sull'argomento

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

Lezioni in aula

### Modalità di valutazione

Prova orale ed eventuale progetto

### English

### Prerequisites

No a priori knowledge required

### Programme

Metaverse Virtual Reality Augmented Reality Mixed Reality Security at the various levels of the protocol stack for applications in the metaverse Authentication systems applied to the metaverse Access control and blockchain management Artificial intelligence applications in the domain under study

### Reference books

Stallings' Cryptography and Network Security, Seventh Edition Scientific articles on the topic

### Reference bibliography

-

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20810550 - NEW GENERATION MOBILE SYSTEMS

( 5G COMMUNICATIONS AND BEYOND )

**Docente:** GIUNTA GAETANO

### Italiano

### Prerequisiti

nessuno

### Programma

Le reti mobili condivise. Strutturazione delle reti e dei servizi e loro motivazioni economiche e finanziarie. I sistemi mobili cellulari di nuova generazione (4G, 5G). Servizi offerti e qualità di servizio. Gestione della mobilità e problematiche di sicurezza, confidenzialità e autenticazione. Servizi di localizzazione. Controllo energetico dei dispositivi connessi. Tecnologie di accesso alla rete internet mediante dispositivi wireless. Evoluzione delle architetture di rete virtualizzate e riconfigurabili via SW. Tecniche di elaborazione parallela che consentono un collegamento efficiente e dedicato negli standard più moderni (5G e oltre) con e tra i terminali e gli oggetti connessi nell'IoT. Maggiori dettagli sul sito: <https://sp4te.uniroma3.it/radiomobile>

### Testi

G. Giunta, Lucidi del corso. (Scaricabili Dal Sito Web Del Corso)

### Bibliografia di riferimento

Stefania Sesia, Issam Toufik, Matthew Baker: "LTE - The UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice, 2nd Edition", Wiley publ.; July 2011. Mansoor Shafi, Andreas F. Molisch, Peter J. Smith, Thomas Haustein, Peiying Zhu, PrasanDeSilva, Fredrik Tufvesson, Anass Benjebbour, and Gerhard Wunder: "5G: A Tutorial Overview of Standards, Trials, Challenges, Deployment, and Practice. IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS, VOL. 35, NO. 6, JUNE 2017. Mamta Agiwal, Abhishek Roy, and Navrati Saxena: "Next Generation 5G Wireless Networks: A Comprehensive Survey. IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS, VOL. 18, NO. 3, THIRD QUARTER 2016.

### Modalità erogazione

lezioni

### Modalità di valutazione

discussione orale

### English

## Prerequisites

none

## Programme

Mobile networks with shared access. Networks and services plans, including financial and economic aspects. New generation mobile networks (4G, 5G). Provided services and quality of service. Mobility management, security, secrecy and authentication problems. Localization services, power control of connected devices. Access technologies from wireless devices. Evolution of architecture based on SW network virtualization. Algorithms of array processing to allow dedicated efficient links in modern standards (5G and beyond) between terminals or smart objects connected to the IoT world. Further details on the site: <https://sp4te.uniroma3.it/radiomobile>

## Reference books

G. Giunta, Lucidi del corso. (Available for free downloading)

## Reference bibliography

Stefania Sesia, Issam Toufik, Matthew Baker: "LTE - The UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice, 2nd Edition", Wiley publ.; July 2011. Mansoor Shafi, Andreas F. Molisch, Peter J. Smith, Thomas Haustein, Peiying Zhu, PrasanDeSilva, Fredrik Tufvesson, Anass Benjebbour, and Gerhard Wunder: "5G: A Tutorial Overview of Standards, Trials, Challenges, Deployment, and Practice. IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS, VOL. 35, NO. 6, JUNE 2017. Mamta Agiwal, Abhishek Roy, and Navrati Saxena: "Next Generation 5G Wireless Networks: A Comprehensive Survey. IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS, VOL. 18, NO. 3, THIRD QUARTER 2016.

## Study modes

-

## Exam modes

-

## 20810550 - NEW GENERATION MOBILE SYSTEMS

( DIGITAL COMMUNICATIONS )

**Docente:** VEGNI ANNA MARIA

## Italiano

### Prerequisiti

nessuno none

### Programma

Il corso introduce gli aspetti fondamentali delle modalità di trasmissione dell'informazione su canali digitali, anche in riferimento ai sistemi emergenti Beyond5G (B5G). A partire dai concetti acquisiti precedentemente, relativi alla teoria dei segnali, in questo corso vengono presentate le principali tecniche di modulazione in banda base e passa-banda, la teoria del ricevitore ottimo, le tecniche di trasmissione a banda larga, e il modello di attenuazione (fading) sul canale wireless trasmissivo. Gli obiettivi del corso prevedono che gli studenti acquisiscano (i) gli aspetti fondamentali delle tecniche di trasmissione dati su collegamenti digitali, anche in scenari emergenti B5G, e (ii) l'abilità di applicare tale conoscenza per la modellizzazione di canali wireless per gli scenari applicativi di prossima generazione.

### Testi

- roakis, "Digital communications" - Dispense a cura del docente

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

Testi da definire

### Modalità di valutazione

Il corso prevede una prova orale

## English

### Prerequisites

none

### Programme

The course introduces the fundamental aspects of information transmission methods on digital channels, also in reference to the recent 5G and B5G communication systems. Starting from the concepts previously acquired, related to signal theory, this course presents the main baseband and bandpass modulation techniques, the theory of the optimal receiver, the broadband transmission techniques, and the fading channels. The objectives of the course are that students acquire (i) the fundamental aspects of data transmission techniques on digital links, also in emerging Beyond5G (B5G) scenarios, and (ii) the ability to apply analytical tools to design channel models for next-generation application scenarios.

### Reference books

- Proakis, "Digital communications" - Notes edited by the lecturer

### Reference bibliography

-  
**Study modes**

-

**Exam modes**

-

## 20810553 - WIRELESS NETWORKING AND IOT

**Docente:** VEGNI ANNA MARIA

### Italiano

#### Prerequisiti

nessuno none

#### Programma

Il corso introduce gli aspetti fondamentali delle reti di comunicazioni wireless di tipo device-to-device (D2D) e introduce le nuove tecnologie emergenti per sistemi di comunicazione avanzati. Gli obiettivi del corso prevedono che gli studenti acquisiscano (i) la conoscenza necessaria sulle tecnologie di comunicazione mobili e wireless, anche in scenari emergenti Beyond5G (B5G), e (ii) l'abilità di applicare tale conoscenza per lo sviluppo di servizi per gli scenari applicativi di tipo Internet of Things (IoT). Particolare attenzione viene posta alla tecnologia WiFi, alle comunicazioni D2D e alle tecnologie emergenti in scenari B5G (nello specifico, si studierà la tecnologia Visible Light Communications per applicazioni indoor e Free Space Optics per applicazioni outdoor).

#### Testi

- Kurose and Ross, "Computer Networking: a top-down approach" - S. Montagny, "LoRa - LoRaWAN and Internet of Things for beginners" - Z. Ghassemlooy, W. Popoola, S. Rajbhandari, "Optical Wireless Communications - System and Channel Modelling with MATLAB®", Taylor and Francis - R. Herrero, "Fundamentals of IoT Communication Technologies", Springer - slides a cura del docente

#### Bibliografia di riferimento

- slides a cura del docente

#### Modalità erogazione

Testi da definire

#### Modalità di valutazione

Il corso prevede una prova orale

### English

#### Prerequisites

none

#### Programme

The course introduces the fundamental aspects of device-to-device (D2D) wireless communications networks and new emerging technologies for advanced wireless communication systems. The main objectives require students to acquire (i) the necessary knowledge on mobile and wireless communication technologies, including Beyond5G (B5G) technologies, and (ii) the ability to apply this knowledge for the development of services for Internet of Things (IoT) type application scenarios. Particular attention is paid to WiFi technology, D2D communications and emerging technologies in B5G scenarios (specifically, Visible Light Communications technology for indoor applications and Free Space Optics for outdoor applications will be studied).

#### Reference books

- Kurose and Ross, "Computer Networking: a top-down approach" - S. Montagny, "LoRa - LoRaWAN and Internet of Things for beginners" - Z. Ghassemlooy, W. Popoola, S. Rajbhandari, "Optical Wireless Communications - System and Channel Modelling with MATLAB®", Taylor and Francis - R. Herrero, "Fundamentals of IoT Communication Technologies", Springer - notes edited by the lecturer

#### Reference bibliography

- notes edited by the lecturer

#### Study modes

-

#### Exam modes

-

<b>Percorso formativo a.a. 2025-2026 (coorte 2025-2026)</b>						
<b>LM-27 Laurea Magistrale in Ingegneria delle Telecomunicazioni (DM 270/2004)</b>						
N	INSEGNAMENTO	SSD	ATTIVITÀ	CFU	A_S	Ore
<b>INSEGNAMENTI COMUNI PER TUTTI GLI STUDENTI (didattica erogata)</b>						
1	Advanced engineering electromagnetics	ING-INF/02	B	9	1_2	72
2	Antennas and wireless propagation	ING-INF/02	B	9	1_1	72
3	Artificial intelligence	ING-IND/31	C	12		
3a	<i>Artificial intelligence: algorithms and methods</i>	ING-IND/31	C	6	1_2	48
3b	<i>Design of learning algorithms</i>	ING-IND/31	C	6	1_2	48
4	Digital signal processing	ING-INF/03	B	9	1_1	72
5	Information theory	ING-INF/03	B	6	1_2	48
6	New generation mobile systems	ING-INF/03	B	12		
6a	<i>Digital communications</i>	ING-INF/03	B	6	1_1	48
6b	<i>5G communications and beyond</i>	ING-INF/03	B	6	1_1	48
<b>INSEGNAMENTI COMUNI PER TUTTI GLI STUDENTI (didattica programmata)</b>						
7	Advanced antenna engineering	ING-INF/02	B	6	2_1	48
<b>TOTALE CFU INSEGNAMENTI COMUNI PER TUTTI GLI STUDENTI</b>				<b>63</b>		
<b>Curriculum Applied Artificial Intelligence - Insegnamenti I anno (didattica erogata)</b>						
8	Metaverse and artificial intelligence	ING-INF/03	B	6	1_2	48
<b>Insegnamenti II anno (didattica programmata)</b>						
9	Artificial intelligence for electromagnetic technologies	ING-INF/02	B	9	2_1	72
10	Artificial intelligence for signal processing	ING-INF/03	B	9	2_1	72
11	Biometrics and multisensorial interaction	ING-INF/03	B	6	2_1	48
<b>TOTALE CFU INSEGNAMENTI DEL CURRICULUM</b>				<b>30</b>		
<b>Curriculum Wireless Technologies - Insegnamenti I anno (didattica erogata)</b>						
8	Electromagnetic compatibility	ING-INF/02	B	9	1_2	72
<b>Insegnamenti II anno (didattica programmata)</b>						
9	Devices for wireless systems	ING-INF/02	B	6	2_1	48
10	Metamaterials and metasurfaces for wave engineering	ING-INF/02	B	9	2_1	72
11	Wireless networking and IoT	ING-INF/03	B	6	2_2	48
<b>TOTALE CFU INSEGNAMENTI DEL CURRICULUM</b>				<b>30</b>		
<b>Insegnamenti a scelta dello studente (didattica erogata)</b>						
12	Un insegnamento per 9 CFU totali			<b>9</b>		
	Elettronica dei sistemi programmabili (da LM29)	ING-INF/01	D	9	1_2	72
	Ethical hacking	ING-INF/03	D	9	1_2	72
	ogni altro insegnamento offerto in questa Laurea Magistrale					
	ogni altro insegnamento offerto nelle altre Lauree Magistrali					
<b>ALTRE ATTIVITÀ OBBLIGATORIE</b>						
	<b>TIROCINIO PROFESSIONALE</b>			<b>6</b>	<b>2</b>	
	<b>PROVA FINALE DI LAUREA</b>			<b>12</b>	<b>2</b>	
<b>TOTALE CFU ALTRE ATTIVITÀ OBBLIGATORIE</b>				<b>18</b>		
<b>TOTALE CFU LAUREA MAGISTRALE</b>				<b>120</b>		

**LEGENDA**

B: ATTIVITÀ FORMATIVE CARATTERIZZANTI

C: ATTIVITÀ FORMATIVE AFFINI ED INTEGRATIVE

D: ATTIVITÀ FORMATIVE A SCELTA DELLO STUDENTE (ART.10, COMMA 5, LETTERA A)

CFU: CREDITI FORMATIVI UNIVERSITARI

A\_S: ANNO - SEMESTRE

<b>Percorso formativo a.a. 2025-2026 (coorte 2024-2025)</b> <b>LM-27 Laurea Magistrale in Ingegneria delle Telecomunicazioni (DM 270/2004)</b>						
N	INSEGNAMENTO	SSD	ATTIVITÀ	CFU	A_S	Ore
<b>INSEGNAMENTI COMUNI PER TUTTI GLI STUDENTI (didattica già fruita)</b>						
1	Advanced engineering electromagnetics	ING-INF/02	B	9	1_2	72
2	Antennas and wireless propagation	ING-INF/02	B	9	1_1	72
3	Artificial intelligence	ING-IND/31	C	12		
3a	<i>Artificial intelligence: algorithms and methods</i>	ING-IND/31	C	6	1_2	48
3b	<i>Design of learning algorithms</i>	ING-IND/31	C	6	1_2	48
4	Digital signal processing	ING-INF/03	B	9	1_1	72
5	Information theory	ING-INF/03	B	6	1_2	48
6	New generation mobile systems	ING-INF/03	B	12		
6a	<i>Digital communications</i>	ING-INF/03	B	6	1_1	48
6b	<i>5G communications and beyond</i>	ING-INF/03	B	6	1_1	48
<b>INSEGNAMENTI COMUNI PER TUTTI GLI STUDENTI (didattica erogata)</b>						
7	Advanced antenna engineering	ING-INF/02	B	6	2_1	48
<b>TOTALE CFU INSEGNAMENTI COMUNI PER TUTTI GLI STUDENTI</b>				<b>63</b>		
<b>Curriculum Applied Artificial Intelligence - Insegnamenti I anno (didattica già fruita)</b>						
8	Metaverse and artificial intelligence	ING-INF/03	B	6	1_2	48
<b>Insegnamenti II anno (didattica erogata)</b>						
9	Artificial intelligence for electromagnetic technologies	ING-INF/02	B	9	2_1	72
10	Artificial intelligence for signal processing	ING-INF/03	B	9	2_2	72
11	Biometrics and multisensorial interaction	ING-INF/03	B	6	2_1	48
<b>TOTALE CFU INSEGNAMENTI DEL CURRICULUM</b>				<b>30</b>		
<b>Curriculum Wireless Technologies - Insegnamenti I anno (didattica già fruita)</b>						
8	Devices for wireless systems	ING-INF/02	B	6	1/2_1	48
9	Electromagnetic compatibility	ING-INF/02	B	9	1_2	72
10	Wireless networking and IoT	ING-INF/03	B	6	1/2_2	48
<b>Insegnamenti II anno (didattica erogata)</b>						
11	Metamaterials and metasurfaces for wave engineering	ING-INF/02	B	9	2_1	72
<b>TOTALE CFU INSEGNAMENTI DEL CURRICULUM</b>				<b>30</b>		
<b>Insegnamenti a scelta dello studente (didattica già fruita)</b>						
12	Un insegnamento per 9 CFU totali			<b>9</b>		
	Elettronica dei sistemi programmabili ( <i>da LM29</i> )	ING-INF/01	D	9	1_2	72
	Ethical hacking	ING-INF/03	D	9	1_2	72
	ogni altro insegnamento offerto in questa Laurea Magistrale					
	ogni altro insegnamento offerto nelle altre Lauree Magistrali					
<b>ALTRE ATTIVITÀ OBBLIGATORIE</b>						
<b>TIROCINIO PROFESSIONALE</b>				<b>6</b>	<b>2</b>	
<b>PROVA FINALE DI LAUREA</b>				<b>12</b>	<b>2</b>	
<b>TOTALE CFU ALTRE ATTIVITÀ OBBLIGATORIE</b>				<b>18</b>		
<b>TOTALE CFU LAUREA MAGISTRALE</b>				<b>120</b>		

**LEGENDA**

B: ATTIVITÀ FORMATIVE CARATTERIZZANTI

C: ATTIVITÀ FORMATIVE AFFINI ED INTEGRATIVE

D: ATTIVITÀ FORMATIVE A SCELTA DELLO STUDENTE (ART.10, COMMA 5, LETTERA A)

CFU: CREDITI FORMATIVI UNIVERSITARI

A\_S: ANNO - SEMESTRE

Si segnala, infine, che:

- gli insegnamenti di *Advanced antenna engineering*, *Advanced engineering electromagnetics*, *Antennas and wireless propagation*, *Artificial intelligence for electromagnetic technologies*, *Devices for wireless systems*, *Electromagnetic compatibility*, *Ethical hacking* e *Metamaterials and metasurfaces for wave engineering* saranno erogati in lingua inglese;
- le strutture didattiche cercheranno, nei limiti del possibile, di evitare la sovrapposizione di orario dei corsi, non garantendo la non sovrapposizione per tutte le possibili combinazioni degli esami scelti dagli studenti.
- Per quegli insegnamenti mutuati da altri Collegi Didattici si deve far riferimento agli orari delle lezioni, alle date d'esame e al numero di appelli da loro fissati.

## **REGOLAMENTO PER LE ATTIVITÀ DI TIROCINIO** **Laurea Magistrale in Ingegneria delle Telecomunicazioni-LM 27**

### **Art. 1 Norme generali**

Preso atto dell'accertata possibilità di consentire l'accesso al tirocinio nell'ambito della Laurea Magistrale, considerato l'obiettivo di alta qualificazione di tali livelli di laurea, è necessario definirne le finalità, le procedure d'accesso e le formalità di controllo del profitto. Ciò è opportuno per garantire una stretta coerenza con le discipline di settore che caratterizzano Laurea Magistrale. Pertanto, il tirocinio deve impegnare l'allievo su tematiche originali e di particolare attualità sviluppate presso Strutture interne ed esterne all'Ateneo fortemente qualificate sul piano professionale e/o di ricerca.

### **Art. 2 Definizione, sede e durata**

Nell'ambito delle attività formative previste dall'art. 10 comma 5 lett. d) del D.M. n.270 del 22/10/2004, lo Studente può svolgere un periodo di formazione e di orientamento detto tirocinio, volto a sperimentare e sviluppare le capacità tecniche e metodologiche acquisite nel corso degli studi, nonché ad agevolare le scelte professionali, mediante la conoscenza diretta del mondo del lavoro.

Il tirocinio può essere svolto presso:

- una Struttura cioè un'Azienda, un'Impresa, un Ente pubblico o privato, un Laboratorio o un Centro di ricerca, sia italiano che estero, con il quale l'Ateneo abbia stipulato apposita convenzione didattica;
- un Laboratorio o un Centro di ricerca dello stesso Ateneo Roma Tre.

Il Collegio Didattico valuterà di volta in volta se altre attività posseggano caratteristiche assimilabili ad attività di tirocinio, definendone anche l'equivalenza in CFU.

Il tirocinio ha durata, di norma, pari a circa 150 ore e corrisponde a 6 CFU.

### **Art. 3 Assegnazione del tirocinio**

Ai fini dell'assegnazione di un tirocinio, lo Studente contatta direttamente un Docente-Tutor.

Lo Studente, in accordo con il Docente-Tutor compila l'apposito modulo on-line disponibile sul sito del Dipartimento in cui sono indicati:

- la Struttura presso la quale si svolge il tirocinio;
- il Referente aziendale, operante presso l'eventuale sede esterna in cui si svolge il tirocinio;
- la descrizione delle attività previste dal tirocinio, con la definizione dei tempi di attuazione dello stesso, ed i CFU di cui è prevista l'attribuzione.

Il modulo con le informazioni sopra riportate, viene inviato sia alla Segreteria Didattica che al Docente-Tutor.

Nel caso di tirocinio presso una sede esterna all'Ateneo, lo studente, il Docente-Tutor, e il Referente aziendale, oltre a espletare la procedura ivi descritta, dovranno adempiere, sul portale GOMP, alla procedura definita dall'Ateneo.

Lo Studente iscritto alla Laurea Magistrale può ottenere l'assegnazione del tirocinio quando, essendo iscritto almeno al secondo anno di corso, abbia già acquisito 60 CFU corrispondenti ad attività formative previste dal proprio piano degli studi.

### **Art. 4 Copertura assicurativa**

L'Ateneo provvede ad assicurare lo Studente che svolge il tirocinio in sedi esterne all'Ateneo, contro gli infortuni sul lavoro presso l'INAIL, nonché per la responsabilità civile presso compagnie operanti nel settore.

L'attività di tirocinio non può iniziare prima che si sia provveduto alle necessarie coperture assicurative.

### **Art. 5 Il controllo del profitto**

Ultimato il tirocinio, l'allievo predisporrà, in formato pdf, un'articolata relazione delle attività svolte e dei risultati conseguiti. Tale relazione, firmata dal Docente-Tutor e, se pertinente, dal Referente Aziendale, dovrà sintetizzare gli obiettivi, i materiali e metodi studiati e/o utilizzati durante l'attività di tirocinio, i risultati principali, e le conclusioni tratte dall'attività svolta.

Lo studente compila l'apposito modulo on-line, disponibile sul sito del Dipartimento, che viene inviato sia alla Segreteria Didattica che al Docente-Tutor, allegando la relazione firmata, almeno due mesi prima dell'inizio della sessione di laurea affinché il Consiglio di Collegio Didattico (CCD) deliberi in merito al

profitto e all'attribuzione dei relativi CFU.

Nel caso di tirocinio presso una sede esterna all'Ateneo, lo studente, il Docente-Tutor, e il Referente aziendale, oltre a espletare la procedura ivi descritta, dovranno adempiere, sul portale GOMP, alla procedura definita dall'Ateneo.

#### **Art. 6 Attestazione del tirocinio**

A seguito della delibera di approvazione del CCD in merito al profitto dell'attività di tirocinio e all'attribuzione dei relativi CFU, il Coordinatore del Collegio Didattico provvede a verbalizzare l'idoneità conseguita.

Nel caso di tirocinio presso una sede esterna all'Ateneo, il Docente-Tutor, provvede a verbalizzare l'idoneità conseguita solo dopo l'approvazione del profitto dal CCD.

#### **Art. 7 Studenti lavoratori**

In considerazione delle finalità del tirocinio, può considerarsi attività di tirocinio un'opportuna attività lavorativa che lo Studente interessato potrà svolgere nell'Ente presso cui lavora. Tale attività deve comunque essere formalmente assegnata e specificamente attestata, secondo quanto previsto dal presente Regolamento.

## **REGOLAMENTO PER LA PROVA FINALE DI LAUREA** ***Laurea Magistrale in Ingegneria delle Telecomunicazioni-LM 27***

### **Art. 1 Definizione, quantificazione e svolgimento della Prova Finale di Laurea**

La Prova Finale di Laurea (PFL) consiste nella redazione e discussione di un elaborato scritto relativo ad un progetto preparato dallo studente nell'ambito delle attività formative corrispondenti al suo indirizzo di studi o sviluppato nel tirocinio, con la guida di un docente di riferimento ed eventualmente di un tutor aziendale.

La quantificazione della PFL in termini di Crediti Formativi Universitari (CFU) è definita coerentemente con quanto riportato nel Manifesto degli Studi, ricordando che si attribuisce convenzionalmente un carico di lavoro per lo studente pari a 25 (venticinque) ore per ogni CFU.

Lo svolgimento della PFL è, di norma, realizzato nelle Strutture dell'Ateneo, ma potrà essere effettuata anche presso gli enti di ricerca pubblici o privati, italiani o stranieri e nelle Strutture Produttive (SP) italiane o straniere sulla base di Convenzioni stipulate con l'Ateneo.

### **Art. 2 Modalità di assegnazione della PFL**

Lo studente che desidera iniziare l'attività per la PFL, fissa un colloquio con uno o più docenti del Collegio Didattico (CD), che illustrano gli argomenti disponibili, valutano le eventuali proposte dello studente per orientarlo sugli argomenti e sulle modalità della PFL, e possono dichiarare la propria disponibilità, o indicare i colleghi a loro avviso più adatti a seguire le proposte. Per assistere lo studente in questa fase, i docenti possono inserire sui propri siti web un elenco non esaustivo di argomenti su cui potrà vertere la PFL.

Il Docente-Relatore può essere un docente dell'Ateneo il cui Settore Scientifico Disciplinare sia presente nell'offerta formativa del Corso di Studi a cui è iscritto lo studente. Nel caso in cui il Docente-Relatore sia un docente a contratto è necessario che la tesi sia discussa entro il termine del contratto di insegnamento. In caso questo non sia possibile, lo studente dovrà individuare altro Docente-Relatore per il completamento della tesi.

Lo studente, sulla base delle informazioni ottenute, e in accordo con il Docente-Relatore scelto, presenta la "domanda d'assegnazione tesi", selezionando l'apposita voce accedendo al sistema GOMP e compilando i campi con le informazioni richieste.

Lo studente può presentare domanda di assegnazione solo qualora debba conseguire non più di 30 CFU, con esclusione di quelli della PFL e dei 6 CFU del tirocinio.

Entro le scadenze indicate dalla Segreteria studenti (<https://portalestudente.uniroma3.it/accedi/area-studenti/istruzioni/come-presentare-la-domanda-di-assegnazione-tesi/>), lo studente dovrà effettuare la "domanda di conseguimento titolo" sul sistema GOMP. La procedura termina con l'upload della tesi e la conferma da parte del relatore che lo studente è ammesso all'esame di laurea.

### **Art. 3 Composizione della Commissione di Laurea e modalità di illustrazione della PFL**

La commissione di Laurea (CL) è composta da almeno cinque docenti, ed è nominata dal Direttore del Dipartimento, su proposta del Coordinatore del Collegio Didattico di Ingegneria Elettronica.

Per l'illustrazione dell'elaborato di fronte alla CL i candidati possono utilizzare i mezzi e gli strumenti audiovisivi ritenuti più opportuni, quali ad esempio:

- presentazione orale,
- presentazione mediante videoproiettore,

rispettando i tempi concessi loro dal Presidente della CL.

### **Art. 4 Modalità di valutazione della PFL**

La commissione, nel rispetto dell'autonomia di valutazione dei singoli componenti attribuisce un punteggio alla prova finale e stabilisce il voto di laurea secondo le modalità qui di seguito riportate.

Il voto di laurea è espresso in centodecimi ed è ottenuto sulla base dei punteggi  $P_1$ , e  $P_2$  determinati come definito qui di seguito.

Il punteggio  $P_1$  è calcolato facendo riferimento alle unità didattiche incluse nel Piano degli Studi (PdS) presentato dallo studente ed approvato dal Consiglio del Collegio Didattico. Fra queste, si considerano tutte quelle che prevedono un giudizio finale espresso con un voto. Si dovrà pertanto escludere la PFL, il tirocinio o altre attività che non prevedono un giudizio finale espresso con un voto.

Il procedimento del calcolo di tale media è il seguente:

- il voto corrispondente a ciascuna unità didattica è moltiplicato per il numero di CFU attribuiti all'unità stessa;
- i diversi prodotti sono sommati tra loro, e il risultato è diviso per la somma totale dei CFU attribuiti alle unità didattiche considerate.

Inoltre:

- nel suddetto calcolo, la votazione “trenta e lode” è valutata pari a 31 punti;
- in caso di inserimento di un esame a scelta che porti al superamento dei 120 CFU, i CFU in esubero concorrono al calcolo della media per il conseguimento del titolo (delibere del CCD nelle sedute del 11/09/2009 e del 30/10/2013). Attività didattiche, fino a un massimo di 9 crediti, inserite in sovrannumero ai sensi del Regolamento Carriera non saranno comprese nel piano di studio e non concorrono al calcolo della media per il conseguimento del titolo.

Il punteggio  $P_1$  si ottiene esprimendo la media, così calcolata, in centodecimi.

Il punteggio  $P_2$  (massimo 8 punti) tiene conto della valutazione della prova finale ed è attribuito dalla CL come di seguito riportato:

- 0-5 per la qualità dell'elaborato su proposta del relatore. Nel caso di tesi di carattere compilativo, l'incremento qui in oggetto è pari al massimo ad 1 (un) punto.
- 0-3 per la qualità della presentazione e della discussione della PFL.

L'incremento di 5 punti è proposto dal relatore per elaborati eccellenti. (ad esempio per articoli scientifici già sottomessi o pubblicati o domande di brevetto, in cui sia enucleabile il contributo originale del candidato, inerenti il tema dell'elaborato).

La votazione di laurea è quindi ottenuta come somma dei punteggi  $P_1$ ,  $P_2$  arrotondando il risultato all'intero consecutivo superiore se la parte frazionaria della somma supera i 50 centesimi. In caso contrario l'arrotondamento è all'intero consecutivo inferiore. Il voto finale non potrà comunque essere superiore alla media di partenza espressa in 110 non arrotondata e incrementata per un massimo di 8 punti.

L'attribuzione del punteggio finale è decisa a maggioranza. Qualora non si raggiunga la maggioranza sarà assegnato al laureando il punteggio che avrà raggiunto il maggior numero di voti. Se più proposte ottengono lo stesso numero di voti, al laureando sarà attribuito il punteggio più alto.

I componenti possono astenersi, ma possono esprimersi favorevolmente ad una sola proposta.

#### **Art. 5 Modalità di attribuzione della lode nella PFL**

L'attribuzione al laureando della lode è possibile con il raggiungimento di un punteggio finale almeno pari a centododici (su centodieci) e deve essere deliberata all'unanimità dalla CL.

#### **Art. 6 Entrata in vigore**

Il presente regolamento si applica a partire dalla coorte degli immatricolati dell'anno accademico 2019/2020.