

# Regolamento didattico del corso di laurea magistrale in Ingegneria delle tecnologie della comunicazione e dell'informazione LM-27

Anno accademico da cui il Regolamento ha decorrenza: a.a. 2020-2021

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

Struttura didattica responsabile: Dipartimento di Ingegneria – 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.....	4
Art. 6.	Organizzazione della didattica.....	6
Art. 7.	Articolazione del percorso formativo .....	8
Art. 8.	Piano di studio .....	8
Art. 9.	Mobilità internazionale.....	8
Art. 10.	Caratteristiche della prova finale .....	9
Art. 11.	Modalità di svolgimento della prova finale .....	9
Art. 12.	Valutazione della qualità delle attività formative .....	9
Art. 13.	Altre fonti normative.....	10
Art. 14.	Validità.....	10

Il presente Regolamento disciplina gli aspetti organizzativi del corso di studio. Il Regolamento è pubblicato sul sito *web* del Dipartimento <http://ingegneria.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 Tecnologie della Comunicazione e dell'Informazione 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 Tecnologie della Comunicazione e dell'Informazione 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 della Comunicazione e dell'Informazione. 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 egli 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, le scienze fisiche ed ingegneristiche, con particolare riguardo all'area dell'ingegneria dell'informazione e, in essa, alle tecnologie elettromagnetiche, elettroniche, informatiche, alle tecniche di organizzazione aziendale, alle teorie e metodologie per l'analisi di mercato e le valutazioni economiche relative a beni e servizi connessi con la trasmissione e la diffusione delle informazioni. 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 nelle diverse branche 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 sbocchi occupazionali dei laureati magistrali in Ingegneria delle Tecnologie della Comunicazione e dell'Informazione comprendono imprese di progettazione, produzione ed esercizio di apparati, sistemi e infrastrutture riguardanti: l'acquisizione, l'elaborazione e il trasporto dell'informazione (dati, voce, immagini, video e loro rappresentazione in realtà virtuale o aumentata) su reti fisse e mobili; la produzione e la diffusione di contenuti multimediali, inclusa la produzione e la diffusione di contenuti televisivi; la localizzazione, il monitoraggio delle prestazioni delle reti di telecomunicazione, la sicurezza delle telecomunicazioni; l'accesso sicuro ad infrastrutture logiche o fisiche tramite riconoscimento biometrico, l'osservazione e la sorveglianza a distanza.

### 2. Competenze associate alla funzione

Ingegneri in telecomunicazioni - (codice ISTAT 2.2.1.4.3)

Ricercatori e tecnici laureati nelle scienze matematiche e dell'informazione - (codice ISTAT 2.6.2.0.0)

Ricercatori e tecnici laureati nelle scienze ingegneristiche e dell'architettura - (codice ISTAT 2.6.2.0.7)

### 3. Sbocchi occupazionali

- Aziende manifatturiere operanti nei settori della telematica e della multimedialità in rete, quali ad esempio commercio ed editoria elettronica, servizi Internet, telemedicina e telesorveglianza,
- Aziende pubbliche e private fornitrici di servizi di telecomunicazione e telerilevamento terrestri o spaziali,

- Aziende pubbliche e private fornitrici di servizi di aggregazione e di distribuzione di contenuti monomediali e multimediali, anche personalizzati, sia a scopo informativo che di intrattenimento,
- Aziende fornitrici di servizi telematici,
- Aziende operanti nell'ambito del riconoscimento biometrico, della sorveglianza e della sicurezza delle telecomunicazioni,
- Aziende pubbliche e private di settori diversi, che necessitano di competenze hardware, firmware e/o software per lo sviluppo e l'utilizzo di sistemi e servizi di telecomunicazioni negli ambiti dell'organizzazione interna, della produzione e della commercializzazione,
- Enti normativi ed Enti di controllo pubblico con compiti, ad esempio, di regolamentazione del mercato o di controllo dei traffici aereo, terrestre e navale,
- Aziende sanitarie, per la gestione della strumentazione biomedica e la progettazione, realizzazione e gestione di servizi innovativi per la sanità,
- Enti pubblici interessati al monitoraggio e alla protezione ambientale,
- Università e centri di ricerca e sviluppo pubblici o privati,
- Libero professionista, nei campi dell'analisi, progettazione e gestione di sistemi per le telecomunicazioni, la sanità, l'automazione, 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 Tecnologie della Comunicazione e dell'Informazione è richiesto il possesso delle lauree di primo livello nelle Classi dell'Ingegneria dell'Informazione (di cui al D.M.509/1999 o D.M.270/2004) con riconoscimento integrale dei 180 crediti previsti nel piano di studi della laurea di primo livello. L'iscrizione di studenti con laurea triennale diversa da quelle specificate, o di Laurea conseguita in paese estero, sarà 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.

È inoltre richiesto allo studente 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 tecnologie della comunicazione e dell'informazione 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 informatica, fondamenti di automatica, telecomunicazioni, campi elettromagnetici, bioingegneria, misure elettriche, economia applicata all'ingegneria, 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

### 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 Regolamento Ministeriale di cui all'articolo 2, comma 148, del Decreto Legge 3 ottobre 2006, n. 262, convertito dalla Legge 24 novembre 2006, n. 286 e successive modificazioni.

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 Tecnologie della Comunicazione e dell'Informazione 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.

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

Le attività lavorative e formative acquisite o acquisibili presso Istituzioni extra-universitarie sono convalidate sulla base di certificazione ufficiale dell'attività svolta e di quanto stabilito in eventuali convenzioni stipulate dall'Ateneo con l'istituzione coinvolta e il Dipartimento di Ingegneria.

La valutazione dei CFU riconoscibili verrà effettuata sulla base dell'attualità culturale dei programmi degli insegnamenti superati.

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.

### **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 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 che varia tra le 7 e le 8 ore a CFU a seconda della tipologia dell'insegnamento.

### **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.

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 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.

Le modalità di composizione delle commissioni degli esami di profitto sono quelle previste dall'Art. 22 del Regolamento Carriera.

### **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.

Lo studente potrà acquisire un numero massimo di:

- 40 CFU annuali con conseguimento del titolo dopo tre anni;
- 30 CFU annuali con conseguimento del titolo dopo quattro anni.

Il numero dei crediti previsti all'interno delle diverse tipologie di part-time può variare fino ad un limite di 5 crediti in meno o in più, a seconda della ripartizione didattica prevista dal corso di studio di appartenenza.

Lo studente a tempo parziale non può usufruire di alcuna borsa di collaborazione.

## 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 dall'Art.38 del 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 Tecnologie della Comunicazione e dell'Informazione ha un solo curriculum. Il percorso formativo è organizzato in un primo anno dedicato all'apprendimento di discipline fondanti, costituito da insegnamenti obbligatori sia caratterizzanti che affini/integrativi e in un secondo anno dedicato all'apprendimento di discipline più specialistiche. Il secondo anno comprende lo svolgimento del tirocinio nell'ambito delle attività formative previste dall'art. 10 comma 5 let. 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 Manifesto degli Studi 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 è consentita esclusivamente tramite l'iscrizione a singoli insegnamenti, come stabilito dal Regolamento Carriera.

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 – Didattica – Ingegneria Elettronica.

La presentazione del Piano di Studio deve essere effettuata in accordo con quanto riportato nel *Manifesto degli Studi*, tenendo conto dei consigli per la compilazione del Piano di Studio che di anno in anno vengono proposti dal Consiglio di Collegio Didattico.

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.

## 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 Tecnologie della Comunicazione e dell'Informazione 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 quella prevista dall'Art. 15 del 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, dove sono riportate anche le istruzioni per l'eventuale rinuncia al sostenimento dell'esame di laurea e per la presentazione della domanda per sedute successive.

## 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. 2020/2021 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.

Gli allegati 1 e 2 sono resi pubblici anche mediante il sito [www.university.it](http://www.university.it).

#### Allegato 1

Elenco delle attività formative previste per il corso di studio. Allegato della didattica programmata generato da Gomp

#### Allegato 2

Elenco delle attività formative erogate. Allegato didattica erogata generato da Gomp

#### Allegato 3

Manifesto degli studi

#### Allegato 4

Regolamento per le attività di tirocinio

#### Allegato 5

Regolamento per la prova finale di laurea

## DIDATTICA PROGRAMMATA 2020/2021

### Ingegneria delle tecnologie della comunicazione e dell'informazione (LM-27)

Dipartimento: INGEGNERIA

Codice CdS: 108660

Codice SUA: 1564210

Area disciplinare: ScientificoTecnologica

Curricula previsti:

- Curriculum unico

#### CURRICULUM: Curriculum unico

#### Primo anno

##### Primo semestre

Denominazione (Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)	SSD	CFU	Ore	Lingua
20801694 - ELABORAZIONE NUMERICA DEI SEGNALI PER TELECOMUNICAZIONI <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/03	9	72	ITA
20802045 - TEORIA DELL'INFORMAZIONE E CODICI <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/03	9	72	ITA
<b>GRUPPO OPZIONALE</b> Ulteriori insegnamenti caratterizzanti e affini				

##### Secondo semestre

Denominazione (Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)	SSD	CFU	Ore	Lingua
20810110 - ADVANCED ELECTROMAGNETICS <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/02	9	72	ENG
<b>GRUPPO OPZIONALE</b> Ulteriori insegnamenti caratterizzanti e affini				

#### Secondo anno

##### Primo semestre

Denominazione (Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)	SSD	CFU	Ore	Lingua
20810153 - ANTENNAS AND PROPAGATION <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/02	9	72	ENG
20802044 - SISTEMI BIOMETRICI <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/03	9	72	ITA
20810072 - SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONE				
MODULO - SISTEMI DI LOCALIZZAZIONE E NAVIGAZIONE <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/03	6	48	ITA
MODULO - TELECOMUNICAZIONI WIRELESS <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/03	6	54	ITA
<b>GRUPPO OPZIONALE</b> Ulteriori insegnamenti caratterizzanti e affini				

##### 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>A SCELTA STUDENTE</b> <i>TAF D - A scelta dello studente</i>		12	72	ITA
<b>20810138 - ADVANCED ELECTROMAGNETIC COMPONENTS AND CIRCUITS</b> <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/02	6	48	ENG
<b>20802113 - ART. 10, COMMA 5, LETTERA D</b> <i>TAF F -</i>		3	75	ITA
<b>20802091 - PROVA FINALE DI LAUREA</b> <i>TAF E - Per la prova finale</i>		9	225	ITA
<b>20802015 - TIROCINIO</b> <i>TAF S - Per stages e tirocini presso imprese, enti pubblici o privati, ordini professionali</i>		3	75	ITA
<b>GRUPPO OPZIONALE</b> Ulteriori insegnamenti caratterizzanti e affini				

## GRUPPI OPZIONALI

GRUPPO OPZIONALE Ulteriori insegnamenti caratterizzanti e affini				
Denominazione (Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)	SSD	CFU	Ore	Lingua
<b>20810154 - ADVANCED ANTENNA ENGINEERING</b> <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/02	9	72	ENG
<b>20801758 - BASI DI DATI I</b> <i>TAF C - Attività formative affini o integrative</i>	ING-INF/05	6	54	ITA
<b>20802125 - BIG DATA</b> <i>TAF C - Attività formative affini o integrative</i>	ING-INF/05	6	54	ITA
<b>20801690 - COMUNICAZIONI MULTIMEDIALI</b> <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/03	6	42	ITA
<b>20802093 - ELETTRONICA DEI SISTEMI PROGRAMMABILI</b> <i>TAF C - Attività formative affini o integrative</i>	ING-INF/01	9	72	ITA
<b>20801729 - INFRASTRUTTURE DELLE RETI DI CALCOLATORI</b> <i>TAF C - Attività formative affini o integrative</i>	ING-INF/05	9	81	ITA
<b>20810155 - METAMATERIALS</b> <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/02	9	63	ENG
<b>20801697 - OTTICA</b> <i>TAF C - Attività formative affini o integrative</i>	FIS/03	6	48	ITA
<b>20810075 - PROGRAMMAZIONE ORIENTATA AGLI OGGETTI</b> <i>TAF C - Attività formative affini o integrative</i>	ING-INF/05	9	81	ITA
<b>20801664 - RICERCA OPERATIVA</b> <i>TAF C - Attività formative affini o integrative</i>	MAT/09	6	54	ITA
<b>20801702 - SICUREZZA DELL'INFORMAZIONE</b>				
MODULO - ELEMENTI DI CRITTOGRAFIA <i>TAF C - Attività formative affini o integrative</i>	MAT/03	6	42	ITA
MODULO - SICUREZZA DELLE TELECOMUNICAZIONI <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/03	6	42	ITA
<b>20810152 - SIGNAL PROCESSING FOR BIG DATA ANALYTICS</b> <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/03	6	42	ITA
<b>20810201 - SIGNAL PROCESSING FOR HUMAN-MACHINE INTERACTION</b> <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/03	6	42	ITA
<b>20801965 - SISTEMI INFORMATIVI SU WEB</b> <i>TAF C - Attività formative affini o integrative</i>	ING-INF/05	6	54	ITA
<b>20802140 - SOFTWARE COGNITIVE RADIO</b> <i>TAF B - Ingegneria delle telecomunicazioni</i>	ING-INF/03	6	42	ITA
<b>20810070 - SOSTENIBILITA' E IMPATTO AMBIENTALE</b> <i>TAF C - Attività formative affini o integrative</i>	ING-IND/11	6	48	ITA

## 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

### 20810154 - 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 nel settore dell'ingegneria delle antenne, comprendenti tecniche analitiche e numeriche: teoria e applicazioni delle strutture periodiche; antenne risonanti e a onda viaggiante per sistemi di comunicazione terrestri e spaziali; array smart e MIMO; 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 in antenna engineering, including analytical and numerical techniques: theory and applications of periodic structures; resonant and traveling-wave antennas for terrestrial and space communication systems; smart and MIMO antenna arrays; 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.

### 20810138 - ADVANCED ELECTROMAGNETIC COMPONENTS AND CIRCUITS

#### Italiano

Il corso ha l'obiettivo primario di fornire conoscenze relative al funzionamento dei principali componenti a microonde e alla progettazione di reti realizzate da tali componenti. Sistemi a microonde ed onde millimetriche per applicazioni radar, satellitari e comunicazioni wireless saranno presentati e analizzati. Il corso fornirà anche le conoscenze sui componenti elettromagnetici avanzati basati su metamateriali e metasuperfici. A supporto della progettazione, il corso fornirà le conoscenze per l'uso di simulatori software CAD per reti a microonde comunemente utilizzati in ambito professionale.

#### Inglese

The objectives of this course are to understand and gain the complete knowledge on the main microwave components and to design the microwave networks realized by combining them. Microwave and millimeter-wave systems for different application, such as radars, satellite and wireless communications, are presented and discussed. The course has also the objective to provide the knowledge on the advanced microwave components based on metamaterials and metasurfaces. The design of the microwave components and networks can be supported by professional CAD software, that are presented during the course.

### 20810110 - ADVANCED 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.

### 20810153 - ANTENNAS AND PROPAGATION

#### Italiano

Il corso si propone di completare la formazione sulle antenne ricevuta in corsi precedenti, in particolare in relazione allo studio e progettazione delle antenne ad apertura, delle antenne planari e degli allineamenti di antenne. 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 aims to complete training on antennas received in previous courses, particularly in relation to the study and

design of aperture antennas, planar antennas and arrays of antennas. It also introduces the problem of electromagnetic scattering from structures present in the air or in the soil. Areas of application: biomedical industry, electrical, electronics and telecommunications.

#### **20802113 - ART. 10, COMMA 5, LETTERA D**

##### **Italiano**

Testi da definire

##### **Inglese**

Testi da definire

#### **20801758 - BASI DI DATI I**

##### **Italiano**

Presentare modelli, metodi e sistemi per la definizione, progettazione e realizzazione di sistemi software che gestiscano insiemi di dati di grandi dimensioni. Lo studente che abbia superato il corso dovrà essere in grado di: realizzare applicazioni che utilizzino basi di dati anche di grande complessità, progettare e realizzare autonomamente basi di dati di media complessità, partecipare al progetto e alla realizzazione di basi di dati di grande complessità.

##### **Inglese**

Presentation of models, methods and tools for the definition, design and development of software systems that manage large sets of data. A student who has passed the course will be able to: (i) develop software applications that make use of databases of even high complexity, (i) design and built autonomously databases of medium complexity, and (iii) be involved in the project and development of large databases of high complexity.

#### **20802125 - BIG DATA**

##### **Italiano**

Il corso mira a illustrare le moderne soluzioni tecniche e metodologiche alla gestione dei big data, ovvero collezioni di dati destrutturati le cui dimensioni superano le capacità di memorizzazione, gestione e analisi tipiche dei tradizionali sistemi per basi di dati. Partendo dai requisiti delle moderne applicazioni per basi di dati, verranno affrontate le diverse problematiche di memorizzazione e uso dei big data, illustrando le architetture hardware e software che sono state proposte per la loro gestione. Gli argomenti che verranno trattati includono: il le architetture basate su cluster, il paradigma map-reduce, il Cloud computing, i sistemi NoSQL, gli strumenti e i linguaggi per l'analisi dei dati. Durante il corso si cercherà di coniugare aspetti metodologici e tecnologici mediante esercitazioni pratiche con l'ausilio di sistemi reali, seminari aziendali e svolgimento di progetti pratici.

##### **Inglese**

The goal of the course is to illustrate the modern solutions to the management of big data, very large repositories of de-structured data. Starting from the requirements of modern database applications, the course will illustrate the hardware and software architectures that have been recently proposed for the management and analysis of big data. The topics addressed in the course will include: cluster architectures, map-reduce paradigm, cloud computing, NoSQL systems, tools and languages for data analysis. Both theoretical and practical aspects will be addressed and the discussed technologies will be experimented during practical classes and through the assignment of projects.

#### **20801690 - COMUNICAZIONI MULTIMEDIALI**

##### **Italiano**

L'insegnamento ha l'obiettivo di presentare gli aspetti sistematici e modellistici legati al supporto di servizi multimediali nelle reti di telecomunicazioni. Verranno definite le caratteristiche del dato multimediale e delle varie tipologie di sorgente (sistema visivo umano, sistema uditivo, ecc.). Saranno trattati gli aspetti architetture e protocollari legati a specifici esempi di rete, aspetti di codifica di sorgente, di protezione dell'informazione mediante codifica di canale e di integrazione di informazioni di natura differente (video, audio, dati). Parte dell'insegnamento sarà dedicata ai sistemi innovativi di codifica e trasmissione.

##### **Inglese**

The course aims to provide systematic and modeling aspects related to the support of multimedia services in telecommunications networks. We will define the characteristics of the media and the different sources (human visual system, auditory system, etc.). Will cover aspects related to architectural and protocol models and in particular will be considered source coding, secure information channel coding, and integration of different information media (video, audio, data, reality 'virtual'). Part of the course is devoted to innovative coding and transmission.

#### **20801694 - ELABORAZIONE NUMERICA DEI SEGNALI PER TELECOMUNICAZIONI**

## Italiano

Acquisire conoscenze specifiche sulle metodologie deterministiche e statistiche che consentono di analizzare e trasmettere segnali multimediali. Saper collegare i diversi blocchi funzionali nell'ambito di un sistema complesso di analisi ed elaborazione in un unico quadro di processi integrati ed interdipendenti. Fornire una panoramica su alcuni sistemi tipici di elaborazione e trasmissione di segnali per telecomunicazioni, descrivendo sommariamente sia concetti operativi fondamentali che esempi applicativi tipici.

## Inglese

To acquire fundamental knowledges on digital operations to process discrete signals in telecommunication system environments.

### 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.

### 20801729 - INFRASTRUTTURE DELLE RETI DI CALCOLATORI

## Italiano

Fornire competenze avanzate sulle reti di calcolatori con contributi metodologici e tecnici. Particolare attenzione è riservata agli aspetti legati alla scalabilità. Al termine dell'insegnamento lo studente dovrebbe aver assimilato i concetti di instradamento interdominio e intradominio, controllo di congestione, architetture per servizi scalabili, e dovrebbe aver acquisito tecnicità avanzate sui protocolli più diffusi. Lo studente inoltre dovrebbe aver compreso quali siano gli aspetti tecnici ed economici e quali siano i principali attori che governano l'evoluzione di internet

## Inglese

The purpose is to provide advanced knowledge on computer networks, with methodological and technical contents. Special attention is devoted to scalability issues. At the end of the course the student is supposed to get the following concepts: interdomain and intradomain routing, congestion control, architectures for scalable systems. The student is also supposed to get advanced technicalities on widely adopted protocols. Finally, the student is supposed to understand the main economic and technical drivers of the internet evolution.

### 20810155 - METAMATERIALS

## Italiano

Il corso permette di apprendere gli strumenti per l'analisi ed il progetto di dispositivi innovativi ad alto contenuto tecnologico basati sull'impiego dei materiali elettromagnetici artificiali e dei metamateriali.

## Inglese

The course aims at learning the tools for the analysis and design of innovative high-tech devices based on the use of artificial electromagnetic materials and metamaterials.

### 20801697 - OTTICA

## Italiano

Il corso fornisce gli strumenti per trattare diffrazione e propagazione di campi ottici, che sono alla base di applicazioni optoelettroniche e fotoniche. In tale ambito introduce e sviluppa il concetto di coerenza ottica e presenta le tecniche per risolvere problemi di propagazione in mezzi materiali.

## Inglese

The course provides the students with tools for dealing with diffraction and propagation of optical fields, which are at the basis of opto-electronic and photonic applications. In such a context, it introduces and develops the concept of optical coherence and presents suitable techniques for solving propagation problems in vacuo and in materials.

### **20810075 - PROGRAMMAZIONE ORIENTATA AGLI OGGETTI**

#### **Italiano**

Presentare gli aspetti fondamentali della programmazione orientata agli oggetti, con una enfasi sui concetti di modularizzazione e di riuso del codice e gli aspetti avanzati del paradigma di programmazione orientato agli oggetti. Lo studente che abbia superato il corso dovrà essere in grado di scrivere autonomamente componenti (classi e moduli) per lo sviluppo di applicazioni software di media complessità, nonché partecipare al progetto e alla realizzazione di applicazioni software di grande complessità.

#### **Inglese**

Providing methods and tools for developing oo applications, with emphasis on the quality of code. At the end of the course, students should be able to develop autonomously oo applications of medium complexity, and to participate in the development of large oo applications.

### **20802091 - PROVA FINALE DI LAUREA**

#### **Italiano**

Testi da definire

#### **Inglese**

Testi da definire

### **20801664 - RICERCA OPERATIVA**

#### **Italiano**

Fornire conoscenze di base per la rappresentazione e la soluzione di problemi di ottimizzazione, con particolare attenzione ai modelli di programmazione lineare e non lineare. Gli argomenti comprendono le basi metodologiche, la modellazione dei problemi, gli algoritmi di soluzione e alcune applicazioni.

#### **Inglese**

The objective of the course is to endow the students with the key aspects of deterministic optimization, including linear and nonlinear programming. Topics include basic theory, modeling, algorithms, and applications.

### **20801702 - SICUREZZA DELL'INFORMAZIONE**

#### **Italiano**

Elementi di crittografia: Il corso presenta un'introduzione alla crittografia utile a capire le innovazioni odierne. Si cerca di stimolare l'interesse degli studenti per la parte applicativa, senza trascurare gli argomenti di matematica discreta e di teoria dei numeri che giocano un ruolo essenziale nella crittografia a chiave pubblica. Sicurezza delle telecomunicazioni: Il corso ha come obiettivo l'analisi dei principali meccanismi e protocolli utilizzati nell'ambito della sicurezza nelle reti di telecomunicazioni. Verranno analizzati i principali meccanismi per autenticazione, accesso, integrità, privacy nelle reti tlc. In particolare vengono presentati i concetti di crittografia, i protocolli di autenticazione e comunicazione sicura, architetture di rete sicure. Inoltre, verrà fornita allo studente la conoscenza delle tecnologie per la sicurezza dei contenuti multimediali (steganografia e watermarking digitale). Verranno anche sviluppate le conoscenze matematiche necessarie a comprendere il funzionamento e a costruire crittosistemi e protocolli, in particolare a chiave pubblica.

#### **Inglese**

For introduction to cryptography: give an introduction to cryptography useful for understanding present-day innovations; explain the mathematical notions instrumental in the design of cryptographic algorithms and interest the students in the applications. The course aims to provide the tools for analyzing the security in telecommunication systems. The theoretical foundations, real implementation, systems for measuring the effectiveness of existing networks, security models are introduced during the course. The problem of security in networked systems is introduced in, with reference to the cryptographic algorithms, protocols and standards. The course aims to provide a capacity for rational and systematic framework for ict security issues and tools available, including a preliminary capacity assessment of costs / benefits. Cloud systems security is also analyzed. The course will also touch on the mathematical concepts needed in understanding and possibly constructing cryptosystems and protocols, particularly in the realm of public-key cryptography.

### **20801702 - SICUREZZA DELL'INFORMAZIONE**

( ELEMENTI DI CRITTOGRAFIA )

## Italiano

Il corso consente di acquisire le nozioni e i concetti che sono alla base della Crittografia moderna. Fornisce inoltre gli strumenti concettuali e teorici che consentono di comprendere le tecniche avanzate attualmente utilizzate per proteggere la trasmissione e la memorizzazione di informazioni in presenza di agenti ostili o di rumore presente nel canale. L'obiettivo principale è di permettere agli studenti di capire il funzionamento di un crittosistema o di un protocollo crittografico. Questo porterà alla capacità di scegliere gli strumenti crittografici adatti per proteggere i dati durante la loro trasmissione e/o memorizzazione.

## Inglese

The aim of the course is the understanding of the basics and possible application scenarios of modern cryptography. By exploiting theoretical as well as practical tools, the student will be able to deal with the modern techniques for protecting data and communication confidentiality. Topics include encryption, pseudo-random generation, digital signatures, and hash functions. At the end of the course, the students will be able to select and apply the most appropriate crypto-system or cryptographic protocol for protecting data during transmission and/or storage.

### **20801702 - SICUREZZA DELL'INFORMAZIONE**

( SICUREZZA DELLE TELECOMUNICAZIONI )

## Italiano

Il corso ha come obiettivo l'analisi dei principali meccanismi e protocolli utilizzati nell'ambito della sicurezza nelle reti di telecomunicazioni. Verranno analizzati i principali meccanismi per autenticazione, accesso, integrità, privacy nelle reti tlc. In particolare vengono presentati i concetti di crittografia, i protocolli di autenticazione e comunicazione sicura, architetture di rete sicure. Inoltre, verrà fornita allo studente la conoscenza delle tecnologie per la sicurezza dei contenuti multimediali (steganografia e watermarking digitale). Verranno anche sviluppate le conoscenze matematiche necessarie a comprendere il funzionamento e a costruire crittosistemi e protocolli, in particolare a chiave pubblica.

## Inglese

The problem of security in networked systems is introduced in, with reference to the cryptographic algorithms, protocols and standards. The course aims to provide a capacity for rational and systematic framework for ict security issues and tools available, including a preliminary capacity assessment of costs / benefits. Cloud systems security is also analyzed. The course will also touch on the the mathematical concepts needed in understanding and possibly constructing cryptosystems and protocols, particularly in the realm of public-key cryptography.

### **20810152 - SIGNAL PROCESSING FOR BIG DATA ANALYTICS**

## Italiano

Il corso intende fornire gli strumenti per l'analisi di grandi moli di dati (audio, video, testo) generati dagli odierni sistemi di informazione e comunicazione, e dai relativi servizi offerti. Competenze derivanti da settori di computer science, statistica e ottimizzazione saranno introdotti per fornire i mezzi atti a comprendere, disegnare e implementare metodi che consentano di gestire complesse moli di dati, e trasformarle in informazione utile e semanticamente rilevante. A tale scopo sono introdotti principi avanzati di teoria dell'informazione (sparse coding, compressive sensing, random matrices) principi di inferenza statistica, metodologie di clusterizzazione dei dati osservati, predizione analitica, e principi di ottimizzazione vincolata tramite elementi di teoria dei giochi.

## Inglese

The course will provide tools for the analysis of big data (audio, video, text) generated by modern information and communication systems and related services. Skills stemming from computer science, statistics and optimization will be introduced to provide the means for understanding, designing and implementing methods capable of managing complex amounts of data, and transforming them into useful and semantically relevant information. Topics to be discussed will include advanced principles of information theory (sparse coding, compressive sensing, random matrix), principles of statistical inference, methodologies for clustering the observed data, predictive analytics, and principles of constrained optimization based on elements of game theory.

### **20810201 - SIGNAL PROCESSING FOR HUMAN-MACHINE INTERACTION**

## Italiano

Il corso introduce allo studio di alcune modalità innovative di interazione uomo-macchina. Si analizzano le tecniche di elaborazione dell'informazione percettiva, cognitiva ed emotiva con particolare enfasi sulle tecniche di elaborazione del parlato, di interpretazione di gesti e comportamenti, di affective computing, e di interfaccia tra cervello e computer. Si forniscono le basi per la progettazione e la valutazione dell'usabilità di interfacce interattive. Gli scenari considerati comprendono applicazioni con dispositivi mobili, domotica e dispositivi indossabili.

## Inglese

The course introduces the study of innovative human-machine interfaces. Techniques of perceptual, cognitive and emotional information processing are analyzed with particular emphasis on speech processing techniques, the interpretation of gestures and behaviors, affective computing, and brain computer interface. Design principles and evaluation methodologies for human machine interfaces are provided. The considered applicative scenarios include mobile devices, home automation and wearable devices.

## 20802044 - SISTEMI BIOMETRICI

### Italiano

L'insegnamento si propone di fornire gli strumenti per realizzare il progetto di sistemi biometrici che utilizzino una sola caratteristica biometrica (sistemi uni-modal) che più caratteristiche biometriche (sistemi multi-modal). Sono inoltre introdotti i principi di progetto per integrare i necessari requisiti di sicurezza e privacy nei sistemi biometrici. L'insegnamento prevede la realizzazione fisica di un sistema di riconoscimento biometrico come attività di laboratorio.

### Inglese

The course aims at providing the necessary instruments for the analysis and design of biometric systems, both uni-modal and multi-modal systems. In the course, the principles to include the needed security and privacy requirements in the project of the system are fully addressed. The notions learnt during the course will be brought to fruition with the realization of a functioning biometric system during the lab activity.

## 20810072 - SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONE

### Italiano

Sistemi di localizzazione e navigazione: Obiettivo del corso è l'acquisizione da parte dello studente dei fondamenti teorici, delle metodologie e delle tecnologie alla base dei sistemi di navigazione, sia in ambienti esterni che in ambienti interni, inclusi i sistemi di navigazione satellitare globale (GNSS), ovvero GPS, GALILEO, GLONASS e BEIDOU, i sistemi regionali IRNSS, QZSS, i sistemi di radio-localizzazione terrestri basati su reti radiomobili 4G e 5G e su reti locali (WiFi, Bluetooth, ZigBee, UWB, RF-ID, etc.), i sistemi di localizzazione basati su sensori inerziali (accelerometri e giroscopi) ed i sistemi di localizzazione eterogenei (ad es. GNSS+INS). Ulteriore obiettivo è la contestualizzazione delle metodologie e delle tecnologie di cui sopra ai settori applicativi di maggior interesse quali: sistemi di trasporto intelligenti (aeronautici, ferroviari, marittimi, stradali), infomobilità, guida autonoma di autoveicoli, servizi basati sulla localizzazione per smartphone, tablet e computer mobili, monitoraggio dell'ambiente. Telecomunicazioni wireless: Acquisire conoscenze generali sui sistemi wireless come parte integrante di reti di comunicazione. Fornire una panoramica sui principali sistemi di reti mobili cellulari di nuova generazione (3G e 4G), descrivendo sommariamente l'architettura delle reti di accesso e del core network sulla base di concetti operativi fondamentali. Acquisire conoscenze di base sulle tecniche wireless di accesso multiplo alla risorsa radio e di copertura cellulare. Acquisire conoscenze specifiche sulla gestione della rete strutturata condivisa, della mobilità e della sicurezza delle comunicazioni. Descrivere i criteri fondamentali di procedure, protocolli e servizi per l'interoperabilità con reti eterogenee e/o virtuali.

### Inglese

Course objective is to provide the attendees with a comprehensive knowledge of basic theory, methodologies, and technologies for outdoor and indoor navigation systems including Global Navigation Satellite Systems (GNSS) like GPS, GALILEO, GLONASS e BEIDOU, regional systems like IRNSS, QZSS, terrestrial radio-localization systems based on 4G and 5G mobile networks, and local area networks (WiFi, Bluetooth, ZigBee, UWB, RF-ID, etc.), inertial navigation systems (INS), and heterogeneous systems (e.g. GNSS+INS). Additional objective is the ability to apply the previous methodologies and technologies to major applications based on the user position, like intelligent transportation systems (avionics, rail, road, maritime), infomobility, automotive, location based services for smartphones, tablets, mobile computers, and environment monitoring. To acquire a general framework on wireless systems as the inner part of a communication network. To provide an overview on new generation (3G and 4G) mobile systems, including multiple access wireless techniques, core network architecture, environmental coverage, and operating services. To focus on specific topics on the network management of shared resources, mobility control, and communication security. To describe basic concepts on procedures, protocols, and services for interoperability between heterogeneous and/or virtual networks.

## 20810072 - SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONE

( SISTEMI DI LOCALIZZAZIONE E NAVIGAZIONE )

### Italiano

Obiettivo del corso è l'acquisizione da parte dello studente dei fondamenti teorici, delle metodologie e delle tecnologie alla base dei sistemi di navigazione, sia in ambienti esterni che in ambienti interni, inclusi i sistemi di navigazione satellitare globale (GNSS), ovvero GPS, GALILEO, GLONASS e BEIDOU, i sistemi regionali IRNSS, QZSS, i sistemi di radio-localizzazione terrestri basati su reti radiomobili 4G e 5G e su reti locali (WiFi, Bluetooth, ZigBee, UWB, RF-ID, etc.), i sistemi di localizzazione basati su sensori inerziali (accelerometri e giroscopi) ed i sistemi di localizzazione eterogenei (ad es. GNSS+INS). Ulteriore obiettivo è la contestualizzazione delle metodologie e delle tecnologie di cui sopra ai settori applicativi di maggior interesse quali: sistemi di trasporto intelligenti (aeronautici, ferroviari, marittimi, stradali), infomobilità, guida autonoma di autoveicoli, servizi basati sulla localizzazione per smartphone, tablet e

computer mobili, monitoraggio dell'ambiente.

## Inglese

Course objective is to provide the attendees with a comprehensive knowledge of basic theory, methodologies, and technologies for outdoor and indoor navigation systems including Global Navigation Satellite Systems (GNSS) like GPS, GALILEO, GLONASS e BEIDOU, regional systems like IRNSS, QZSS, terrestrial radio-localization systems based on 4G and 5G mobile networks, and local area networks (WiFi, Bluetooth, ZigBee, UWB, RF-ID, etc.), inertial navigation systems (INS), and heterogeneous systems (e.g. GNSS+INS). Additional objective is the ability to apply the previous methodologies and technologies to major applications based on the user position, like intelligent transportation systems (avionics, rail, road, maritime), infomobility, automotive, location based services for smartphones, tablets, mobile computers, and environment monitoring

### 20810072 - SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONE

( TELECOMUNICAZIONI WIRELESS )

## Italiano

Acquisire conoscenze generali sui sistemi wireless come parte integrante di reti di comunicazione. Fornire una panoramica sui principali sistemi di reti mobili cellulari di nuova generazione (3G e 4G), descrivendo sommariamente l'architettura delle reti di accesso e del core network sulla base di concetti operativi fondamentali. Acquisire conoscenze di base sulle tecniche wireless di accesso multiplo alla risorsa radio e di copertura cellulare. Acquisire conoscenze specifiche sulla gestione della rete strutturata condivisa, della mobilità e della sicurezza delle comunicazioni. Descrivere i criteri fondamentali di procedure, protocolli e servizi per l'interoperabilità con reti eterogenee e/o virtuali.

## Inglese

To acquire a general framework on wireless systems as the inner part of a communication network. To provide an overview on new generation (3G and 4G) mobile systems, including multiple access wireless techniques, core network architecture, environmental coverage, and operating services. To focus on specific topics on the network management of shared resources, mobility control, and communication security. To describe basic concepts on procedures, protocols, and services for interoperability between heterogeneous and/or virtual networks.

### 20801965 - SISTEMI INFORMATIVI SU WEB

## Italiano

Fornire i paradigmi tecnologici e metodologici per la progettazione e lo sviluppo di sistemi informativi su web.

## Inglese

Providing technological and methodological paradigms to design and develop web based information systems

### 20802140 - SOFTWARE COGNITIVE RADIO

## Italiano

Il corso si pone l'obiettivo di fornire allo studente conoscenze specifiche sulle metodologie per l'elaborazione avanzata di segnali, sia di telecomunicazioni che radar, anche con tecniche di software radio. In particolare, durante il corso lo studente imparerà a collegare i diversi blocchi funzionali nell'ambito di un sistema complesso di analisi ed elaborazione in un unico quadro di processi integrati ed interdipendenti. Inoltre, gli studenti avranno la possibilità di imparare ad utilizzare alcuni dispositivi Software Defined Radio (SDR) per la ricezione e trasmissione di segnali e strumenti software per la loro gestione. Il corso fornirà una panoramica su alcuni sistemi tipici di elaborazione e trasmissione di segnali per telecomunicazioni, anche con riferimento alle tecnologie radar, descrivendo sommariamente sia concetti operativi fondamentali che esempi applicativi tipici.

## Inglese

The course aims to provide students with specific knowledge about advanced signal processing methodologies, both in telecommunication and radar, including software radio techniques. In particular, during the course the student will learn how to connect the different functional blocks within a complex system of analysis and processing in a single framework of integrated and interdependent processes. Moreover, students will have the opportunity to learn how to use some Software Defined Radio (SDR) devices for the reception and transmission of signals and software tools for their management. The course will provide an overview of some typical systems for processing and transmission of telecommunication signals, also with reference to radar technologies, briefly describing both basic operational concepts and typical application examples.

### 20810070 - SOSTENIBILITA' E IMPATTO AMBIENTALE

## Italiano

Fornire agli allievi nozioni in materia di impatto ambientale delle attività antropiche, classificare gli impatti, illustrare il

concetto di sostenibilità, descrivere procedure di valutazione di impatto ambientale e protocolli di certificazione ambientale. Illustrare, attraverso casi di studio significativi, esempi di valutazione di impatto ambientale e di mitigazione degli impatti.

### **Inglese**

To provide students with knowledge on environmental impacts of human activities, to classify the impacts, to illustrate the concept of sustainability, to describe the evaluation procedures of environmental impact and environmental certification protocols. Illustrate, through significant case studies, examples of environmental impact assessment and of impacts mitigation.

## **20802045 - TEORIA DELL'INFORMAZIONE E CODICI**

### **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 nei confronti di errori, distorsioni e rumori introdotti dai sistemi di telecomunicazione numerici.

### **Inglese**

Acquisition of theoretical background on information theory and methodologies and technologies for source coding of mono and multimedia signals for redundancy reduction for lossless and lossy information applications. Acquisition of theoretical background, methodologies, and technologies for channel coding, i.e., for protection of digital communications against errors caused by distortions and noise.

## **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.

## DIDATTICA EROGATA 2020/2021

### Ingegneria delle tecnologie della comunicazione e dell'informazione (LM-27)

Dipartimento: INGEGNERIA

Codice CdS: 108660

#### INSEGNAMENTI

#### Primo anno

#### Primo semestre

##### 20801758 - BASI DI DATI I ( - ING-INF/05 - 6 CFU - 54 ore - ITA )

*Curricula: Curriculum unico*

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20801758 BASI DI DATI I in Ingegneria gestionale e dell'automazione LM-32 ATZENI PAOLO	54	N0

##### 20801694 - ELABORAZIONE NUMERICA DEI SEGNALI PER TELECOMUNICAZIONI ( - ING-INF/03 - 9 CFU - 72 ore - ITA )

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
GIUNTA GAETANO	72	Carico didattico	N0

##### 20801697 - OTTICA ( - FIS/03 - 6 CFU - 48 ore - ITA )

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
SANTARSIERO MASSIMO	48	Carico didattico	

##### 20801664 - RICERCA OPERATIVA ( - MAT/09 - 6 CFU - 54 ore - ITA )

*Curricula: Curriculum unico*

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20801664 RICERCA OPERATIVA in Ingegneria delle infrastrutture viarie e trasporti LM-23 N0 PACCIARELLI DARIO	54	N0

##### 20810070 - SOSTENIBILITA' E IMPATTO AMBIENTALE ( - ING-IND/11 - 6 CFU - 48 ore - ITA )

*Curricula: Curriculum unico*

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20810070 SOSTENIBILITA' E IMPATTO AMBIENTALE in Ingegneria elettronica per l'industria e l'innovazione LM-29 ASDRUBALI FRANCESCO	48	

##### 20802045 - TEORIA DELL'INFORMAZIONE E CODICI ( - ING-INF/03 - 9 CFU - 72 ore - ITA )

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
NERI ALESSANDRO	72	Carico didattico	N0

## Secondo semestre

### 20810110 - ADVANCED ELECTROMAGNETICS ( - ING-INF/02 - 9 CFU - 72 ore - ITA )

**Curricula:** Curriculum unico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
BILOTTI FILIBERTO	51	Affidamento di incarico retribuito	

### 20801690 - COMUNICAZIONI MULTIMEDIALI ( - ING-INF/03 - 6 CFU - 42 ore - ITA )

**Curricula:** Curriculum unico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
CARLI MARCO	36	Carico didattico	N0
CARLI MARCO	6	Affidamento di incarico retribuito	N0

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

**Curricula:** Curriculum unico

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20802093 ELETTRONICA DEI SISTEMI PROGRAMMABILI in Ingegneria elettronica per l'industria e l'innovazione LM-29 N0 DE IACOVO ANDREA	72	N0

### 20810155 - METAMATERIALS ( - ING-INF/02 - 9 CFU - 63 ore - ITA )

**Curricula:** Curriculum unico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
BILOTTI FILIBERTO	51	Affidamento di incarico retribuito	
TOSCANO ALESSANDRO	12	Carico didattico	

### 20810075 - PROGRAMMAZIONE ORIENTATA AGLI OGGETTI ( - ING-INF/05 - 9 CFU - 81 ore - ITA )

**Curricula:** Curriculum unico

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20810075 PROGRAMMAZIONE ORIENTATA AGLI OGGETTI in Ingegneria informatica L-8 CRESCENZI VALTER	81	

### 20801702 - ELEMENTI DI CRITTOGRAFIA ( - MAT/03 - 6 CFU - 42 ore - ITA )

**Curricula:** Curriculum unico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
BATTISTI FEDERICA	42	Affidamento di incarico retribuito	N0

### 20801702 - SICUREZZA DELLE TELECOMUNICAZIONI ( - ING-INF/03 - 6 CFU - 42 ore - ITA )

**Curricula:** Curriculum unico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
CARLI MARCO	36	Carico didattico	N0
CARLI MARCO	6	Affidamento di incarico retribuito	N0

**20810201 - SIGNAL PROCESSING FOR HUMAN-MACHINE INTERACTION** ( - ING-INF/03 - 6 CFU - 42 ore - ITA )

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
Da assegnare	42	Bando	

## Secondo anno

### Primo semestre

**20810153 - ANTENNAS AND PROPAGATION** ( - ING-INF/02 - 9 CFU - 72 ore - ITA )

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
SCHETTINI GIUSEPPE	48	Carico didattico	
SCHETTINI GIUSEPPE	18	Affidamento di incarico retribuito	
BACCARELLI PAOLO	6	Carico didattico	

**20801729 - INFRASTRUTTURE DELLE RETI DI CALCOLATORI** ( - ING-INF/05 - 9 CFU - 81 ore - ITA )

*Curricula: Curriculum unico*

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20801729 INFRASTRUTTURE DELLE RETI DI CALCOLATORI in Ingegneria informatica LM-32 N0 DI BATTISTA GIUSEPPE	81	

**20802044 - SISTEMI BIOMETRICI** ( - ING-INF/03 - 9 CFU - 72 ore - ITA )

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
CAMPISI PATRIZIO	48	Carico didattico	
CAMPISI PATRIZIO	24	Affidamento di incarico retribuito	

**20810072 - SISTEMI DI LOCALIZZAZIONE E NAVIGAZIONE** ( - ING-INF/03 - 6 CFU - 48 ore - ITA )

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
NERI ALESSANDRO	48	Affidamento di incarico retribuito	

**20810072 - TELECOMUNICAZIONI WIRELESS** ( - ING-INF/03 - 6 CFU - 54 ore - ITA )

*Curricula: Curriculum unico*

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Fruito da:</b> 20801733 TELECOMUNICAZIONI WIRELESS in Ingegneria informatica LM-32 GIUNTA GAETANO	54	

## Secondo semestre

### 20810154 - ADVANCED ANTENNA ENGINEERING ( - ING-INF/02 - 9 CFU - 72 ore - ITA )

**Curricula:** Curriculum unico

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20810154 ADVANCED ANTENNA ENGINEERING in Ingegneria elettronica per l'industria e l'innovazione LM-29 BACCARELLI PAOLO	72	

### 20810138 - ADVANCED ELECTROMAGNETIC COMPONENTS AND CIRCUITS ( - ING-INF/02 - 6 CFU - 48 ore - ITA )

**Curricula:** Curriculum unico

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20810138 ADVANCED ELECTROMAGNETIC COMPONENTS AND CIRCUITS in Ingegneria elettronica per l'industria e l'innovazione LM-29 TOSCANO ALESSANDRO	48	

### 20802125 - BIG DATA ( - ING-INF/05 - 6 CFU - 54 ore - ITA )

**Curricula:** Curriculum unico

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20802125 BIG DATA in Ingegneria informatica LM-32 N0 TORLONE RICCARDO	54	

### 20810152 - SIGNAL PROCESSING FOR BIG DATA ANALYTICS ( - ING-INF/03 - 6 CFU - 42 ore - ITA )

**Curricula:** Curriculum unico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
Da assegnare	42	Bando	

### 20801965 - SISTEMI INFORMATIVI SU WEB ( - ING-INF/05 - 6 CFU - 54 ore - ITA )

**Curricula:** Curriculum unico

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20801965 SISTEMI INFORMATIVI SU WEB in Ingegneria informatica L-8 N0 Merialdo Paolo	54	

### 20802140 - SOFTWARE COGNITIVE RADIO ( - ING-INF/03 - 6 CFU - 42 ore - ITA )

**Curricula:** Curriculum unico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
PALLOTTA LUCA	42	Carico didattico	

**INCARICHI DIDATTICI DEL CORSO DI LAUREA**

Nominativo	Tot.Ore	Tipo incarico	Ore	Attività didattica
BACCARELLI PAOLO	6	Carico didattico	6	20810153 - ANTENNAS AND PROPAGATION
BATTISTI FEDERICA	42	Affidamento di incarico retribuito	42	20801702 - SICUREZZA DELL'INFORMAZIONE
BILOTTI FILIBERTO	123	Affidamento di incarico retribuito	51	20810110 - ADVANCED ELECTROMAGNETICS
		Affidamento di incarico retribuito	51	20810155 - METAMATERIALS
CAMPISI PATRIZIO	72	Carico didattico	48	20802044 - SISTEMI BIOMETRICI
		Affidamento di incarico retribuito	24	20802044 - SISTEMI BIOMETRICI
CARLI MARCO	84	Carico didattico	36	20801690 - COMUNICAZIONI MULTIMEDIALI
		Affidamento di incarico retribuito	6	20801690 - COMUNICAZIONI MULTIMEDIALI
		Carico didattico	36	20801702 - SICUREZZA DELL'INFORMAZIONE
		Affidamento di incarico retribuito	6	20801702 - SICUREZZA DELL'INFORMAZIONE
GIUNTA GAETANO	72	Carico didattico	72	20801694 - ELABORAZIONE NUMERICA DEI SEGNALI PER TELECOMUNICAZIONI
NERI ALESSANDRO	120	Affidamento di incarico retribuito	48	20810072 - SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONE
		Carico didattico	72	20802045 - TEORIA DELL'INFORMAZIONE E CODICI
PALLOTTA LUCA	42	Carico didattico	42	20802140 - SOFTWARE COGNITIVE RADIO
SANTARSIERO MASSIMO	48	Carico didattico	48	20801697 - OTTICA
SCHETTINI GIUSEPPE	66	Carico didattico	48	20810153 - ANTENNAS AND PROPAGATION
		Affidamento di incarico retribuito	18	20810153 - ANTENNAS AND PROPAGATION
TOSCANO ALESSANDRO	12	Carico didattico	12	20810155 - METAMATERIALS
DOCENTE NON DEFINITO	84	Bando	42	20810152 - SIGNAL PROCESSING FOR BIG DATA ANALYTICS
		Bando	42	20810201 - SIGNAL PROCESSING FOR HUMAN-MACHINE INTERACTION
<b>Totale ore</b>	<b>771</b>			

## CONTENUTI DIDATTICI

### 20810110 - ADVANCED ELECTROMAGNETICS

**Docente:** BILOTTI FILIBERTO

**Italiano**

**Prerequisiti**

**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 plasmone 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**

Testi da definire

**Modalità erogazione**

Testi da definire

**Modalità di valutazione**

Accertamento dell'acquisizione delle competenze/nozioni del corso tramite colloquio orale. In alcuni rari casi il colloquio orale potrà essere sostituito da un compito scritto. NOTA: Nel caso di un prolungamento dell'emergenza sanitaria da COVID-19 saranno recepite tutte le disposizioni che regolino le modalità di svolgimento delle attività didattiche e della valutazione degli studenti. In particolare l'esame orale verrà svolto utilizzando la piattaforma Microsoft Teams.

**English**

**Prerequisites**

**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. Electrodynamics 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

-

#### Study modes

-

#### Exam modes

-

## 20810153 - ANTENNAS AND PROPAGATION

**Docente:** BACCARELLI PAOLO

### Italiano

#### Prerequisiti

Conoscenza adeguata di alcuni argomenti fondamentali dell'elettromagnetismo applicato (proprietà fondamentali dei campi elettromagnetici nel dominio del tempo e della frequenza, onde piane, linee di trasmissione, riflessione e trasmissione di onde piane, propagazione guidata).

#### Programma

Propagazione tra 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.

#### 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

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.

#### Modalità erogazione

Nel caso di un prolungamento dell'emergenza sanitaria da COVID-19 saranno recepite tutte le disposizioni che regolino le modalità di svolgimento delle attività didattiche. In particolare si applicherà la seguente modalità: didattica a distanza.

#### 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

Adequate knowledge of some fundamental topics of applied electromagnetism (fundamental properties of electromagnetic fields in the time and frequency domain, plane waves, transmission lines, reflection and transmission of plane waves, guided wave propagation).

### Programme

Propagation between fixed points: presence of earth, surface waves and reflection from flat surface. Refractive index of a ionized medium. Ray curvature a ionospheric plasma.

### 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

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.

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20810153 - ANTENNAS AND PROPAGATION

**Docente:** SCHETTINI GIUSEPPE

## Italiano

### Prerequisiti

### 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. 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

Testi da definire

### Modalità erogazione

Il corso viene impartito in didattica frontale. Le lezioni, svolte principalmente sulla teoria dei Campi elettromagnetici, sono alternate ad esercitazioni nelle quali si pone l'accento sull'applicazione di quanto svolto in precedenza.

### 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

### Programme

Fundamentals of electromagnetic radiation and antenna parameters. Radiation from a short current filament. Radiation from a small current loop. Radiation from arbitrary current distribution. Half-wave dipole antennas. Antenna impedance. Folded dipole, short dipole,

and monopole antennas. Receiving antennas. Reciprocity theorem and effective area. Polarization mismatch. Friis transmission formula. Noise in communication systems. Noise temperature of an antenna. Introduction to antenna arrays. Uniform one-dimensional arrays. End-fire and broadside arrays. Uniform two-dimensional arrays. Array design. Binomial and polynomial arrays, Chebyshev method. Feeding networks, Butler Matrices. Parasitic and log-periodic arrays. Aperture antennas. Analysis and synthesis. Radiation from a planar aperture: the Fourier transform method. Radiation from rectangular and circular aperture. Application of field-equivalence principles to aperture radiation. Open waveguides and horn antennas. Ray optics. Microwave lens. Paraboloidal reflector antennas: efficiency, directivity, cross-polarization. Induced current method. Feeds with low cross-polarization. Dual reflector systems. Radiation from slots. Microstrip antennas. Artificial periodic media. Electromagnetic Band-Gap media and their application to antennas. Scattering of the radiation: general environment and canonical cases. Plane-wave scattering by a conducting cylinder, E- and H- polarization. Dielectric cylinder.

### 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

-

## 20801690 - COMUNICAZIONI MULTIMEDIALI

**Canale:**N0

**Docente:** CARLI MARCO

**Italiano**

### Prerequisiti

### Programma

Introduzione al multimediale Formazione dell'immagine Sistema visivo umano Codifica di sorgente per segnali multimediali (JPEG, MPEG H264, HEVC...) Codifica audio sistemi di comunicazione vs. multimedia Qualità del servizio Interfacce uomo macchina - HTC VIVE

### Testi

P. Havalddar and G. Medioni "Multimedia Systems – Algorithms, Standards and Industry Practices", Cengage Learning – 978-1-4188-3594-1 Ohm, Multimedia Communication Technology, Springer, ISBN: 978-3-642-62277-9 (Print) 978-3-642-18750-6 (Online)

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

Testi da definire

### Modalità di valutazione

La prova finale verte su tutto il programma e' richiesta la partecipazione alle esercitazioni

**English**

### Prerequisites

### Programme

Introduction to Multimedia: Historical overview, multimedia representations, software tools, authoring tools. Basics of Image Formation: Camera and lenses, digitization, image formation, basic camera models and geometry. Standard image formats. Colors in images and videos. Multimedia compression basics: Lossless Compression: Variable length coding, Dictionary based coding. Basics for Lossy Compression: Fourier Transform, Discrete Cosine Transform. Application to image compression (JPEG compression) Video Processing: Fundamental concepts of video, image and video compression, MPEG video coding, MPEG4, 7, and beyond. Audio Processing: Basics of digital audio, quantization and transmission of Audio. Audio compression, Audio MPEG. Multimedia vs. communication Quality of Service Human factors in Multimedia communication • Multimedia applications: content-based retrieval in digital libraries: case studies

### Reference books

P. Havalddar and G. Medioni "Multimedia Systems – Algorithms, Standards and Industry Practices", Cengage Learning – 978-1-4188-3594-1 Ohm, Multimedia Communication Technology, Springer, ISBN: 978-3-642-62277-9 (Print) 978-3-642-18750-6 (Online)

### Reference bibliography

-

## Study modes

-

## Exam modes

-

## 20801694 - ELABORAZIONE NUMERICA DEI SEGNALI PER TELECOMUNICAZIONI

**Canale:** N0

**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. Codifica vocale e video. Software defined radio. Smart antennas. Segnali e codici spread spectrum. Differenze tra TDMA, FDMA e CDMA. Applicazioni mobili dell'elaborazione dei segnali. Esercitazioni numeriche di laboratorio con la piattaforma MatLab. Ulteriori dettagli su: <http://host.uniroma3.it/laboratori/sp4te/teaching/enst/program.html>

#### Testi

G. Giunta, "Problemi di base di elaborazione numerica dei segnali" - IV edizione, Roma. Tamal Bose, Francois Meyer, "Digital Signal And Image Processing", December 2003, Wiley Publ. G. Giunta, Lucidi del corso (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.

#### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

#### Modalità erogazione

in presenza

#### Modalità di valutazione

Prova 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. Speech and video coding. Software defined radio. Smart antennas. Spread spectrum signals and codes. Differences between TDMA, FDMA e CDMA. Mobile applications. Laboratory of numerical examples by MatLab platform. Further details at: <http://host.uniroma3.it/laboratori/sp4te/teaching/enst/program.html>

#### Reference books

G. Giunta, "Problemi di base di elaborazione numerica dei segnali" - IV edizione, Roma. Tamal Bose, Francois Meyer, "Digital Signal And Image Processing", December 2003, Wiley Publ. G. Giunta, Lucidi del corso (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.

#### Reference bibliography

-

## Study modes

-

## Exam modes

-

## 20810155 - METAMATERIALS

**Docente:** BILOTTI FILIBERTO

### Italiano

#### Prerequisiti

#### Programma

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. Metamateriali

bi-dimensionali: metasuperfici. Progetto di inclusioni per metamateriali a microonde. Parte numerica e parte sperimentale. Progetto di metamateriali a linea di trasmissione e progetto di componenti miniaturizzati (celle elementari, sfasatori, rat-race, ecc.) Parte numerica (e parte sperimentale). 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. Esercitazione con Mathematica sulla teoria di Mie. 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 al simulatore con esempi pratici. 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 volumetriche di allineamenti di nanoparticelle: formule di Maxwell Garnett e di Clausius-Mosotti. Tecniche di omogeneizzazione bidimensionali. Esercitazione con Mathematica sulle tecniche di omogeneizzazione. 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 al simulatore con esempi pratici. 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. Introduzione alla simulazione FDTD ed esercitazioni al simulatore di esempi pratici. 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 composti 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. Dispositivi radianti e guidanti basati sui metamateriali. Esempi di antenne multifunzione e compatte. Filtri per antenne ad horn basati su inclusioni a metamateriale per comportamento passa banda (in polarizzazione lineare o circolare; single-band o dual-band) o elimina banda (a banda stretta o a banda larga). Componenti in guida d'onda basati su risonatori elettricamente piccoli (orthomode transducer, componenti curvilinei e divisori di potenza). Esercitazioni in ambiente di calcolo numerico.

## Testi

Dispense messe a disposizione dal docente.

## Bibliografia di riferimento

Testi da definire

## Modalità erogazione

Testi da definire

## Modalità di valutazione

Di solito l'esame verte su due domande su argomenti presentati durante il corso. NOTA: Nel caso di un prolungamento dell'emergenza sanitaria da COVID-19 saranno recepite tutte le disposizioni che regolino le modalità di svolgimento delle attività didattiche e della valutazione degli studenti. In particolare l'esame orale verrà svolto utilizzando la piattaforma Microsoft Teams.

## English

## Prerequisites

## Programme

Introduction to metamaterials. Negative index metamaterials. Classification and terminology. Engheta's resonator. Pendry's lens. Metamaterial transmission lines. Miniaturized components. Miniaturized antennas. 2D metamaterials: metasurfaces. Design of metamaterial particles at microwaves. Simulations and experiments. Design of metamaterial transmission lines and design of miniaturized components (unit-cells, phase-shifters, rat-races, etc.) Simulations (and experiments). Electromagnetic invisibility. Reduction of radar observability. Basic principles of EM invisibility. Radar and scattering cross sections. Figure of merit for EM cloaks. Basic principles of the transformation EM. Invisibility cloak based on transformation EM. Other EM invisibility techniques. Basic principles of the scattering cancellation. Scattering cancellation through volumetric metamaterials. Scattering cancellation through metasurfaces (mantle cloaking). Mie theory for spherical and cylindrical cloaked objects. Mie theory on Mathematica. Implementation of single and dual polarization cloaking devices working at microwave frequency. Applications of the EM invisibility at microwave frequencies: cloaking passive objects, cloaking receiving antennas and sensors, cloaking transmitting antennas. Non-linear and waveform selective cloaking devices and related applications. Full-wave simulations of actual cloaking devices. Metasurfaces at optical frequencies based on proper arrays of nanoparticles. EM characterization of metals at optical frequencies. Drude model. Size correction of the Drude formula. Volumetric homogenization techniques for arrays of nanoparticles: Maxwell Garnett and Clausius-Mosotti formulas. 2D homogenization techniques: the surface impedance model. Homogenization techniques on Mathematica. Application of optical metasurfaces: EM invisibility, absorbers, anti-reflection coatings, transparent screens. Extension of the 2D homogenization to arrays of dielectric nanoparticles. Application of dielectric metasurfaces. Full-wave simulations and practical examples. 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. FDTD simulations of space-time modulated materials and surfaces. 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. Radiation and transmissive components based on metamaterials. Examples of multifunctional and miniaturized antennas. Filters for

horn antennas based on metamaterial particles: pass-band behavior (linear and circular polarization, single-band and dual-band), notch-band (narrow-band and broad-band). Waveguide components based on electrically small resonators (orthomode transducer, curved components, power dividers). Full-wave simulations.

### Reference books

Course notes.

### Reference bibliography

-

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20810155 - METAMATERIALS

**Docente:** TOSCANO ALESSANDRO

### Italiano

#### Prerequisiti

#### Programma

Testi da definire

#### Testi

Dispense messe a disposizione dal docente.

#### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

#### Modalità erogazione

Testi da definire

#### Modalità di valutazione

Di solito l'esame verte su due domande su argomenti presentati durante il corso.

### English

#### Prerequisites

#### Programme

-

#### Reference books

Course notes.

#### Reference bibliography

-

#### Study modes

-

#### Exam modes

-

## 20801697 - OTTICA

**Docente:** SANTARSIERO MASSIMO

### Italiano

#### Prerequisiti

#### Programma

- Preliminari: funzione delta di Dirac, trasformata di Fourier, convoluzione, sistemi lineari, funzioni di Bessel - Equazione d'onda, onde armoniche, equazione di Helmholtz, onde piane armoniche - Dall'equazioni di Maxwell alla onde e.m., onde piane e.m., vettore di Poynting, potenza e q. di m. , intensità, polarizzazione - Propagazione e interferenza di onde piane, sovrapposizione di onde piane - Diffrazione, sviluppo in onde piane di un campo luminoso - Fasci a sezione invariante - Formula di Rayleigh-Sommerfeld, principio di Huygens-Fresnel, integrale di Fresnel, eq. d'onda parassiale - Approssimazione di campo lontano - Diffrazione di Fresnel e di Fraunhofer da apertura rettangolare, da foro circolare e da disco opaco - Effetto di lenti sottili e specchi sferici sulla propagazione di un campo - Diffrazione da trasparenze periodiche - Elemento ottici diffrattivi: moltiplicatori di fascio, reticoli di Damman, reticoli con fase

discretizzata, reticoli circolari - Trattazione e.m. di diffrazione da reticolo - Fasci gaussiani di ordine zero e ordini superiori - Focalizzazione, collimazione e espansione di fasci gaussiani - Principio d'indeterminazione e fattore M2 - Olografia, olografia sintetica - Elementi di teoria della coerenza, funzione di coerenza e gradi di coerenza, teoremi di van Cittert-Zernike e di Kintchine

### Testi

- P. Mazzoldi, M. Nigro, C. Voci, "Elementi di Fisica, vol. 2", II edizione, EdiSES (2008) - F. Gori, "Elementi di Ottica", ed. Accademica (1995) Per alcuni argomenti si vedano anche le note pubblicate sul sito del corso, nella sezione "Complementi"

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

Testi da definire

### Modalità di valutazione

L'esame consta di una prova orale

### English

### Prerequisites

### Programme

- Preliminaries: Dirac delta function, Fourier transform, convolution, linear systems, Bessel functions - Wave equation, harmonic waves, Helmholtz equation, plane waves - From Maxwell equations to e.m. waves, plane e.m. waves, Poynting vector, power and momentum, intensity, polarization - Propagation and interference of plane waves, superpositions of plane waves - Diffraction, plane-wave expansion of a light field - Diffraction-free beams - Rayleigh-Sommerfeld formula, Huygens-Fresnel principle, Fresnel integral, paraxial wave equation - Far-field approximation - Fresnel and Fraunhofer diffraction from rectangular slit, circular hole, opaque disc - Effects on propagation of thin lenses and spherical mirrors - Diffraction by gratings - Diffractive Optical Elements: beam multipliers, Damman gratings, phase discretization, circular gratings - Electromagnetic theory of gratings - Gaussian beams of zero and higher order - Focusing, collimating and expanding Gaussian beams - Uncertainty principle and M2 factor - Principles of holography, computer-generated holograms - Introduction to coherence theory, coherence function, degrees of coherence, van Cittert-Zernike and Wiener-Kintchine theorems

### Reference books

- P. Mazzoldi, M. Nigro, C. Voci, "Elementi di Fisica, vol. 2", II edizione, EdiSES (2008) - F. Gori, "Elementi di Ottica", ed. Accademica (1995) Notes on selected arguments are also available on the course website, under the section "Complementi"

### Reference bibliography

-

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20801702 - SICUREZZA DELL'INFORMAZIONE

( SICUREZZA DELLE TELECOMUNICAZIONI )

Canale:N0

Docente: CARLI MARCO

### Italiano

### Prerequisiti

### Programma

Kerberos e Diameter IP Security Sicurezza nel web Sistemi di autenticazione Intrusion detection Honey pot Android security Cloud security Big data security Analisi Forense di immagini digitali Analisi e rilevazione di modifiche di dati multimediali Tecniche di analisi statistica Tecniche geometriche Sono previste esercitazioni in Matlab su marchiatura digitale ed attacchi su sistemi di comunicazione

### Testi

Stallings' Cryptography and Network Security, Seventh Edition

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

Testi da definire

### Modalità di valutazione

La prova finale verte su tutto il programma e' richiesta la partecipazione alle esercitazioni

### English

## Prerequisites

## Programme

Kerberos e Diameter Sicurezza IP Web security Authentication Intrusion detection Honey pot Android security Cloud security Big data security Forensics Digital watermarking

## Reference books

Stallings' Cryptography and Network Security, Seventh Edition

## Reference bibliography

-

## Study modes

-

## Exam modes

-

## 20801702 - SICUREZZA DELL'INFORMAZIONE

( ELEMENTI DI CRITTOGRAFIA )

Canale:N0

Docente: BATTISTI FEDERICA

## Italiano

### Prerequisiti

### Programma

Il programma di massima del corso è: - Introduzione alla crittografia - Definizione di crittosistema, cifrari additivi, cifrari a sostituzione, cifrari a trasposizione - Modi di funzionamento dei crittosistemi simmetrici. - Crittosistemi simmetrici standard: DES, 3DES e AES. - Crittografia asimmetrica (RSA, Diffie-Hellman), vantaggi e svantaggi - Funzioni Hash e Message Digest - Firma digitale, i certificati digitali, le autorità di certificazione, lo standard X.509/PKI (Public Key Infrastructure)

### Testi

- Handbook of Applied Cryptography di A. J. Menezes, P. C. van Oorschot e S. A. Vanstone - Crittografia pratica di N. Ferguson e B. Schneier - Cryptography and Network Security Principles and Practices di William Stallings - Dispense monografiche su alcune parti del corso

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

Testi da definire

### Modalità di valutazione

L'esame scritto è articolato in due domande teoriche, un esercizio e due domande a crocetta.

## English

### Prerequisites

### Programme

The program outline is: - Introduction to cryptography - Crypto-system definition - Classical Ciphers: additive, substitution, and shift cipher - Symmetric encryption: DES, 3DES, and AES - Asymmetric encryption: RSA, Diffie-Hellman - Hash functions and Message Digest - Digital signature, certification authority, X.509/PKI (Public Key Infrastructure)

### Reference books

- Handbook of Applied Cryptography, A. J. Menezes, P. C. van Oorschot e S. A. Vanstone - Practical Cryptography, N. Ferguson and B. Schneier - Cryptography and Network Security Principles and Practices, William Stallings - Material provided during the lectures

### Reference bibliography

-

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20802044 - SISTEMI BIOMETRICI

Docente: CAMPISI PATRIZIO

## Italiano

### Prerequisiti

### 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

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

Testi da definire

### Modalità erogazione

Testi da definire

### Modalità di valutazione

Il corso prevede la realizzazione di un progetto, assegnato in itinere dal docente, che avrà un peso del 20% sul voto finale. Il progetto sarà realizzato durante lo svolgimento del corso. L'esame consta di una prova orale riguardante l'intero programma del corso.

## English

### Prerequisites

### 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

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

-

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20810072 - SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONE

( TELECOMUNICAZIONI WIRELESS )

**Docente:** GIUNTA GAETANO

## Italiano

### Prerequisiti

nessuno

### Programma

Le reti wireless radiomobili. Requisiti e servizi. Mobilità. Sicurezza. Gestione della rete e dei dispositivi mobili. Architetture ed accesso alla risorsa di rete 2G e 3G. Architetture ed accesso alla risorsa di rete 4G. Evoluzione verso il 5G. Maggiori dettagli sul sito: <http://host.uniroma3.it/laboratori/sp4te/teaching/tw/program.html>

### Testi

G. Giunta, Lucidi del corso di Telecomunicazioni Wireless. 2017. G. COLUMPSI, M. LEONARDI, A. RICCI: "UMTS: TECNICHE E ARCHITETTURE PER LE RETI DI COMUNICAZIONI MOBILI MULTIMEDIALI", SECONDA EDIZIONE; HOEPLI INFORMATICA;

NOVEMBRE 2005. 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.

## Bibliografia di riferimento

Testi da definire

## Modalità erogazione

in presenza

## Modalità di valutazione

orale

## English

## Prerequisites

none

## Programme

The mobile wireless networks. Network services. Mobility management. Security. Network and equipments management. Architecture and resource access in 2G and 3G networks. Architecture and resource access in 4G network. Evolution towards 5G. Further details on the site: <http://host.uniroma3.it/laboratori/sp4te/teaching/tw/program.html>

## Reference books

G. Giunta, Lucidi del corso di Telecomunicazioni Wireless. 2017. G. COLUMPSI, M. LEONARDI, A. RICCI: "UMTS: TECNICHE E ARCHITETTURE PER LE RETI DI COMUNICAZIONI MOBILI MULTIMEDIALI", SECONDA EDIZIONE; HOEPLI INFORMATICA; NOVEMBRE 2005. 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.

## Reference bibliography

-

## Study modes

-

## Exam modes

-

## 20810072 - SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONE

( SISTEMI DI LOCALIZZAZIONE E NAVIGAZIONE )

**Docente:** NERI ALESSANDRO

## Italiano

## Prerequisiti

## Programma

sistemi di navigazione satellitare: concetti generali e le tendenze evolutive: caratteristiche principali dei sistemi di navigazione satellitare globale (GNSS GPS, GALILEO, GLONASS e BEIDOU, e dei sistemi regionali IRNSS, QZSS. Architetture. Metodologie per il calcolo delle posizioni dei satelliti. Caratteristiche dei segnali trasmessi, architetture, le soluzioni circuitali e gli algoritmi dei ricevitori GNSS. Tecniche per la determinazione della posizione e della velocità di un oggetto. Architetture e gli algoritmi per servizi ad alta accuratezza e con garanzia della qualità e dell'affidabilità dei dati (incluse reti di augmentation). Sistemi di radio-localizzazione terrestri basati su reti radiomobili 4G e 5G e su reti locali (WiFi, Bluetooth, ZigBee, UWB, RF-ID, etc.). Sistemi di localizzazione basati su sensori inerziali (accelerometri e giroscopi). Integrazione tra sistemi di localizzazione eterogenei (ad es. GNSS+INS). Applicazioni di maggiore rilevanza: sistemi di trasporto intelligenti (aeronautici, ferroviari, marittimi, stradali), infomobilità, guida autonoma di autoveicoli, servizi basati sulla localizzazione per smartphone, tablet e computer mobili, monitoraggio dell'ambiente.

## Testi

1. Pratap Misra and Per Enge, "Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance", Revised Second Edition (2011) ISBN 0-9709544-1-7 Ganga-Jamuna Press 2. J. Sanz Subirana, J.M. Juan Zornoza and M. Hernández-Pajares, "GNSS DATA PROCESSING", Vol. I e Vol. II, disponibile gratuitamente all'indirizzo [http://www.navipedia.net/GNSS\\_Book](http://www.navipedia.net/GNSS_Book)

## Bibliografia di riferimento

Testi da definire

## Modalità erogazione

Testi da definire

## Modalità di valutazione

L'esame consiste in una prova scritta con domande a carattere teorico, a risposta aperta e riguardanti l'intero programma del corso. La prova è integrata da una eventuale prova orale. Sono previste due prove in itinere consistenti in domande teoriche a risposta aperta relativi agli argomenti teorici trattati nella relativa parte di corso.

## English

### Prerequisites

### Programme

Satellite navigation systems: general overview of the current structure and future evolution of Global Navigation Satellite Systems (GNSS) including GPS, GALILEO, GLONASS e BEIDOU, and regional systems like IRNSS, QZSS Methodologies for the computation of the satellite position. GNSS signals. Architecture, hardware and software design of GNSS receivers, algorithms for determination of the user Position Velocity and Time (PVT). Architectures and algorithms for high accuracy and high integrity location services (including augmentation networks). Terrestrial radio-localization systems based on 4G and 5G mobile networks, and local area networks (WiFi, Bluetooth, ZigBee, UWB, RF-ID, etc.). Inertial navigation systems (INS), based on accelerometers and gyroscopes, and their integration of heterogeneous systems (e.g. GNSS+INS). Major applications: intelligent transportation systems (avionics, rail, road, maritime), infomobility, automotive, location based services for smartphones, tablets, mobile computers, and environment monitoring.

### Reference books

1. Pratap Misra and Per Enge, "Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance", Revised Second Edition (2011) ISBN 0-9709544-1-7 Ganga-Jamuna Press 2. J. Sanz Subirana, J.M. Juan Zornoza and M. Hernández-Pajares, "GNSS DATA PROCESSING", Vol. I e Vol. II, freely available at [http://www.navipedia.net/GNSS\\_Book](http://www.navipedia.net/GNSS_Book)

### Reference bibliography

-

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20802140 - SOFTWARE COGNITIVE RADIO

**Docente:** PALLOTTA LUCA

## Italiano

### Prerequisiti

Concetti di base di teoria dei segnali

### Programma

1. Introduzione alla tecnologia SDR: Concetti di base, requisiti software e riconfigurabilità. Benefici, architettura ideale e definizione. 2. Implementazione RF: Front-end del ricevitore, caratteristiche e topologie, architettura del trasmettitore. Rumore e distorsioni nella catena a radio-frequenza. Link-budget analysis e requisiti ad alto livello. 3. Conversione Analogico-Digitale e problematiche: Rumore di quantizzazione, jitter ed incertezza di apertura. Requisiti prestazionali dei dispositivi hardware, DSP e FPGA. 4. Analisi Spettrale: Richiami su campionamento di un segnale tempo continuo, DFT ed FFT. Campionamento in banda passante, trasformata di Hilbert, segnale analitico ed inviluppo. Analisi spettrale e stime non-parametriche dello spettro di potenza (periodogramma, metodo di Bartlett, metodo di Welch, ...). Uso della FFT nella stima dello spettro. Analisi dei segnali tempo-frequenza. Introduzione all'uso di Matlab. Esercitazione in ambiente Matlab (stima spettrale). Esercitazione in ambiente Matlab (analisi di segnali tempo-frequenza). 5. Modulazione dei segnali: Richiami su modulazioni analogiche e numeriche. Esercitazione in ambiente Matlab (modulazioni). 6. Dispositivi SDR: Architettura e schema di funzionamento delle piattaforme: RTL-SDR e Analog-Device Adalm-Pluto. Introduzione all'uso di Matlab, Simulink e GNURadio per applicazioni SDR. Laboratorio SDR (utilizzo di dispositivi RTL-SDR e Analog-Device Adalm-Pluto per l'acquisizione dei segnali). 7. Radio cognitive e reti radio cognitive: Definizione e concetti di base, ciclo cognitivo, spectrum sensing, spectrum mobility, spectrum management, spectrum decision. Esercitazione in ambiente Matlab (applicazione di tecniche di spectrum sensing). 8. Radar cognitivo: Principio di funzionamento del radar e concetti base; cenni al radar cognitivo.

### Testi

[1] Paul Burns, Software Defined Radio for 3G, Artech House, 2003. [2] Tuttlebee, Walter HW, ed. Software Defined Radio: Enabling Technologies, John Wiley & Sons, 2003. [3] John Bard, Vincent J. Kovarik Jr., Software Defined Radio: the Software Communications Architecture, Vol. 6. John Wiley & Sons, 2007. [4] Stewart, Robert W., et al. Software Defined Radio using MATLAB & Simulink and the RTL-SDR, Strathclyde Academic Media, 2015. [5] Fabio Rocca, Elaborazione Numerica dei Segnali, Cusl, 2009. [6] Petre Stoica and Randolph L. Moses, Spectral Analysis of Signals, 2005. [7] Francois Auger, Patrick Flandrin, Paulo Goncalves, and Olivier Lemoine, Time-Frequency Toolbox for use with MATLAB, 1995-1996. Saranno altresì fornite le slide delle lezioni ed i codici delle esercitazioni svolte.

### Bibliografia di riferimento

[1] Slide del corso. [2] Codici Matlab delle esercitazioni svolte. [3] Paul Burns, Software Defined Radio for 3G, Artech House, 2003. [4] Tuttlebee, Walter HW, ed. Software Defined Radio: Enabling Technologies, John Wiley & Sons, 2003. [5] John Bard, Vincent J. Kovarik Jr., Software Defined Radio: the Software Communications Architecture, Vol. 6. John Wiley & Sons, 2007. [6] Stewart, Robert W., et al. Software Defined Radio using MATLAB & Simulink and the RTL-SDR, Strathclyde Academic Media, 2015. [7] Dispense del Prof. Benedetto (<http://host.uniroma3.it/laboratori/sp4te/teaching/sdr.html>). [8] Fabio Rocca, Elaborazione Numerica dei Segnali, Cusl, 2009. [9] Petre Stoica and Randolph L. Moses, Spectral Analysis of Signals, 2005. [10] Francois Auger, Patrick Flandrin, Paulo Goncalves, and Olivier Lemoine, Time-Frequency Toolbox for use with MATLAB, 1995-1996. [11] Leon Cohen, Time-frequency analysis, Upper

Saddle River, N.J.: Prentice Hall, 1995. [12] F. Hlawatsch and G.F. Boudreaux-Bartels, Linear and Quadratic Time-Frequency Signal Representations, IEEE Signal Processing Magazine, pp. 21-67, april 1992. [13] Proakis, John G., and Masoud Salehi, Digital Communications, Vol. 4. New York: McGraw-Hill, 2001. [14] <https://wiki.analog.com/university/tools/pluto> [15] <https://www.sdr-radio.com/Radios/Pluto> [16] M. Lopez-Benitez, A. Umbertand F. Casadevall, Evaluation of Spectrum Occupancy in Spain for Cognitive Radio Applications, IEEE 69th conference on Vehicular Technology (VTC), pp. 1-5, Spring 2009. [17] V. Valenta, R. Marsálek, G. Baudoin, M. Villegas, M. Suarez, and F. Robert, Survey on Spectrum Utilization in Europe: Measurements, Analyses and Observations, Proc. of the 5th Int. Conf. on Cognitive Radio Oriented Wireless Networks Communications (CROWNCOM), pp. 1-5, June 2010. [18] Tanim M. Taher, Roger B. Bacchus, Kenneth J. Zdunek, R. Marsálek, Dennis A. Roberson, Long-Term Spectral Occupancy Findings in Chicago, IEEE International Symposium on Dynamic Spectrum Access Networks (DySPAN), 2011. [19] L. Ling et al., A Two Stage Sensing Technique for Dynamic Spectrum Access, IEEE Trans. on Wireless Communications, Vol. 8, No. 6, June 2009. [20] S. Chaudhari et al., Autocorrelation-Based Decentralized Sequential Detection of OFDM Signals in Cognitive Radios, IEEE Trans. on Signal Processing, Vol. 47, pp. 2690-2700. July 2009. [21] Mark A. Richards, James A. Scheer, William A. Holm, Principles of Modern Radar: Basic Principles, SciTech Publishing, 2010. [22] Griffiths, H. D., Christopher Baker, and David Adamy, Stimson's Introduction to Airborne Radar, Scitech Pub Incorporated, 2014. [23] S. Haykin, Cognitive Dynamic Systems: Perception-Action Cycle, Radar and Radio, Cambridge University Press, 2012. [24] J. R. Guerci, Cognitive Radar: The Knowledge-Aided Fully Adaptive Approach, Artech House, 2010. [25] C. Baker, H. Griffiths, A. Balleri, Biologically Inspired Waveform Diversity", chapter 6 of the book. [26] F. Gini, A. De Maio, L. Patton, Waveform Design and Diversity for Advanced Radar Systems, IET 2012. [27] L. A. Miller and A. Surlykkej, How Some Insects Detect and Avoid Being Eaten by Bats: Tactics and Countertactics of Prey and Predator, BioScience, Vol. 51 No. 7, July 2001. [28] J. S. Bergin and P. M. Techau, High-Fidelity Site-Specific Radar Simulation: KASSPER '02 Workshop Datacube, ISL Technical Note, Vienna, May 2002.

## Modalità erogazione

Lezioni frontali in aula, esercitazioni con l'utilizzo di strumenti software quali Mathworks Matlab e GnuRadio, esercitazioni con dispositivi RTL-SDR e Analog-Device Adalm-Pluto presso il laboratorio didattico. Nel caso di un prolungamento dell'emergenza sanitaria da COVID-19 saranno recepite tutte le disposizioni che regolino le modalità di svolgimento delle attività didattiche e della valutazione degli studenti. In particolare si applicheranno le seguenti modalità: le lezioni si terranno in video-conferenza mediante l'utilizzo del software Microsoft Teams ed altri strumenti utili.

## Modalità di valutazione

Valutazione di un elaborato più colloquio orale. Nel caso di un prolungamento dell'emergenza sanitaria da COVID-19 saranno recepite tutte le disposizioni che regolino le modalità di svolgimento delle attività didattiche e della valutazione degli studenti. In particolare si applicheranno le seguenti modalità: gli esami si terranno in forma orale in video-conferenza mediante l'utilizzo del software Microsoft Teams.

## English

### Prerequisites

Basic concepts of signal theory

### Programme

1. Introduction to SDR technology: Basic concepts, software requirements and reconfigurability. Benefits, ideal architecture and definitions. 2. RF implementation issues: Receiver front-end, characteristics and topologies, transmitter architecture. Noise and distortions in the RF chain. Link-budget analysis and high-level requirements. 3. Analog to digital conversion and related issues: Quantization noise, jitter and aperture uncertainty. Performance requirements of the hardware devices, DSP and FPGA. 4. Spectral analysis: Continuous-time signal sampling, DFT and FFT. Pass-band sampling, Hilbert transform, envelope and analytic signal. Spectral analysis and non-parametric estimation of the power spectrum (periodogram, Bartlett method, Welch method, ...). Use of FFT in spectrum estimation. Time-frequency signals analysis. Introduction to Matlab. Exercises in Matlab (spectral estimation). Exercises in Matlab (time-frequency signals analysis). 5. Signals modulation: Overview on analog and digital modulations. Exercises in Matlab (modulations). 6. SDR devices: Architecture and operating scheme of the devices RTL-SDR and Analog-Device Adalm-Pluto. Introduction to the use of Matlab, Simulink and GNURadio for SDR applications. SDR laboratory (use of the devices RTL-SDR and Analog-Device Adalm-Pluto for signals acquisition). 7. Cognitive Radios and cognitive radio networks: Basic definitions and concepts, cognitive cycle, spectrum sensing, spectrum mobility, spectrum management, spectrum decision. Exercises in Matlab (application of spectrum sensing techniques). 8. Cognitive radar: Radar working principles and basic concepts; introduction to the cognitive radar.

### Reference books

[1] Paul Burns, Software Defined Radio for 3G, Artech House, 2003. [2] Tuttlebee, Walter HW, ed. Software Defined Radio: Enabling Technologies, John Wiley & Sons, 2003. [3] John Bard, Vincent J. Kovarik Jr., Software Defined Radio: the Software Communications Architecture, Vol. 6. John Wiley & Sons, 2007. [4] Stewart, Robert W., et al. Software Defined Radio using MATLAB & Simulink and the RTL-SDR, Strathclyde Academic Media, 2015. [5] Fabio Rocca, Elaborazione Numerica dei Segnali, Cusi, 2009. [6] Petre Stoica and Randolph L. Moses, Spectral Analysis of Signals, 2005. [7] Francois Auger, Patrick Flandrin, Paulo Goncalves, and Olivier Lemoine, Time-Frequency Toolbox for use with MATLAB, 1995-1996. It will also provided the slides of the lectures and the codes of the exercises carried out during the course.

### Reference bibliography

[1] Slides of the lectures. [2] Matlab codes of the exercises carried out during the course. [3] Paul Burns, Software Defined Radio for 3G, Artech House, 2003. [4] Tuttlebee, Walter HW, ed. Software Defined Radio: Enabling Technologies, John Wiley & Sons, 2003. [5] John Bard, Vincent J. Kovarik Jr., Software Defined Radio: the Software Communications Architecture, Vol. 6. John Wiley & Sons, 2007. [6] Stewart, Robert W., et al. Software Defined Radio using MATLAB & Simulink and the RTL-SDR, Strathclyde Academic Media, 2015. [7] Dispense del Prof. Benedetto (<http://host.uniroma3.it/laboratori/sp4te/teaching/sdr.html>). [8] Fabio Rocca, Elaborazione Numerica dei Segnali, Cusi, 2009. [9] Petre Stoica and Randolph L. Moses, Spectral Analysis of Signals, 2005. [10] Francois Auger, Patrick Flandrin, Paulo Goncalves, and Olivier Lemoine, Time-Frequency Toolbox for use with MATLAB, 1995-1996. [11] Leon Cohen, Time-frequency analysis, Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, 1995. [12] F. Hlawatsch and G.F. Boudreaux-Bartels, Linear and Quadratic Time-Frequency Signal Representations, IEEE Signal Processing Magazine, pp. 21-67, april 1992. [13] Proakis, John G., and Masoud Salehi, Digital Communications, Vol. 4. New York: McGraw-Hill, 2001. [14] <https://wiki.analog.com/university/tools/pluto> [15] <https://www.sdr-radio.com/Radios/Pluto> [16] M. Lopez-Benitez, A. Umbertand F. Casadevall, Evaluation of Spectrum Occupancy in Spain for Cognitive Radio Applications, IEEE 69th conference on Vehicular Technology (VTC), pp. 1-5, Spring 2009. [17] V. Valenta, R. Marsálek, G. Baudoin, M. Villegas, M. Suarez, and F. Robert, Survey on Spectrum Utilization in Europe: Measurements, Analyses and

Observations, Proc. of the 5th Int. Conf. on Cognitive Radio Oriented Wireless Networks Communications (CROWNCOM), pp. 1-5, June 2010. [18] Tanim M. Taher, Roger B. Bacchus, Kenneth J. Zdunek, R. Marsálek, Dennis A. Roberson, Long-Term Spectral Occupancy Findings in Chicago, IEEE International Symposium on Dynamic Spectrum Access Networks (DySPAN), 2011. [19] L. Ling et al., A Two Stage Sensing Technique for Dynamic Spectrum Access, IEEE Trans. on Wireless Communications, Vol. 8, No. 6, June 2009. [20] S. Chaudhari et al., Autocorrelation-Based Decentralized Sequential Detection of OFDM Signals in Cognitive Radios, IEEE Trans. on Signal Processing, Vol. 47, pp. 2690-2700. July 2009. [21] Mark A. Richards, James A. Scheer, William A. Holm, Principles of Modern Radar: Basic Principles, SciTech Publishing, 2010. [22] Griffiths, H. D., Christopher Baker, and David Adamy, Stimson's Introduction to Airborne Radar, Scitech Pub Incorporated, 2014. [23] S. Haykin, Cognitive Dynamic Systems: Perception-Action Cycle, Radar and Radio, Cambridge University Press, 2012. [24] J. R. Guerci, Cognitive Radar: The Knowledge-Aided Fully Adaptive Approach, Artech House, 2010. [25] C. Baker, H. Griffiths, A. Balleri, Biologically Inspired Waveform Diversity", chapter 6 of the book. [26] F. Gini, A. De Maio, L. Patton, Waveform Design and Diversity for Advanced Radar Systems, IET 2012. [27] L. A. Miller and A. Surlykkej, How Some Insects Detect and Avoid Being Eaten by Bats: Tactics and Countertactics of Prey and Predator, BioScience, Vol. 51 No. 7, July 2001. [28] J. S. Bergin and P. M. Techau, High-Fidelity Site-Specific Radar Simulation: KASSPER '02 Workshop Datacube, ISL Technical Note, Vienna, May 2002.

## Study modes

-

## Exam modes

-

## 20802045 - TEORIA DELL'INFORMAZIONE E CODICI

**Canale:**N0

**Docente:** NERI ALESSANDRO

**Italiano**

### Prerequisiti

### 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. Codificazione dei segnali audio Caratteristiche del sistema uditivo umano, soglia assoluta di udibilità, percezione dei suoni complessi, banda critica e mascheramento simultaneo, caratteristiche temporali dei meccanismi di mascheramento. Tecniche di codifica del segnale vocale. Codiche temporali: G.711, G.726 e G.727. Codifiche basate su modelli: G.729. Codifiche nel dominio della frequenza: MPEG 1 layer I, II e III, MPEG-2 e MPEG-4. Elementi di codifica delle immagini: la trasformata coseno discreta (DCT) e la codifica JPEG. 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. Codici punturati. Reti bayesiane. Grafi orientati aciclici. Algoritmo di Pearl. Alberi bayesiani. Codici a lineari ablocco a bassa densità (LDPC): definizioni e proprietà. Decodificatore per LDPC. Cenni sulla codifica di canale orientata al pacchetto: codici a fontana e codici Raptor. Teoria della stima. Stima a minimo errore quadratico medio: soluzione generale, caso Gaussiano in Gaussiano. Trasformata discreta di Fourier per processi ciclostazionari. Filtro di Wiener: caso Gaussiano in Gaussiano. Stima a minimo errore assoluto medio (MMAE). Stima a massima probabilità a posteriori (MPA). Stima a massima verosimiglianza (ML). Disuguaglianza di Cramèr Rao mono e pluridimensionale. Stimatori efficienti. Matrice di informazione di Fisher. Stima di tempo d'arrivo. Stima congiunta di tempo d'arrivo e spostamento Doppler. Trasformata wavelet e analisi multirisoluzione. Restauro del segnale nel dominio della trasformata Wavelet.

### Testi

A. Neri. "Appunti dalle lezioni di Teoria dell'Informazione e Codici". Disponibile gratuitamente in forma elettronica dal sito <http://elearning.dia.uniroma3.it/moodle/>. Testi consigliati disponibili gratuitamente in forma elettronica dal sito della Biblioteca di Area Scientifico-tecnologica (<http://host.uniroma3.it/biblioteche/page.php?page=collezione0>) Elements of information theory Thomas M. Cover, Joy A. Thomas, 2. ed., 2006 John Wiley & Sons, Ltd. Essentials of error-control coding Jorge Castiñeira Moreira, Patrick Guy Farrell, c2006 John Wiley & Sons, Ltd.

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

Testi da definire

### Modalità di valutazione

L'esame consiste in una prova scritta con domande a carattere teorico, a risposta aperta e riguardanti l'intero programma del corso. La prova è integrata da una eventuale prova orale. Sono previste tre prove in itinere consistenti in domande teoriche a risposta aperta relativi agli argomenti teorici trattati nella relativa parte di corso.

**English**

## Prerequisites

## Programme

Elements of Information Theory: Entropy, Relative Entropy, and Mutual Information. Joint Entropy and Conditional Entropy. Sufficient Statistics. Fano's Inequality. Lossless source coding. Optimal Codes. Bounds on the Optimal Code Length. Kraft Inequality for Uniquely Decodable Codes. Huffman Codes. Optimality of Huffman Codes. Shannon-Fano-Elias Coding. Universal Source Coding. Universal Coding for Binary Sequences. Arithmetic Coding. Lempel-Ziv Coding. Mutual Information and equivocation. Channel Capacity. Properties of Channel Capacity. Examples of Channel Capacity: Binary Symmetric and Gaussian Channels. Channel Coding Theorem. Fano's Inequality and the Converse to the Coding Theorem. Source-Channel Separation Theorem. Rate Distortion Theory. Scalar Quantization. Max-Lloyd quantizer. Vector Quantization. Linde, Buzo, and Gray algorithm. Audio signals coding. Characteristics of the human auditory system, perception of complex audio signals, absolute threshold of hearing, critical bandwidth, Anatomy and physiology of the basilar membrane. Masking mechanisms. Speech coding in the time domain: G.711, G.726 e G.727. Model based coding: G729. Audio coding in the transform domain: MPEG 1 layer I, II e III, MPEG-2 and MPEG-4. Image coding elements: the Discrete Cosine Transform. JPEG encoding. Channel Coding. Linear Block Codes. Generator Matrix. Block Codes in Systematic Form Parity Check Matrix. Syndrome Error Detection. Minimum Distance of a Block Code. Error-Correction Capability of a Block Code. Syndrome Detection and the Standard Array. Hamming Codes. Reed-Solomon Codes. Convolutional Codes. Convolutional Encoder Representations. Distance Properties of Convolutional Codes. Maximum Likelihood Detection. Markov chains. Decoding of Convolutional Codes: The Viterbi Algorithm. Error Probability Analysis for Convolutional Codes. Hard and Soft Decisions. Punctured Convolutional Codes and Rate-Compatible Schemes. Concatenated encoders, Recursive Systematic Convolutional Encoders. Turbo Encoders. Construction Methods for Turbo Codes: Interleavers, Code Concatenation Methods. Turbo Code Performance as a Function of Size and Type of Interleaver. Decoding of Turbo Codes: The Turbo Decoder, Probabilities and Estimate, Symbol Detection, The Log Likelihood Ratio. The BCJR MAP Algorithm and the LLR Calculation. Turbo Decoding Forward Error Correction and Automatic Repeat ReQuest. Forward Error Correction. Automatic Repeat ReQuest. ARQ Schemes. ARQ Scheme Efficiencies. Hybrid-ARQ Schemes. Low-Density Parity Check Codes. Description of LDPC Codes. Construction of LDPC Codes. Decoding of LDPC Codes: The Tanner Graph. Decoding Algorithm for LDPC Codes Packet oriented channel coding: Fountain and Raptor Codes. Estimation Theory. Minimum Mean Square Error estimator: general solution and Gaussian in Gaussian estimate. Minimum Mean Magnitude error estimator. Maximum Posterior Probability and Maximum Likelihood estimates. Cramèr Rao lower bound for monodimensional and multidimensional estimates. Efficient estimators. Fisher's Information Matrix. Time of arrival estimation. Joint time and Doppler shift estimation. Wavelet transform and multiresolution analysis. Signal restoration based on wavelet transform shrinking.

## Reference books

A. Neri. " Appunti dalle lezioni di Teoria dell'Informazione e Codici ". Freely available at <http://elearning.dia.uniroma3.it/moodle/>. Additional books freely available in the e-book collection of ROMA TRE Biblioteca di Area Scientifico-tecnologica (<http://host.uniroma3.it/biblioteche/page.php?page=collezione0>) Elements of information theory Thomas M. Cover, Joy A. Thomas, 2. ed., 2006 John Wiley & Sons, Ltd. Essentials of error-control coding Jorge Castañeira Moreira, Patrick Guy Farrell, c2006 John Wiley & Sons, Ltd.

## Reference bibliography

-

## Study modes

-

## Exam modes

-

<b>Manifesto degli studi a.a. 2020/2021 (coorte 2020/2021)</b> <b>LM-27 Laurea Magistrale in Ingegneria delle tecnologie della comunicazione e dell'informazione</b> <b>(DM 270/2004)</b>						
N	INSEGNAMENTO	SSD	ATTIVITÀ	CFU	A_S	Ore
<b>INSEGNAMENTI COMUNI PER TUTTI GLI STUDENTI (didattica erogata)</b>						
1	Advanced electromagnetics	ING-INF/02	B	9	1_2	72
2	Elaborazione numerica dei segnali per telecomunicazioni	ING-INF/03	B	9	1_1	72
3	Teoria dell'informazione e codici	ING-INF/03	B	9	1_1	72
<b>INSEGNAMENTI COMUNI PER TUTTI GLI STUDENTI (didattica programmata)</b>						
4	Antennas and propagation	ING-INF/02	B	9	2_1	72
5	Advanced electromagnetic components and circuits	ING-INF/02	B	6	2_2	48
6	Sistemi biometrici	ING-INF/03	B	9	2_1	72
7	Sistemi di telecomunicazione (esame integrato)	ING-INF/03	B	12	2_1	102
7a	Sistemi di localizzazione e navigazione	ING-INF/03	B	6	2_1	48
7b	Telecomunicazioni wireless (mutuato da Ingegneria Informatica)	ING-INF/03	B	6	2_1	54
<b>TOTALE CFU INSEGNAMENTI COMUNI PER TUTTI GLI STUDENTI</b>				<b>63</b>		
<b>Insegnamenti I anno (didattica erogata)</b>						
8-11	quattro insegnamenti per 30 CFU totali (di cui almeno 12 CFU di insegnamenti affini -C) fra i seguenti da scegliere tra il I e II anno:					
	Basi di dati I (mutuato da Ingegneria Informatica)	ING-INF/05	C	6	1_1	54
	Comunicazioni multimediali	ING-INF/03	B	6	1_2	42
	Elettronica dei sistemi programmabili	ING-INF/01	C	9	1_2	72
	Metamaterials	ING-INF/02	B	9	1_2	63
	Ottica	FIS/03	C	6	1_1	48
	Programmazione orientata agli oggetti (mutuato da Ingegneria Informatica)	ING-INF/05	C	9	1_2	81
	Ricerca operativa (mutuato da Ingegneria Civile)	MAT/09	C	6	1_1	54
	Sicurezza dell'informazione (esame integrato) (conta come affine A/I per 6 CFU su 12 CFU)	ING-INF/03	B C	12		84
	Elementi di crittografia	MAT/03	C	6	1_2	42
	Sicurezza delle telecomunicazioni	ING-INF/03	B	6	1_2	42
	Signal processing for human-machine interaction	ING-INF/03	B	6	1_2	42
	Sostenibilità e impatto ambientale	ING-IND/11	C	6	1_1	48
<b>Insegnamenti II anno (didattica programmata)</b>						
	Advanced antenna engineering	ING-INF/02	B	9	2_2	72
	Big data (mutuato da Ingegneria Informatica)	ING-INF/05	C	6	2_2	54
	Infrastrutture delle reti di calcolatori (mutuato da Ingegneria Informatica)	ING-INF/05	C	9	2_1	81
	Signal processing for big data analytics	ING-INF/03	B	6	2_2	42
	Sistemi informativi su web (mutuato da Ingegneria Informatica)	ING-INF/05	C	6	2_2	54
	Software cognitive radio	ING-INF/03	B	6	2_2	42
<b>TOTALE CFU INSEGNAMENTI I/II ANNO</b>				<b>30</b>		
<b>ALTRE ATTIVITÀ OBBLIGATORIE</b>						
12	<b>A SCELTA DELLO STUDENTE</b>		D	12	2	
	Esempi di insegnamenti offerti:					
	ogni altro insegnamento offerto					
	ogni altro insegnamento offerto nelle altre Lauree Magistrali					
	<b>TIROCINIO PROFESSIONALE</b>			3	2	
	<b>ART.10, COMMA 5, LETTERA d)*</b>			3		
	<b>PROVA FINALE DI LAUREA</b>			9	2	
<b>TOTALE CFU ALTRE ATTIVITÀ OBBLIGATORIE</b>				<b>27</b>		
<b>TOTALE CFU LAUREA MAGISTRALE</b>				<b>120</b>		

\*Art. 10, comma 5, lettera d) di cui al DM 270/2004: attività formative, non previste dalle lettere precedenti, 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, tra cui, in particolare, i tirocini formativi e di orientamento di cui al decreto 25 marzo 1998, n. 142, del Ministero del lavoro.

#### 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:

- l'insegnamento di *Sicurezza dell'informazione* è didatticamente diviso nei due moduli di *Elementi di crittografia* e *Sicurezza delle telecomunicazioni* ed è oggetto di esame unico;
- l'insegnamento di *Sistemi di telecomunicazione* è didatticamente diviso nei due moduli di *Sistemi di localizzazione e navigazione* e *Telecomunicazioni wireless* e sarà oggetto di esame unico;
- gli insegnamenti di *Advanced antenna engineering*, *Advanced electromagnetics*, *Advanced electromagnetic components and circuits*, *Antennas and propagation* e *Metamaterials* sono 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.

<b>Manifesto degli studi a.a. 2020/2021 (coorte 2019/2020)</b> <b>LM-27 Laurea Magistrale in Ingegneria delle tecnologie della comunicazione e dell'informazione</b> <b>(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 electromagnetics	ING-INF/02	B	9	1_2	72
2	Elaborazione numerica dei segnali per telecomunicazioni	ING-INF/03	B	9	1_1	72
3	Ottica	FIS/03	C	6	1_1	48
4	Teoria dell'informazione e codici	ING-INF/03	B	9	1_1	72
<b>INSEGNAMENTI COMUNI PER TUTTI GLI STUDENTI (didattica erogata)</b>						
5	Antennas and propagation	ING-INF/02	B	9	2_1	72
6	Advanced electromagnetic components and circuits	ING-INF/02	B	6	2_2	48
7	Sistemi biometrici	ING-INF/03	B	9	2_1	72
8	Sistemi di telecomunicazione (esame integrato)	ING-INF/03	B	12	2_1	102
8a	Sistemi di localizzazione e navigazione	ING-INF/03	B	6	2_1	48
8b	Telecomunicazioni wireless (mutuato da Ingegneria Informatica)	ING-INF/03	B	6	2_1	54
<b>TOTALE CFU INSEGNAMENTI COMUNI PER TUTTI GLI STUDENTI</b>				<b>69</b>		
<b>percorso tecnologie</b> <b>Insegnamenti I anno (didattica già fruita)</b>						
9-11	tre insegnamenti per 24 CFU totali (di cui almeno 6 CFU di insegnamenti affini - C) fra i seguenti:					
	Elettronica dei sistemi programmabili	ING-INF/01	C	9	1_2	72
	Metamaterials	ING-INF/02	B	9	1_2	63
	Sostenibilità e impatto ambientale	ING-IND/11	C	6	1_1	48
<b>Insegnamenti II anno (didattica erogata)</b>						
	Advanced antenna engineering	ING-INF/02	B	9	2_2	72
	Software cognitive radio	ING-INF/03	B	6	2_2	42
<b>TOTALE CFU INSEGNAMENTI DEL PERCORSO</b>				<b>24</b>		
<b>percorso servizi</b> <b>Insegnamenti I anno (didattica già fruita)</b>						
9-11	tre insegnamenti per 24 CFU totali (di cui almeno 6 CFU di insegnamenti affini - C) fra i seguenti:					
	Comunicazioni multimediali	ING-INF/03	B	6	1_2	42
	Sicurezza dell'informazione (esame integrato) (conta come affine A/I per 6 CFU su 12 CFU)	ING-INF/03	B	12		84
	Elementi di crittografia	MAT/03	C	6	1_2	42
	Sicurezza delle telecomunicazioni	ING-INF/03	B	6	1_2	42
	Basi di dati I (mutuato da Ingegneria Informatica)	ING-INF/05	C	6	1_1	54
	<i>ulteriori insegnamenti mutuati inseribili nel percorso:</i>					
	Programmazione orientata agli oggetti (mutuato da Ingegneria Informatica)	ING-INF/05	C	9	1_2	81
	Ricerca operativa (mutuato da Ingegneria Civile)	MAT/09	C	6	1_1	54
<b>Insegnamenti II anno (didattica erogata)</b>						
	Big data (mutuato da Ingegneria Informatica)	ING-INF/05	C	6	2_2	54
	Signal processing for big data analytics	ING-INF/03	B	6	2_2	42
	<i>ulteriori insegnamenti mutuati inseribili nel percorso:</i>					
	Infrastrutture delle reti di calcolatori (mutuato da Ingegneria Informatica)	ING-INF/05	C	9	2_1	81
	Sistemi informativi su web (mutuato da Ingegneria Informatica)	ING-INF/05	C	6	2_2	54
<b>TOTALE CFU INSEGNAMENTI DEL PERCORSO</b>				<b>24</b>		

ALTRE ATTIVITÀ OBBLIGATORIE					
12	A SCELTA DELLO STUDENTE	D	12	2	
	Esempi di insegnamenti offerti:				
	ogni altro insegnamento offerto in entrambi i percorsi				
	ogni altro insegnamento offerto nelle altre Lauree Magistrali				
	<b>TIROCINIO PROFESSIONALE</b>		3	2	
	<b>ART.10, COMMA 5, LETTERA d)*</b>		3		
	<b>PROVA FINALE DI LAUREA</b>		9	2	
	<b>TOTALE CFU ALTRE ATTIVITÀ OBBLIGATORIE</b>		<b>27</b>		
	<b>TOTALE CFU LAUREA MAGISTRALE</b>		<b>120</b>		

*\*Art. 10, comma 5, lettera d) di cui al DM 270/2004: attività formative, non previste dalle lettere precedenti, 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, tra cui, in particolare, i tirocini formativi e di orientamento di cui al decreto 25 marzo 1998, n. 142, del Ministero del lavoro.*

**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:

- l'insegnamento di *Sicurezza dell'informazione* è didatticamente diviso nei due moduli di *Elementi di crittografia* e *Sicurezza delle telecomunicazioni* ed è oggetto di esame unico;
- l'insegnamento di *Sistemi di telecomunicazione* è didatticamente diviso nei due moduli di *Sistemi di localizzazione e navigazione* e *Telecomunicazioni wireless* e sarà oggetto di esame unico;
- gli insegnamenti di *Advanced antenna engineering*, *Advanced electromagnetics*, *Advanced electromagnetic components and circuits*, *Antennas and propagation* e *Metamaterials* sono 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 tecnologie della comunicazione e dell'informazione-LM 27***

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

Preso atto dell'accertata possibilità di consentire l'accesso al tirocinio nell'ambito sia della Laurea che 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 la Laurea e la 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 let. 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 75 ore e corrisponde a 3 CFU tanto per la Laurea che per la Laurea Magistrale.

#### **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 può ottenere l'assegnazione del tirocinio quando, essendo iscritto almeno al terzo anno di corso, abbia già acquisito 120 CFU corrispondenti ad attività formative previste dal proprio piano degli studi.

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 tecnologie della comunicazione e dell'informazione-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.

Lo studente, sulla base delle informazioni ottenute, e in accordo con il Docente-Relatore scelto, presenta la domanda d'assegnazione, compilando il modulo on-line, disponibile sul sito del Dipartimento, che viene inviato sia alla Segreteria Didattica che al Docente-Relatore.

Lo studente può presentare domanda di assegnazione solo qualora debba conseguire non più di 30 CFU, con esclusione di quelli della PFL e dei 3 CFU del tirocinio.

La domanda dovrà essere trasmessa in Segreteria Didattica al più tardi 3 (tre) mesi antecedenti la seduta di laurea.

Almeno 20 (venti) giorni prima della data fissata per la discussione della PFL, il Docente-Relatore comunica alla Segreteria del CD eventuali difformità rispetto all'elenco dei candidati per la discussione della PFL, come risultante dall'elenco ricavato dall'area riservata del portale dello studente.

#### **Art. 3 Modalità di illustrazione della PFL**

L'elaborato, debitamente rilegato, ed il relativo documento elettronico, sono controfirmati dal Docente-Relatore ed eventualmente dal Co-Relatore, per essere consegnati a cura dello studente presso l'area didattica del Dipartimento o per via telematica qualora in accordo con le procedure definite dall'area didattica del Dipartimento.

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 della relazione di fronte alla CL i candidati possono utilizzare i mezzi e gli strumenti audiovisivi ritenuti più opportuni, quali:

- presentazione orale,
- presentazione mediante videoproiettore,
- altro,

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 e “l’Art. 10, comma 5 lettera d” 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;
- non si possono inserire esami in soprannumero nel PdS, ma se negli stessi PdS inserendo un esame a scelta si superano i 120 CFU della Laurea Magistrale, i CFU in esubero saranno conteggiati nella media finale (delibere del CCD nelle sedute del 11/09/2009 e del 30/10/2013).

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. In tali casi, almeno 15 giorni prima della seduta di laurea il relatore presenta una relazione scritta al Coordinatore del Collegio Didattico contenente un’ampia descrizione del lavoro svolto dal laureando nella prova finale ed i documenti che motivano l’eccezionalità dell’incremento (ad esempio articoli scientifici già sottomessi o pubblicati o domande di brevetto, in cui sia enucleabile il contributo originale del candidato, inerenti il tema dell’elaborato). Tale relazione viene messa a disposizione della CL per la valutazione.

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.