

# Regolamento didattico del corso di laurea magistrale in Ingegneria elettronica per l'industria e l'innovazione LM-29

Anno accademico da cui il Regolamento ha decorrenza: a.a. 2026-2027

Data di approvazione del Regolamento dal Senato Accademico: 20 maggio 2026

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

## Indice

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

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

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

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

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

Il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica per l'Industria e l'Innovazione mira a formare una figura professionale in grado di sviluppare, progettare, gestire tecnologie, componenti e sistemi elettronici in grado non solo di operare nel vasto campo di applicazioni della moderna Ingegneria Elettronica ma anche di ideare e sviluppare soluzioni innovative grazie a solide basi metodologiche.

L'ingegnere elettronico per l'industria e l'innovazione dovrà possedere sia una conoscenza approfondita degli aspetti tecnici tipici dell'ingegneria elettronica che degli aspetti scientifici dell'elettronica moderna che, sempre più trasversale, richiede: competenze multidisciplinari, la conoscenza di tecnologie in rapida evoluzione e una comprensione scientifica d'avanguardia, oltre alla padronanza delle consolidate metodologie di analisi e progettazione.

Obiettivo del Corso di Laurea è formare un Ingegnere Elettronico con le competenze necessarie ad operare su diversi livelli, a partire dai materiali e i dispositivi verso circuiti, sistemi, tecnologie e applicazioni e con competenze multidisciplinari che gli consentono di operare nei numerosi contesti applicativi di grande interesse e rapido sviluppo, come telecomunicazioni, automazione industriale, salute, automotive, ambiente, sicurezza, energia.

Al termine del ciclo di studi l'ingegnere elettronico avrà acquisito la capacità di formulare e risolvere problemi complessi e/o che richiedano approcci e soluzioni originali, di promuovere e gestire l'innovazione tecnologica e di adeguarsi ai rapidi mutamenti tipici dei settori ad alto contenuto tecnologico.

Il corso di laurea si propone pertanto di formare una figura professionale capace di:

- progettare, pianificare, ingegnerizzare componenti, dispositivi, apparati, sistemi e servizi;
- progettare sistemi embedded a partire dalla definizione delle specifiche fino alla fase realizzativa dei prototipi;
- progettare e gestire esperimenti di elevata complessità;
- sviluppare materiali e dispositivi innovativi sia elettronici che optoelettronici, con competenze anche nel campo delle nanotecnologie e delle moderne tecnologie di integrazione (More than Moore e Beyond Moore);
- trasformare conoscenze scientifiche in nuove tecnologie e trasferire l'innovazione al sistema produttivo;
- collaudare e verificare la sicurezza e l'affidabilità di componenti e sistemi;
- identificare e risolvere, anche in modo innovativo, problemi complessi che richiedono un approccio interdisciplinare grazie alle conoscenze degli aspetti tecnico-scientifici dell'ingegneria elettronica e dei campi ad essa prossimi;

Allo scopo di raggiungere tali obiettivi, il percorso didattico è incardinato sulle materie caratterizzanti della classe (elettronica, nei suoi vari aspetti, misure elettriche ed elettroniche, campi elettromagnetici), supportate da attività didattiche di base e affini-integrative strettamente correlate quali fisica e chimica per l'elettronica, elettrotecnica, elettronica di potenza.

Alla connotazione multidisciplinare della figura professionale che si intende formare, si provvede con l'ampia e diversificata offerta formativa del secondo anno che consente di acquisire le competenze necessarie ad operare in numerosi campi applicativi.

Il corso di Laurea prevede inoltre specifici corsi di laboratorio e corsi al cui interno sono previste esercitazioni pratiche in laboratorio, che forniscono le conoscenze delle metodologie sperimentali e della strumentazione, necessarie alle competenze legate alla sperimentazione di soluzioni innovative, alla conduzione di esperimenti complessi, al monitoraggio, alla certificazione e alla qualificazione di prodotti e processi.

Il corso di Laurea prevede inoltre attività volte a favorire l'interazione con il mondo del lavoro tramite lo svolgimento di tirocini formativi e tesi che possono essere svolti presso aziende, imprese, centri di ricerca e istituzioni sia nazionali che internazionali.

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

### 1. Funzione in un contesto di lavoro

La figura professionale dell'Ingegnere Elettronico per l'Industria e l'Innovazione conduce ricerche ovvero applica le conoscenze esistenti in materia di elettronica e di proprietà elettroniche dei materiali per disegnare, progettare e controllare funzionalmente sistemi, apparati, circuiti e componenti elettronici per usi commerciali, industriali o scientifici. Contribuisce a innovare la conoscenza scientifica e la sua applicazione in ambito produttivo. Può inoltre sovrintendere e dirigere tali attività.

Alcune tra le principali funzioni dell'Ingegnere Elettronico di secondo livello sono:

- Progettista di dispositivi
- Progettista di circuiti
- Ingegnere di ricerca e sviluppo
- Responsabile di laboratorio
- Ingegnere elettronico analista
- Progettista di dispositivi e sistemi a microonde
- Libero professionista

## **2. Competenze associate alla funzione**

La Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica per l'Industria e l'Innovazione fornisce molteplici competenze, tra cui:

- conoscere gli aspetti scientifici e tecnici dell'ingegneria elettronica, che permettono di affrontare problemi complessi e che richiedono un approccio originale e interdisciplinare;
- utilizzare e progettare dispositivi, circuiti e sistemi elettronici e optoelettronici;
- utilizzare e progettare sistemi embedded con sensori, microcontrollori, alimentazione e connettività;
- utilizzare dispositivi elettronici programmabili, come microcontrollori, microprocessori, FPGA;
- utilizzare e sviluppare strumentazione di laboratorio;
- condurre esperimenti scientifici di elevata complessità, risolvendo problematiche ingegneristiche che richiedono un approccio interdisciplinare;
- conoscere le proprietà elettroniche e ottiche dei materiali per l'elettronica e le relative tecnologie;
- capacità di collaborare alla progettazione, prototipazione e produzione di sistemi o apparati misti (come ad esempio, automotive, aerospaziali, energetici, elettrici, per l'ambiente, per la salute, ecc.);
- trasferire l'innovazione ai processi produttivi e gestirne l'applicazione ai settori delle tecnologie avanzate;
- *soft skills*, come autonomia, flessibilità, organizzazione del lavoro, gestione delle informazioni, comunicazione, team-work;
- essere in grado di utilizzare fluentemente, in forma scritta e orale, almeno una lingua dell'Unione Europea oltre l'italiano.

## **3. Sbocchi occupazionali**

Gli sbocchi occupazionali dei laureati in Ingegneria Elettronica per l'Industria e l'Innovazione sono estremamente ampi e variegati.

I principali sbocchi occupazionali sono quelli dell'innovazione, della progettazione avanzata, dello sviluppo della produzione, della pianificazione e programmazione, della gestione di sistemi complessi nelle imprese manifatturiere o di servizi, nella libera professione, nelle amministrazioni pubbliche e nei centri di ricerca.

Tra le principali collocazioni dell'Ingegnere Elettronico di secondo livello si possono citare:

- imprese di progettazione di componenti, apparati e sistemi elettronici ed optoelettronici;
- industrie di elettronica consumer;
- industrie di semiconduttori, di circuiti integrati e di sistemi embedded;
- industrie ad alta tecnologia trasversale, quali automotive, aerospaziali, energetici, elettrici, per l'ambiente, per la salute;
- industrie di strumentazione elettronica, optoelettronica, per applicazioni analitiche, e per laboratori di ricerca e sviluppo;
- amministrazioni pubbliche e imprese di servizi;

- industrie di automazione industriale, sensori, robotica, domotica;
- società di consulenza per la progettazione sistemi e applicazioni;
- enti di ricerca scientifica e tecnologica nazionali e internazionali;
- attività di libero professionista.

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

1. Ingegneri elettronici - (2.2.1.4.1)
2. Ingegneri progettisti di calcolatori e loro periferiche – (2.2.1.4.2)
3. Ricercatori e tecnici laureati nelle scienze matematiche e dell'informazione - (2.6.2.1.1)
4. 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 curriculari**

Per l'accesso alla Laurea magistrale in Ingegneria elettronica per l'industria e l'innovazione è richiesto il possesso di una laurea 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'accesso alla Laurea magistrale può avvenire anche a partire dalle lauree delle classi L-9 Ingegneria industriale e L-30 Scienze e tecnologie fisiche attraverso un'attenta valutazione del curriculum dello studente. 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 curriculari, 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).

Può avvenire anche a partire dalle lauree delle classi L-9 Ingegneria industriale e L-30 Scienze e tecnologie fisiche attraverso un'attenta valutazione del curriculum dello studente.

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.

Per accedere proficuamente al Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria elettronica per l'industria e l'innovazione è necessario che:

- il candidato sia in grado di comunicare efficacemente, in forma scritta e orale, in lingua italiana e inglese (per gli studenti in possesso di titolo estero il riconoscimento dell'idoneità della lingua italiana è effettuato sulla base del superamento della prova di verifica svolta presso il Centro Linguistico di Ateneo, come previsto dal "Regolamento per l'ammissione ai corsi universitari con titolo estero e per il riconoscimento dei titoli esteri", disponibile al seguente link: [https://portalestudente.uniroma3.it/wp-content/uploads/sites/2/file\\_locked/2025/06/Reg\\_studenti-con-titolo-estero .pdf](https://portalestudente.uniroma3.it/wp-content/uploads/sites/2/file_locked/2025/06/Reg_studenti-con-titolo-estero.pdf));

- il candidato abbia competenze di analisi matematica, geometria ed algebra, fisica, chimica, elettrotecnica, fisica tecnica, fondamenti di elettronica analogica e digitale, fondamenti di informatica, fondamenti di

automatica, telecomunicazioni, campi elettromagnetici misure elettriche, tipiche dei corsi di laurea in Ingegneria elettronica.

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

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

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

### **1. Norme comuni**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- Laurea Magistrale D.M. 270/2004 in Biomedical Engineering;
- Laurea Magistrale D.M. 270/2004 in Ingegneria delle telecomunicazioni;

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

- Laurea Magistrale D.M. 270/2004 in Ingegneria informatica;
- Laurea Magistrale D.M. 270/2004 in Ingegneria gestionale e dell'automazione;

per le quali sarà assicurato il riconoscimento del maggior numero possibile dei crediti già maturati e salvo verifica del titolo di studio di Laurea di primo livello in possesso dello 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 in Ingegneria elettronica. 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 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 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 elettronica per l'industria e l'innovazione 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 di I livello, nonché tutti i programmi degli insegnamenti relativi agli esami sostenuti, sia nella Laurea che nella Laurea Magistrale. I programmi dovranno pervenire alla Segreteria Didattica mediante inserimento nel sistema elettronico ovvero mediante posta elettronica indirizzata alla Segreteria del Collegio Didattico di Ingegneria Elettronica.

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

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

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

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

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

Il riconoscimento viene effettuato:

- a) nei limiti previsti dalle norme vigenti: massimo 24 CFU per i corsi di laurea magistrale;
- b) sulla base di criteri di stretta coerenza con gli obiettivi formativi e i risultati di apprendimento attesi riferibili a questo corso di studio.

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

- a) attività formative previste tra le discipline di base o caratterizzanti o affini del corso di studio, nel caso in cui sia documentato il possesso di capacità e competenze corrispondenti agli obiettivi formativi e ai risultati di apprendimento attesi di uno o più corsi di insegnamento previsti dal regolamento didattico del corso di studio. Il riconoscimento può riguardare l'intero numero di CFU attribuiti al corso di insegnamento o un numero di CFU inferiore. Nel caso di riconoscimento di un numero inferiore di CFU,

per l'acquisizione dei restanti CFU lo studente è tenuto a svolgere l'esame o l'altra forma di verifica del profitto di cui al successivo Art. 6 comma 6;

- b) attività formative a scelta dello studente, con l'applicazione dei medesimi criteri di cui alla lettera a);
- c) attività formative volte ad acquisire ulteriori conoscenze linguistiche, nonché abilità informatiche e telematiche, relazionali, o comunque utili per l'inserimento nel mondo del lavoro, nonché attività formative volte ad agevolare le scelte professionali, mediante la conoscenza diretta del settore lavorativo cui il titolo di studio può dare accesso.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### **2. Tipologia delle forme didattiche**

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

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

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

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

### **3. CFU ed ore di didattica frontale**

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

Il corso di laurea magistrale prevede un impegno di didattica frontale 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 sul sito del Dipartimento

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

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

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

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

### **5. Tutorato**

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

### **6. Esami di profitto e composizione delle commissioni**

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

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

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

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

- specifiche situazioni personali, relative a studenti con gravi e documentate patologie o infermità ai sensi della legge n. 104/1992 e della legge n. 17/1999 o a studenti in detenzione nel rispetto delle linee guida definite dal Ministero della Giustizia - Dipartimento dell'Amministrazione Penitenziaria d'intesa con la Conferenza nazionale dei delegati dei Rettori per i poli universitari penitenziari;

- temporanee situazioni emergenziali che consentono l'erogazione della didattica a distanza, nonché l'eventuale svolgimento a distanza delle prove d'esame. In tal caso il provvedimento dell'Ateneo che dispone l'attivazione temporanea della modalità a distanza della didattica ovvero delle prove d'esame è sottoposto al preventivo nulla osta ministeriale.

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

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

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

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

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

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

A tal proposito, il Dipartimento individua un referente.

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

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

Il corso di Laurea Magistrale in Ingegneria elettronica per l'industria e l'innovazione 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 percorso formativo è riportato nell'allegato n.3.

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

## **Art. 8. Piano di studio**

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

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

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

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

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

- b) Per gli studenti a tempo parziale, il Collegio Didattico definisce individualmente sulla base della proposta dello studente uno specifico percorso formativo, organizzato nel rispetto dei contenuti didattici dell'ordinamento del Corso, distribuendo le attività formative ed i crediti da conseguire.
- c) È possibile l'acquisizione di crediti formativi presso altri atenei italiani sulla base di convenzioni stipulate tra le istituzioni interessate, ai sensi della normativa vigente.

### Art. 9. Mobilità internazionale

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

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

### Art. 10. Caratteristiche della prova finale

La laurea magistrale in Ingegneria elettronica per l'industria e l'innovazione si consegue previo superamento di una prova finale, che consiste nello sviluppo, da parte dello studente, con la guida di un Docente, il relatore, e da eventuali Co-relatori, di un lavoro, la tesi di Laurea, in forma di elaborato scritto, avente carattere innovativo e che affronti aspetti di analisi e/o di sintesi relativi ad argomenti coerenti con gli obiettivi formativi del corso di studio.

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

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

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

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

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

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

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

- specifiche situazioni personali, relative a studenti con gravi e documentate patologie o infermità ai sensi della legge n. 104/1992 e della legge n. 17/1999 o a studenti in detenzione nel rispetto delle linee guida definite dal Ministero della Giustizia - Dipartimento dell'Amministrazione Penitenziaria d'intesa con la Conferenza nazionale dei delegati dei Rettori per i poli universitari penitenziari;
- temporanee situazioni emergenziali che consentono l'erogazione della didattica a distanza nonché l'eventuale svolgimento a distanza dell'esame finale previo apposito provvedimento dell'Ateneo.

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

Il Collegio Didattico si avvale di un Gruppo di Riesame, 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. 2026-2027 e rimangono in vigore per l'intero ciclo formativo (e per la relativa coorte studentesca) avviato da partire dal suddetto a.a. Si applicano inoltre ai successivi anni accademici e relativi percorsi formativi (e coorti) fino all'entrata in vigore di successive modifiche regolamentari.

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

### Allegato 1

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

### Allegato 2

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

### Allegato 3

Percorso formativo del corso di laurea magistrale

### Allegato 4

Regolamento per le attività di tirocinio

### Allegato 5

Regolamento per la prova finale di laurea

## DIDATTICA PROGRAMMATA 2026/2027

### Ingegneria elettronica per l'industria e l'innovazione (LM-29)

Dipartimento: INGEGNERIA INDUSTRIALE, ELETTRONICA E MECCANICA

Codice CdS: 108653

Codice SUA: 1628258

Area disciplinare: ScientificoTecnologica

Curricula previsti:

- Curriculum unico

#### CURRICULUM: Curriculum unico

#### Primo anno

##### Primo semestre

| Denominazione<br>(Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)                              | SSD       | CFU | Ore | Lingua |
|--|-----------|-----|-----|--------|
| <b>20801707 - CHIMICA DELLE TECNOLOGIE</b><br><i>TAF C - Attività formative affini o integrative</i>     | CHEM-06/A | 6   | 48  | ITA    |
| <b>20802050 - CIRCUITI E SISTEMI ELETTRICI</b><br><i>TAF C - Attività formative affini o integrative</i> | IJET-01/A | 9   | 72  | ITA    |
| <b>20810065 - ELETTRONICA QUANTISTICA E OTTICA</b>   |           |     |     |        |
| MODULO - ELETTRONICA QUANTISTICA<br><i>TAF C - Attività formative affini o integrative</i>               | PHYS-03/A | 6   | 48  | ITA    |
| MODULO - OTTICA<br><i>TAF C - Attività formative affini o integrative</i>                                | PHYS-03/A | 6   | 48  | ITA    |

##### Secondo semestre

| Denominazione<br>(Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)  | SSD       | CFU | Ore | Lingua |
|--|-----------|-----|-----|--------|
| <b>20810338 - ADVANCED ENGINEERING ELECTROMAGNETICS</b><br><i>TAF B - Ingegneria elettronica</i>   | IINF-02/A | 9   | 72  | ENG    |
| <b>20802093 - ELETTRONICA DEI SISTEMI PROGRAMMABILI</b><br><i>TAF B - Ingegneria elettronica</i>   | IINF-01/A | 9   | 72  | ITA    |
| <b>20801888 - ELETTRONICA DI POTENZA</b><br><i>TAF C - Attività formative affini o integrative</i>   | IIND-08/A | 9   | 72  | ITA    |
| <b>GRUPPO OPZIONALE Numero 8: UN insegnamento obbligatorio</b>   |           |     |     |        |
| <b>GRUPPO OPZIONALE Numero 9: UN insegnamento caratterizzante (B) tra I e II anno per 9 CFU (con esclusione dell'insegnamento già scelto al punto 8)</b> |           |     |     |        |
| <b>20810069 - SOLID STATE MEASURING DEVICES</b><br><i>TAF B - Ingegneria elettronica</i>   | IMIS-01/B | 9   | 72  | ITA    |

#### Secondo anno

##### Primo semestre

| Denominazione<br>(Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)  | SSD | CFU | Ore | Lingua |
|--|-----|-----|-----|--------|
| <b>GRUPPO OPZIONALE Numero 10-11: DUE insegnamenti (caratterizzanti o affini) tra I e II anno per 12 CFU totali, di cui almeno 6 caratterizzanti (B)</b> |     |     |     |        |
| <b>GRUPPO OPZIONALE Numero 8: UN insegnamento obbligatorio</b>   |     |     |     |        |

| Denominazione<br>(Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)  | SSD | CFU | Ore | Lingua |
|--|-----|-----|-----|--------|
| <b>GRUPPO OPZIONALE Numero 9: UN insegnamento caratterizzante (B) tra I e II anno per 9 CFU (con esclusione dell'insegnamento già scelto al punto 8)</b> |     |     |     |        |

## Secondo semestre

| Denominazione<br>(Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)  | SSD | CFU | Ore | Lingua |
|--|-----|-----|-----|--------|
| <b>20810000 - CFU A SCELTA STUDENTE</b><br><i>TAF D - A scelta dello studente</i>  |     | 12  | 96  | ITA    |
| <b>GRUPPO OPZIONALE Numero 10-11: DUE insegnamenti (caratterizzanti o affini) tra I e II anno per 12 CFU totali, di cui almeno 6 caratterizzanti (B)</b> |     |     |     |        |
| <b>GRUPPO OPZIONALE Numero 8: UN insegnamento obbligatorio</b>   |     |     |     |        |
| <b>GRUPPO OPZIONALE Numero 9: UN insegnamento caratterizzante (B) tra I e II anno per 9 CFU (con esclusione dell'insegnamento già scelto al punto 8)</b> |     |     |     |        |
| <b>20810421 - PROVA FINALE DI LAUREA</b><br><i>TAF E - Per la prova finale</i>   |     | 9   | 225 | ITA    |
| <b>20802015 - TIROCINIO</b><br><i>TAF S - Per stages e tirocini presso imprese, enti pubblici o privati, ordini professionali</i>                        |     | 6   | 150 | ITA    |

## GRUPPI OPZIONALI

### GRUPPO OPZIONALE Numero 8: UN insegnamento obbligatorio

| Denominazione<br>(Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)                  | SSD       | CFU | Ore | Lingua |
|--|-----------|-----|-----|--------|
| <b>20810540 - ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION</b><br><i>TAF B - Ingegneria elettronica</i> | IINF-02/A | 9   | 72  | ENG    |
| <b>20801928 - OPTOELETTRONICA</b><br><i>TAF B - Ingegneria elettronica</i>                   | IINF-01/A | 9   | 72  | ITA    |
| <b>20810068 - PROGETTAZIONE ELETTRONICA</b><br><i>TAF B - Ingegneria elettronica</i>         | IINF-01/A | 9   | 72  | ITA    |

### GRUPPO OPZIONALE Numero 9: UN insegnamento caratterizzante (B) tra I e II anno per 9 CFU (con esclusione dell'insegnamento già scelto al punto 8)

| Denominazione<br>(Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)   | SSD       | CFU | Ore | Lingua |
|---|-----------|-----|-----|--------|
| <b>20810540 - ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION</b><br><i>TAF B - Ingegneria elettronica</i>                        | IINF-02/A | 9   | 72  | ENG    |
| <b>20810542 - ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR ELECTROMAGNETIC TECHNOLOGIES</b><br><i>TAF B - Ingegneria elettronica</i> | IINF-02/A | 9   | 72  | ENG    |
| <b>20810543 - METAMATERIALS AND METASURFACES FOR WAVE ENGINEERING</b><br><i>TAF B - Ingegneria elettronica</i>      | IINF-02/A | 9   | 72  | ENG    |
| <b>20801928 - OPTOELETTRONICA</b><br><i>TAF B - Ingegneria elettronica</i>  | IINF-01/A | 9   | 72  | ITA    |
| <b>20810068 - PROGETTAZIONE ELETTRONICA</b><br><i>TAF B - Ingegneria elettronica</i>                                | IINF-01/A | 9   | 72  | ITA    |

### GRUPPO OPZIONALE Numero 10-11: DUE insegnamenti (caratterizzanti o affini) tra I e II anno per 12 CFU totali, di cui almeno 6 caratterizzanti (B)

| Denominazione<br>(Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)   | SSD       | CFU | Ore | Lingua |
|---|-----------|-----|-----|--------|
| <b>20810541 - ADVANCED ANTENNA ENGINEERING</b><br><i>TAF B - Ingegneria elettronica</i>                                 | IINF-02/A | 6   | 48  | ENG    |
| <b>20802052 - DISPOSITIVI E SISTEMI FOTOVOLTAICI</b><br><i>TAF B - Ingegneria elettronica</i>                           | IINF-01/A | 6   | 48  | ITA    |
| <b>20840099 - FOTONICA AVANZATA IN CRISTALLI LIQUIDI</b><br><i>TAF B - Ingegneria elettronica</i>                       | IINF-01/A | 6   | 48  | ITA    |
| <b>20810398 - INTELLIGENZA ARTIFICIALE PER L'INGEGNERIA</b><br><i>TAF C - Attività formative affini o integrative</i>   | IIEE-01/A | 6   | 48  | ITA    |
| <b>20840083 - LABORATORIO DI PROGETTAZIONE ANALOGICA INTEGRATA</b><br><i>TAF B - Ingegneria elettronica</i>             | IINF-01/A | 6   | 48  | ITA    |
| <b>20810202 - MICRO E NANOTECNOLOGIE ELETTRONICHE</b><br><i>TAF B - Ingegneria elettronica</i>                          | IINF-01/A | 6   | 48  | ITA    |
| <b>20810403 - PROGETTO DI CONVERTITORI STATICI DI POTENZA</b><br><i>TAF C - Attività formative affini o integrative</i> | IIND-08/A | 6   | 42  | ITA    |
| <b>20810086 - SUPERCONDUTTIVITÀ SPERIMENTALE</b><br><i>TAF B - Ingegneria elettronica</i>                               | IMIS-01/B | 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

### 20810541 - ADVANCED ANTENNA ENGINEERING

#### Italiano

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

#### Inglese

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

### 20810338 - ADVANCED ENGINEERING ELECTROMAGNETICS

#### Italiano

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

#### Inglese

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

### 20810540 - ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION

#### Italiano

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

#### Inglese

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

### 20810540 - ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION

#### Italiano

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

## Inglese

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

### 20810542 - ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR ELECTROMAGNETIC TECHNOLOGIES

## Italiano

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

## Inglese

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

### 20810000 - CFU A SCELTA STUDENTE

## Italiano

Per il completamento del proprio Piano degli Studi, lo studente potrà scegliere tra gli ulteriori insegnamenti offerti a scelta dello studente, oppure insegnamenti offerti nelle altre Lauree Magistrali attive in Ateneo.

## Inglese

To complete their Study Plan, students can choose from additional courses offered in this "Laurea Magistrale" (Master's degree) or courses offered in the other active "Laurea Magistrale" degrees (Master's degrees) of this University.

### 20801707 - CHIMICA DELLE TECNOLOGIE

## Italiano

Il corso ha il compito di ampliare le conoscenze chimiche dello studente nell'ambito dei processi tecnologici relativi all'elettronica, sia quelli ormai consolidati industrialmente ma anche quelli maggiormente innovativi.

## Inglese

The course has the task of increasing the knowledge in chemical process technology related to electronics, both well-established industrially but also more innovative ones.

### 20802050 - CIRCUITI E SISTEMI ELETTRICI

## Italiano

Scopo del corso è fornire agli studenti della laurea magistrale le nozioni di base relative ai metodi di analisi dei sistemi di generazione, conversione e trasmissione dell'energia elettrica. Vengono indicate le linee guida della progettazione dei sistemi e degli apparati per la distribuzione dell'energia elettrica e degli impianti elettrici di alta, media e bassa tensione.

## Inglese

The course aims at providing students of the master degree the basic concepts of analysis methods of systems for the generation, the conversion and the transmission of electrical energy. The guiding principles of the design of systems and equipment for power electrical distribution and for hv and lv electrical installations are also treated.

## 20802052 - DISPOSITIVI E SISTEMI FOTOVOLTAICI

### Italiano

Il corso fornisce una conoscenza di base dei principi fisici di funzionamento e delle tecnologie dei dispositivi fotovoltaici partendo dalle celle solari di prima generazione in silicio (cristallino, policristallino e amorfo) e proseguendo con i dispositivi di seconda (tecnologie a film sottile) e terza generazione (celle multigiunzione). Il corso tratta dispositivi, moduli e sistemi fotovoltaici e comprende un'introduzione all'accumulo e alla distribuzione dell'energia solare. Obiettivo del corso è far acquisire le conoscenze specifiche per il progetto, l'analisi e la caratterizzazione di dispositivi e sistemi fotovoltaici. Sono previste esercitazioni in laboratorio su celle commerciali e sperimentali e simulazioni con SPICE.

### Inglese

The course provides basic understanding of physics and technology of photovoltaic devices, from first generation silicon solar cells (crystalline, polycrystalline, amorphous) to second (thin-films technology) and third generation (multi-junction) solar cells. The course deals with devices, modules and systems and includes an introduction to storage and distribution of solar energy. The objective is to provide the specific knowledge for the design, analysis and characterization of solar cells and systems. The course includes a number of laboratory experiments on solar cells and SPICE simulations

## 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.

## 20801888 - ELETTRONICA DI POTENZA

### Italiano

Conoscere le configurazioni e le caratteristiche di funzionamento degli apparati statici di potenza che utilizzano dispositivi a semiconduttore per realizzare la conversione controllata dell'energia elettrica. Conoscere le modalità di impiego dei convertitori elettronici di potenza nei principali campi applicativi quali gli azionamenti elettrici, i sistemi di continuità assoluta, la generazione distribuita di potenza elettrica da fonti rinnovabili e la gestione ottimizzata dei sistemi di accumulo dell'energia.

### Inglese

Understanding configurations and operating characteristics of static power apparatus that use semiconductor devices for achieving the controlled conversion of electric energy. Learning how to use of electronic power converters in the main areas of application such as electrical drives, uninterrupted power supply (ups) systems, distributed generation of electric power from renewable sources and improved management of energy storage systems.

## 20810065 - ELETTRONICA QUANTISTICA E OTTICA

( ELETTRONICA QUANTISTICA )

### Italiano

- familiarizzare lo studente con i principali risultati sperimentali che portarono a quella riformulazione delle basi teoriche della Fisica necessaria per descrivere i fenomeni su scala atomica; - introdurre lo studente al concetto funzione d'onda e all'equazione di Schroedinger; - fornire allo studente gli strumenti operativi per risolvere alcuni problemi concernenti i sistemi quantistici più semplici (buca di potenziale, oscillatore armonico); - fornire allo studente l'interpretazione in termini quantistici del comportamento fisico di alcuni sistemi complessi (come ad es. atomi idrogenoidi, spin, quantizzazione dei campi, bande di conduzione e massa efficace)

## Inglese

- to make the student familiar with the principal experimental results who led to the reformulation of physics needed in order for atomic phenomena to be adequately described; - to introduce students to the concept wave function and to Schroedinger's equation; - to provide those mathematical tools needed to solve some problems concerning simple quantum systems (potential well, harmonic oscillator); - to provide a quantum interpretation about the behaviour of some complex systems (like for instance hydrogen-like atoms, spin, field quantization, band theory, effective mass).

### 20810065 - ELETTRONICA QUANTISTICA E OTTICA

( OTTICA )

## Italiano

Il corso fornisce gli strumenti per trattare diffrazione e propagazione di campi ottici coerenti e parzialmente coerenti. In particolare è affrontato il problema della propagazione della luce in condizioni parassiali, che corrisponde formalmente all'evoluzione della funzione d'onda di una particella quantistica in due dimensioni. Vengono inoltre introdotte le tecniche per affrontare lo studio di campi non deterministici. Sono anche presentate applicazioni basate su fenomeni di diffrazione, quali l'ottica diffrattiva e l'olografia, per la manipolazione non convenzionale di fronti d'onda luminosi.

## Inglese

The course provides the tools to treat diffraction and propagation of coherent and partially coherent light fields. In particular, the problem of light propagation in paraxial conditions is addressed, which formally corresponds to the evolution of the wave function of a quantum particle in two dimensions. Techniques are also introduced to address the study of the non-deterministic fields. Some applications based on diffraction phenomena, such as diffractive optics and holography, for the unconventional manipulation of light fields are also presented.

### 20840099 - FOTONICA AVANZATA IN CRISTALLI LIQUIDI

## Italiano

Introduzione a concetto, modelli e usi di onde solitarie e solitoni ottici, con riferimento al confinamento temporale di impulsi e al confinamento spaziale di fasci luminosi, per l'elaborazione opto-ottica e il trasferimento/propagazione di pacchetti d'onda non-dispersivi. Saranno forniti esempi sperimentali e applicativi sia in fibra ottica che in cristalli liquidi. Il moderno ingegnere elettronico sarà così in grado di comprendere e gestire generazioni avanzate di processori tutto-ottici di segnali.

## Inglese

Introduction and concept, models and applications of optical solitons and solitary waves, with reference to temporal confinement of pulses and spatial confinement of light beams, for opto-optical processing and propagation of non-dispersive wavepackets. Experimental and application-oriented examples will be provided in optical fibers and liquid crystals. The modern electronics engineer will be able to understand and handle advanced generations of all-optical signal processors.

### 20810398 - INTELLIGENZA ARTIFICIALE PER L'INGEGNERIA

## Italiano

Dopo una introduzione agli algoritmi fondamentali dell'Intelligenza Artificiale (IA), verrà mostrato come l'IA sia un potente alleato nella progettazione in campo ingegneristico. Verranno studiate ed indagate diverse applicazioni trasversali dell'Ingegneria: dalla risoluzione e ottimizzazione di modelli matematici e sistemi fisici, all'analisi e classificazione di dati. Al termine del corso, gli studenti saranno in grado di utilizzare tecniche di IA anche senza l'utilizzo di librerie o software specifici.

## Inglese

After an introduction to the fundamental algorithms of Artificial Intelligence (AI), it will be shown how AI is a powerful ally in engineering design. Different transversal applications of Engineering will be studied and investigated: from the resolution and optimization of mathematical models and physical systems, to the analysis and classification of data. At the end of the course, students will be able to use AI techniques even without using specific libraries or software.

### 20840083 - LABORATORIO DI PROGETTAZIONE ANALOGICA INTEGRATA

## Italiano

Il corso fornisce gli strumenti teorici e pratici per la progettazione di circuiti elettronici analogici integrati, a partire dalla fisica di base dei dispositivi elettronici a elevata scala di integrazione per arrivare all'utilizzo pratico di software di simulazione e progettazione. Gli studenti acquisiscono capacità di analisi elettronica avanzata e progettazione assistita da calcolatore, apprendendo il flusso di sviluppo tipico dell'industria microelettronica. Il corso prevede attività didattiche in aula e attività pratiche di laboratorio.

## Inglese

The course provides the theoretical and practical tools for the design of integrated analog electronic circuits, starting from the basic physics of high-scale integration electronic devices to the practical use of simulation and design software. Students will acquire skills in advanced electronic analysis and computer-aided design, learning the typical development flow of the microelectronics industry. The course includes classroom teaching activities and practical laboratory activities.

### 20810543 - METAMATERIALS AND METASURFACES FOR WAVE ENGINEERING

## Italiano

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

## Inglese

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

### 20810202 - MICRO E NANOTECNOLOGIE ELETTRONICHE

## Italiano

Il corso si propone di illustrare le principali tecnologie micro e nano elettroniche attualmente in uso in diversi ambiti, per alte frequenze nelle telecomunicazioni, per elettronica organica su substrati plastici flessibili, per display nell'elettronica di consumo. Vengono poi analizzate alcune tecnologie emergenti, quali l'elettronica in grafene e l'elettronica basata su fili quantici e nanotubi di carbonio. Particolare attenzione è rivolta al principio di funzionamento dei computer quantistici e le nuove prospettive di calcolo.

## Inglese

Aim of the course is to analyze the main micro and nano electronic technologies used for high frequencies, organic and display electronics. Emerging technologies, such as graphene, Quantum Wires (QW) and Carbon Nanotubes (CNT) will be also analyzed. The course will be completed by a detailed analysis of quantum computing.

### 20801928 - OPTOELETTRONICA

## Italiano

Introduzione all'ottica guidata, propagazione e trasmissione in guida, ottica integrata, acusto-ottica, elettro-ottica, ottica non lineare per preparare il moderno ingegnere elettronico ad affrontare i problemi di progetto e realizzazione connessi al trasferimento e al processo di segnali ottici in guide d'onda e mediante interazioni con luce, campi elettrici/magnetici, onde sonore.

## Inglese

Introduction to guided wave optics, light propagation and transmission in waveguides, integrated ptics, acousto-optics, electro-optics, nonlinear optics. Aims: to form the modern electronics engineer to deal with design and realization of devices and components for optical signal transmission and processing in waveguides as well as by means of interactions with light, electric/magnetic fields, acoustic waves.

### 20801928 - OPTOELETTRONICA

## Italiano

Introduzione all'ottica guidata, propagazione e trasmissione in guida, ottica integrata, acusto-ottica, elettro-ottica, ottica non lineare per preparare il moderno ingegnere elettronico ad affrontare i problemi di progetto e realizzazione connessi al trasferimento e al processo di segnali ottici in guide d'onda e mediante interazioni con luce, campi elettrici/magnetici, onde sonore.

## Inglese

Introduction to guided wave optics, light propagation and transmission in waveguides, integrated ptics, acousto-optics, electro-optics, nonlinear optics. Aims: to form the modern electronics engineer to deal with design and realization of devices and components for optical signal transmission and processing in waveguides as well as by means of

interactions with light, electric/magnetic fields, acoustic waves.

## 20801928 - OPTOELETTRONICA

### Italiano

Introduzione all'ottica guidata, propagazione e trasmissione in guida, ottica integrata, acusto-ottica, elettro-ottica, ottica non lineare per preparare il moderno ingegnere elettronico ad affrontare i problemi di progetto e realizzazione connessi al trasferimento e al processo di segnali ottici in guide d'onda e mediante interazioni con luce, campi elettrici/magnetici, onde sonore.

### Inglese

Introduction to guided wave optics, light propagation and transmission in waveguides, integrated ptics, acousto-optics, electro-optics, nonlinear optics. Aims: to form the modern electronics engineer to deal with design and realization of devices and components for optical signal transmission and processing in waveguides as well as by means of interactions with light, electric/magnetic fields, acoustic waves.

## 20810068 - PROGETTAZIONE ELETTRONICA

### Italiano

Obiettivo principale del corso è illustrare gli elementi della metodologia di progettazione elettronica fornendo agli studenti gli strumenti di analisi e di sintesi, nonché le strategie da adottare. In particolare sarà analizzata l'architettura di un sistema elettronico che elabora i segnali provenienti da uno stadio di ingresso e li fornisce a uno stadio di uscita, dopo opportuna elaborazione e conversioni Analogico-Digitale (A/D) e Digitale-Analogico (D/A). Particolare attenzione sarà rivolta all'analisi dell'elettronica di front end, di condizionamento (amplificazione e filtraggio), nonché alla stabilità in frequenza. Parte integrante del corso sarà la definizione delle specifiche di progetto che il sistema elettronico deve rispettare, sia in dc che ac, distorsione e rumore e alle procedure di conversione A/D e D/A. Il corso sarà completato dall'analisi dettagliata di progetti di sistemi elettronici con applicazioni in elettronica di consumo, telecomunicazioni, elettronica industriale ed elettronica medica.

### Inglese

The aim of this course is to provide the fundamentals of electronic design in terms of both synthesis and analysis methodologies. The course is focused on electronic system architecture for the processing of signals coming from and directed to output stages, after suitable analog to digital (A/D) and digital to analog (D/A) conversion. Particular attention will be dedicated to the analysis of front-end electronics and signal conditioning (amplification and, filtering), as well as frequency stability. Aim of the course also includes the definition of design specifications, both DC and AC, distortion and noise, as well as A/D and D/A conversion techniques. The course will be completed by a detailed analysis of a set of projects with applications in consumer electronics, telecommunications, industrial and medical electronics.

## 20810068 - PROGETTAZIONE ELETTRONICA

### Italiano

Obiettivo principale del corso è illustrare gli elementi della metodologia di progettazione elettronica fornendo agli studenti gli strumenti di analisi e di sintesi, nonché le strategie da adottare. In particolare sarà analizzata l'architettura di un sistema elettronico che elabora i segnali provenienti da uno stadio di ingresso e li fornisce a uno stadio di uscita, dopo opportuna elaborazione e conversioni Analogico-Digitale (A/D) e Digitale-Analogico (D/A). Particolare attenzione sarà rivolta all'analisi dell'elettronica di front end, di condizionamento (amplificazione e filtraggio), nonché alla stabilità in frequenza. Parte integrante del corso sarà la definizione delle specifiche di progetto che il sistema elettronico deve rispettare, sia in dc che ac, distorsione e rumore e alle procedure di conversione A/D e D/A. Il corso sarà completato dall'analisi dettagliata di progetti di sistemi elettronici con applicazioni in elettronica di consumo, telecomunicazioni, elettronica industriale ed elettronica medica.

### Inglese

The aim of this course is to provide the fundamentals of electronic design in terms of both synthesis and analysis methodologies. The course is focused on electronic system architecture for the processing of signals coming from and directed to output stages, after suitable analog to digital (A/D) and digital to analog (D/A) conversion. Particular attention will be dedicated to the analysis of front-end electronics and signal conditioning (amplification and, filtering), as well as frequency stability. Aim of the course also includes the definition of design specifications, both DC and AC, distortion and noise, as well as A/D and D/A conversion techniques. The course will be completed by a detailed analysis of a set of projects with applications in consumer electronics, telecommunications, industrial and medical electronics.

## 20810403 - PROGETTO DI CONVERTITORI STATICI DI POTENZA

### Italiano

Il corso ha l'obiettivo di presentare i modelli e le metodologie relativi alla progettazione dei convertitori elettronici di

potenza sulla base del funzionamento in regime dinamico e della relativa regolazione. Lo studente acquisirà le competenze necessarie ad affrontare le problematiche per una corretta progettazione sulla base delle specifiche tecniche imposte dalla vigente normativa e delle prestazioni desiderate per gli stessi apparati elettronici di conversione.

### Inglese

The lessons will present dynamic modeling and methodologies for power electronic converters design. The students will face design problems with reference to technical specifications and required performances.

#### 20810421 - PROVA FINALE DI LAUREA

### Italiano

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

### Inglese

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

#### 20810069 - SOLID STATE MEASURING DEVICES

### Italiano

Il corso intende fornire allo studente gli strumenti per comprendere i processi alla base del funzionamento di alcune famiglie di sensori, in maniera da essere in grado di comprendere le limitazioni e i limiti di uso di sensori. Il corso introduce quelle proprietà di metalli, semiconduttori, dielettrici ecc. su cui si basa il funzionamento di una ampia gamma di dispositivi di misura a stato solido. Basandosi sulle proprietà generali introdotte e discusse, vengono descritte le caratteristiche salienti di sensori (di campo magnetico, temperatura, radiazione...). Vengono inoltre introdotti alcuni dispositivi per uso metrologico.

### Inglese

The student is expected to develop an understanding of the basic processes at the foundation of the solid-state devices, in order to understand the appropriate use and limitations of several families of measuring devices. The course introduces the basic properties of metals, semiconductors, dielectrics etc. that are at the heart of the correct operation of many solid-state sensors and measuring devices. On the basis of these general properties, the prominent features of solid-state sensors (for magnetic field, temperature, radiation,...) are described. Finally, some solid-state devices of interest to metrology are introduced.

#### 20810086 - SUPERCONDUTTIVITÀ SPERIMENTALE

### Italiano

Acquisire conoscenze riguardanti: le applicazioni della superconduttività, le metodologie delle principali indagini sperimentali sui superconduttori, i fondamenti dei principali modelli teorici. Identificare quali peculiarità della superconduttività siano sfruttate in dispositivi e sistemi basati su superconduttori.

### Inglese

The learner will acquire information on: applications of superconductivity, the main experimental methods employed on superconductors, the basics of the main theoretical models. He/she will be able to identify the specific features of superconductivity that are exploited in superconductor-based systems and devices.

#### 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 2026/2027

### Ingegneria elettronica per l'industria e l'innovazione (LM-29)

Dipartimento: INGEGNERIA INDUSTRIALE, ELETTRONICA E MECCANICA

Codice CdS: 108653

#### INSEGNAMENTI

##### Primo anno

##### Primo semestre

#### 20801707 - CHIMICA DELLE TECNOLOGIE ( - CHEM-06/A - 6 CFU - 48 ore - ITA )

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

| Nominativo      | Ore | Tipo incarico    | Canale |
|-----------------|-----|------------------|--------|
| SOTGIU GIOVANNI | 48  | Carico didattico | N0     |

#### 20802050 - CIRCUITI E SISTEMI ELETTRICI ( - ILET-01/A - 9 CFU - 72 ore - ITA )

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

| Nominativo      | Ore | Tipo incarico    | Canale |
|-----------------|-----|------------------|--------|
| QUERCIO MICHELE | 72  | Carico didattico | N0     |

#### 20810065 - ELETTRONICA QUANTISTICA ( - PHYS-03/A - 6 CFU - 48 ore - ITA )

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

| Nominativo    | Ore | Tipo incarico    | Canale |
|---------------|-----|------------------|--------|
| POMPEO NICOLA | 48  | Carico didattico |        |

#### 20810065 - OTTICA ( - PHYS-03/A - 6 CFU - 48 ore - ITA )

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

| Nominativo          | Ore | Tipo incarico    | Canale |
|---------------------|-----|------------------|--------|
| SANTARSIERO MASSIMO | 48  | Carico didattico |        |

##### Secondo semestre

#### 20810338 - ADVANCED ENGINEERING ELECTROMAGNETICS ( - IINF-02/A - 9 CFU - 72 ore - ENG )

*Curricula: Curriculum unico*

**Mutuazioni:**

| Dettaglio  | Ore | Canale |
|--|-----|--------|
| <b>Mutuato da:</b> 20810338 ADVANCED ENGINEERING ELECTROMAGNETICS in Ingegneria delle Telecomunicazioni<br>LM-27 BILOTTI FILIBERTO | 72  |        |

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

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

| Nominativo               | Ore | Tipo incarico    | Canale |
|--------------------------|-----|------------------|--------|
| SAVOIA ALESSANDRO STUART | 72  | Carico didattico | N0     |

### 20801888 - ELETTRONICA DI POTENZA ( - IIND-08/A - 9 CFU - 72 ore - ITA )

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

| Nominativo        | Ore | Tipo incarico                      | Canale |
|-------------------|-----|------------------------------------|--------|
| CRESCIMBINI FABIO | 72  | Affidamento di incarico retribuito | N0     |

### 20801928 - OPTOELETTRONICA ( - IINF-01/A - 9 CFU - 72 ore - ITA )

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

| Nominativo      | Ore | Tipo incarico    | Canale |
|-----------------|-----|------------------|--------|
| ASSANTO GAETANO | 72  | Carico didattico |        |

**Mutuazioni:**

| Dettaglio  | Ore | Canale |
|--|-----|--------|
| <b>Mutuato da:</b> 20801928 OPTOELETTRONICA in Ingegneria elettronica per l'industria e l'innovazione LM-29<br>ASSANTO GAETANO | 72  |        |

### 20810069 - SOLID STATE MEASURING DEVICES ( - IMIS-01/B - 9 CFU - 72 ore - ITA )

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

| Nominativo   | Ore | Tipo incarico    | Canale |
|--------------|-----|------------------|--------|
| SILVA ENRICO | 72  | Carico didattico |        |

## Secondo anno

### Primo semestre

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

*Curricula: Curriculum unico*

**Mutuazioni:**

| Dettaglio  | Ore | Canale |
|--|-----|--------|
| <b>Mutuato da:</b> 20810541 ADVANCED ANTENNA ENGINEERING in Ingegneria delle Telecomunicazioni LM-27<br>BACCARELLI PAOLO | 48  |        |

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

*Curricula: Curriculum unico*

**Mutuazioni:**

| Dettaglio   | Ore | Canale |
|---|-----|--------|
| <b>Mutuato da:</b> 20810540 ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION in Ingegneria delle Telecomunicazioni LM-27<br>SCHETTINI GIUSEPPE | 72  |        |

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

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

| Nominativo         | Ore | Tipo incarico    | Canale |
|--------------------|-----|------------------|--------|
| TOSCANO ALESSANDRO | 72  | Carico didattico |        |

**20802052 - DISPOSITIVI E SISTEMI FOTOVOLTAICI ( - ING-INF/01 - 6 CFU - 48 ore - ITA )**

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

| Nominativo     | Ore | Tipo incarico    | Canale |
|----------------|-----|------------------|--------|
| COLACE LORENZO | 48  | Carico didattico |        |

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

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

| Nominativo    | Ore | Tipo incarico    | Canale |
|---------------|-----|------------------|--------|
| MONTI ALESSIO | 72  | Carico didattico |        |

**20810202 - MICRO E NANOTECNOLOGIE ELETTRONICHE ( - ING-INF/01 - 6 CFU - 48 ore - ITA )**

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

| Nominativo           | Ore | Tipo incarico    | Canale |
|----------------------|-----|------------------|--------|
| ROSSI MARIA CRISTINA | 48  | Carico didattico |        |

**20810086 - SUPERCONDUTTIVITÀ SPERIMENTALE ( - ING-INF/07 - 6 CFU - 48 ore - ITA )**

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

| Nominativo   | Ore | Tipo incarico    | Canale |
|--------------|-----|------------------|--------|
| SILVA ENRICO | 48  | Carico didattico |        |

**Secondo semestre**

**20810398 - INTELLIGENZA ARTIFICIALE PER L'INGEGNERIA ( - ING-IND/31 - 6 CFU - 48 ore - ITA )**

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

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

**20810067 - LABORATORIO DI ELETTRONICA ( - ING-INF/01 - 6 CFU - 42 ore - ITA )**

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

| Nominativo       | Ore | Tipo incarico                      | Canale |
|------------------|-----|------------------------------------|--------|
| DE IACOVO ANDREA | 24  | Affidamento di incarico retribuito |        |
| DE IACOVO ANDREA | 18  | Carico didattico                   |        |

**20810203 - OTTICA E FOTONICA DI SOLITONI ( - ING-INF/01 - 6 CFU - 48 ore - ITA )**

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

| Nominativo      | Ore | Tipo incarico    | Canale |
|-----------------|-----|------------------|--------|
| ASSANTO GAETANO | 48  | Carico didattico |        |

**20810068 - PROGETTAZIONE ELETTRONICA ( - ING-INF/01 - 9 CFU - 72 ore - ITA )**

**Curricula:** Curriculum unico

**Docenti:**

| Nominativo           | Ore | Tipo incarico    | Canale |
|----------------------|-----|------------------|--------|
| ROSSI MARIA CRISTINA | 72  | Carico didattico |        |

**20810403 - PROGETTO DI CONVERTITORI STATICI DI POTENZA ( - ING-IND/32 - 6 CFU - 42 ore - ITA )**

**Curricula:** Curriculum unico

**Docenti:**

| Nominativo         | Ore | Tipo incarico                      | Canale |
|--------------------|-----|------------------------------------|--------|
| DI BENEDETTO MARCO | 42  | Affidamento di incarico retribuito |        |

## INCARICHI DIDATTICI DEL CORSO DI LAUREA

| Nominativo                 | Tot.Ore     | Tipo incarico                      | Ore | Attività didattica  |
|----------------------------|-------------|------------------------------------|-----|---|
| ASSANTO GAETANO            | 120         | Carico didattico                   | 72  | 20801928 - OPTOELETTRONICA  |
|                            |             | Carico didattico                   | 48  | 20810203 - OTTICA E FOTONICA DI SOLITONI                            |
| COLACE LORENZO             | 48          | Carico didattico                   | 48  | 20802052 - DISPOSITIVI E SISTEMI FOTOVOLTAICI                       |
| CRESCIMBINI FABIO          | 72          | Affidamento di incarico retribuito | 72  | 20801888 - ELETTRONICA DI POTENZA                                   |
| DE IACOVO ANDREA           | 42          | Carico didattico                   | 18  | 20810067 - LABORATORIO DI ELETTRONICA                               |
|                            |             | Affidamento di incarico retribuito | 24  | 20810067 - LABORATORIO DI ELETTRONICA                               |
| DI BENEDETTO MARCO         | 42          | Affidamento di incarico retribuito | 42  | 20810403 - PROGETTO DI CONVERTITORI STATICI DI POTENZA              |
| MONTI ALESSIO              | 72          | Carico didattico                   | 72  | 20810543 - METAMATERIALS AND METASURFACES FOR WAVE ENGINEERING      |
| POMPEO NICOLA              | 48          | Carico didattico                   | 48  | 20810065 - ELETTRONICA QUANTISTICA E OTTICA                         |
| QUERCIO MICHELE            | 72          | Carico didattico                   | 72  | 20802050 - CIRCUITI E SISTEMI ELETTRICI                             |
| RIGANTI FULGINEI FRANCESCO | 48          | Carico didattico                   | 24  | 20810398 - INTELLIGENZA ARTIFICIALE PER L'INGEGNERIA                |
|                            |             | Affidamento di incarico retribuito | 24  | 20810398 - INTELLIGENZA ARTIFICIALE PER L'INGEGNERIA                |
| ROSSI MARIA CRISTINA       | 120         | Carico didattico                   | 48  | 20810202 - MICRO E NANOTECNOLOGIE ELETTRONICHE                      |
|                            |             | Carico didattico                   | 72  | 20810068 - PROGETTAZIONE ELETTRONICA                                |
| SANTARSIERO MASSIMO        | 48          | Carico didattico                   | 48  | 20810065 - ELETTRONICA QUANTISTICA E OTTICA                         |
| SAVOIA ALESSANDRO STUART   | 72          | Carico didattico                   | 72  | 20802093 - ELETTRONICA DEI SISTEMI PROGRAMMABILI                    |
| SILVA ENRICO               | 120         | Carico didattico                   | 72  | 20810069 - SOLID STATE MEASURING DEVICES                            |
|                            |             | Carico didattico                   | 48  | 20810086 - SUPERCONDUTTIVITÀ SPERIMENTALE                           |
| SOTGIU GIOVANNI            | 48          | Carico didattico                   | 48  | 20801707 - CHIMICA DELLE TECNOLOGIE                                 |
| TOSCANO ALESSANDRO         | 72          | Carico didattico                   | 72  | 20810542 - ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR ELECTROMAGNETIC TECHNOLOGIES |
| DOCENTE NON DEFINITO       | 0           |                                    |     |   |
| <b>Totale ore</b>          | <b>1044</b> |                                    |     |   |

## CONTENUTI DIDATTICI

### 20810542 - ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR ELECTROMAGNETIC TECHNOLOGIES

**Docente:** TOSCANO ALESSANDRO

#### Italiano

##### Prerequisiti

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

##### Programma

1. Introduzione all'intelligenza artificiale per l'ingegneria elettromagnetica La prima parte introduce il ruolo dell'intelligenza artificiale nell'analisi, modellazione, progettazione e ottimizzazione di dispositivi e sistemi elettromagnetici per le telecomunicazioni. 2. Fondamenti di machine learning e modelli statistici La seconda unità è dedicata ai principali algoritmi di apprendimento automatico, con attenzione alla loro interpretazione, ai dati di addestramento, alla scelta delle feature, alla validazione e ai criteri di valutazione delle prestazioni. 3. Reti neurali e deep learning per applicazioni elettromagnetiche La terza parte tratta l'impiego di reti neurali e modelli di deep learning per la previsione di parametri elettromagnetici e per la modellazione di dispositivi e sistemi complessi. 4. AI per progettazione e ottimizzazione di dispositivi elettromagnetici La quarta unità riguarda l'utilizzo di tecniche di intelligenza artificiale per la progettazione assistita e l'ottimizzazione di antenne, metamateriali, circuiti RF e componenti per le telecomunicazioni. 5. Integrazione dell'AI nei workflow simulativi La quinta parte approfondisce l'integrazione dei modelli di AI con metodi numerici e strumenti di simulazione elettromagnetica, con attenzione alla riduzione del costo computazionale e alla generalizzabilità dei risultati. 6. Affidabilità, limiti e uso critico dei modelli predittivi L'ultima parte è dedicata alla valutazione critica dei modelli addestrati, considerando qualità e quantità dei dati, complessità computazionale, robustezza, affidabilità dei risultati e limiti epistemologici dell'intelligenza artificiale nei contesti scientifici e ingegneristici.

##### Testi

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

##### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

##### Modalità erogazione

Testi da definire

##### Modalità di valutazione

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

#### English

##### Prerequisites

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

## Programme

1. Introduction to artificial intelligence for electromagnetic engineering The first part introduces the role of artificial intelligence in the analysis, modelling, design and optimisation of electromagnetic devices and systems for telecommunications. 2. Fundamentals of machine learning and statistical models The second unit covers the main machine-learning algorithms, with attention to their interpretation, training data, feature selection, validation and performance assessment criteria. 3. Neural networks and deep learning for electromagnetic applications The third part deals with the use of neural networks and deep-learning models for the prediction of electromagnetic parameters and the modelling of complex devices and systems. 4. AI for the design and optimisation of electromagnetic devices The fourth unit focuses on the use of artificial intelligence techniques for assisted design and optimisation of antennas, metamaterials, RF circuits and telecommunication components. 5. Integration of AI into simulation workflows The fifth part addresses the integration of AI models with numerical methods and electromagnetic simulation tools, with attention to computational cost reduction and generalisation capability. 6. Reliability, limitations and critical use of predictive models The final part is devoted to the critical assessment of trained models, considering data quality and quantity, computational complexity, robustness, reliability of results and the epistemological limits of artificial intelligence in scientific and engineering contexts.

## Reference books

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

## Reference bibliography

-

## Study modes

-

## Exam modes

-

## 20801707 - CHIMICA DELLE TECNOLOGIE

Canale:N0

Docente: SOTGIU GIOVANNI

Italiano

### Prerequisiti

Conoscenze basilari di Chimica

### Programma

1 Sostenibilità energetica e fonti di energia rinnovabili. sviluppo sostenibile, emissioni di CO<sub>2</sub> (ciclo del carbonio) e altri gas serra; fonti energetiche rinnovabili (cenni): eolica, idroelettrica, geotermica 2 Chimica nucleare. Difetto di massa, decadimenti radioattivi, cinetica del decadimento, misura della radioattività. Fissione: uranio arricchito, processi di arricchimento. Fusione: confinamento del plasma inerziale e magnetico. Materiali superconduttori. 3 Impiego e tecniche di deposizione di film sottili 4 Richiami su modelli del legame chimico; cenni di teoria dell'orbitale molecolare; HOMO & LUMO; O.M. e teoria delle bande 5 Cenni di chimica organica 6 Solare termico e fotovoltaico: giunzione p-n, celle tradizionali, meccanismo di funzionamento, materiali. Celle organiche: DSSC, small molecule organic solar cell, polymer solar cell. LED, OLED. Tecnologia del Silicio: purificazione e cristallizzazione (processi Siemens e Czochralski); raffinazione a zone 7 Tecniche indagine superficiale: SEM, EDX, AFM, FTIR 8 Richiami di elettrochimica. Cenni di conducibilità elettrica di soluzioni: conduttori elettronici e ionici; cenni di struttura dei solidi (reticolo cristallini, indici di Miller, difetti). Interfase elettrica; conduttanza (Legge di migrazione indipendente degli ioni); elettrodo polarizzabile e non; doppio strato e potenziale elettrodo; Equazione di Nernst. Elettrodi e celle elettrochimiche; cella voltaica, pila di Daniell; cella di elettrolisi; corrosione metallica. Batterie; primarie e secondarie. Celle a combustibile

### Testi

Appunti delle lezioni Slide del corso sul sito moodle

### Bibliografia di riferimento

presentata durante il corso e riportata sulle slides di riferimento

### Modalità erogazione

Il corso è tenuto con lezioni tradizionali con l'ausilio di slides che vengono messe a disposizione degli studenti

### Modalità di valutazione

La prova di accertamento viene svolta in forma orale sugli argomenti svolti a lezione

English

### Prerequisites

Basic knowledge of Chemistry

### Programme

1 Energy sustainability and renewable energy sources. sustainable development, CO<sub>2</sub> emissions (carbon cycle) and other greenhouse gases; renewable energy sources (outline): wind, hydroelectric, geothermal 2 Nuclear chemistry. Mass defect, radioactive decays, decay kinetics, radioactivity measurement. Fission: enriched uranium, enrichment processes. Fusion: confinement of inertial and magnetic plasma. Superconducting materials. 3 Use and deposition techniques of thin films 4 Review of chemical bond models; hints of molecular orbital theory; HOMO & LUMO; O.M. and band theory 5 Elements of organic chemistry 6 Solar thermal and photovoltaic: p-n junction, traditional cells, operating mechanism, materials. Organic cells: DSSC, small molecule organic solar cell, polymer solar cell. LED, OLED. Silicon technology: purification and crystallization (Siemens and Czochralski processes); zone refining 7 Surface investigation techniques: SEM, EDX, AFM, FTIR 8 Review of electrochemistry. Elements of electrical conductivity of solutions: electronic and ionic conductors; outline of the structure of solids (crystal lattice, Miller indices, defects). Electrical interphase; conductance (Law of independent migration of ions); polarizable and non-polarizable electrode; double layer and electrode potential; Nernst equation. Electrodes and electrochemical cells; voltaic cell, Daniell's stack; electrolysis cell; metal corrosion. Batteries; primary and secondary. Fuel cells

### Reference books

Lecture notes Course slides on moodle site

### Reference bibliography

presented during the course and reported on the reference slides

### Study modes

The course is held with traditional lessons with the help of slides that are made available to students

### Exam modes

-

## 20802050 - CIRCUITI E SISTEMI ELETTRICI

**Canale:**N0

**Docente:** QUERCIO MICHELE

**Italiano**

### Prerequisiti

Abilità nel risolvere circuiti elettrici in corrente alternata, equazioni algebriche e differenziali, calcoli trigonometrici e con numeri complessi.

### Programma

Teoria dei circuiti e dei sistemi trifase. Principali proprietà delle reti trifase Simmetriche, equilibrate e non. Algebra delle sequenze. Teorema di Fortesque. Modello circuitale del trasformatore di potenza, dei ta e dei tv. Principi fisici di Conversione elettrodinamica dell'energia: campo magnetico rotante. Principi di base Sul funzionamento delle principali macchine elettriche rotanti. Descrizione del sistema elettrico di produzione, trasporto e distribuzione dell'energia Elettrica. Fondamenti di sistemi elettrici di potenza at, mt e di bt. Dalle grandezze di Campo alle costanti primarie delle linee elettriche. Equazione dei telegrafisti e Modello di linea trifase attraverso parametri di trasmissione e/o due-porte a t o Pi-greco in regime sinusoidale simmetrico. Metodi numerici per il calcolo dei flussi di Potenza. Lo stato del neutro nelle reti trifasi at mt e bt. Analisi dei guasti. Modelli Circuitali equivalenti per il calcolo delle correnti di cortocircuito in at e bt. Protezione dalle sovracorrenti e dalle sovratensioni. Principi di funzionamento di Interruttori e fusibili. Coordinamento delle protezioni. Rifasamento e filtraggio delle armoniche negli impianti elettrici. Fondamenti di progettazione degli impianti elettrici di bt.

### Testi

Dispense del docente e slide delle lezioni G. Conte, Impianti Elettrici – Ed. Hoepli F. Illiceto, Impianti Elettrici – Ed. Patron F. Illiceto, Lezioni di Elettrotecnica, Vol.II “Elementi ed applicazioni delle macchine elettriche – Ed. Patron

### Bibliografia di riferimento

G. Conte, Impianti Elettrici – Ed. Hoepli F. Illiceto, Impianti Elettrici – Ed. Patron F. Illiceto, Lezioni di Elettrotecnica, Vol.II “Elementi ed applicazioni delle macchine elettriche – Ed. Patron

### Modalità erogazione

Lezioni in presenza

### Modalità di valutazione

Esame orale. La prova prevede domande sugli argomenti illustrati nelle lezioni e la discussione delle esercitazioni assegnate durante il corso.

**English**

### Prerequisites

Skill in solving AC electrical circuits, algebraic and differential equations, trigonometric calculations and with complex numbers.

### Programme

Theory of three-phase circuits and systems. Main properties of three-phase networks. Symmetrical, balanced and unbalanced. Algebra of sequences. Fortesque theorem. Circuit model of the power transformer, ta and tv. Physical principles of Electrodynamical energy conversion: rotating magnetic field. Basic principles on the operation of the main rotating electrical machines. Description of the electrical system of energy production, transport and distribution of electrical energy. Fundamentals of at, mt and bt electrical power systems. From the magnitudes of the field to the primary constants of power lines. Telegraphers equation and Model of three-phase line through transmission and/or two-port parameters at t or Pi-greek in symmetrical sinusoidal regime. Numerical methods for calculating

power flows. Neutral status in at mt and bt three-phase networks. Fault analysis. Models Equivalent circuits for calculating short-circuit currents in at and bt. Overcurrent and overvoltage protection. Principles of operation of circuit breakers and fuses. Coordination of protections. Power factor correction and filtering of harmonics in electrical systems. Fundamentals of design of bt electrical systems.

### Reference books

Lecturer's handouts and lecture slides G. Conte, Impianti Elettrici – Ed. Hoepli F. Iliceto, Impianti Elettrici – Ed. Patron F. Iliceto, Lezioni di Elettrotecnica, Vol.II “Elementi ed applicazioni delle macchine elettriche – Ed. Patron

### Reference bibliography

G. Conte, Impianti Elettrici – Ed. Hoepli F. Iliceto, Impianti Elettrici – Ed. Patron F. Iliceto, Lezioni di Elettrotecnica, Vol.II “Elementi ed applicazioni delle macchine elettriche – Ed. Patron

### Study modes

Classes in attendance

### Exam modes

-

## 20802052 - DISPOSITIVI E SISTEMI FOTOVOLTAICI

**Docente:** COLACE LORENZO

### Italiano

#### Prerequisiti

nessuna propedeuticità, è tuttavia consigliabile possedere conoscenze di elettronica dei semiconduttori

#### Programma

Introduzione: Cenni storici. Costi e previsioni di mercato. Obiettivi delle ricerche attuali. Sviluppo e sfide del silicio cristallino e delle tecnologie a film sottile. Sistemi a concentrazione. Tecnologie emergenti e future. Fisica della cella solare: Radiazione solare. Richiami di teoria dei semiconduttori. Assorbimento ottico. Generazione, ricombinazione e trasporto. Caratteristiche I-V e parametri caratteristici. Celle solari a elevata efficienza. Effetti di ricombinazione superficiale. Band gap ed efficienza. Risposta spettrale. Effetti di resistenza parassita. Effetti della temperatura. Celle solari a concentrazione. Limitazioni di efficienza. Criteri di ottimizzazione. Celle e moduli in silicio cristallino: Il silicio monocristallino. Celle solari in Si monocristallino. Celle multicristalline. Moduli in silicio monocristallino. Proprietà elettriche e ottiche dei moduli. Proprietà dei moduli sul campo. Celle solari a film sottile in Si: Panoramica delle celle a film sottile. Criteri di progetto. Tendenze future. Celle solari multigiunzione III-V: Fisica delle celle multigiunzione. Configurazione delle celle. Calcolo delle prestazioni. Considerazioni sui materiali. Celle multigiunzione di ultima generazione. Celle solari a concentrazione: Tipi di concentratori. Ottica dei concentratori. Analisi e progetto. Celle solari in silicio amorfo: Struttura elettronica del silicio amorfo idrogenato. Deposizione di silicio amorfo. Celle solari in a-Si. Celle multigiunzione. Celle in a-Si su supporto flessibile. Celle solari in Cu(InGa)Se<sub>2</sub>: Proprietà del materiale. Metodi di deposizione. Realizzazione dei dispositivi. Principio di funzionamento. Caratteristiche ottiche ed elettriche. Caratterizzazione di celle e moduli: Figure di merito. Misura delle caratteristiche I-V. Responsività spettrale. Qualificazione e certificazione dei moduli. Sistemi fotovoltaici: Introduzione ai sistemi fotovoltaici. Componenti. Sviluppi della tecnologia dei sistemi. Immagazzinamento. Power Conditioning. Energia assorbita e fornita da sistemi fotovoltaici. Considerazioni economiche e ambientali. Simulazioni con PC1D. Esercitazioni in laboratorio: caratteristiche I-V, estrazione dei parametri.

#### Testi

M.A. Green "Solar Cells: Operating Principles, Technology, and System Applications" (Prentice-Hall) J. Nelson "Physics of Solar Cells" Imperial College Press 1st (first) Edition + contenuti aggiuntivi su piattaforma e-learning Moodle

#### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

#### Modalità erogazione

42 ore di lezioni frontali in aula + 2 esercitazioni in laboratorio

#### Modalità di valutazione

esame orale

### English

#### Prerequisites

no prerequisites, however a basic knowledge solid state electronics is suggested

#### Programme

Introduction: History of photovoltaics. PV costs, markets and forecasts. Goals of today's PV research and manufacturing. Global trends in performance and applications. Progress and challenges. Concentration PV systems. Future of emerging PV technologies. Physics of the Solar Cell: Solar radiation. Fundamentals of semiconductors. Light absorption. Recombination. Carrier transport. Solar cell fundamentals. I-V characteristics and relevant parameters. Efficient solar cells. Surface recombination. Efficiency and band gap. Spectral response. Parasitic resistance. Temperature effects. Concentrator solar cells. High-level injection. Limitation on energy conversion. Concepts for improving the efficiency. Crystalline Silicon Solar Cells and Modules: Crystalline Silicon. Crystalline Si solar cells. Manufacturing. Crystalline Si photovoltaic modules. Electrical and optical performance of modules. Field performance. Thin-film Silicon Solar Cells: Review of current thin-film Si cells. Design concepts of TF-Si solar cells. Future trends. High-Efficiency III-V Multijunction Solar Cells: Physics of III-V multijunction solar cells. Cell configuration. Computation of device performance. Materials issues. Future-generation solar cells. Photovoltaic Concentrators: Basic types of concentrators. Historical overview. Optics of concentrators. Amorphous Silicon-based Solar Cells: Atomic and electronic structure of hydrogenated amorphous Silicon. Depositing

amorphous Si. Understanding a-Si cells. Multijunctions. Continuous roll-to-roll manufacturing on flexible substrates. Cu(InGa)Se<sub>2</sub> Solar Cells: Material properties. Deposition. Junction and device formation. Device operation. Manufacturing. Device performance. Measurement and Characterization of Solar Cells and Modules: Rating PV performance. I-V Measurements. Spectral responsivity. Module qualification and certification. Photovoltaic Systems: Introduction to PV systems and applications. Components for PV systems. Future developments in photovoltaic system technology. Electrochemical storage. Power conditioning. Energy collected and delivered by PV modules. Economic analysis and environmental aspects of photovoltaics. PC1D simulation of solar cells. Laboratory experiments: I-V characterization, extraction of relevant parameters.

### Reference books

M.A. Green "Solar Cells: Operating Principles, Technology, and System Applications" (Prentice-Hall) J. Nelson "Physics of Solar Cells" Imperial College Press 1st (first) Edition + additional contents on Moodle e-learning platform

### Reference bibliography

-

### Study modes

42 hours of classroom lectures + 2 laboratory experiments

### Exam modes

-

## 20802093 - ELETTRONICA DEI SISTEMI PROGRAMMABILI

Canale:N0

Docente: SAVOIA ALESSANDRO STUART

### Italiano

#### Prerequisiti

Per trarre il massimo beneficio da questo corso, è consigliato avere una solida base in alcune aree fondamentali. - Elementi di base dei circuiti elettrici: comprensione dei principi fondamentali dei circuiti elettrici, inclusa la conoscenza delle leggi di Ohm e Kirchhoff, la capacità di analizzare e risolvere circuiti semplici con resistenze, condensatori e induttori e la comprensione delle caratteristiche dei dispositivi di base come diodi e transistor. - Elettronica analogica: conoscenza delle tipologie di base di amplificatori, filtri e oscillatori e dei dispositivi elettronici per la loro implementazione, tra cui amplificatori operazionali, transistor, e diodi. - Elettronica digitale: comprensione solida delle logiche digitali, dei principi di funzionamento delle porte logiche, dei flip-flop e dei dispositivi di memoria. - Fondamenti di informatica: conoscenza di base dei principi di base dell'informatica e della programmazione.

#### Programma

Introduzione -Classificazione dei dispositivi e sistemi elettronici per applicazioni embedded -Tecnologie e campi di applicazione Richiami sui sistemi di numerazione e tipi di dati -Numeri binari ed esadecimali -Conversioni e operazioni tra numeri binari ed esadecimali -Rappresentazione binaria di numeri interi -Rappresentazione binaria di numeri reali Programmazione embedded in linguaggio C -Programmazione ad alto livello -Compilatori -Struttura di programmi C -Esempi Introduzione all'architettura ARM e alla famiglia di microcontrollori STM32 -Introduzione ai processori Cortex e Cortex-M -Introduzione ai microcontrollori STM32 -Scheda di sviluppo Nucleo Toolchain -Ambiente di sviluppo STM32CubeIDE -Tool di configurazione STM32CubeMX -Debugging Hardware Abstraction Layer -Interfacciamento digitale (GPIO) -Gestione degli Interrupt -Clock System -Accesso diretto alla memoria (DMA) -Timer e Real-Time Clock Interfacce seriali (USART) -Analog-To-Digital Conversion -Digital-To-Analog Conversion -I2C -SPI -CAN-bus Progettazione di sistemi embedded -Esercitazioni -Sviluppo di progetti

#### Testi

Materiale didattico e libri di testo consigliati: Appunti a cura del docente Joseph You, "The Definitive Guide to ARM® Cortex®-M3 and Cortex®-M4 Processors," Third Edition 2014, Elsevier, 2014, ISBN 978-0-12-408082-9, <https://doi.org/10.1016/C2012-0-01372-5> Carmine Noviello, "Mastering STM32 - Second Edition, A step-by-step guide to the most complete ARM Cortex-M platform, using the official STM32Cube development environment," Leanpub, 2022, <http://leanpub.com/mastering-stm32-2nd>

#### Bibliografia di riferimento

-

#### Modalità erogazione

Testi da definire

#### Modalità di valutazione

Sviluppo di progetti basati su sistemi programmabili: - Argomenti assegnati oppure proposti - Svolti individualmente durante l'ultima parte del corso Relazione finale da presentare in occasione della prova orale

### English

#### Prerequisites

To get the most out of this course, it is recommended that you have a solid background in a few fundamental areas. - Fundamentals of Electrical Circuits: understanding of the fundamentals of electrical circuits, including knowledge of Ohm's and Kirchhoff's laws, the ability to analyze and solve simple circuits using resistors, capacitors, and inductors, and an understanding of the characteristics of essential devices such as diodes and transistors. - Analog Electronics: knowledge of the basic types of amplifiers, filters, and oscillators and the electronic devices for their implementation, including operational amplifiers, transistors, and diodes. - Digital Electronics: solid understanding of digital logic, the operation of logic gates, flip-flops, and memory devices. - Computer Science Fundamentals: basic understanding of the fundamentals of computer science and programming.

## Programme

Introduction -Classification of electronic devices and systems for embedded applications -Technologies and fields of application Recalls on numbering systems and data types -Binary and hexadecimal numbers -Conversions and operations between binary and hexadecimal numbers -Binary representation of integers -Binary representation of real numbers Embedded programming in the C language -High-level programming -Compilers -Structure of C programs -Examples Introduction to the ARM architecture and the STM32 family of microcontrollers -Introduction to Cortex and Cortex-M processors -Introduction to STM32 microcontrollers -Core development board Toolchain -STM32CubeIDE Development Environment -STM32CubeMX Configuration Tool -Debugging Hardware Abstraction Layer -Digital Interfacing (GPIO) -Interrupt Management -Clock System -Direct Memory Access (DMA) -Timer and Real-Time Clock -Serial Interfaces (USART) -Analog-To-Digital Conversion -Digital-To-Analog Conversion -I2C -SPI -CAN-bus Design of embedded systems -Laboratory -Project development

## Reference books

Recommended readings: Notes from the instructor Joseph You, "The Definitive Guide to ARM® Cortex®-M3 and Cortex®-M4 Processors," Third Edition 2014, Elsevier, 2014, ISBN 978-0-12-408082-9, <https://doi.org/10.1016/C2012-0-01372-5> Carmine Noviello, "Mastering STM32 - Second Edition, A step-by-step guide to the most complete ARM Cortex-M platform, using the official STM32Cube development environment," Leanpub, 2022, <http://leanpub.com/mastering-stm32-2nd>

## Reference bibliography

-

## Study modes

-

## Exam modes

-

## 20801888 - ELETTRONICA DI POTENZA

**Canale:**N0

**Docente:** CRESCIMBINI FABIO

**Italiano**

### Prerequisiti

Si presuppone siano state acquisite e maturate le conoscenze di base dell'Analisi matematica, con particolare riferimento ai concetti di derivata e di integrale, nonché l'utilizzo di numeri complessi e le conoscenze necessarie alla risoluzione di equazioni differenziali del primo ordine a coefficienti costanti. Si presume, inoltre, siano note e sufficientemente maturate le conoscenze di base di Fisica, in particolare quelle relative ai concetti di forza, lavoro, energia, nonché gli aspetti fondamentali dell'elettromagnetismo che vengono trattati nella scuola media superiore e nei corsi di laurea in Ingegneria di primo livello. E' necessaria la conoscenza delle leggi fondamentali per l'analisi dei circuiti elettrici in regime stazionario con grandezze elettriche in corrente continua o in corrente alternata, nonché le leggi per lo studio dei circuiti magnetici.

### Programma

Caratteristiche costruttive e di funzionamento dei componenti a semiconduttore (diodi di potenza, thyristor, MOSFET di potenza, GTO, IGBT) e dei componenti passivi (induttori e condensatori) utilizzati nei convertitori statici di potenza; perdite di conduzione e perdite di commutazione nei componenti, sistemi di raffreddamento dei convertitori. Convertitori a commutazione naturale: struttura e caratteristiche di funzionamento dei raddrizzatori a diodi e dei convertitori a thyristor con alimentazione monofase o trifase nel funzionamento da raddrizzatore o da inverter. Convertitori a commutazione forzata: struttura e caratteristiche di funzionamento dei convertitori DC/DC di tipo Buck, Boost e Full-bridge con modulazione PWM bipolare e unipolare; convertitori DC/AC a tensione impressa: struttura e caratteristiche di funzionamento degli inverter e dei raddrizzatori switching monofase e trifase; tecniche di modulazione PWM sinusoidale ed SVM e loro applicazione nella regolazione dei convertitori DC/AC; tecniche di modulazione con controllo della corrente di uscita a banda di isteresi o con tempo di commutazione prefissato. Alimentatori switching: struttura e caratteristiche di funzionamento dei convertitori Flyback, Forward, Push-Pull e Full-Bridge. Convertitori risonanti: convertitori con carico risonante; convertitori ZVS e ZCS; convertitori con DC link risonante. Impiego dei convertitori statici di potenza in alcuni dei principali campi applicativi quali: gli azionamenti elettrici utilizzati in ambito industriale o nei settori delle apparecchiature biomediche, delle tecnologie assistive e della riabilitazione; i sistemi di continuità assoluta o di emergenza per l'alimentazione elettrica di sistemi ICT o di apparecchiature elettromedicali finalizzate all'implementazione di protocolli di diagnosi e/o di cura; la generazione distribuita di potenza elettrica da fonti rinnovabili e la gestione ottimizzata dei sistemi di accumulo dell'energia.

### Testi

Power Electronics: Converters, Applications, and Design, 3rd Edition Ned Mohan, Tore M. Undeland, William P. Robbins ISBN: 978-0-471-22693-2 Materiale didattico aggiuntivo utilizzato dal docente nel corso delle lezioni e delle esercitazioni, il quale è reso disponibile agli studenti iscritti al corso sul portale Moodle del Dipartimento di Ingegneria.

### Bibliografia di riferimento

-

### Modalità erogazione

Testi da definire

### Modalità di valutazione

Conoscenza degli argomenti del corso e utilizzo di linguaggio appropriato nell'esposizione delle problematiche.

**English**

## Prerequisites

It is assumed that basic knowledge of Mathematical Analysis has been acquired and matured, with particular reference to the concepts of derivative and integral, as well as the use of complex numbers and the knowledge necessary for solving first-order differential equations with constant coefficients. In addition, it is assumed that basic knowledge of Physics is known and sufficiently matured, particularly those related to the concepts of force, work, and energy, as well as the fundamental aspects of electromagnetism that are covered in high school and first-order engineering degree programs. Knowledge of the fundamental laws for the analysis of electric circuits in steady state with electrical quantities in direct or alternating current is required, as well as the laws for the study of magnetic circuits.

## Programme

Construction features and operating characteristics of the semiconductor components (power diodes, thyristors, power MOSFETs, GTOs, IGBTs) and the passive components (inductors and capacitors) that are being used in power electronic converters; conduction losses and switching losses in the semiconductor components, cooling systems of the power electronic converters. Structure and operating characteristics of diode rectifiers and thyristors power converters for application in either single-phase or three-phase power grids. Switching power converters: configuration and operating characteristics of different types of DC /DC power converters such as Buck, Boost, Buck-Boost and Full-bridge converters with either bipolar or unipolar PWM; DC/AC voltage source power converters: structure and operating characteristics of switching power converters for use as either inverter or rectifier mode of operation in either single-phase or three-phase power circuits; discussion of sinusoidal PWM techniques and Space-Vector PWM and their application in the regulation of DC / AC converters; current-controlled power converters: modulation techniques with control the output current by means of either hysteresis band or predetermined switching time. Power switching supplies: conceptual structure and main components, including high-frequency transformers. Operating characteristics of power converter topologies used in power switching supplies such as Flyback, Forward, Push-Pull and Full-Bridge. Overview of resonant power converters: converters with resonant load; ZVS and ZCS converters; DC converters with resonant link. Use of power electronic converters in the main application fields such as electric drives used in industry or in the fields of biomedical equipment, assistive technology and rehabilitation; the UPS or emergency systems for the power supply of either ICT systems or electro-medical equipment; distributed generation of electrical power from renewable sources and the optimized management of energy storage systems.

## Reference books

Power Electronics: Converters, Applications, and Design, 3rd Edition Ned Mohan, Tore M. Undeland, William P. Robbins ISBN: 978-0-471-22693-2 Additional teaching material used by the lecturer during the lessons and exercises, which is made available to students enrolled in the course on the Moodle portal of the Department of Engineering.

## Reference bibliography

-

## Study modes

-

## Exam modes

-

## 20810065 - ELETTRONICA QUANTISTICA E OTTICA

**Docente:** SANTARSIERO MASSIMO

## Italiano

### Prerequisiti

### Programma

Testi da definire

### Testi

Testi da definire

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

Testi da definire

### Modalità di valutazione

Testi da definire

## English

### Prerequisites

### Programme

-

### Reference books

-

### Reference bibliography

-  
**Study modes**

-  
**Exam modes**

**20810065 - ELETTRONICA QUANTISTICA E OTTICA**

( *ELETTRONICA QUANTISTICA* )

**Docente:** POMPEO NICOLA

**Italiano**

**Prerequisiti**

Buona conoscenza dell'analisi matematica, inclusa l'analisi di funzioni complesse, meccanica ed elettromagnetismo classici, campi ed onde elettromagnetiche. Basi di analisi funzionale e di teoria delle probabilità.

**Programma**

Crisi della Fisica classica - La radiazione da corpo nero - Formula di Planck - Effetto fotoelettrico - Effetto Compton - Modello atomico di Rutherford - Teoria quantistica di Bohr - Onde di de Broglie Principi base della Meccanica Quantistica - Richiami di teoria della probabilità - Equazione di Schroedinger e funzione d'onda - Funzione d'onda e sua interpretazione probabilistica - Il problema della misura e collasso della funzione d'onda - Esperimenti di Stern-Gerlach e di Young - Grandezze fisiche e operatori - Autovalori e autofunzioni - Stati stazionari - Principio di sovrapposizione - Principio di indeterminazione Applicazione a problemi unidimensionali - Buca di potenziale - Oscillatore armonico - Barriera di potenziale ed effetto tunnel Sistemi a più particelle - Particelle identiche: statistiche di Fermi-Dirac e di Bose-Einstein - limite classico e statistica di Maxwell-Boltzmann - Elettroni in un cristallo: teorema di Bloch - Entanglement quantistico - Paradosso EPR e teorema di Bell - Fondamenti su qubit e computazione quantistica

**Testi**

1) D. J. Griffith, "Introduzione alla meccanica quantistica"

**Bibliografia di riferimento**

2) B.H. Bransden and C.J. Joachain, "Quantum Mechanics" 3) M. A. Nielsen and I. L. Chuang, "Quantum computation and quantum information"

**Modalità erogazione**

Testi da definire

**Modalità di valutazione**

L'esame consta di una prova scritta, costituita da problemi a svolgimento aperto e domande di teoria a risposta aperta, e di un colloquio orale.

**English**

**Prerequisites**

Good familiarity with calculus, including complex analysis, classical mechanics and electromagnetism, electromagnetic fields and waves. Basics of functional analysis and probability theory.

**Programme**

The crisis of the classical physics - Black body radiation - Planck's formula - The photoelectric effect - The Compton effect - Rutherford's atomic model - Bohr's quantum theory - De Broglie's waves Fundamentals of Quantum Mechanics - Basic probability theory - Schroedinger equation and wave function - Probabilistic interpretation of the wave function - Measurement problem and collapse of the wave function - Stern-Gerlach and Young's experiments - Physical quantities and operators - Eigenvalues and eigenfunctions - Stationary states - Principle of superposition - Uncertainty principle Applications to unidimensional problems - The potential well - The harmonic oscillator - The potential barrier and tunnel effect Several-particles systems - Identical particles: Fermi-Dirac and Bose-Einstein statistics - classical limit and Maxwell-Boltzmann statistics - Electrons in a crystal: Bloch's theorem - Quantum entanglement - EPR paradox and Bell's theorem - Fundamentals of qubits and quantum computation

**Reference books**

1) D. J. Griffith, "Introduzione alla meccanica quantistica"

**Reference bibliography**

2) B.H. Bransden and C.J. Joachain, "Quantum Mechanics" 3) M. A. Nielsen and I. L. Chuang, "Quantum computation and quantum information"

**Study modes**

-  
**Exam modes**

**20810065 - ELETTRONICA QUANTISTICA E OTTICA**

( *OTTICA* )

**Docente:** SANTARSIERO MASSIMO

## Italiano

### Prerequisiti

analisi matematica; fondamenti di elettromagnetismo, fotonica e processi stocastici

### Programma

OTTICA - Richiami sulle onde: Onde e.m., Trasporto dell'energia e vettore di Poynting Approssimazione scalare Interferenza, diffrazione, propagazione di campi luminosi - Ottica parassiale: L'equazione d'onda parassiale Onde piane parassiali e effetto Talbot Fasci gaussiani di ordine superiore Propagazione dei momenti dell'intensità Propagazione in mezzi con indice di rifrazione quadratico - Teoria delle coerenza: Proprietà statistiche di un campo di speckle Campi quasi-monocromatici Coerenza temporale Coerenza spaziale e densità spettrale incrociata Campi parzialmente polarizzati - Applicazioni di fenomeni di diffrazione: Elementi ottici diffrattivi Olografia

### Testi

- P. Mazzoldi, M. Nigro, C. Voci, "Elementi di Fisica – Elettromagnetismo e Onde", II edizione, EdiSES (2008) - F. Gori, Elementi di Ottica, ed. Accademica - Materiale fornito dal docente

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

lezioni frontali

### Modalità di valutazione

esame orale

## English

### Prerequisites

calculus; fundamentals of electromagnetics, photonics, and stochastic processes

### Programme

OPTICS - Preliminaries on waves: Electromagnetic waves Energy transfer and Poynting's vector The scalar approximation Interference, diffraction and propagation of light - Paraxial Optics: The paraxial wave equation Paraxial plane waves and Talbot effect Higher-order Gaussian beams Intensity moments and their propagation Propagation in quadratic-index media - Optical coherence theory: Statistics of speckle Analytic signal and quasi-monochromatic fields Temporal coherence and the cross-spectral density Partially polarized light fields - Some applications of diffraction: Diffractive optical elements Holography

### Reference books

- P. Mazzoldi, M. Nigro, C. Voci, "Elementi di Fisica – Elettromagnetismo e Onde", II edizione, EdiSES (2008) - F. Gori, Elementi di Ottica, ed. Accademica - Notes provided by the teacher

### Reference bibliography

-

### Study modes

traditional

### Exam modes

-

## 20810398 - INTELLIGENZA ARTIFICIALE PER L'INGEGNERIA

**Docente:** RIGANTI FULGINEI FRANCESCO

## Italiano

### Prerequisiti

Analisi Matematica 1 Geometria ed Algebra Lineare

### Programma

Introduzione all'Intelligenza Artificiale Modellistica numerica ed uso del computer nel calcolo scientifico Reti neurali artificiali: il perceptrone multistrato (MLP) Interpolazione ed approssimazione con reti neurali (regressione lineare e non lineare), esempio grafico anche in 3D Addestramento supervisionato: algoritmo di backpropagation per il calcolo del gradiente della funzione di errore di un MLP Introduzione all'ottimizzazione: algoritmi di addestramento Reti neurali convolutive (CNN) Reti neurali ricorsive (RNN) Addestramento non supervisionato Addestramento a rinforzo Reti neurali generative Algoritmi genetici Swarm intelligence Sviluppo di codici sorgenti in C/C++ come librerie per Matlab e Python Esempi di applicazioni: Simulazione di una cella solare con reti neurali Reti neurali per ottimizzazione di pannelli solari Solarimetro neurale Risoluzione dei circuiti termici Calcolo dei parametri del modello statico di Jiles – Atherton Calcolo dei parametri del modello ad un diodo di una cella solare

### Testi

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

### Bibliografia di riferimento

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

## Modalità erogazione

Lezioni frontali in aula

## Modalità di valutazione

Progettazione ed implementazione di un modello di machine learning. Colloquio orale.

## English

### Prerequisites

Mathematical Analysis 1 Geometry and Linear Algebra

### Programme

Introduction to Artificial Intelligence Numerical modeling and use of computers in scientific computing Artificial neural networks: the multilayer perceptron (MLP) Interpolation and approximation with neural networks (linear and non-linear regression), graphic example also in 3D Supervised training: backpropagation algorithm for calculating the gradient of the error function of an MLP Introduction to optimization: training algorithms Convolutional Neural Networks (CNN) Recursive Neural Networks (RNN) Unsupervised training Reinforcement training Generative neural networks Genetic algorithms Swarm intelligence Development of source codes in C/C++ as libraries for Matlab and Python Application examples: Simulation of a solar cell with neural networks Neural networks for solar panel optimization Neural solarimeter Resolution of thermal circuits Calculation of the parameters of the static Jiles – Atherton model Calculation of the parameters of the one-diode model of a solar cell

### Reference books

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

### Reference bibliography

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

### Study modes

Frontal lessons in the classroom

### Exam modes

-

## 20810067 - LABORATORIO DI ELETTRONICA

**Docente:** DE IACOVO ANDREA

## Italiano

### Prerequisiti

Elementi di progettazione elettronica analogica

### Programma

• Richiami di fisica dei semiconduttori • Tecnologie di fabbricazione microelettronica • Principi di funzionamento e comportamenti non ideali del transistor MOS • Principi di funzionamento e comportamenti non ideali del transistor BJT • Amplificatori a singolo stadio • Amplificatori differenziali • Specchi di corrente • Amplificatori operazionali • Riferimenti di tensione • Software EDA open source • Simulazione di circuiti analogici integrati • Layout di circuiti integrati • Estrazione dei parassiti e verifiche post-layout

### Testi

Design of Analog CMOS Integrated Circuits – Behzad Razavi, McGRAW-HILL International Edition Analysis and Design of Analog Integrated Circuits – Paul R. Gray, Paul J. Hurst, Stephen H. Lewis, Robert G. Meyer, Wiley

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

Lezioni in aula e in laboratorio didattico

### Modalità di valutazione

Gli studenti eseguiranno un progetto personale relativo alla progettazione e simulazione di un circuito integrato analogico.

## English

### Prerequisites

Fundamentals of Analog Electronics

### Programme

• Semiconductor physics basics • Microelectronic fabrication technologies • Operating principles and non-ideal effects of the MOS transistor • Operating principles and non-ideal effects of the BJT transistor • Single-stage amplifiers • Differential amplifiers • Current mirrors • Operational amplifiers • Voltage references • Open-source EDA software • Simulation of integrated analog circuits • Integrated circuit layout • Parasitics extraction and post-layout verification

### Reference books

Design of Analog CMOS Integrated Circuits – Behzad Razavi, McGRAW-HILL International Edition Analysis and Design of Analog Integrated Circuits – Paul R. Gray, Paul J. Hurst, Stephen H. Lewis, Robert G. Meyer, Wiley

## Reference bibliography

-

## Study modes

Lessons in the classroom and in the didactic laboratory

## Exam modes

-

## 20810543 - METAMATERIALS AND METASURFACES FOR WAVE ENGINEERING

**Docente:** MONTI ALESSIO

### Italiano

### Prerequisiti

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

### Programma

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

### Testi

Materiale didattico messo a disposizione dal docente.

### Bibliografia di riferimento

Per approfondimenti di specifici argomenti, è possibile consultare i seguenti testi: Modulo 1 N. Engheta, R.W. Ziolkowki, Metamaterials: Physics and Engineering Explorations, Wiley-IEEE Press, 2006. C. Caloz, T. Itoh, Electromagnetic Metamaterials: Transmission Line Theory and Microwave Applications, Wiley-IEEE Press, 2006. C. Simovski, S. Tretyakov, An Introduction to Metamaterials and Nanophotonics, Cambridge University Press, 2020. Modulo 2 S. Tretyakov and C. Simovski, An Introduction to Metamaterials and Nanophotonics, Cambridge University Press, 2020. S. Tretyakov, Analytical Modeling in Applied Electromagnetics, Artech House, 2003. T.G. Mackay, A. La Lakhtakia, Modern Analytical Electromagnetic Homogenization with Mathematica, IOP Publishing, 2020. Modulo 3 C.F. Bohren, D.R. Huffman, Absorption and Scattering of Light by Small Particles, Wiley, 1998. E.F. Knott, J.F. Scaeffler, M.T. Tully, Radar Cross Section, SciTech Publishing, 2004. K. Achouri, C. Caloz, Electromagnetic Metasurfaces: Theory and Applications, Wiley, 2021. Modulo 4 R.E. Collin, Antennas and Radiowave Propagation, McGraw-Hill College, 1985. C. R. Pollock, M. Lipson, Integrated Photonics, Springer, 2003. Modulo 5 D.H. Werner, R. Mittra, Frontiers in Electromagnetics, Wiley-IEEE Press, 2000.

### Modalità erogazione

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

### Modalità di valutazione

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

## English

### Prerequisites

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

### Programme

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

### Reference books

Learning materials provided by the teacher.

### Reference bibliography

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

### Study modes

The course is delivered through theoretical lectures and computed-based exercises.

### Exam modes

-

## 20810202 - MICRO E NANOTECNOLOGIE ELETTRONICHE

**Docente:** ROSSI MARIA CRISTINA

## Italiano

### Prerequisiti

### Programma

Richieste del mercato elettronico: altissima densità di integrazione dei dispositivi elettronici, MOSFET sub micrometrici, effetti di canale corto, drain induced barrier lowering (DIBL), correnti di perdita nel gate. Elettronica per alta frequenza nelle telecomunicazioni: bandgap engineering, eterogiunzioni, dispositivi ad alta mobilità elettronica (HEMT) e transistor bipolari a etero giunzione (HBT), tecniche di realizzazione. Ingegneria della deformazione all'eterogiunzione (STRAINTRONICS). Elettronica organica su substrati plastici flessibili, elettronica indossabile: semiconduttori organici, trasporto di carica, dispositivi organici, tecniche di realizzazione. Tecnologie elettroniche per display: a cristalli liquidi (LCD display), a punti quantici (QD display), OLED display. Struttura e proprietà dei punti quantici (QD). Tecnologie emergenti Elettronica in Grafene: Struttura, proprietà e tecniche di realizzazione. Dispositivi in grafene. Porte logiche, circuiti di calcolo per la nano elettronica: fili quantici (QW, quantum wires). Struttura, proprietà e tecniche di realizzazione. Sensori chimici e biosensori nanometrici: nanotubi di carbonio (CNT). Struttura, proprietà, tecniche di realizzazione. Computer quantistici: computazione quantistica, capacità di calcolo e parallelismo quantistico, bit quantistici (Qubit) e porte logiche quantistiche, "entanglement" quantistico.

## Testi

ThomasBrozek, Micro- and Nanoelectronics: Emerging Device Challenges and Solutions, CRC Press (2014)

## Bibliografia di riferimento

La bibliografia di riferimento viene fornita alla fine degli argomenti trattati a lezione

## Modalità erogazione

Lezioni in aula con proiezione di slides

## Modalità di valutazione

Esame orale su argomenti del corso

## English

## Prerequisites

## Programme

Very large scale integration of electronic devices, submicrometer MOSFET, short channel effect, drain induced barrier lowering (DIBL), gate leakage current. High frequency electronics for TLC: bandgap engineering, heterojunction bipolar transistor (HBT) and high electron mobility transistor (HEMT), realization techniques. Heterojunction strain engineering (STRAINTRONICS), organic electronics on flexible substrates, wearable electronics: organic semiconductors and devices, charge transport, realization techniques. Electronic technology for display: liquid crystal display (LCD), organic light emitting diode (OLED), quantum dot (QD) display, structure and properties of quantum dots. Emerging technologies Graphene electronics: structure, properties and realization techniques. Nanoelectronic logic circuits: quantum wires (QW). structure, properties and realization techniques. Nanometric chemical sensors and biosensors: carbon nanotubes (CNT). structure, properties and realization techniques. Quantum computing: quantum bits (Qubits), quantum logic gates and quantum algorithms. Quantum entanglement.

## Reference books

ThomasBrozek, Micro- and Nanoelectronics: Emerging Device Challenges and Solutions, CRC Press (2014)

## Reference bibliography

References are given at the end of lecture topics

## Study modes

Lectures with slide projection

## Exam modes

-

## 20801928 - OPTOELETTRONICA

**Docente:** ASSANTO GAETANO

## Italiano

### Prerequisiti

Nozioni di base su Campi elettromagnetici, Ottica, Fotonica

### Programma

- Richiami sulla propagazione ottica in cristalli anisotropi: assi principali, ellissoide degli indici, onde ordinarie e straordinarie, birifrangenza. - Effetto elettro-ottico: generalità, modulazione di polarizzazione e di ampiezza, modulazione di fase, modulazione longitudinale e trasversale. - Effetto acusto-ottico: generalità, regimi di Raman-Nath e di Bragg, modulazione e deflessione acusto ottica, isolatori acusto-ottici. - Ottica integrata: guide planari e propagazione per raggi, autosoluzioni e autovalori, relazioni di dispersione TE e TM, guide a canale, accoppiamento. Teoria dei modi accoppiati. L'accoppiatore coerente. L'interferometro integrato e modulatore di Mach-Zehnder. Modi co- e contro-propaganti, riflessione alla Bragg. - Introduzione all'ottica non lineare quadratica: fenomenologia, equazioni accoppiate, generazione di seconda armonica, phase-matching. - Introduzione all'ottica non lineare cubica di tipo Kerr: fenomenologia, rifrazione non lineare, auto-effetti.

### Testi

Note e appunti forniti dal docente

### Bibliografia di riferimento

Saleh and Teich, Fundamental of Photonics, Wiley Interscience Stegeman & Stegeman, Nonlinear Optics, Wiley

### Modalità erogazione

Lezioni in Aula, con didattica frontale, esercitazione, esoneri

### Modalità di valutazione

Verifiche scritte periodiche (esoneri) durante il corso Prova standard con scritto e orale

## English

## Prerequisites

Basic elements on Electromagnetic Fields, Optics, Photonics

### Programme

- Elements on light propagation in anisotropic crystals : principal axes, index ellipsoid, ordinary and extraordinary waves, birefringence. - Electro-optic effect: introduction, polarization and amplitude modulation, phase modulation, longitudinal and transverse modulation. - Acousto-optic effect: introduction, Raman-Nath and Bragg regimes, acousto-optic modulation and deflection, acousto-optic isolators. - Integrated optics: planar waveguides and ray-propagation, eigenwaves and eigenvalues, TE and TM dispersion relations, channel waveguides, coupling. Coupled-mode theory. The coherent coupler. The integrated optical Mach-Zehnder interferometer and modulator. Co- and counter-propagating modes, Bragg reflection. - Introduction to quadratic nonlinear optics: phenomena, coupled equations, second-harmonic generation, phase-matching. - Introduction to cubic Kerr-like nonlinear optics: phenomena, nonlinear refraction, self-effects.

### Reference books

Notes from the teacher

### Reference bibliography

Saleh and Teich, Fundamental of Photonics, Wiley Interscience Stegeman & Stegeman, Nonlinear Optics, Wiley

### Study modes

Classroom lectures, with exercises and periodic evaluation tests

### Exam modes

-

## 20810203 - OTTICA E FOTONICA DI SOLITONI

**Docente:** ASSANTO GAETANO

### Italiano

#### Prerequisiti

Conoscenze di base di elettromagnetismo, propagazione ottica in mezzi cristallini e guide dielettriche ottiche.

#### Programma

Introduzione alle onde solitarie e ai solitoni, solitoni spaziali, solitoni temporali, solitoni spazio-temporali Solitoni ottici uno-, due-, e tri-dimensionali Solitoni ottici spaziali e stabilità Solitoni Kerr in fibra ottica, NLSE Solitoni ottici spaziali in cristalli liquidi, nematiconi Fenomeni, caratteristiche e applicazioni di nematiconi

#### Testi

Note/appunti del docente

#### Bibliografia di riferimento

S.Trillo & W.Torruellas, Spatial Solitons, Springer G.Agrawal, Nonlinear Fiber Optics, Academic Press G. Assanto, Nematicons, Wiley & Sons, 2012

#### Modalità erogazione

Svolgimento frontale in aula

#### Modalità di valutazione

Valutazioni scritte periodiche durante il corso o esame scritto + orale

### English

#### Prerequisites

Basic knowledge of electromagnetic fields, optical propagation in crystalline media as well as optical dielectric waveguides.

#### Programme

Introduction to solitary waves and solitons, spatial solitons, temporal solitons, spatio-temporal solitons One-, two-, and three-dimensional solitons Spatial optical solitons and their stability Kerr solitons in optical fibers, NLSE Optical spatial solitons in liquid crystals, nematicons Nematicon phenomena, features and applications

#### Reference books

Notes and slides from the teacher

#### Reference bibliography

S.Trillo & W.Torruellas, Spatial Solitons, Springer G.Agrawal, Nonlinear Fiber Optics, Academic Press G. Assanto, Nematicons, Wiley & Sons, 2012

#### Study modes

Lectures in the classroom

#### Exam modes

-

## 20810068 - PROGETTAZIONE ELETTRONICA

**Docente:** ROSSI MARIA CRISTINA

## Italiano

### Prerequisiti

### Programma

Introduzione: generalità sulla progettazione analogica e digitale. Stadi d'ingresso e amplificatori di segnale: amplificatori a reazione di corrente (CFA); filtro antialiasing per sistema di conversione A/D e filtro per CD audio; filtri a capacità commutate; tipologie di filtri digitali con elementi di progetto; Rumore: proprietà del rumore. Tipologia. Dinamica. Sorgenti. Rumore negli OpAmp. Rapporto S/N. Applicazione agli amplificatori per fotodiodi. Integrati a basso rumore d'ingresso. Conversione analogico-digitale: generalità e definizioni per gli ADC; caratteristiche generali degli ADC; convertitori ad approssimazioni successive (SAR); sovracampionamento e noise-shaping; il modulatore ##; architettura dei convertitori ##; generalità sui sensori e esempio di sistema di condizionamento; esempi di sistemi di condizionamento con OpAmp; applicazioni pratiche degli ADC: criteri di scelta per l'ADC e altri esempi di misura di temperatura, bilancia elettronica e misura di potenza. Stadi d'uscita e amplificatori di potenza: amplificatori per grandi segnali. Classificazione: classe A, B, AB, C. Distorsione armonica. Dispositivi di potenza. Protezioni SOA. Efficienza. Amplificatori e dispositivi di potenza integrati. Esempi di progetto in diversi ambiti della microelettronica (biomedicale, radiofrequenza e potenza).

### Testi

M. Thompson, Intuitive Analog Circuit Design, Newnes-Elsevier, 2006. Analog-Digital Conversion, W. Kester ed., Analog Devices, [www.analog.com](http://www.analog.com)

### Bibliografia di riferimento

-

### Modalità erogazione

Lezioni in aula con proiezione di slides

### Modalità di valutazione

Prova orale su argomenti corso

## English

### Prerequisites

### Programme

Introduction: basic on analog and digital design. Input stages and signal amplifier: project examples: offset and bias current nulling in integrator amplifiers; current feedback amplifiers (CFA); antialiasing filter for A/D conversion and CD audio filter; switch capacitor filters; digital filters with design elements. Noise: noise properties, dynamics and sources. Op amp noise and S/N ratio. Photodiode amplifier application. Low noise integrated circuits. Analog-digital conversion: ADC definition; oversampling and noise shaping; ## modulator, ## converters architecture; conditioning system for sensors; examples of OpAmp conditioning system; ADC practical application: ADC selection and temperature measurement, electronic scale and power measurement. Output stages and power amplifiers: large signal amplifiers. A, B, AB and C classification. Armonic distortion and power devices. Safe operating Area (SOA) protections. Efficiency. Integrated power amplifiers and devices. Design project examples in several microelectronic field (biomedical, radiofrequency and power).

### Reference books

M. Thompson, Intuitive Analog Circuit Design, Newnes-Elsevier, 2006. Analog-Digital Conversion, W. Kester ed., Analog Devices, [www.analog.com](http://www.analog.com)

### Reference bibliography

-

### Study modes

Lectures with slide projection

### Exam modes

-

## 20810403 - PROGETTO DI CONVERTITORI STATICI DI POTENZA

**Docente:** DI BENEDETTO MARCO

## Italiano

### Prerequisiti

Conoscenza delle applicazioni industriali elettriche, circuiti in corrente alternata e corrente continua. Conoscenza dell'elettronica di potenza

### Programma

Criteri generali di progettazione dei convertitori, dimensionamento di condensatori e induttori, valutazione delle perdite e scelta dei dissipatori. Modelli medi e alle piccole variazioni per la regolazione dinamica dei convertitori switching c.c./c.c. Modelli medi in riferimento stazionario ed in riferimento rotante per convertitori trifase. Modelli medi e alle piccole variazioni per la regolazione dinamica dei convertitori switching trifase. Criteri di progettazione di regolatori ad anello chiuso. Strutture di conversione di nuovo impiego:

invertire a quattro rami; parallelo di inverter, inverter multilivello.

### Testi

Oltre alle dispense a cura del docente # R.W. Erickson, D. Maksimovic: Fundamentals of Power Electronics, Kluwer Academic Publisher, 2000. # S. Buso, P. Mattavelli: Digital Control in Power Electronics, Morgan & Claypool Publishers, 2006 # N. Mohan, T.M. Undeland, W.P. Robbins: Power Electronics, Converters, Applications, and Design, John Wiley & Sons

### Bibliografia di riferimento

"Power Electronic System Design, Linking Differential Equations, Linear Algebra, and Implicit Functions", Keng Wu "Power Electronic Converters Modeling and Control with Case Studies", Seddik Bacha, Iulian Munteanu, Antoneta Iuliana Bratcu "Control of Power Electronic Converters and Systems", Frede Blaabjerg

### Modalità erogazione

Lezioni frontali. Saranno di ausilio esercitazioni e simulazioni relative agli argomenti che verranno illustrati durante il corso. Le esercitazioni verranno svolte tramite l'impiego di software quali Matlab/Simulink e National Instruments LabVIEW. Sistemi hardware-in-the-loop e dimostratori su scala ridotta verranno impiegati per approfondire alcuni concetti illustrati durante il corso.

### Modalità di valutazione

L'accertamento finale del profitto verrà effettuato al termine del corso discutendo gli argomenti illustrati nel corso delle lezioni e i progetti specifici affrontati in corso d'anno.

### English

### Prerequisites

Previous knowledge on electrical industrial applications, as well as DC and AC analysis of electrical circuits. Knowledge of power electronics

### Programme

Basic criteria for power electronic converters design; capacitors and inductors sizing; power losses calculation; cooling systems definition. Steady-state equivalent circuit modeling, losses and efficiency for dc-dc, dc-ac and ac-dc power electronic converters. AC equivalent circuit modeling for dc-dc dc-ac and ac-dc power electronic converters. Converter transfer functions and controller design. Input filter design. Introduction to multilevel and four-legs topologies. Power electronic converters in parallel running operation.

### Reference books

In addition to the lecture notes provided by the teacher Reference Books # R.W. Erickson, D. Maksimovic: Fundamentals of Power Electronics, Kluwer Academic Publisher, 2000. # S. Buso, P. Mattavelli: Digital Control in Power Electronics, Morgan & Claypool Publishers, 2006 # N. Mohan, T.M. Undeland, W.P. Robbins: Power Electronics, Converters, Applications, and Design, John Wiley & Sons

### Reference bibliography

"Power Electronic System Design, Linking Differential Equations, Linear Algebra, and Implicit Functions", Keng Wu "Power Electronic Converters Modeling and Control with Case Studies", Seddik Bacha, Iulian Munteanu, Antoneta Iuliana Bratcu "Control of Power Electronic Converters and Systems", Frede Blaabjerg

### Study modes

Class lessons. Moreover, exercises and simulations will be useful for the topics that will be illustrated during the course. Matlab/Simulink and National Instruments LabVIEW software will be used during class. Finally, hardware-in-the-loop simulator and reduced scale demo kit will be used to highlight some topics.

### Exam modes

-

## 20810069 - SOLID STATE MEASURING DEVICES

**Docente:** SILVA ENRICO

### Italiano

### Prerequisiti

Fondamenti di meccanica quantistica, quali quelli appresi durante il corso di Elettronica Quantistica

### Programma

Richiami di Meccanica Quantistica e Fisica Statistica. Solidi: proprietà di strutture periodiche. Elettroni nei solidi. Bande. Semiconduttori. Proprietà di trasporto, equazione di Boltzmann. Conducibilità dc, ac, effetti termoelettrici. Elementi di magnetismo. Elementi di Superconduttività. Sensori e dispositivi. Sensori di temperatura, campo magnetico, potenza rf. Dispositivi a effetto termoelettrico: celle Peltier, generatori termoelettrici. Sensori e sistemi superconduttivi: standard del volt, SQUID Effetto Hall quantistico in metrologia

### Testi

Sono elencati i testi da cui sono tratti gli argomenti. Sul sito sono indicati i capitoli rilevanti e le eventuali integrazioni. Lucidi e dispense vengono distribuiti durante il corso attraverso la piattaforma Moodle. M. Razeghi, "Fundamentals of solid state engineering", Kluwer Academic Publishers, 2002. G. Grosso, G. Pastori Parravicini, "Solid State Physics", Elsevier, 2000. H. Ibach, H. Lüth, "Solid State Physics", 4th edition, Springer. R. Marcon, "Proprietà Elettromagnetiche della Materia - Guida alle Lezioni", Casa Editrice CISU. K. Fossheim, A. Sudbø, "Superconductivity - Physics and applications", John Wiley and Sons, Ltd.

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

lezioni in aula.

### Modalità di valutazione

L'esame si compone di una prova scritta sui fondamenti, e di un colloquio orale. Il superamento della prova in itinere esonera dalla prova scritta.

### English

### Prerequisites

Basics of quantum mechanics

### Programme

Basics of Quantum Mechanics and Statistical Physics. Solids: properties of periodical structures. Electrons in solids. Band structures. Semiconductors. Transport properties: Boltzmann equation. dc and ac conductivity. Thermoelectric effects. Fundamentals of Magnetism. Fundamentals of Superconductivity. Devices and sensors. Measuring devices: temperature, magnetic field, rf power. Thermoelectric devices: Peltier cells, thermoelectric generators. Superconducting sensors and devices: volt standard, SQUID. Quantum Hall effect in metrology

### Reference books

This is a comprehensive list of the textbooks whence the topics are taken. On the website the specific chapters are listed. Addenda, slides and summary papers are available on the Moodle platform. M. Razeghi, "Fundamentals of solid state engineering", Kluwer Academic Publishers, 2002. G. Grosso, G. Pastori Parravicini, "Solid State Physics", Elsevier, 2000. H. Ibach, H. Lüth, "Solid State Physics", 4th edition, Springer. R. Marcon, "Proprietà Elettromagnetiche della Materia - Guida alle Lezioni", Casa Editrice CISU. K. Fosheim, A. Sudbø, "Superconductivity - Physics and applications", John Wiley and Sons, Ltd.

### Reference bibliography

-

### Study modes

Class lectures.

### Exam modes

-

## 20810086 - SUPERCONDUTTIVITÀ SPERIMENTALE

**Docente:** SILVA ENRICO

### Italiano

### Prerequisiti

Conoscenza di fondamenti di meccanica quantistica e di Fisica dei Solidi

### Programma

1 Fondamenti e complementi. Resistenza nulla, correnti persistenti. Persistent Current Switch. Effetto Meissner. Superconduttori di tipo I e II. Campi critici. Quantizzazione del flussoide. Equazioni dei London. Modello a due fluidi. 2 Materiali superconduttori. Metalli e leghe: superconduttori tecnologici. Superconduttori ad alta Tc. Superconduttori a base di ferro. Superconduttori anisotropi. 3 Teoria. Cenni alla teoria microscopica BCS. Termodinamica dello stato superconduttivo. Teoria di Ginzburg-Landau 4. Conducibilità a radiofrequenza. Conducibilità ac. Impedenza superficiale. Dispositivi superconduttivi rf. Superconduttori per le cavità acceleratrici e per i grandi esperimenti. 5 Superconduttori di Tipo II. Flussoni. Reticolo di Abrikosov. Campi critici inferiore e superiore. Moto flussonico. Pinning. Irreversibilità. Modello di Bean. Flux-flow, flux-creep, TAFF. 6. Superconduttività per l'energia Applicazioni: SFCL: limitatori di corrente a superconduttore; Magneti superconduttori per la fusione nucleare; Accumulatori: SMES, Flywheels 7. Superconduttività nel quantum computing 8. (facoltativo) Effetto Josephson. Effetto Josephson (derivazione di Feynmann). Modello RCSJ. Effetto Josephson ac. Shapiro steps. Standard di tensione. SQUID; Effetto del campo magnetico, corrente critica e interferenza quantistica. Caso di schermaggio debole. Applicazioni.

### Testi

Sono elencati i testi da cui sono tratti gli argomenti. Sul sito sono indicati i capitoli rilevanti e le eventuali integrazioni. Lucidi e dispense vengono distribuiti durante il corso attraverso il sito web. Sito web (al momento della redazione di questa nota): <http://www.sea.uniroma3.it/eldem/> [BK] W. Buckel, R. Kleiner, "Superconductivity - Fundamentals and Applications", Wiley [EH] C. Enss, S. Hunklinger, "Low-Temperature Physics", Springer [FS] K. Fosheim, A. Sudbø, "Superconductivity - Physics and applications", John Wiley and Sons, Ltd. [IW] Iwasa, "Case Studies in Superconducting Magnets", 2nd Edition, Springer [OD] T.P. Orlando, K.A. Delin, "Foundations of Applied Superconductivity", Addison Wesley si vedano anche le slide del corso "Applied Superconductivity" del MIT (Open CourseWare) [OPe] F. J. Owens, Ch. P. Poole, Jr., "Electromagnetic Absorption in the Copper Oxide Superconductors", Springer

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

Esame orale

### Modalità di valutazione

Esame orale

## English

### Prerequisites

Basics of quantum mechanics and solid state physics

### Programme

1 Introduction to Superconductivity. Zero resistance, persistent currents. Persistent Current Switch. Meissner effect. Type-II and type-II superconductors. Critical fields. Fluxoid quantization. London equations. Two fluid model. 2 Superconducting materials. Elements and Alloys: technological superconductors. High-Tc superconductors. Iron-based superconductors. Anisotropic superconductors. 3 Theory. Basics of microscopic BCS theory. Thermodynamics of the superconducting state. Ginzburg-Landau theory. 4 Radiofrequency superconductivity AC conductivity. Surface impedance. Superconducting rf devices. Superconductors for accelerating cavities and for large experiments. 5 Type-II superconductivity.. Fluxons or vortices. Abrikosov lattice. Lower and upper critical fields. Fluxon motion. Pinning. Irreversibility. Bean model. Flux-flow, flux-creep, TAFF. 6 Energy applications SFCL; Superconducting magnets for nuclear fusion reactors; SMES; Flywheels 7 Superconductivity in quantum computing 8 (additional topic) Josephson effect. Feynmann derivation. RCSJ model. dc Josephson effect. Shapiro steps. Voltage standard. SQUID; effect of a magnetic field, critical current and quantum interference. Weak screening. Applications.

### Reference books

List of the textbooks used. A detailed list of chapters and paragraphs is on the website. Additional material (slides, short texts) can be found on the website. Website: <http://www.sea.uniroma3.it/eldem/> [BK] W. Buckel, R. Kleiner, "Superconductivity - Fundamentals and Applications", Wiley [EH] C. Enss, S. Hunklinger, "Low-Temperature Physics", Springer [FS] K. Fossheim, A. Sudbø, "Superconductivity - Physics and applications", John Wiley and Sons, Ltd. [IW] Iwasa, "Case Studies in Superconducting Magnets", 2nd Edition, Springer [OD] T.P. Orlando, K.A. Delin, "Foundations of Applied Superconductivity", Addison Wesley si vedano anche le slide del corso "Applied Superconductivity" del MIT (Open CourseWare) [OPe] F. J. Owens, Ch. P. Poole, Jr., "Electromagnetic Absorption in the Copper Oxide Superconductors", Springer

### Reference bibliography

-

### Study modes

Oral exam

### Exam modes

-

| Percorso formativo a.a. 2026-2027 (coorte 2026-2027)  |  |           |          |           |       |     |
|---|--|-----------|----------|-----------|-------|-----|
| LM-29 Laurea Magistrale in Ingegneria elettronica per l'industria e l'innovazione (DM 270/2004) |  |           |          |           |       |     |
| N.  | INSEGNAMENTO   | SSD       | ATTIVITÀ | CFU       | A_S   | ORE |
| <b>INSEGNAMENTI COMUNI PER TUTTI GLI STUDENTI (didattica erogata)</b>                           |  |           |          |           |       |     |
| 1   | Advanced engineering electromagnetics                              | IINF-02/A | B        | 9         | 1_2   | 72  |
| 2   | Chimica delle tecnologie   | CHEM-06/A | C        | 6         | 1_1   | 48  |
| 3   | Circuiti e sistemi elettrici                                       | IJET-01/A | C        | 9         | 1_1   | 72  |
| 4   | Elettronica quantistica e ottica ( <i>esame integrato</i> )        | PHYS-03/A | C        | 12        |       | 96  |
| 4a  | <i>Elettronica quantistica</i>                                     | PHYS-03/A | C        | 6         | 1_1   | 48  |
| 4b  | <i>Ottica</i>  | PHYS-03/A | C        | 6         | 1_1   | 48  |
| 5   | Elettronica dei sistemi programmabili                              | IINF-01/A | B        | 9         | 1_2   | 72  |
| 6   | Elettronica di potenza   | IIND-08/A | C        | 9         | 1_2   | 72  |
| 7   | Solid state measuring devices                                      | IMIS-01/B | B        | 9         | 1_2   | 72  |
| 8   | <i>un insegnamento caratterizzante a scelta tra:</i>               |           |          |           |       |     |
|   | Antennas and wireless propagation ( <i>didattica programmata</i> ) | IINF-02/A | B        | 9         | 2_1   | 72  |
|   | Optoelettronica ( <i>didattica programmata/erogata</i> )           | IINF-01/A | B        | 9         | 1/2_2 | 72  |
|   | Progettazione elettronica ( <i>didattica programmata</i> )         | IINF-01/A | B        | 9         | 2_2   | 72  |
| <b>TOTALE CFU INSEGNAMENTI COMUNI PER TUTTI GLI STUDENTI</b>                                    |  |           |          | <b>72</b> |       |     |

| <i>Insegnamenti II anno (didattica programmata)</i> |  |           |   |           |       |    |
|---|--|-----------|---|-----------|-------|----|
| 9-11  | tre insegnamenti per 21 CFU totali, di cui almeno 15 CFU caratterizzanti (B), fra i seguenti da scegliere tra il I e II anno (con l'esclusione dell'insegnamento già scelto al punto 8): |           |   |           |       |    |
|   | Advanced antenna engineering   | IINF-02/A | B | 6         | 2_1   | 48 |
|   | Antennas and wireless propagation  | IINF-02/A | B | 9         | 2_1   | 72 |
|   | Artificial intelligence for electromagnetic technologies   | IINF-02/A | B | 9         | 2_1   | 72 |
|   | Dispositivi e sistemi fotovoltaici   | IINF-01/A | B | 6         | 2_1   | 48 |
|   | Laboratorio di progettazione analogica integrata   | IINF-01/A | B | 6         | 2_2   | 48 |
|   | Metamaterials and metasurfaces for wave engineering  | IINF-02/A | B | 9         | 2_1   | 72 |
|   | Micro e nanotecnologie elettroniche  | IINF-01/A | B | 6         | 2_1   | 48 |
|   | Fotonica avanzata in cristalli liquidi   | IINF-01/A | B | 6         | 2_2   | 48 |
|   | Optoelettronica  | IINF-01/A | B | 9         | 1/2_2 | 72 |
|   | Progettazione elettronica  | IINF-01/A | B | 9         | 2_2   | 72 |
|   | Superconduttività sperimentale   | IMIS-01/B | B | 6         | 2_1   | 48 |
|   | Intelligenza artificiale per l'Ingegneria  | IJET-01/A | C | 6         | 2_2   | 48 |
|   | Progetto di convertitori statici di potenza  | IIND-08/A | C | 6         | 2_2   | 42 |
| <b>TOTALE CFU INSEGNAMENTI DEL PERCORSO</b>         |  |           |   | <b>21</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>                                |  |   | 6          | 2 |  |
|   | <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> |   |  |

**LEGENDA**

B: ATTIVITÀ FORMATIVE CARATTERIZZANTI

C: ATTIVITÀ FORMATIVE AFFINI ED INTEGRATIVE

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

CFU: CREDITI FORMATIVI UNIVERSITARI

A\_S: ANNO - SEMESTRE

| <b>Percorso formativo a.a. 2026-2027 (coorte 2025-2026)</b>  |  |           |          |           |     |     |
|--|--|-----------|----------|-----------|-----|-----|
| <b>LM-29 Laurea Magistrale in Ingegneria elettronica per l'industria e l'innovazione (DM 270/2004)</b> |  |           |          |           |     |     |
| N.   | INSEGNAMENTO   | SSD       | ATTIVITÀ | CFU       | A_S | ORE |
| <b>INSEGNAMENTI COMUNI PER TUTTI GLI STUDENTI (didattica già fruita)</b>                               |  |           |          |           |     |     |
| 1  | Advanced engineering electromagnetics                          | IINF-02/A | B        | 9         | 1_2 | 72  |
| 2  | Chimica delle tecnologie                                       | CHEM-06/A | C        | 6         | 1_1 | 48  |
| 3  | Circuiti e sistemi elettrici                                   | IJET-01/A | C        | 9         | 1_1 | 72  |
| 4  | Elettronica quantistica e ottica ( <i>esame integrato</i> )    | PHYS-03/A | C        | 12        |     | 96  |
| 4a   | <i>Elettronica quantistica</i>                                 | PHYS-03/A | C        | 6         | 1_1 | 48  |
| 4b   | <i>Ottica</i>  | PHYS-03/A | C        | 6         | 1_1 | 48  |
| 5  | Elettronica dei sistemi programmabili                          | IINF-01/A | B        | 9         | 1_2 | 72  |
| 6  | Elettronica di potenza   | IIND-08/A | C        | 9         | 1_2 | 72  |
| 7  | Solid state measuring devices                                  | IMIS-01/B | B        | 9         | 1_2 | 72  |
| 8  | <i>un insegnamento caratterizzante a scelta tra:</i>           |           |          |           |     |     |
|  | Antennas and wireless propagation ( <i>didattica erogata</i> ) | IINF-02/A | B        | 9         | 2_1 | 72  |
|  | Progettazione elettronica ( <i>didattica erogata</i> )         | IINF-01/A | B        | 9         | 2_2 | 72  |
| <b>TOTALE CFU INSEGNAMENTI COMUNI PER TUTTI GLI STUDENTI</b>   |  |           |          | <b>72</b> |     |     |

| <b>Insegnamenti I anno (didattica già fruita)</b> |  |           |   |   |     |    |
|---|--|-----------|---|---|-----|----|
| 9-11  | tre insegnamenti per 21 CFU totali, di cui almeno 15 CFU caratterizzanti (B), fra i seguenti da scegliere tra il I e II anno (con l'esclusione dell'insegnamento già scelto al punto 8): |           |   |   |     |    |
|   | Optoelettronica  | IINF-01/A | B | 9 | 1_2 | 72 |

| <b>Insegnamenti II anno (didattica erogata)</b> |  |           |   |           |     |    |
|---|--|-----------|---|-----------|-----|----|
|   | Advanced antenna engineering                             | IINF-02/A | B | 6         | 2_1 | 48 |
|   | Artificial intelligence for electromagnetic technologies | IINF-02/A | B | 9         | 2_1 | 72 |
|   | Antennas and wireless propagation                        | IINF-02/A | B | 9         | 2_1 | 72 |
|   | Dispositivi e sistemi fotovoltaici                       | IINF-01/A | B | 6         | 2_1 | 48 |
|   | Laboratorio di elettronica                               | IINF-01/A | B | 6         | 2_2 | 42 |
|   | Metamaterials and metasurfaces for wave engineering      | IINF-02/A | B | 9         | 2_1 | 72 |
|   | Micro e nanotecnologie elettroniche                      | IINF-01/A | B | 6         | 2_1 | 48 |
|   | Ottica e fotonica di solitoni                            | IINF-01/A | B | 6         | 2_2 | 48 |
|   | Progettazione elettronica                                | IINF-01/A | B | 9         | 2_2 | 72 |
|   | Superconduttività sperimentale                           | IMIS-01/B | B | 6         | 2_1 | 48 |
|   | Intelligenza artificiale per l'Ingegneria                | IJET-01/A | C | 6         | 2_2 | 48 |
|   | Progetto di convertitori statici di potenza              | IIND-08/A | C | 6         | 2_2 | 42 |
| <b>TOTALE CFU INSEGNAMENTI DEL PERCORSO</b>     |  |           |   | <b>21</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>                                |  |   | 6          | 2 |  |
|   | <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> |   |  |

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

## **REGOLAMENTO PER LE ATTIVITÀ DI TIROCINIO** *Laurea Magistrale in Ingegneria elettronica per l'industria e l'innovazione-LM 29*

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

Preso atto dell'accertata possibilità di consentire l'accesso al tirocinio nell'ambito della Laurea Magistrale, considerato l'obiettivo di alta qualificazione di tali livelli di laurea, è necessario definirne le finalità, le procedure d'accesso e le formalità di controllo del profitto. Ciò è opportuno per garantire una stretta coerenza con le discipline di settore che caratterizzano 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 lett. d) del D.M. n.270 del 22/10/2004, lo Studente può svolgere un periodo di formazione e di orientamento detto tirocinio, volto a sperimentare e sviluppare le capacità tecniche e metodologiche acquisite nel corso degli studi, nonché ad agevolare le scelte professionali, mediante la conoscenza diretta del mondo del lavoro.

Il tirocinio può essere svolto presso:

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

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

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

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

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

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

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

Il modulo con le informazioni sopra riportate, viene inviato sia alla Segreteria Didattica che al Docente-Tutor. Nel caso di tirocinio presso una sede esterna all'Ateneo, lo studente, il Docente-Tutor, e il Referente aziendale, oltre a espletare la procedura ivi descritta, dovranno adempiere, sul portale GOMP, alla procedura definita dall'Ateneo.

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

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

L'Ateneo provvede ad assicurare lo Studente che svolge il tirocinio in sedi esterne all'Ateneo, contro gli infortuni sul lavoro presso l'INAIL, nonché per la responsabilità civile presso compagnie operanti nel settore. L'attività di tirocinio non può iniziare prima che si sia provveduto alle necessarie coperture assicurative.

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

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

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

Nel caso di tirocinio presso una sede esterna all'Ateneo, lo studente, il Docente-Tutor, e il Referente aziendale,

oltre a espletare la procedura ivi descritta, dovranno adempiere, sul portale GOMP, alla procedura definita dall'Ateneo.

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

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

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

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

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

## **REGOLAMENTO PER LA PROVA FINALE DI LAUREA**

### **Laurea Magistrale in Ingegneria elettronica per l'industria e l'innovazione-LM 29**

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

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

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

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

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

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

Il Docente-Relatore può essere un docente dell'Ateneo il cui Settore Scientifico Disciplinare sia presente nell'offerta formativa del Corso di Studi a cui è iscritto lo studente. Nel caso in cui il Docente-Relatore sia un docente a contratto è necessario che la tesi sia discussa entro il termine del contratto di insegnamento. In caso questo non sia possibile, lo studente dovrà individuare altro Docente-Relatore per il completamento della tesi. Lo studente, sulla base delle informazioni ottenute, e in accordo con il Docente-Relatore scelto, presenta la "domanda d'assegnazione tesi", selezionando l'apposita voce accedendo al sistema GOMP e compilando i campi con le informazioni richieste.

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

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

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

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

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

- presentazione orale,
- presentazione mediante videoproiettore,

rispettando i tempi concessi loro dal Presidente della CL.

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

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

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

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

Il procedimento del calcolo di tale media è il seguente:

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

Inoltre:

- nel suddetto calcolo, la votazione "trenta e lode" è valutata pari a 31 punti;
- Attività didattiche, fino a un massimo di 9 crediti, inserite in sovrannumero ai sensi del Regolamento Carriera non saranno comprese nel piano di studio e non concorrono al calcolo della media per il conseguimento del titolo.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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