

<b>Università</b>	Politecnico di TORINO
<b>Classe</b>	LM-29 - Ingegneria elettronica
<b>Nome del corso in italiano</b>	Ingegneria elettronica <i>modifica di: Ingegneria elettronica (1416873)</i>
<b>Nome del corso in inglese</b>	Electronic Engineering
<b>Lingua in cui si tiene il corso</b>	italiano, inglese
<b>Codice interno all'ateneo del corso</b>	37013
<b>Data di approvazione della struttura didattica</b>	13/11/2024
<b>Data di approvazione del senato accademico/consiglio di amministrazione</b>	28/11/2024
<b>Data della consultazione con le organizzazioni rappresentative a livello locale della produzione, servizi, professioni</b>	18/01/2010 -
<b>Data del parere favorevole del Comitato regionale di Coordinamento</b>	
<b>Modalità di svolgimento</b>	a. Corso di studio convenzionale
<b>Eventuale indirizzo internet del corso di laurea</b>	<a href="https://www.polito.it/corsi/37-13">https://www.polito.it/corsi/37-13</a>
<b>Dipartimento di riferimento ai fini amministrativi</b>	ELETTRONICA E TELECOMUNICAZIONI
<b>EX facoltà di riferimento ai fini amministrativi</b>	
<b>Massimo numero di crediti riconoscibili</b>	24 - max 24 CFU, da DM 931 del 4 luglio 2024
<b>Corsi della medesima classe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nanotechnologies for ICTs (Nanotecnologie per le ICT)</li> <li>• Quantum Engineering</li> </ul>

### **Obiettivi formativi qualificanti della classe: LM-29 Ingegneria elettronica**

#### OBIETTIVI FORMATIVI QUALIFICANTI

##### a) Obiettivi culturali della classe

I corsi della classe hanno come obiettivo quello di formare laureate e laureati specialisti in ingegneria elettronica, con approfondite conoscenze interdisciplinari, in grado di inserirsi nel mondo del lavoro in posizioni di responsabilità. Gli obiettivi culturali della classe comprendono aspetti metodologici, tecnologici e di sviluppo relativi a: dispositivi, circuiti, apparati e sistemi elettronici e fotonici per applicazioni nella generazione, trasformazione e trasferimento di informazioni; dispositivi, circuiti, apparati e sistemi elettronici per la generazione, la trasformazione, la conversione, il trasferimento e l'accumulo di energia; nuovi materiali e tecnologie per dispositivi e circuiti elettronici e fotonici, sensori e microsistemi; hardware e software rilevanti per il settore delle tecnologie dell'informazione e per l'acquisizione gestione e interpretazione dei dati. Le laureate e i laureati magistrali nei corsi della classe devono: - conoscere aspetti teorico-applicativi della matematica e delle altre scienze di base, conoscere approfonditamente gli aspetti teorico-scientifici dell'ingegneria, sia in generale sia in modo specifico le tematiche dell'ingegneria elettronica, ed essere capaci di utilizzare tali conoscenze per identificare, formulare e risolvere problemi complessi che richiedono un approccio interdisciplinare; - avere conoscenze delle tecnologie nei settori per i quali l'elettronica costituisce tecnologia abilitante; - possedere competenze per l'integrazione di sistemi elettronici, elettromeccanici o fotonici in ambiti applicativi tipici dell'ingegneria industriale; - avere padronanza del metodo scientifico di indagine e delle strumentazioni di laboratorio ed essere capaci di progettare e gestire esperimenti di elevata complessità; - essere capaci di ideare, pianificare, progettare e gestire sistemi, processi e servizi complessi e/o innovativi; - avere conoscenze nel campo dell'organizzazione aziendale e dell'etica professionale.

##### b) Contenuti disciplinari indispensabili per tutti i corsi della classe

I percorsi formativi dei corsi della classe includono attività finalizzate all'acquisizione di conoscenze e competenze per ideare, progettare, realizzare, caratterizzare e collaudare dispositivi, circuiti e sistemi elettronici, elettromagnetici, (micro/nano)-elettromeccanici e fotonici. In tale contesto, i percorsi comprendono attività finalizzate all'acquisizione di conoscenze avanzate in alcuni dei seguenti campi: tecnologia, modellistica, progettazione e applicazione di dispositivi e circuiti micro- e nano-elettronici o fotonici e relativi strumenti di CAD tecnologico; circuiti e sistemi elettronici ad elevata complessità per segnali analogici, digitali e misti; sistemi embedded con sviluppo di hardware e firmware dedicati; memorie e sistemi per l'in memory computing; sensori, microsistemi, circuiti e tecniche per strumentazione; testing e affidabilità, compatibilità elettromagnetica, strumentazione e sistemi automatici di misura, diagnostica non invasiva; dispositivi, circuiti e controlli per l'elettronica di potenza, per la generazione, la conversione o l'harvesting dell'energia.

##### c) Competenze trasversali non disciplinari indispensabili per tutti i corsi della classe

Le laureate e i laureati nei corsi della classe devono essere in grado di: - comunicare efficacemente, in forma scritta e orale, con particolare riferimento al lessico proprio delle discipline scientifiche e ingegneristiche; - interagire con gruppi di lavoro interdisciplinari mediante la conoscenza dei diversi linguaggi tecnico-scientifici e dei metodi della comunicazione; - operare in contesti aziendali e professionali; - mantenersi aggiornati sugli sviluppi delle scienze e tecnologie; - prevedere e gestire le implicazioni delle proprie attività in termini di sostenibilità ambientale; - essere in grado di promuovere e gestire la digitalizzazione dei processi, sia nell'ambito industriale sia in quello dei servizi.

##### d) Possibili sbocchi occupazionali e professionali dei corsi della classe

I principali sbocchi occupazionali previsti per le laureate e i laureati della classe sono quelli dell'innovazione e dello sviluppo, della produzione, della progettazione avanzata, della pianificazione e della programmazione, della gestione di sistemi complessi nella libera professione, nelle imprese manifatturiere e di servizi e nelle amministrazioni pubbliche. Gli ambiti tipici di occupazione sono presso imprese di progettazione e produzione di componenti, apparati e sistemi ICT, elettronici, elettromeccanici e fotonici, industrie manifatturiere, le amministrazioni pubbliche e le imprese di servizi, le industrie informatiche.

##### e) Livello di conoscenza di lingue straniere in uscita dai corsi della classe

Oltre l'italiano, le laureate e i laureati nei corsi della classe devono essere in grado di utilizzare fluentemente almeno una lingua straniera, in forma scritta e orale, con riferimento anche ai lessici disciplinari.

##### f) Conoscenze e competenze richieste per l'accesso a tutti i corsi della classe

L'ammissione ai corsi di laurea magistrale della classe richiede il possesso di requisiti curriculari che prevedano un'adeguata padronanza di metodi e contenuti scientifici generali nelle discipline scientifiche di base e nelle discipline dell'ingegneria, propedeutiche a quelle caratterizzanti della presente classe.

##### g) Caratteristiche della prova finale per tutti i corsi della classe

I corsi della classe devono prevedere una prova finale che comprenda la discussione di una tesi, redatta a valle di una importante attività di progettazione o di ricerca, che dimostri la padronanza degli argomenti sul piano teorico e applicativo, la capacità di operare in modo autonomo e capacità di comunicazione.

##### h) Attività pratiche e/o laboratoriali previste per tutti i corsi della classe

Le conoscenze sono trasmesse anche tramite esercitazioni di laboratorio e/o attività progettuali autonome o in gruppo al fine di avvicinare lo studente alla dimensione progettuale e ai contesti applicativi dell'ingegneria elettronica.

##### i) Tirocini previsti per tutti i corsi della classe

I corsi della classe possono prevedere tirocini formativi, in Italia o all'estero, presso enti o istituti di ricerca, università, laboratori, aziende e/o amministrazioni pubbliche, anche nel quadro di accordi internazionali.

## **Sintesi della relazione tecnica del nucleo di valutazione**

Il corso è una trasformazione, anche in adeguamento al D.M. 270/04, per accorpamento dei pre-esistenti corsi in Ingegneria Elettronica ed Ingegneria Elettronica (Electronic Engineering). Le risorse di personale, tecnologiche e materiali appaiono sufficienti. Con riferimento al corso pre-esistente, in base agli ultimi dati disponibili, gli studenti iscritti negli A.A. dal 2004-2005 al 2008-2009, sono cresciuti da 112 a 317, ed i laureati hanno avuto una crescita da 22 a 73. Il Nucleo di Valutazione constata come la progettazione del Corso di Laurea Magistrale in Electronic Engineering LM-29, sia stata effettuata nell'ambito dell'azione di coordinamento condotta a livello complessivo di Ateneo – come si evince dai verbali del Senato Accademico. A parere del Nucleo, la proposta risulta quindi adeguatamente progettata, con obiettivi formativi chiaramente formulati. Il Nucleo conferma inoltre che il Corso di Laurea è proposto dalla III Facoltà di Ingegneria che soddisfa i requisiti di docenza con risorse proprie.

## **Sintesi della consultazione con le organizzazioni rappresentative a livello locale della produzione, servizi, professioni**

La consultazione con il sistema socio-economico e le parti interessate, è avvenuta il 18 gennaio 2010 in un incontro della Consulta di Ateneo, a cui sono stati invitati 28 rappresentanti di organizzazioni della produzione, dei servizi e delle professioni, aziende di respiro locale, nazionale ma anche internazionale; presenti anche importanti rappresentanti di esponenti della cultura.

Nell'incontro sono stati delineati elementi di carattere generale rispetto alle attività dell'ateneo, una dettagliata presentazione della riprogettazione dell'offerta formativa ed il percorso di deliberazione degli organi di governo.

Sono stati illustrati gli obiettivi formativi specifici dei corsi di studio, le modalità di accesso ai corsi di studio, la struttura e i contenuti dei nuovi percorsi formativi e gli sbocchi occupazionali.

Sono emersi ampi consensi per lo sforzo di razionalizzazione fatto sui corsi, sia numerico sia geografico, anche a fronte di una difficoltà attuativa ma guidata da una chiarezza di sostenibilità economica al fine di perseguire un sempre più alto livello qualitativo con l'attenzione anche all'internazionalizzazione.

Consensi che hanno trovato riscontro in una votazione formale con esito unanime rispetto al percorso e alle risultanze della riprogettazione dell'Offerta formativa.

## **Obiettivi formativi specifici del corso e descrizione del percorso formativo**

Il corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica è caratterizzato da una impostazione ad ampio spettro, e offre competenze che spaziano dalle tecnologie alla progettazione di circuiti e sistemi, agli aspetti algoritmici e applicativi. Il percorso di studi fornisce una formazione completa nei diversi settori di interesse specifico dell'elettronica, integrati da approfondimenti nell'ambito delle misure, dei campi elettromagnetici, e dell'elaborazione digitale dell'informazione.

Data la varietà di approfondimenti possibili, non limitati all'ambito strettamente Elettronico ma che comprendono tutti gli aspetti del mondo delle ICT, fin dal concepimento del corso di studio secondo l'ordinamento vigente si è deciso di lasciare ampia possibilità di scelta agli studenti, ponendo il limite massimo dei crediti a scelta al valore di 18, per permettere la costruzione di percorsi rivolti ad approfondimenti di aree specialistiche dell'elettronica (dispositivi, circuiti e sistemi digitali, analogici e a radiofrequenza), o percorsi interdisciplinari che includono significativi contenuti di altre aree delle tecnologie dell'informazione, in particolare dell'informatica (sistemi embedded), delle telecomunicazioni (sistemi wireless), dei microsistemi e delle applicazioni industriali.

Tale libertà di scelta è stata negli anni utilizzata dagli studenti per poter completare il proprio percorso formativo con competenze trasversali, acquisendo conoscenze complementari che arricchiscono il proprio know-how strettamente Elettronico e che anzi integrano competenze avanzate nel mondo delle comunicazioni, dell'informatica ed in generale dell'Information Technology.

Tale scelta è stata condivisa e sostenuta dal tessuto economico locale che richiede ingegneri Elettronici ad ampio spettro e non limitati nelle proprie competenze ad uno o pochi campi di specializzazione.

L'Ingegnere Elettronico con laurea Magistrale è in grado operare in ricerca, progetto e sviluppo alle frontiere della tecnologia, dove occorre non solo usare componenti e metodologie avanzati, ma svilupparne di nuovi, per realizzare applicazioni innovative o con rapporto costo/prestazioni ottimale. Questo richiede la capacità di condurre progetti complessi, con prestazioni al limite della fattibilità tecnologica, di sviluppare nuovi componenti e sottosistemi ad hoc in forma di circuiti integrati o System-On-Chip, e di utilizzare procedure e metodi innovativi. Gli ambiti applicativi spaziano dai vari settori delle tecnologie dell'informazione (telecomunicazioni, elaborazione dell'informazione, misure e sensoristica) alle aree in cui l'elettronica non è esplicitamente evidente, ma riveste un ruolo determinante per le funzionalità e prestazioni (ad esempio i settori veicolistico/trasporti, aerospazio, robotica, controllo ambientale, beni di consumo in genere).

Le Tecnologie dell'Informazione e in particolare l'Elettronica hanno una diffusione capillare nell'industria, nei servizi e in generale nella vita quotidiana, e possono offrire nuove soluzioni e nuovi sbocchi nei più svariati settori applicativi. Sul fronte progettuale, l'Ingegnere Elettronico Magistrale è in grado di condurre analisi delle esigenze applicative e di sviluppare la loro conversione in specifiche di progetto, anche nel caso di sistemi complessi.

Gli insegnamenti della Laurea Magistrale sono tenuti parte in italiano e parte in inglese, ed è possibile costruire percorsi solo in inglese, o percorsi con prevalenza di corsi in italiano. Il percorso formativo comprende un gruppo di insegnamenti obbligatori e un ampio ventaglio di insegnamenti a scelta. Questi corsi consentono di predisporre percorsi rivolti ad approfondimenti di aree specialistiche dell'elettronica, come descritto nel seguito.

La Laurea Magistrale si conclude con una tesi scritta (che può essere in inglese), svolta sotto la supervisione di un docente; il lavoro di tesi può essere svolto anche presso aziende o università estere. Sono attive collaborazioni con università di altri paesi, per il conseguimento di titoli congiunti o di doppie lauree.

Nel primo anno della Laurea Magistrale in Ingegneria elettronica alcuni insegnamenti hanno lo scopo di allineare le conoscenze di base su diversi argomenti di Elettronica, Matematica e Misure a quanto richiesto nei corsi specialistici successivi.

Questi insegnamenti sono organizzati in 4 coppie:

- 1 Digital Electronics / Sistemi digitali integrati
- 2 Sistemi di misura e sensori / Testing and certification
- 3 High Speed electron devices / Optoelettronica
- 4 Elettronica analogica e di potenza / Analog and telecommunication Electronics

completate da un corso a scelta di ambito matematico (Finite elements modeling) oppure di telecomunicazioni (Signal Processing and Optical Transmission Lab oppure Signal Processing and Wireless Transmission Lab) oppure di ambito sistemistico (Integrazione di sistemi embedded). Nel piano di studi deve essere inserito uno e un solo insegnamento per ciascuna coppia ed uno degli insegnamenti a scelta tra l'ambito matematico, delle telecomunicazioni o sistemistico.

Nei "Piani di studio automaticamente approvati" compare uno di questi insegnamenti; l'indicazione va intesa come consiglio, non come vincolo tassativo. Scegliere l'insegnamento "consigliato" rende più coerente il percorso complessivo, ma è anche possibile inserire l'altro corso della stessa coppia, ad esempio per preferenza linguistica.

Sono previsti tre workshop interdisciplinari atti a sviluppare competenze interdisciplinari da parte degli studenti che vengono valutati in 4 crediti extra-curricolari. Lo scopo è duplice: i) permettere agli studenti di applicare i concetti teorici appresi su casi concreti; ii) sviluppare/affinare le soft skills richieste dal mercato del lavoro, quali capacità di organizzare il lavoro in gruppo, capacità di comunicare, capacità di apprendere autonomamente, capacità di presentare il proprio lavoro in modo efficace.

Orientamenti nella Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica

La Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica prevede gli orientamenti indicati nel seguito (una descrizione dettagliata è in testa alla tabella dei corsi di ciascun orientamento).

Electronic Micro- and Nanosystems (Micro- e Nanosistemi elettronici)  
(tutti gli insegnamenti in inglese)

Devices and Technologies for Integrated Electronics and Optoelectronics (Dispositivi e tecnologie per l'elettronica e l'optoelettronica integrata) (tutti gli insegnamenti in inglese)

Progettazione Analogica e di Potenza (Design of power and analog electronics)  
(alcuni insegnamenti in Inglese)

Microelettronica (Microelectronics)  
(alcuni insegnamenti in Inglese)

Sistemi elettronici (Electronic Systems)  
(alcuni insegnamenti in Inglese)

Radiofrequency Systems Design (Progettazione di Sistemi a Radio-Frequenza)  
(molti insegnamenti in inglese)

Embedded Systems (Sistemi Embedded)  
(tutti gli insegnamenti in inglese)

Electronics for Industrial Applications (Elettronica per Applicazioni Industriali)  
(alcuni insegnamenti in inglese)

### **Descrizione sintetica delle attività affini e integrative**

Le attività affini ed integrative hanno il compito di completare la formazione richiesta ai laureati magistrali in ingegneria elettronica andando a rafforzare ed approfondire ambiti specifici. Tali ambiti spaziano da aspetti matematico-fisico ad aspetti elettronici in senso ampio, includendo sia tematiche legate alla misura, alla caratterizzazione ed al progetto di dispositivi, circuiti e sistemi, che tematiche legate alle applicazioni, ad esempio in ambito delle telecomunicazioni e dei sistemi di elaborazione delle informazioni.

### **Risultati di apprendimento attesi, espressi tramite i Descrittori europei del titolo di studio (DM 16/03/2007, art. 3, comma 7).**

#### **Conoscenza e capacità di comprensione (knowledge and understanding)**

Il laureato Magistrale in Ingegneria Elettronica ha solide conoscenze di base, acquisite nel corso di laurea triennale e consolidate nel corso del biennio della Magistrale; tali competenze spaziano negli ambiti della matematica, fisica, chimica e informatica.

Nel corso di laurea Magistrale vengono consolidate e incrementate le competenze di base caratterizzanti l'Elettronica e vengono successivamente integrate nei vari filoni dell'elettronica digitale, analogica, dei dispositivi elettronici e optoelettronici, dei sistemi nano e microelettronici, dei circuiti per le comunicazioni nonché per i sistemi embedded e per le applicazioni industriali.

Le conoscenze e competenze attese riguardano i diversi ambiti disciplinari caratterizzanti i sistemi elettronici di tipo complesso, oggetto del corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica, quali:

- le tecniche di progetto di circuiti analogici complessi a componenti discreti e integrati nonché i circuiti di interfacciamento (A/D e D/A) con il mondo digitale (Insegnamento: Elettronica Analogica e di Potenza oppure Analog and Telecommunications Electronics oppure Electronics for Embedded Systems),
- le tecniche di progetto di architetture digitali complesse sia a livello di schede e sistemi sia a livello di microsistemi integrati (Sistemi Digitali integrati oppure Digital Electronics),
- le tecniche avanzate e i sistemi di misura sia in ambito analogico sia in ambito digitale (Insegnamento: Sistemi di Misura e Sensori oppure Testing and Certification)
- le tecniche avanzate di progetto di sistemi e circuiti per la propagazione in guida d'onda e spazio libero nonché il progetto di antenne (Insegnamento: Guiding Electromagnetic Systems oppure Passive Optical Components oppure Radar and Remote Sensing oppure Radiating Electromagnetic Systems)
- le tecniche di analisi e progetto di dispositivi ad alte frequenze e optoelettronici (Insegnamento: Optoelettronica oppure High Speed Electron Devices).

Ogni studente avrà l'opportunità di scegliere un orientamento del percorso di studi che gli permetterà di ampliare le proprie conoscenze in settori specifici dell'Elettronica (Devices and Technologies for Integrated Electronics and Optoelectronics, Electronic micro and nanosystems, Embedded systems, Microelectronics, Progettazione Analogica e di Potenza, Sistemi Elettronici, Radiofrequency Systems Design, Electronics for Industrial Applications), acquisendo competenze specialistiche.

Queste conoscenze e capacità sono acquisite dagli studenti attraverso lezioni frontali, esercitazioni in aula e in laboratori informatici e di tipo sperimentale. Nella maggior parte degli insegnamenti sono anche presenti altre attività, condotte in modo autonomo da ciascuno studente o da gruppi di lavoro organizzati con specifici obiettivi, assistiti dai docenti, come ad esempio l'approfondimento di argomenti monografici e progetti di tipo settoriale e di tipo multidisciplinari. Ogni insegnamento indica quanti crediti sono riservati a ciascuna modalità didattica.

L'accertamento delle conoscenze e della capacità di comprensione avviene tramite esami scritti e orali, che comprendono quesiti relativi agli aspetti teorici ed applicativi e tramite la discussione dei risultati delle attività autonome singole o di gruppo. Si richiede la capacità di integrare le conoscenze acquisite in insegnamenti e contesti diversi, e la capacità di valutare criticamente e scegliere tecnologie, modelli e metodi di soluzione.

#### **Capacità di applicare conoscenza e comprensione (applying knowledge and understanding)**

Al termine del percorso di studi lo studente sarà in grado di applicare le conoscenze e competenze acquisite nei vari ambiti a diversi contesti, fondendole insieme grazie ad un'intensa attività sperimentale e di laboratorio.

In particolare le conoscenze e tecniche acquisite consentono allo studente di:

- definire le specifiche di un sistema elettronico, di analizzarne le caratteristiche principali, determinandone le funzionalità, le tecnologie necessarie per la realizzazione, le criticità e quanto è necessario per la realizzazione sia a livello di prototipo sia a livello di produzione,
- progettare sistemi elettronici complessi con diverse tecnologie, sia a livello di schede sia a livello di circuiti integrati, comprendendo e scegliendo le soluzioni tecnologiche più appropriate in funzione delle specifiche di progetto e procedendo al partizionamento del sistema in sottosistemi analogici e digitali per poi giungere al progetto integrato delle varie parti anche con tecniche di co-progettazione e co-simulazione,
- progettare antenne e circuiti elettronici per la trasmissione in guida d'onda e spazio libero da integrare nei sistemi elettronici avanzati
- progettare dispositivi elettronici avanzati e innovativi di tipo microelettronico, nanoelettronico o optoelettronico.
- progettare sistemi di misura modulari e automatici basati su sistemi di acquisizione dati

Inoltre lo studente avrà sviluppato le capacità specifiche dell'orientamento scelto, integrando quindi e completando la sua preparazione per il mondo del lavoro.

Modalità didattiche.

La capacità di applicare conoscenze e comprensione sono acquisite dallo studente tramite l'analisi e la progettazione guidata di sistemi elettronici complessi commerciali ed innovativi. Lezioni ed esercitazioni in aula sono fortemente correlate alle attività progettuali, e le attività sperimentali sono finalizzate alla progettazione integrata e completa del sistema elettronico, con particolare enfasi alle verifiche di criticità e limiti dei modelli rispetto ai casi reali, l'ingegnerizzazione delle apparecchiature progettate, le verifiche funzionali nonché la caratterizzazione fisica del sistema progettato relativamente alle specifiche di partenza. Viene curata l'applicazione integrata di conoscenze acquisite in differenti insegnamenti o in modo autonomo.

Modalità di accertamento.

Gli accertamenti comprendono esami tradizionali (scritti e orali), con quesiti relativi agli aspetti teorici, all'analisi e al progetto di sottosistemi elettronici. I

quesiti di progetto richiedono la valutazione comparata di diverse scelte ("problem solving"). Viene verificata la capacità di applicare le conoscenze acquisite a problemi nuovi, anche di carattere interdisciplinare.

Un accertamento complessivo delle capacità di applicare quanto appreso nei diversi insegnamenti avviene con la elaborazione della tesi di laurea. Questa prova finale richiede l'integrazione di conoscenze acquisite e la capacità di apportare nuovi sviluppi.

### **Autonomia di giudizio (making judgements)**

L'ingegnere elettronico esercita autonomia di giudizio a diversi livelli, dalle scelte di dispositivi o sottosistemi ai problemi di progetto veri e propri. Per quest'ultimo aspetto va osservato che solitamente le specifiche delle applicazioni non sono complete e lasciano gradi di libertà al progettista. L'ingegnere Elettronico è in grado di fare le necessarie scelte, a integrazione delle specifiche, che consentono di condurre a compimento un progetto. E' in grado di valutare i parametri di costo e prestazioni di un sistema elettronico, valutando i risultati ottenibili in relazione alle scelte effettuate.

Le tecniche di valutazione, confronto e scelta sono utilizzate prevalentemente negli insegnamenti del terzo anno di corso, in particolare tra gli insegnamenti dell'area elettronica, e sono qualificabili come "problem solving".

### **Abilità comunicative (communication skills)**

Le abilità comunicative dell'ingegnere Elettronico lo mettono in condizioni di poter presentare e discutere idee, problemi e soluzioni, anche verso interlocutori non specialisti. Questo può aver luogo sia con comunicazione diretta che per iscritto. Esempi di documentazione scritta riguardano la redazione di manuali, specifiche di componenti e sistemi, relazioni tecniche e descrittive.

Numerose attività di apprendimento richiedono la formazione di gruppi di lavoro. Ciò permette di esercitare anche la capacità di lavorare in gruppo, di organizzare il lavoro, discutere le proprie idee con i colleghi, di organizzare e redigere un rapporto tecnico.

Le abilità comunicative vengono sviluppate attraverso la preparazione di rapporti scritti relativi a esercitazioni, esperimenti in laboratorio e lo sviluppo di piccoli progetti. Tali rapporti vengono valutati e contribuiscono alla determinazione del punteggio finale dell'insegnamento. Alcuni insegnamenti prevedono la presentazione pubblica di lavori individuali o di gruppo. Questa attività può essere considerata anche come un esercizio sulle tecniche di presentazione e comunicazione. Numerosi insegnamenti utilizzano materiale didattico in lingua inglese, per accrescere la familiarità con la documentazione tecnica in questa lingua.

### **Capacità di apprendimento (learning skills)**

Obiettivo primario del corso di studio è fornire agli studenti gli strumenti adeguati per un aggiornamento continuo delle proprie conoscenze, anche dopo la conclusione del proprio percorso di studi, in una prospettiva di "formazione permanente".

Alcuni insegnamenti, soprattutto quelli con maggiore contenuto sperimentale o applicativo, tendono a fornire anche indicazioni sui metodi più corretti di studi e apprendimento.

In generale gli insegnamenti del corso di studi mirano a sviluppare un livello di interesse e coinvolgimento che porti gli studenti a cercare ulteriori approfondimenti, utilizzando materiale aggiuntivo rispetto a quello indicato o utilizzato in aula dal docente (libri, articoli scientifici, documentazione tecnica commerciale).

La pratica di queste attività permette agli studenti di acquisire anche i fondamenti scientifici e metodologici richiesti per proseguire gli studi ad un livello superiore.

### **Conoscenze richieste per l'accesso (DM 270/04, art 6, comma 1 e 2)**

Costituiscono requisiti curriculari il titolo di laurea o di un diploma universitario di durata triennale ovvero di altro titolo di studio conseguito all'estero, riconosciuto idoneo, e le competenze e conoscenze che lo studente deve aver acquisito nel percorso formativo pregresso, espresse sotto forma di crediti riferiti a specifici settori scientifico-disciplinari o a gruppi di essi. In particolare lo studente deve aver acquisito un minimo di 40 cfu sui settori scientifico-disciplinari FIS/01, FIS/03, ING-INF/05, MAT/02, MAT/03, MAT/05 e 60 cfu sui settori scientifico-disciplinari CHIM/07, ING-IND/22, ING-IND/31, ING-IND/33, ING-INF/01, ING-INF/02, ING-INF/03, ING-INF/04, ING-INF/05, ING-INF/06, ING-INF/07.

Inoltre, lo studente deve essere in possesso di un'adeguata preparazione personale e della conoscenza certificata della lingua inglese di livello B2 o superiore, come definito dal Quadro comune europeo di riferimento per la conoscenza delle lingue (QCER), con riferimento anche ai lessici disciplinari.

Le modalità di verifica dell'adeguatezza della preparazione personale, i criteri per il riconoscimento della conoscenza certificata della lingua inglese e le modalità di superamento della prova di accesso sono riportati nel regolamento didattico del corso di studio.

### **Caratteristiche della prova finale (DM 270/04, art 11, comma 3-d)**

La prova finale ha un valore di 30 crediti, corrispondenti a un periodo di tempo di circa un semestre di lavoro a tempo pieno. Essa è costituita da una tesi da 30 crediti, oppure, in alternativa, da un tirocinio in azienda da 12 crediti seguito da una tesi da 18 crediti.

La tesi ha come oggetto un'analisi, un progetto o un'applicazione a carattere innovativo, relativi ad argomenti coerenti con gli obiettivi formativi del corso di studi, e lo sviluppo di un elaborato scritto conclusivo (Tesi di Laurea). Gli insegnamenti del secondo anno sono distribuiti in modo da poter dedicare un adeguato periodo allo sviluppo della prova finale. E' ammesso alla prova finale lo studente che ha completato il restante percorso formativo.

La tesi di Laurea Magistrale rappresenta una verifica complessiva della padronanza di contenuti tecnici e delle capacità di organizzazione, di comunicazione, e di lavoro individuali, relativamente allo sviluppo di analisi o di progetti complessi. Le attività previste nella prova finale richiedono normalmente l'applicazione di quanto appreso in più insegnamenti, l'integrazione con elementi aggiuntivi e la capacità di proporre spunti innovativi. L'argomento e le attività relative alla prova finale sono concordati con un docente del Politecnico (un relatore di tesi e un referente del tirocinio, nel caso quest'ultimo sia previsto). Le attività possono essere condotte anche presso altri enti o aziende, in Italia o all'estero, sotto la supervisione di un docente relatore del Politecnico e di un tutore dell'ente esterno.

Le attività relative alla preparazione della Tesi di Laurea ed i relativi risultati devono essere presentati e discussi pubblicamente, in presenza di una commissione di docenti che esprime una valutazione del lavoro svolto e della presentazione.

La tesi di Laurea e la presentazione possono essere in lingua inglese.

Modalità di assegnazione e dettagli sullo svolgimento della prova finale sono precisati nel regolamento didattico del Corso di Studi.

### **Motivi dell'istituzione di più corsi nella classe**

La III Facoltà d'Ingegneria del Politecnico di Torino ha progettato due corsi di Laurea Magistrale nella stessa classe di Ingegneria elettronica (LM-29) denominati "Ingegneria Elettronica (Electronic engineering)" e "Nanotechnologies for ICTs". Il primo è la trasformazione in Laurea Magistrale di quello che era il corso di Laurea Specialistica in Ingegneria elettronica mentre il secondo è la trasformazione del corso di Laurea Specialistica in Nanotecnologie per le ICT.

Si può affermare che il corso di Laurea Magistrale in Ingegneria elettronica è caratterizzato da una impostazione ad ampio spettro, e offre competenze che spaziano dalle tecnologie alla progettazione di circuiti e sistemi e agli aspetti algoritmici e applicativi, ed una solida formazione nei diversi settori di interesse specifico dell'elettronica, integrati da approfondimenti nell'ambito delle misure, dei campi elettromagnetici, e dell'elaborazione digitale dell'informazione.

Il corso di Laurea Magistrale in Nanotechnologies for ICTs pone l'enfasi sulla cultura ingegneristica in particolare nell'ambito delle tecnologie ICT (ovvero tecnologie dell'informazione e della comunicazione) e sulla preparazione nelle aree della Fisica della materia rivolte alle micro/nanotecnologie, dei materiali e dei processi necessari allo sviluppo di micro/nanodispositivi destinati a occupare una frazione sempre crescente del mercato globale. Il corso di studi associa quindi ad una solida preparazione in ambiti culturali propri dell'Ingegneria elettronica avanzata un insieme coerente di competenze specifiche

in Fisica della materia finalizzate allo sviluppo dei materiali e processi per la progettazione di ogni tipo di micro/nanodispositivo.  
Al fine di favorire il processo di internazionalizzazione del Politecnico di Torino il corso di Laurea Magistrale in Ingegneria elettronica è totalmente erogato sia in lingua italiana sia in lingua inglese mentre il corso di Laurea Magistrale in Nanotechnologies for ICTs è erogato totalmente in lingua inglese.  
Le caratterizzazioni dei due corsi di Laurea Magistrale hanno determinato una differenziazione per più di 30 crediti per cui, sulla base delle indicazioni della nota ministeriale 160/09, il Politecnico di Torino ha scelto di istituire due diversi corsi di studio all'interno della stessa classe.

### **Comunicazioni dell'ateneo al CUN**

<b>Sbocchi occupazionali e professionali previsti per i laureati</b>
<b>Ingegnere Analista</b>
<p><b>funzione in un contesto di lavoro:</b> L'ingegnere elettronico magistrale che svolge il ruolo di analista definisce i requisiti tecnici del dispositivo, sistema o apparato elettronico, anche di elevata complessità, ed è in grado di condurre lo sviluppo di elementi specifici per l'applicazione. Stende le specifiche di progetto e utilizza modelli di simulazione per definire il comportamento atteso del prodotto che dovrà essere in seguito progettato. Funge da interfaccia tra il cliente e i progettisti durante le fasi di realizzazione e di collaudo per verificare l'aderenza alle specifiche.</p>
<p><b>competenze associate alla funzione:</b> L'analista conosce i dispositivi e i componenti di base, anche di elevata complessità, di circuiti e sistemi elettronici nonché le loro applicazioni nell'ambito dell'informatica, delle telecomunicazioni, dell'automazione e degli ambiti correlati. Fondamentale è la competenza di livello sistema, cioè la capacità di definire la funzionalità generale, e con essa le prestazioni e i costi globali, attraverso l'utilizzo e la connessione di blocchi di base. La formazione dell'analista si completa con le competenze di misure elettroniche, anche avanzate, necessarie per la misurazione e il collaudo e la conseguente analisi di rispondenza alle specifiche.</p>
<p><b>sbocchi occupazionali:</b> Aziende di produzione di beni o servizi sia nei settori ICT che in settori economici diversi, come per esempio quello meccanico. Studi di progettazione. Organizzazioni pubbliche e private.</p>
<b>Progettista di sistema</b>
<p><b>funzione in un contesto di lavoro:</b> L'ingegnere elettronico magistrale che opera come progettista di sistema progetta, a partire dalle specifiche, sistemi integrati costituiti da un unico componente con funzionalità complesse tutte realizzate nel medesimo circuito integrato o da più circuiti integrati. L'attività comprende sia l'integrazione di componenti di base già progettati o comunque disponibili, sia la progettazione di nuovi componenti, finalizzate alla realizzazione di un sistema elettronico, anche di elevata complessità.</p>
<p><b>competenze associate alla funzione:</b> Per questo ruolo l'ingegnere elettronico magistrale è particolarmente competente sui dispositivi e circuiti integrati e non integrati, e sulle metodologie di progetto (compromessi tra HW e SW, ottimizzazioni di progetto e tecniche di collaudo, uso di CAD). Egli è in grado di valutare il miglior compromesso tra parametri quali: prestazioni, consumo di potenza, costo e affidabilità. Possiede inoltre la capacità di gestire la produzione e l'installazione di un sistema elettronico. olo di qualità di processo e di prodotto.</p>
<p><b>sbocchi occupazionali:</b> Aziende di produzione di beni sia nei settori ICT che in altri ambiti industriali.</p>
<b>Progettista circuitale</b>
<p><b>funzione in un contesto di lavoro:</b> L'ingegnere elettronico magistrale progetta realizza sistemi elettronici sia utilizzando componenti o sottosistemi commerciali, sia attraverso la progettazione di componenti ad hoc anche integrati. Questa attività comprende il progetto della scheda e il suo layout, l'organizzazione della produzione, e il collaudo finale. In questo contesto, il progettista circuitale definisce e progetta, in base ai requisiti, i circuiti analogici, digitali o misti (A/D) e le diverse unità funzionali.</p>
<p><b>competenze associate alla funzione:</b> Il progettista circuitale conosce approfonditamente i principi e lo stato dell'arte dei dispositivi elettronici analogici e digitali, delle tecnologie utilizzate, del CAD di progettazione. Deve inoltre possedere competenze legate ai dispositivi e alla tecnologia dei dispositivi attivi, dei sensori e degli attuatori. L'ingegnere magistrale è in grado di eseguire misure in laboratorio e di calibrare gli strumenti di misura.</p>
<p><b>sbocchi occupazionali:</b> Aziende di produzione, commercializzazione e distribuzione di prodotti e apparati elettronici, informatici, bio-medicali</p>
<b>Progettista di sistemi a Radio Frequenza e di comunicazione</b>
<p><b>funzione in un contesto di lavoro:</b> Un progettista elettronico di sistemi RF e di comunicazione progetta gli elementi HW e SW di sistemi elettronici operanti nel campo delle telecomunicazioni sia di tipo wireless (sistemi mobili, sistemi via satellite, LAN, domotica, broadcasting) che di tipo cablato (optoelettronica, LAN, WAN, applicazioni automotive). La sua attività si concentra principalmente sul progetto del sistema e delle sue parti funzionali, con utilizzo di circuiti integrati e unità funzionali a diversi livelli di complessità: dal singolo dispositivo al completo sistema radio. In questo contesto l'Ingegnere elettronico magistrale opera sugli aspetti più legati alle apparecchiature e in genere all'hardware.</p>
<p><b>competenze associate alla funzione:</b> Le competenze per questo ruolo spaziano dalla conoscenza approfondita dell'elettronica analogica e digitale, compresa la Radio Frequenza e le microonde, ai sistemi riconfigurabili, ai circuiti per la conversione A/D e D/A, ai metodi di progetto (trade-off tra HW e SW, ottimizzazione di progetto e tecniche di collaudo) per i sistemi wireless e wireline. Inoltre, l'ingegnere elettronico magistrale con mansioni in quest'ambito è in grado di installare e gestire sistemi di comunicazione di vario genere.</p>
<p><b>sbocchi occupazionali:</b> Aziende di produzione, commercializzazione e distribuzione di prodotti e apparati elettronici, informatici, bio-medicali.</p>
<b>Ingegnere di Ricerca e sviluppo</b>
<p><b>funzione in un contesto di lavoro:</b> L'ingegnere elettronico magistrale che lavora nell'ambito della ricerca e dello sviluppo, si occupa della progettazione di prototipi a vari livelli in tutti gli ambiti dell'elettronica, analogica, digitale o a radiofrequenza. Caratterizza i prototipi in laboratorio utilizzando strumentazione avanzata. Studia nuove tecniche di fabbricazione di circuiti integrati a larghissima scala d'integrazione. Brevetta nuovi dispositivi e tecniche di produzione. Presenta infine i risultati del suo lavoro a congressi del settore elettronico e microelettronico e li pubblica in riviste specializzate.</p>
<p><b>competenze associate alla funzione:</b> Le competenze di un ricercatore elettronico sono ad ampio spettro e riguardano la fisica dei semiconduttori e dei materiali utilizzati nella microelettronica, la tecnologia di fabbricazione di dispositivi e circuiti integrati, le tecniche di progettazione degli stessi, le metodologie di caratterizzazione per mezzo di strumentazione elettronica di misura e collaudo, le applicazioni dell'elettronica nell'industria dell'information technology e di ambiti correlati.</p>
<p><b>sbocchi occupazionali:</b> Centri di ricerca e aziende che creano innovazione.</p>
<b>Responsabile di laboratori</b>

**funzione in un contesto di lavoro:**

Il laureato in ingegneria elettronica magistrale può essere impiegato in laboratori elettronici di sviluppo o di produzione con mansioni di tecnico ad elevata specializzazione, o di direttore del laboratorio stesso. Nella mansione di direttore, si occupa della organizzazione del lavoro all'interno del team di personale tecnico, della definizione delle strategie di ricerca e sviluppo del committente, della selezione del personale tecnico ad alta specializzazione necessario al funzionamento del laboratorio.

**competenze associate alla funzione:**

Le competenze del direttore di un laboratorio elettronico sono relative a tutte le fasi di progettazione, prototipazione e produzione di un sistema o apparato elettronico, anche di elevata complessità e realizzato con tecnologie a larghissima scala d'integrazione. In particolare l'ingegnere elettronico magistrale impiegato in questo ruolo conosce le tecnologie di progetto e di produzione dei circuiti integrati e delle schede elettroniche; è in grado di selezionare in base al miglior compromesso costo-prestazioni i componenti elettronici di base da utilizzare in un dato progetto; sa utilizzare con perizia la strumentazione di laboratorio e il software di progettazione; ha competenze di controlli automatici per gestire e se necessario approntare gli strumenti di produzione. Inoltre, possiede competenze nell'ambito della gestione delle risorse umane.

**sbocchi occupazionali:**

Laboratori di ricerca e sviluppo, centri di collaudo, misura e caratterizzazione di sistemi e apparati elettronici, in aziende pubbliche e private e in enti di ricerca.

**Esperto Tecnico-Commerciale****funzione in un contesto di lavoro:**

L'ingegnere elettronico che svolge mansioni tecnico-commerciali assiste il cliente in tutte le fasi, dalla definizione delle specifiche alla vendita e servizi post-vendita, relativamente a prodotti elettronici ad alto contenuto tecnologico o che impiegano sistemi elettronici. E' in grado di organizzare ed effettuare presentazioni e dimostrazioni di sistemi e apparati elettronici, nel contesto di fiere specialistiche o direttamente presso i clienti. Svolge anche il ruolo di interfaccia tra i progettisti e gli esperti di marketing.

**competenze associate alla funzione:**

La relazione con il cliente, privato, azienda o istituzione, che acquista apparati elettronici, specie se di elevato valore aggiunto e di complessità rilevante, richiede competenze tecniche specifiche oltre che attitudini alla comunicazione e alla gestione del processo di vendita. L'ingegnere elettronico magistrale impiegato nel settore tecnico-commerciale di un'azienda possiede una conoscenza approfondita delle tecnologie dei componenti e sistemi elettronici, oltre che degli aspetti di affidabilità, manutenzione, prestazioni, consumi energetici. Inoltre, è in grado di valutare i diversi parametri legati allo sviluppo di applicazioni basate su sistemi elettronici di varia complessità, alità di processo e di prodotto.

**sbocchi occupazionali:**

Aziende di produzione, commercializzazione e distribuzione di prodotti e apparati elettronici, informatici, bio-medicali

**Libero professionista****funzione in un contesto di lavoro:**

L'ingegnere elettronico magistrale libero professionista propone soluzioni per l'avvio di nuove attività e produzioni che richiedano l'impiego di apparati elettronici sia come sistemi di produzione sia come prodotti finali. Suggestisce le migliori soluzioni circuitali o di sistema, anche integrate, per una data applicazione nell'ambito dell'information technology o in ambiti correlati. Progetta il dispositivo o circuito integrato o il sistema elettronico richiesto e gestisce le fasi di fabbricazione appoggiandosi ad aziende terze se la consulenza è rivolta ad aziende non del settore.

**competenze associate alla funzione:**

Le competenze del libero professionista comprendono tutte le fasi di progettazione, prototipazione e produzione di un sistema o apparato elettronico, anche di elevatissima complessità e realizzato con tecnologie a larghissima scala d'integrazione. Egli è in grado di selezionare in base al miglior compromesso costo-prestazioni i componenti elettronici di base da utilizzare in un dato progetto. Propone la realizzazione ed è in grado di progettare nuovi componenti con i requisiti adeguati alle specifiche ove non siano già presenti in commercio. Sa utilizzare con perizia il software di progettazione. Ha inoltre competenze di controlli automatici per suggerire l'acquisto e se del caso progettare nuove attrezzature di produzione. Infine è in grado di fornire consulenza su brevetti già esistenti e sulle procedure per nuovi brevetti.

**sbocchi occupazionali:**

Attività di consulenza presso aziende, enti pubblici, tribunali e altre organizzazioni.

**Il corso prepara alla professione di (codifiche ISTAT)**

- Ingegneri progettisti di calcolatori e loro periferiche - (2.2.1.4.2)
- Ingegneri elettronici - (2.2.1.4.1)

**Il corso consente di conseguire l'abilitazione alle seguenti professioni regolamentate:**

- ingegnere dell'informazione (previo superamento dell'esame di abilitazione alla professione di ingegnere)

**Il rettore dichiara che nella stesura dei regolamenti didattici dei corsi di studio il presente corso ed i suoi eventuali curricula differiranno di almeno 30 crediti dagli altri corsi e curriculum della medesima classe, ai sensi del DM 16/3/2007, art. 1 c.2.**

**Attività caratterizzanti**

ambito disciplinare	settore	CFU		minimo da D.M. per l'ambito
		min	max	
Ingegneria elettronica	ING-INF/01 Elettronica ING-INF/02 Campi elettromagnetici ING-INF/07 Misure elettriche e elettroniche	45	62	-
<b>Minimo di crediti riservati dall'ateneo minimo da D.M. 45:</b>		-		

<b>Totale Attività Caratterizzanti</b>	45 - 62
----------------------------------------	---------

**Attività affini**

ambito disciplinare	CFU		minimo da D.M. per l'ambito
	min	max	
Attività formative affini o integrative	12	22	12

<b>Totale Attività Affini</b>	12 - 22
-------------------------------	---------

**Altre attività**

ambito disciplinare	CFU min	CFU max	
A scelta dello studente	12	18	
Per la prova finale	18	30	
Ulteriori attività formative (art. 10, comma 5, lettera d)	Ulteriori conoscenze linguistiche	0	6
	Abilità informatiche e telematiche	6	10
	Tirocini formativi e di orientamento	0	12
	Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro	0	6
Minimo di crediti riservati dall'ateneo alle Attività art. 10, comma 5 lett. d			
Per stages e tirocini presso imprese, enti pubblici o privati, ordini professionali	-	-	

<b>Totale Altre Attività</b>	36 - 82
------------------------------	---------

**Riepilogo CFU**

<b>CFU totali per il conseguimento del titolo</b>	<b>120</b>
<b>Range CFU totali del corso</b>	93 - 166

**Note attività affini (o Motivazioni dell'inserimento nelle attività affini di settori previsti dalla classe)**

**Note relative alle altre attività**

**Note relative alle attività caratterizzanti**