

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PAVIA

FACOLTÀ di INGEGNERIA

Classe di appartenenza: 32/S Ingegneria Elettronica

Corso di studio: Laurea Specialistica in Ingegneria Elettronica

Regolamento didattico del
Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Elettronica
(ai sensi dell'art. 12 del D.M. 509/99).

Approvato dal Consiglio di Facoltà del 5 Luglio 2007

Art. 1. Denominazione del Corso di studio e classe di appartenenza

Il *Corso di laurea specialistica in Ingegneria Elettronica* della Facoltà di Ingegneria dell'Università degli studi di Pavia appartiene alla Classe 32/S delle Lauree specialistiche in Ingegneria Elettronica.

Art. 2. Norme generali

L'ordinamento e l'organizzazione degli studi del *Corso di laurea specialistica in Ingegneria Elettronica* sono disciplinati, nel rispetto della libertà di insegnamento e di quanto stabilito nello Statuto dell'Università di Pavia, dai seguenti regolamenti:

- Regolamento generale d'Ateneo;
- Regolamento didattico d'Ateneo;
- Regolamento della Facoltà di Ingegneria;
- Regolamento didattico del Corso di laurea specialistica (costituito dal presente regolamento).

Art. 3. Struttura responsabile del coordinamento didattico e organizzativo

Nel rispetto delle competenze e dei criteri stabiliti dai regolamenti indicati all'art. 2, il coordinamento didattico e organizzativo delle attività del Corso di studio è assicurato dal *Consiglio Didattico di Ingegneria dell'Informazione*, nel seguito indicato semplicemente come *Consiglio Didattico (CD)*.

Art. 4. Obiettivi formativi del Corso di studio

Il *Corso di laurea specialistica in Ingegneria Elettronica* è finalizzato alla formazione di figure professionali in possesso di un'approfondita conoscenza degli aspetti teorico-scientifici delle discipline ingegneristiche di base e caratterizzanti la classe, che siano capaci di identificare, interpretare, formulare e risolvere anche in modo innovativo i principali problemi, anche complessi, tipici dell'ingegneria elettronica.

L'attività formativa, nella quale particolare importanza verrà data agli aspetti di tipo metodologico, sarà strutturata in modo da fornire competenze ingegneristiche di elevata qualificazione nel campo della progettazione, dello sviluppo, della produzione e gestione d'attività manifatturiere e di servizi relative a:

- circuiti e sistemi microelettronici;
- strumentazione elettronica ed elettro-ottica;
- circuiti ed apparati a microonde e a radiofrequenza;
- dispositivi e sistemi optoelettronici;
- sistemi di telecomunicazioni e di telerilevamento.

Nello sviluppo degli aspetti ingegneristici trattati, particolare importanza sarà data alla generalizzazione degli inquadramenti teorici già acquisiti nel corso di laurea in ingegneria elettronica e delle telecomunicazioni, in modo che la preparazione fornita non sia soggetta a rapida obsolescenza, consenta di affrontare con buona sicurezza anche problemi nuovi e dia gli strumenti per seguire nel tempo i necessari aggiornamenti.

Contestualmente, il percorso formativo permetterà allo studente di acquisire competenze nell'uso degli strumenti sperimentali e di simulazione che sono impiegati in un approccio avanzato ai problemi dell'ingegneria elettronica.

Nel suo percorso formativo l'allievo potrà acquisire conoscenze anche in materie economiche e giuridiche relative al contesto in cui dovrà operare.

Il corso di laurea specialistica mira inoltre a fornire le conoscenze su cui basare eventuali successivi approfondimenti nell'ambito dei corsi di studio successivi (Master di 2° livello e Dottorati di Ricerca).

Art. 5. Regole per l'accesso al Corso di studio

1. Per l'iscrizione al *Corso di laurea specialistica in Ingegneria Elettronica* è richiesto il possesso di un diploma di laurea, o di altro titolo di studio equipollente conseguito all'estero e riconosciuto idoneo ai sensi delle leggi vigenti.
2. L'ammissione al corso di laurea specialistica senza debiti formativi è subordinata al possesso dei seguenti requisiti curriculari, fissati attraverso la definizione del numero minimo di crediti formativi universitari (CFU) che il candidato deve aver acquisito nella sua carriera pregressa, riconosciuti idonei dal CD, con riferimento alle diverse attività formative di cui all'art. 10 del D.M. 3/11/99 n° 509, a singoli settori scientifico disciplinari e/o a gruppi di settori scientifico disciplinari (s.s.d.):

Attività formative di Base :

MAT/02, MAT/03, MAT/05	CFU 20
ING-INF/05	CFU 10
FIS/01	CFU 15

Attività formative Caratterizzanti:

ING-INF/01, ING-INF/07, ING-INF/02	CFU 35
Di questi 35 CFU, almeno 10 CFU nel s.s.d. ING-INF/02	

Attività Affini:

ING-INF/03, ING-INF/04, ING-INF/05, MAT/08	CFU 25
Di questi 25 CFU, almeno 10 CFU nel settore scientifico disciplinare ING-INF/03, 5 CFU in ING-INF/04 e 5 CFU in ING-INF/05	
ING-IND/31	CFU 5
ING-IND/35, SECS-P/07, SECS-P/08	CFU 5

Il corso di laurea in Ingegneria Elettronica e delle Telecomunicazioni attivato presso l'Università di Pavia comprende almeno un curriculum i cui crediti formativi sono integralmente riconosciuti ai fini dell'ammissione al corso di laurea specialistica in *Ingegneria Elettronica* e pertanto soddisfano i requisiti curriculari necessari per l'ammissione (v. Art. 6).

3. L'ammissione al corso di laurea specialistica è, inoltre, subordinata alla verifica dell'adeguatezza della personale preparazione del candidato. I criteri e le modalità di verifica sono fissati dal Consiglio di Facoltà su proposta del Consiglio Didattico.

Art. 6. Riconoscimento di crediti formativi ed eventuali debiti formativi

1. Agli studenti in possesso di un diploma di laurea triennale in Ingegneria Elettronica e delle Telecomunicazioni (Classe 9 Ingegneria dell'Informazione) e a quelli in possesso di un diploma di laurea triennale in Ingegneria Elettronica (Classe 9 Ingegneria dell'Informazione), conseguito presso l'Università di Pavia e non derivante da mero riconoscimento amministrativo del Diploma Universitario, dopo la verifica di cui all'art.5, comma 3, vengono integralmente riconosciuti i 180 CFU acquisiti nel corso di laurea di primo livello.
2. Gli studenti in possesso di qualsiasi altro titolo di laurea dovranno far valutare dal CD le attività formative superate e i CFU equivalenti ad esse (nel caso di laurea secondo i precedenti ordinamenti didattici, gli esami superati dovranno essere tradotti in CFU). Gli studenti di cui sopra saranno di norma ammessi al *Corso di laurea specialistica in Ingegneria Elettronica* se il CD dichiarerà la congruità di tali attività per almeno 150 CFU, indicando contestualmente in quali settori scientifico-disciplinari dovranno essere colmati gli eventuali debiti formativi, che

non dovranno superare i 30. Il recupero dei debiti formativi dovrà avvenire entro il primo anno del Corso di laurea specialistica e condizionerà l'iscrizione al secondo anno.

3. Agli studenti in possesso di un diploma di laurea secondo i precedenti ordinamenti didattici, ai laureati secondo i nuovi ordinamenti che siano in possesso di un titolo di master universitario di primo o secondo livello in discipline affini, e in generale ai laureati che abbiano svolto attività formative e acquisito CFU ulteriori rispetto a quelli richiesti per la laurea di primo livello, il CD, al momento dell'iscrizione e in base alla carriera pregressa, può riconoscere più di 180 CFU. La tesi di laurea specialistica dovrà comunque essere elaborata nell'ambito delle attività formative specifiche del *Corso di laurea specialistica in Ingegneria Elettronica* dell'Università di Pavia.
4. Il CD può altresì riconoscere CFU acquisiti dallo studente in corsi di formazione extrauniversitari, organizzati dallo Stato o dagli enti locali e da istituzioni scientifiche pubbliche e private, purché pertinenti ad ambiti disciplinari previsti dal piano didattico del Corso di laurea specialistica, e purché gestiti secondo modalità e criteri assimilabili a quelli universitari e nei quali sia prevista la frequenza obbligatoria. Il riconoscimento dei CFU è subordinato alla presentazione di un certificato, emesso dalla struttura interessata, nel quale vengano precisati la denominazione dei corsi con i voti conseguiti nelle prove d'esame, una breve descrizione dei loro contenuti e degli obiettivi formativi, il numero delle ore di lezione e l'obbligo della frequenza.
5. Possono formare oggetto di riconoscimento anche gli studi compiuti all'estero che non abbiano portato al conseguimento di un titolo accademico, purché adeguatamente documentati.
6. Ogni anno il CD propone alla Facoltà il numero degli studenti stranieri extracomunitari non regolarmente soggiornanti in Italia da accogliere nel Corso di laurea specialistica.

Art. 7. Ordinamento didattico del Corso di studio e quadro generale delle attività formative

1. La durata del Corso di laurea specialistica è di due anni. Il CD, sulla base dei CFU riconosciuti con le modalità di cui ai precedenti articoli, deciderà l'eventuale abbreviazione del Corso di laurea specialistica.
2. Per conseguire la laurea specialistica in Ingegneria Elettronica, lo studente dovrà aver maturato nel suo percorso complessivo di studi almeno 300 CFU, inclusi quelli acquisiti e riconosciuti per l'ammissione alla laurea specialistica.
3. Le attività formative specifiche del Corso di laurea specialistica corrispondono di norma a un totale di 120 CFU. Il carico di lavoro fissato per ciascun anno accademico dovrà consentire allo studente l'acquisizione di 60 CFU. Eventuali eccezioni, in difetto o in eccesso, potranno riguardare gli studenti per i quali è possibile l'abbreviazione del corso di studio o gli studenti in debito formativo, così come previsto dall'art. 6. Lo studente ha comunque la possibilità di acquisire crediti in soprannumero.
4. L'attività didattica è organizzata secondo diverse forme di insegnamento: lezioni frontali, esercitazioni, attività pratiche o di laboratorio. La suddivisione delle ore di insegnamento nelle tre attività sopra indicate è stabilita dal docente sulla base dei CFU attribuiti all'insegnamento, prendendo come riferimento i seguenti valori guida per CFU:

7,5 ore di lezione frontale
15 ore di esercitazione
22,5 ore di laboratorio

Le ore aggiuntive necessarie al raggiungimento del carico didattico complessivo a carico dello studente, secondo quanto stabilito dal Regolamento Didattico di Ateneo dell'Università di Pavia, sono intese per la rielaborazione personale e per l'acquisizione dei contenuti e dei metodi impartiti nelle lezioni, per lo studio e l'approfondimento dei testi e dei materiali consigliati dal docente, per la stesura di relazioni o di altri documenti relativi all'attività formativa svolta.

5. Nel piano di studio formulato annualmente dagli organi competenti, possono essere previsti percorsi formativi diversi (*curriculum*), per consentire allo studente di approfondire

specificamente tematiche particolari di proprio interesse nel settore della Laurea specialistica in Ingegneria Elettronica.

6. Nei piani di studi ufficiali approvati annualmente dal Consiglio di Facoltà su proposta del CD, i 120 CFU del Corso di Laurea Specialistica saranno ripartiti nel rispetto dei limiti sotto indicati:

a) ATTIVITÀ FORMATIVE DI BASE, per un totale di CFU **compreso tra 10 e 25 CFU**, così suddiviso nei seguenti ambiti in modo tale che il valore adottato, per i singoli ambiti, sommato al valore minimo richiesto, come indicato al punto 5.2, dia un valore complessivo, per le attività formative di base, maggiore o uguale a **60 CFU**:

- Matematica, informatica e statistica (INF/01, ING-INF/05, MAT/02, MAT/03, MAT/05, MAT/06, MAT/07, MAT/09) da 10 ad un massimo di 15 CFU
- Fisica e chimica (CHIM/07, FIS/01, FIS/03) da 0 ad un massimo di 15 CFU

b) ATTIVITÀ FORMATIVE CARATTERIZZANTI, per un totale di CFU **compreso tra 30 e 70 CFU**, relativi ai seguenti ambiti in modo tale che il valore adottato, per i singoli ambiti, sommato al valore minimo richiesto, come indicato al punto 5.2, dia un valore complessivo, per le attività formative caratterizzanti, maggiore o uguale a **70 CFU**:

- ING-INF/01 – Elettronica
- ING-INF/02 – Campi Elettromagnetici
- ING-INF/07 – Misure elettriche ed elettroniche

c) ATTIVITÀ FORMATIVE AFFINI O INTEGRATIVE, scelte nei seguenti ambiti in modo tale che il valore adottato, per i singoli ambiti, sommato al valore minimo richiesto, come indicato al punto 5.2, dia un valore complessivo, per le attività formative affini o integrative, **maggiore o uguale a 45 CFU**:

- Discipline ingegneristiche (ICAR/13, ING-INF/03, ING-INF/04, ING-INF/05, ING-INF/06, ING-IND/10, ING-IND/13, ING-IND/16, ING-IND/22, ING-IND/31, ING-IND/32, ING-IND/35, per un totale di CFU **compreso tra 0 e 40 CFU**;
- Cultura scientifica, umanistica, giuridica, economica, socio-politica (INF/01, MAT/08, FIS/03, IUS/04, SECS-P/06, SECS-P/07, SECS-P/08) per un totale di CFU **compreso tra 0 e 15 CFU**.

d) ALTRE ATTIVITÀ FORMATIVE, per un totale di **35 CFU**, così suddiviso:

- Attività formative a scelta dello studente: **per un totale di 5 CFU**
- Altre attività (art. 10, comma 1, lettera f):
gli allievi potranno scegliere, in modo da raggiungere **un totale di 8 CFU**, fra diverse attività utili ai fini dell'inserimento nel mondo del lavoro, specificate nel piano di studio formulato annualmente dagli organi competenti. Queste attività potranno comprendere:
 - acquisizione di capacità redazionali e di comunicazione al fine della stesura e presentazione del lavoro di tesi;
 - lavori condotti in autonomia (di tipo progettuale, sperimentale o di simulazione numerica) assegnati e seguiti da un docente.
- Per la prova finale: per la preparazione della tesi di laurea verrà riconosciuto un numero di **CFU pari a 22**.

7. A norma dell'art. 30 del Regolamento didattico di Ateneo, il CD può attivare entro il Corso di laurea specialistica corsi intensivi o particolari percorsi di studio finalizzati al conseguimento di

specifici obiettivi formativi, anche in un quadro di convenzioni e/o collaborazioni nazionali e internazionali. L'università può rilasciare ai partecipanti a tali corsi un attestato di frequenza o, quando previsto dai protocolli di attivazione, uno speciale e specifico attestato.

Art. 8. Insegnamenti attivabili, tipologia e relativi obiettivi formativi

Gli insegnamenti attivabili, con l'indicazione dei settori scientifico-disciplinari di appartenenza, della tipologia di attività formativa e dei relativi CFU, sono i seguenti:

Insegnamento	Settore Scientifico Disciplinare	Tipo di attività formativa *	Crediti Formativi CFU	Numero moduli
Antenne	ING-INF/02	C	5	1
Architetture dei Processori	ING-INF/05	B	5	1
Architetture VLSI per l'Elaborazione Digitale dei Segnali	ING-INF/01	C	5	1
Automazione Industriale	ING-INF/04	A	5	1
Basi di Dati	ING-INF/05	B	5	1
Compatibilità Elettromagnetica	ING-INF/02	C	5	1
Complementi di Campi Elettromagnetici	ING-INF/02	C	5	1
Complementi di Microonde	ING-INF/02	C	5	1
Comunicazioni Numeriche	ING-INF/03	A	5	1
Comunicazioni Ottiche	ING-INF/01	C	5	1
Controllo Industriale	ING-INF/04	A	5	1
Coprogettazione dei Sistemi Digitali	ING-INF/01	C	5	1
Costruzioni Optoelettroniche	ING-INF/01	C	5	1
Dispositivi Elettronici	ING-INF/01	C	5	1
Economia dell'Innovazione	SECS-P/06	A	5	1
Elaborazione Numerica dei Segnali	ING-INF/03	A	5	1
Elementi di Elettronica di Potenza	ING-INF/01	C	5	1
Elettronica per Telecomunicazioni	ING-INF/01	C	5	1
Elettronica Quantistica	FIS/03	A	5	1
Filtri e Convertitori	ING-INF/01	C	5	1
Fisica dei Semiconduttori	FIS/03	B	5	1
Fisica Tecnica	ING-IND/10	A	5	1
Fotorivelatori	ING-INF/01	C	5	1
Intelligenza Artificiale I	ING-INF/05	A	5	1
Interpretazione Dati Telerilevati	ING-INF/03	A	5	1
Meccanica Applicata alle Macchine (ee)	ING-IND/13	A	5	1
Metodi Numerici per l'ingegneria	MAT/08	A	5	1
Modelli Numerici per l'Elettromagnetismo	ING-INF/02	C	5	1
Microsensori, microsistemi integrati e MEMS	ING-INF/01	C	5	1
Misure a Microonde	ING-INF/02	C	5	1
Modelli e Metodi Matematici I	MAT/05	B	5	1
Modelli e Metodi Matematici II	MAT/05	B	5	1
Ottica Integrata	FIS/03	A	5	1
Ottica Nonlineare	FIS/03	A	5	1
Progettazione CAD Avanzata	ING-INF/01	C	5	1
Progettazione di Circuiti Analogici	ING-INF/01	C	5	1

Progettazione di Circuiti Digitali	ING-INF/01	C	5	1
Propagazione e Radiocomunicazioni	ING-INF/02	C	5	1
Reti di Calcolatori	ING-INF/05	A	5	1
Reti Telematiche	ING-INF/05	A	5	1
Rumore in Circuiti e Sistemi Elettronici	ING-INF/01	C	5	1
Sistemi di Trasmissione Radio	ING-INF/03	A	5	1
Strumentazione Elettronica	ING-INF/01	C	5	1
Strumentazione Optoelettronica	ING-INF/01	C	5	1
Tecniche di Espansione di Banda ed Accesso Multiplo	ING-INF/03	A	5	1
Tecniche Elettromagnetiche di Telerilevamento e Diagnostica	ING-INF/02	C	5	1
Tecnologie dei Circuiti Integrati	ING-INF/01	C	5	1
Teoria dell'Informazione	ING-INF/05	A	5	1
Teoria e Applicazioni della Meccanica Quantistica	FIS/03	B	5	1
Trasmissione Dati Multimediali	ING-INF/03	A	5	1

(*) A = affine o integrativa; B = di base; C = caratterizzante

Di seguito, per ciascun insegnamento sono indicati i rispettivi obiettivi formativi:

Antenne

Alla fine del corso lo studente deve aver acquisito padronanza sui parametri con cui usualmente vengono caratterizzate le antenne sia trasmettenti che riceventi. Deve conoscere i principali tipi di antenne, le loro prestazioni, i loro impieghi. Deve possedere i criteri di progetto di alcune classi di antenne, assieme ad una conoscenza di base sui metodi analitici e/o numerici per la loro analisi.

Architetture dei Processori

Il corso illustra in maniera approfondita l'architettura dei processori usati sia per le applicazioni generali che per quelle verticali. L'obiettivo è consentire allo studente di valutare l'efficacia delle strutture di elaborazione delle varie tipologie di microprocessori nelle applicazioni: particolare attenzione verrà posta nell'esame della microarchitettura dei microprocessori INTEL e dei più diffusi microprocessori per applicazioni embedded.

Architetture VLSI per l'Elaborazione Digitale dei Segnali

L'obiettivo del corso è quello di mettere lo studente in condizioni di operare scelte tra differenti architetture che soddisfano la stessa specifica logica. Verranno perciò presentati i differenti approcci per implementare le operazioni elementari, dettagliate le strutture di filtri FIR ed IIR e di un DSP.

Le lezioni teoriche saranno accompagnate da esercitazioni in laboratorio, in modo da ampliare la conoscenza degli strumenti CAD per la progettazione microelettronica digitale, integrando quanto già illustrato durante il corso di Elettronica dei Sistemi Digitali. Lo studente alla fine del corso sarà in grado di simulare in VHDL e sintetizzare correttamente le strutture studiate, applicandole a casi di interesse nel condizionamento di segnali in applicazioni tipiche della microelettronica e delle telecomunicazioni.

Automazione Industriale

Il corso si propone di introdurre gli allievi alle principali metodologie di automazione, pianificazione e controllo della produzione industriale, con particolare riferimento all'industria manifatturiera. I problemi analizzati sono dapprima presentati a livello descrittivo, quindi ne viene data una formulazione matematica e vengono risolti facendo ricorso alle tecniche della programmazione matematica e del controllo ottimo.

Basi di dati

Il corso di Basi di Dati è un'introduzione alla gestione di grandi quantità di informazioni mediante l'uso della tecnologia corrente dei DBMS. Il corso mira a creare le competenze di base per l'uso dei DBMS e per la progettazione concettuale e logica di una base di dati. Le metodologie illustrate sono generali e consentono di affrontare la progettazione di sistemi anche complessi. Al termine del corso lo studente avrà acquisito competenze operative nell'uso del linguaggio SQL, nella specifica formale di uno schema concettuale di dati e nella sua conversione nel modello logico relazionale.

Il corso è fortemente coordinato con l'insegnamento di Sistemi Informativi, del quale è il presupposto tecnologico.

Compatibilità Elettromagnetica

Alla fine del corso lo studente dovrebbe avere acquisito le competenze di base per essere in grado di affrontare da un punto di vista ingegneristico corretto il problema di studiare, attuare e controllare le condizioni elettromagnetiche per il funzionamento di sistemi elettronici, elettrici ed elettromeccanici che condividono permanentemente o temporaneamente lo stesso ambiente e che in esso cooperano o no ad uno stesso fine funzionale.

Complementi di Campi Elettromagnetici

Il corso si propone di fornire conoscenza di alcuni argomenti teorici di fondamentale importanza per le applicazioni delle onde elettromagnetiche nelle tecniche ad alta frequenza e in ottica.

Complementi di Microonde

Il corso si propone di completare ed approfondire la conoscenza degli aspetti teorici ed applicativi dello studio dei circuiti a microonde. In particolare, alla fine del corso lo studente deve aver acquisito le conoscenze teoriche alla base della teoria delle giunzioni a microonde; deve comprendere il principio di funzionamento dei principali componenti passivi (attenuatori, sfasatori, accoppiatori direzionali, divisori di potenza, circolatori, isolatori, filtri, ecc.) impiegati nei circuiti in guida d'onda e in microstriscia; deve essere in grado di progettare semplici circuiti attivi (amplificatori, oscillatori), utilizzando i moderni mezzi di progettazione assistita dal calcolatore e discutendo in maniera critica i risultati.

Comunicazioni Numeriche

Introdurre le tecniche di trasmissione e codifica numerica dell'informazione.

Controllo Industriale

Il corso si propone di introdurre gli allievi alle principali metodologie di sintesi di regolatori per sistemi dinamici lineari, multivariabili sia a tempo continuo sia a tempo discreto. Vengono estese le definizioni di funzioni di sensitività, sensitività complementare, sensitività del controllo e se ne analizzano le caratteristiche tramite indici di prestazioni opportunamente definiti. Si presentano i metodi di stima dello stato per sistemi deterministici e stocastici, con particolare enfasi sul filtraggio alla Kalman. Tramite numerosi esempi si discute l'applicazione delle tecniche precedenti a significativi problemi di controllo industriale.

Coprogettazione dei Sistemi Digitali

Il corso si prefigge di avvicinare lo studente alle metodologie di progettazione di sistemi complessi con particolare riguardo alla realizzazione di sistemi integrati (SoC: System on Chip), anche attraverso la presentazione di casi illustrativi dell'approccio e facenti riferimento ad applicazioni complesse reali.

Costruzioni Optoelettroniche

Il corso si propone di fornire le linee guida per la progettazione e la costruzione di strumenti ed apparati optoelettronici per la misura di grandezze fisiche e la trasmissione di dati. Il corso ha un contenuto marcatamente applicativo e complementa, sotto il profilo delle conoscenze tecnologiche e della fattibilità ingegneristica, la preparazione teorica fornita dagli altri corsi in optoelettronica. E' costante nel corso lo stimolo allo sviluppo innovativo di prodotti optoelettronici e delle tecniche per realizzarli. Lo studente acquisirà capacità critiche di progettazione di apparati di misura, e svilupperà l'attitudine al lavoro sperimentale di gruppo.

Dispositivi Elettronici

Il corso presuppone la conoscenza dei fenomeni fisici che stanno alla base del funzionamento dei vari dispositivi elettronici allo stato solido. Da questa base si intende portare lo studente alla conoscenza dei modelli circuitali analitici che descrivono tali dispositivi inclusi quelli più empirici usati nei simulatori numerici. L'enfasi è sui dispositivi più largamente diffusi vale a dire quelli disponibili nelle tecnologie integrate Bipolari e CMOS

Economia dell'Innovazione

Il corso si propone di far acquisire agli studenti la griglia concettuale e la conoscenza dei modelli di base volti a interpretare le strategie innovative delle imprese, le dinamiche competitive settoriali e le politiche pubbliche nel campo del trasferimento tecnologico, dei diritti di proprietà intellettuale e della ricerca. Particolare attenzione è volta all'impatto economico delle tecnologie della comunicazione e dell'informazione (ICTs). Le conoscenze trasmesse attraverso il corso sono fondamentali per orientare manager, imprenditori, operatori del sistema tecnologico e scientifico in contesti ad elevato tasso di innovazione e più in generale nell'economia basata sulla conoscenza e sul paradigma dell'ICT.

Elaborazione Numerica dei Segnali

Capacità di trattare matematicamente segnali e sistemi tempo-discreti. Saper analizzare un segnale discreto. Saper calcolare la trasformata Z di un segnale. Saper progettare semplici filtri numerici di tipo sia FIR che IIR..

Elementi di Elettronica di Potenza

Il corso mira a fornire una conoscenza di base sui dispositivi a semiconduttore, sui convertitori elettronici di potenza e sulle relative applicazioni.

Elettronica Industriale

Il corso mira all'apprendimento del principio di funzionamento dei microprocessori, dei trasduttori e delle relative reti di condizionamento con particolare enfasi all'acquisizione di variabili fisiche in tempo reale.

Elettronica per Telecomunicazioni

Il corso si propone di fornire le conoscenze di base delle funzionalità richieste ai circuiti di base tipici dei moderni sistemi ricetrasmittenti, con particolare riguardo a miscelatori di frequenze, ai preamplificatori d'antenna, ai sintetizzatori di frequenza. Al termine del corso lo studente deve essere in grado di descrivere la struttura di un apparato ricetrasmittente e di conoscere gli schemi circuitali fondamentali in esso impiegati.

Elettronica Quantistica

Descrizione del funzionamento e delle proprietà di sorgenti laser continue e impulsate, e delle tecniche di generazione di impulsi ultracorti. Progettazione di laser di potenza e loro applicazioni meccaniche e biomediche.

Filtri e Convertitori

Il corso vuole fornire elementi sia di base che specialistici per la progettazione di filtri nonché di convertitori analogico-digitali e digitali-analogici e più in generale di circuiti di interfaccia da realizzare in tecnologia integrata monolitica.

Fisica dei Semiconduttori

Conoscenza dei principi della meccanica ondulatoria e della fisica quantistica che sono alla base della fisica e della tecnologia dei semiconduttori. Il corso dovrebbe altresì indurre una certa dimestichezza dello studente ai concetti che verranno applicati e sviluppati nei corsi successivi di dispositivi elettronici e di elettroottica.

Fisica Tecnica

Il corso intende fornire le basi culturali necessarie alla comprensione dei principi fondamentali della termodinamica e dell'analisi energetica dei sistemi e le nozioni di base dello scambio termico per conduzione, convezione ed irraggiamento per applicarle, mediante esercitazioni, a componenti meccanici. Alla fine del corso lo studente sarà in grado di impostare lo studio delle dissipazioni termiche da apparecchiature e di progettare a grandi linee il raffreddamento di componenti, nonché di affrontare, a più ampio spettro, l'analisi termica di un sistema.

Fotorivelatori

Il corso si propone di fornire un'introduzione alle principali applicazioni dell'optoelettronica nelle comunicazioni, la strumentazione e la diagnostica. Di taglio volutamente descrittivo, esso si propone di aprire una prospettiva alle potenzialità offerte dalle moderne tecniche optoelettroniche, senza rinunciare a stabilire qualche elemento di base sulle tematiche che sono oggetto di approfondimento nei corsi di secondo livello in optoelettronica.

Intelligenza Artificiale I

Il corso si propone di fornire gli elementi di base dei metodi di rappresentazione cognitiva, simbolica e non, ai fini della descrizione progettuale e la programmazione di sistemi informatici. In particolare, il corso riguarda gli elementi fondamentali del calcolo simbolico (logica proposizionale) e delle reti neurali.

Interpretazione Dati Telerilevati

Conoscenza di base dei tipi di immagini ottenibili tramite telerilevamento, e delle informazioni che è possibile estrarne. Capacità di effettuare valutazioni pregi/difetti dei diversi approcci alla soluzione di un problema di estrazione d'informazione da immagini telerilevate. Elementare capacità di interpretazione d'immagini telerilevate.

Meccanica Applicata alle Macchine (ee)

Fornire all'allievo una chiara visione dei principali problemi relativi alle vibrazioni delle macchine a corpi deformabili. Fornire le conoscenze minime degli organi di macchine che vengono impiegati nei sistemi meccanici e le problematiche relative alla scelta ed al proporzionamento degli stessi. Mostrare alcuni esempi applicativi.

Metodi Numerici per l'ingegneria

Il corso si propone di fornire allo studente le nozioni di base relative ai principali metodi dell'algebra computazionale e dei metodi di approssimazione sviluppando la pratica computazionale matriciale e l'uso delle funzioni di MATLAB.

Microelettronica a Radiofrequenza

Il corso si propone di illustrare le problematiche insite nella progettazione di sistemi integrati di ricezione e di trasmissione per telecomunicazioni mobili e su filo. Lo studente, al termine del corso, possederà conoscenze specifiche sulle architetture alternative di processamento del segnale, e sulla progettazione dei seguenti blocchi analogici: amplificatori a basso rumore, traslatori di frequenza, sintetizzatori di frequenza, amplificatori di potenza, filtri integrati, circuiti per il recupero del clock.

Verrà inoltre illustrato, come esempio, il progetto di un intero rice-trasmittitore, a partire dalle specifiche dettate dal sistema di telecomunicazioni. Sulla base di esperienze di laboratorio, lo studente sarà in grado di effettuare in modo autonomo il progetto di uno dei blocchi proposti a lezione, ed avrà conoscenze adeguate per affrontare il progetto di un intero rice-trasmittitore.

Microsensori, Microsistemi Integrati e MEMS

Il corso, a carattere principalmente informativo, si propone di fornire allo studente una panoramica delle tecnologie di fabbricazione, dei principi di funzionamento e delle applicazioni dei sistemi micro-elettro-meccanici (MEMS) e micro-opto-elettro-meccanici (MOEMS) su silicio. Al termine del corso lo studente avrà acquisito anche conoscenze relative agli aspetti di caratterizzazione sperimentale di MEMS e MOEMS, nonché dell'interfacciamento con l'elettronica di elaborazione.

Misure a Microonde

Il corso si propone di presentare le tecniche di misura per la caratterizzazione di circuiti e antenne utilizzati nella banda delle microonde. Al termine del corso lo studente sarà in grado di pianificare una misura a microonde scegliendo la strumentazione e la componentistica più adatta. Inoltre, sarà in grado di effettuare in maniera autonoma alcune semplici misure.

Modelli e Metodi Matematici I

Il corso si propone di fornire allo studente le nozioni elementari e il linguaggio preliminare proprio dell'analisi funzionale lineare (spazi di Hilbert) e dei principi variazionali, introducendolo contemporaneamente alle problematiche e alle tecniche risolutive più semplici legate all'equazione di Laplace

Modelli e Metodi Matematici II

Il corso si propone di introdurre lo studente al linguaggio della Teoria delle Distribuzioni e alle sue applicazioni alla convoluzione e alle trasformate di Fourier, Laplace e Zeta, fornendo un punto di vista comune per trattare segnali "continui" e "discreti". Alcune tecniche verranno poi applicate per studiare l'equazione di Laplace mediante la soluzione fondamentale, le equazioni integrali e l'equazione delle onde.

Modelli Numerici per l'Elettromagnetismo

Il corso si propone di presentare i più diffusi metodi numerici per l'analisi elettromagnetica di componenti e circuiti a microonde e onde millimetriche. Al termine del corso lo studente avrà acquisito le conoscenze di base per individuare il metodo più indicato per la soluzione di un prefissato problema elettromagnetico, e realizzare programmi per l'analisi di semplici strutture. Inoltre, esso sarà in grado di utilizzare software commerciali basati su diversi metodi numerici, e di interpretarne criticamente i risultati.

Ottica Integrata

Il corso si propone di descrivere il funzionamento di sistemi ottici guidati. Saranno analizzati dispositivi attualmente utilizzati nei sistemi di trasmissione e dispositivi basati su sistemi microstrutturati. Verranno brevemente illustrate le tecniche di fabbricazione utilizzate per tali dispositivi.

Verrà presentata la teoria della propagazione di impulsi ottici in fibra in regime dispersivo e non lineare, e verrà applicata in particolare alla trasmissione di segnali digitali nei sistemi ottici di comunicazione.

Ottica Nonlineare

Descrizione dell'interazione tra fasci laser e materiali, finalizzata alla comprensione degli effetti nonlineari che stanno alla base dei dispositivi ottici che convertono la frequenza e che hanno funzioni di modulazione o funzioni logiche. Applicazioni alle tecnologie dell'informazione, alla diagnostica ambientale e biomedica

Progettazione CAD Avanzata

Il corso, complementare al corso “Filtri e convertitori”, vuole fornire gli elementi necessari per la progettazione e realizzazione di circuiti analogici integrati con l’ausilio di strumenti CAD che verranno per la simulazione a livello di sistema, a livello transistor e di layout.

Progettazione di Circuiti Analogici

Il corso presuppone la conoscenza delle caratteristiche di funzionamento dei dispositivi elettronici allo stato solido (specialmente Transistore MOS) e dei modelli che li descrivono oltre alle conoscenze di base sull’analisi di circuiti elettronici elementari (Elettronica I). Il corso intende fornire allo studente le conoscenze di base per affrontare la progettazione dei circuiti integrati analogici. In particolare il progetto di un amplificatore operazionale integrato sarà usato come riferimento per l’apprendimento non solo delle tecniche di progettazione ma anche degli strumenti CAD usati nel flusso di progetto.

Progettazione di Circuiti Digitali

L’obiettivo del corso è fornire agli allievi le conoscenze di base della progettazione circuitale digitale in tecnologia CMOS. Le lezioni teoriche saranno accompagnate da esercitazioni in laboratorio, durante le quali gli allievi potranno avvalersi del simulatore SPICE per l’analisi di semplici blocchi circuitali digitali. Al termine del corso lo studente dovrà essere in grado di progettare e analizzare i blocchi circuitali digitali fondamentali e le soluzioni architetture di base in tecnologia CMOS, e di valutarne le prestazioni.

Propagazione e Radiocomunicazioni

Il corso ha lo scopo di fornire le conoscenze di base riguardanti sia le comunicazioni via radio sia i fenomeni di propagazione elettromagnetica che influenzano il segnale in un collegamento radio nell’ambiente reale e gli elementi base per effettuare la progettazione di massima di un collegamento radio.

Reti di Calcolatori

Il corso fornisce un inquadramento sistematico dei concetti generali relativi alle reti con approfondimenti sulle tematiche concernenti il problema dell’interconnessione tra calcolatori. Durante il corso lo studente apprende i principi di funzionamento delle architetture di comunicazione a strati sia a livello generale sia applicati all’architettura TCP/IP, sviluppa le capacità di analisi delle possibilità offerte da un sistema comunicativo (es. analisi dei protocolli). Sono inoltre introdotti i principali standard LAN e WAN per la costruzione di reti complesse; ed è fornita la comprensione dettagliata del funzionamento interno della rete Internet. Si approfondiscono infine i fondamenti dell’analisi prestazionale delle reti, nonché di alcune basilari tematiche legate alla sicurezza.

Reti Telematiche

Il corso si pone l’obiettivo di riprendere i concetti di base sulle reti a commutazione di pacchetto, per poi sviluppare alcuni temi specifici legati agli attuali criteri di progettazione e costruzione delle moderne reti ad alta velocità. Alla fine del corso lo studente sarà in grado di comprendere e confrontarsi con le soluzioni tecnologiche attualmente presenti sul mercato e/o in corso di studio/sperimentazione

Rumore in Circuiti e Sistemi Elettronici

Nella misura di segnali deboli si presenta il problema del rumore. In questo insegnamento vengono presentate le tecniche di riduzione del rumore e di estrazione del segnale da un fondo di rumore. L’obiettivo è quello di fornire allo studente gli strumenti per l’analisi delle prestazioni di rumore ottenibili da circuiti e sistemi, e per la progettazione di circuiti e sistemi con prestazioni di rumore ottime.

Sistemi di Trasmissione Radio

Conoscenza dei concetti basilari delle reti di telecomunicazioni mediante connessione radio, degli standard in uso attualmente per tali tipi di trasmissione e di quelli in via di implementazione.

Capacità di interpretare le scelte effettuate per l'implementazione dei sistemi di telecomunicazione mobile alla luce delle problematiche del canale, del servizio richiesto, della tipologia della rete.

Strumentazione Elettronica

Il corso è volto a dare una conoscenza approfondita di una parte della grande varietà di strumenti elettronici attualmente esistenti e dei tipi di misure che con essi si possono fare. In particolare degli strumenti si illustrano i principi di funzionamento e i particolari circuitali più interessanti, mentre per quel che riguarda le misure, alcune delle quali di tipo specialistico, vengono messi in luce gli aspetti critici.

Strumentazione Optoelettronica

Il corso si propone di fornire una trattazione dei metodi e di misura optoelettronici applicati all'ingegneria, illustrando parallelamente le tecniche di sviluppo strumentale atte a implementarne i concetti. Sono obiettivi del corso sia la conoscenza scientifica della materia che la capacità progettuale in riferimento agli strumenti di misura optoelettronici, con particolare riguardo alle prestazioni di banda e rumore. E' costante nel corso lo stimolo alla concezione innovativa di metodi di misura e nuove tecniche per realizzarli.

Tecniche di Espansione di Banda ed Accesso Multiplo

Conoscenza di base delle tecniche di espansione di banda per accesso multiplo, protezione dell'informazione, trasmissione su canali dispersivi.

Capacità di effettuare valutazioni pregi/difetti dei diversi approcci alla soluzione di un problema di trasmissione a banda espansa o di un problema di accesso multiplo a banda espansa o non espansa.

Tecniche Elettromagnetiche di Telerilevamento e Diagnostica

Il corso si propone di approfondire la conoscenza degli aspetti elettromagnetici del telerilevamento e della diagnostica. Al termine del corso lo studente avrà acquisito la capacità di analizzare e formulare un problema applicativo di telerilevamento e diagnostica in termini elettromagnetici e individuare metodologie adeguate di soluzione

Tecnologie dei Circuiti Integrati

L'obiettivo fondamentale del corso è fornire agli allievi le conoscenze relative alle tecnologie di fabbricazione dei circuiti monolitici integrati su silicio. Al termine del corso lo studente conoscerà i principi di base dell'integrazione monolitica (in particolare della tecnologia CMOS), e sarà in grado di valutare l'impatto della tecnologia sulla fabbricazione e sulle prestazioni dei circuiti integrati. Saranno inoltre fornite le conoscenze di base relative ai componenti piezoelettrici ed elettrostrittivi. Il corso è diretto agli allievi che svolgeranno la propria attività nei settori della progettazione, della produzione e dell'applicazione dei circuiti integrati e degli apparati elettronici che li includono.

Teoria dell'Informazione

Concetti e risultati di base riguardanti la trasmissione dell'informazione in canali disturbati e non.

Teoria e Applicazioni della Meccanica Quantistica

Esposizione dei principi della meccanica quantistica e delle sue applicazioni alla fisica degli atomi, molecole e materiali.

Trasmissione Dati Multimediali

Descrivere le tecniche di riduzione delle ridondanze in segnali audio e video con riferimento a sistemi reali.

Art. 9. Propedeuticità

Nel piano di studio formulato annualmente dagli organi competenti, potranno essere stabilite propedeuticità tra gli insegnamenti di cui all'Art. 8. In questo caso, non è possibile sostenere l'esame sotto vincolo di propedeuticità finché non è stato superato l'esame ad esso propedeutico. La collocazione degli insegnamenti negli anni del corso e nei rispettivi semestri sarà compatibile con le propedeuticità esistenti.

Art. 10. Organizzazione dell'attività didattica e Manifesto degli studi

1. Ogni anno, in vista della scadenza fissata nel Regolamento d'Ateneo, il CD, sentiti i professori e i ricercatori interessati, organizza l'insieme delle attività didattiche per l'anno accademico successivo, nel rispetto di quanto disposto dai precedenti art. 7 e 8, e predispone il Manifesto degli studi contenente: (a) il piano degli studi ufficiale con la definizione degli eventuali curricula; (b) l'elenco degli insegnamenti attivati, col relativo settore scientifico-disciplinare, le eventuali propedeuticità e la precisazione di quali insegnamenti siano obbligatori e quali a scelta dello studente e delle relative modalità di scelta; (c) la collocazione degli insegnamenti nei vari periodi didattici. Il Manifesto degli studi deve essere approvato dal Consiglio di Facoltà.
2. Il CD può deliberare che alcuni insegnamenti siano mutuati da un altro Corso di studio della medesima o di altra Facoltà o di altra Università, nonché dai Collegi universitari pavese che abbiano attivato insegnamenti ufficiali riconosciuti dall'Università di Pavia a norma del Regolamento didattico d'Ateneo. In ogni caso dovrà essere acquisito l'assenso dei docenti del o dei settori scientifico-disciplinari direttamente interessati e dovrà essere fissato il numero di CFU attribuito all'insegnamento, conformemente al suo carico didattico.
3. L'organizzazione del calendario delle lezioni, il numero degli appelli d'esame e i periodi della loro effettuazione vengono deliberati dal Consiglio di Facoltà in modo da garantire l'indispensabile uniformità tra i diversi Corsi di studio che fanno capo alla Facoltà.

Art. 11. Piani di studio

I piani di studi conformi alle regole e ai percorsi formativi illustrati nel Manifesto degli Studi sono approvati d'ufficio. Lo studente ha la facoltà di presentare un piano degli studi individuale, che dovrà di norma uniformarsi ai requisiti generali indicati nel precedente art. 7, comma 6, e che in ogni caso non potrà derogare dall'ordinamento didattico fissato dal Ministero per la Classe di laurea specialistica. In quest'ultimo caso, i piani di studio vengono esaminati da un'apposita Commissione annualmente costituita che, in caso di valutazione positiva, ne proporrà l'approvazione al CD. La medesima Commissione assisterà gli studenti nella compilazione dei piani di studio, in luoghi e orari che saranno resi noti.

Art. 12. Modalità di frequenza

Il progetto formativo presuppone che lo studente, di norma, partecipi a tutte le attività didattiche organizzate nell'ambito degli insegnamenti.

Gli obblighi di frequenza ai singoli insegnamenti e le relative modalità di verifica sono proposti dal docente, approvati dal CD e indicati sul manifesto degli studi. Come criterio generale, la frequenza obbligatoria è prevista per attività di laboratorio o sperimentali.

L'obbligo di frequenza è assolto con la presenza ad almeno il 70% delle attività didattiche previste dall'insegnamento.

Art. 13. Modalità di valutazione del profitto

1. In base alle caratteristiche dell'insegnamento, le prove di verifica potranno consistere in esami (scritti e/o orali) o in altri tipi di verifiche (attività progettuali, attività di laboratorio o al calcolatore, tesine, test, etc.) predisposte con lo scopo di valutare il conseguimento degli obiettivi formativi previsti per ciascun insegnamento. Le prove orali sono pubbliche.
2. Indipendentemente dalle modalità di valutazione di cui al comma precedente, il voto dell'esame di profitto deve tenere conto dei risultati conseguiti nelle eventuali prove in itinere sostenute.
3. In ciascuna sessione lo studente può sostenere tutti gli esami relativi ai corsi inseriti nel suo piano di studi, con il solo vincolo della propedeuticità.

Art. 14. Periodi di studio effettuati presso Università estere

1. Gli studenti del Corso di laurea specialistica possono svolgere parte dei propri studi presso Università estere con le quali siano stipulati accordi in regime di reciprocità.
2. Lo studente ammesso a trascorrere un periodo di studio all'estero presenterà al Consiglio didattico, per l'approvazione, un piano di studi nel quale indicherà le discipline da frequentare presso l'Università ospitante e la loro corrispondenza con quelle elencate nel presente Regolamento didattico. Il piano di studi dovrà essere avallato da uno o più docenti del *Corso di laurea specialistica in Ingegneria Elettronica*. Al termine del periodo di studi, sulla base della certificazione esibita, il CD delibererà il riconoscimento degli esami sostenuti all'estero, attribuendo i relativi CFU.

Art. 15. Prova finale per il conseguimento del titolo di studio

1. La laurea specialistica in Ingegneria Elettronica è conferita a seguito della prova finale, che verifica il raggiungimento degli obiettivi formativi qualificanti il Corso di laurea specialistica.
2. La prova finale consiste nella discussione in seduta pubblica di fronte ad apposita Commissione di Laurea specialistica di una tesi elaborata in modo originale sotto la guida di un docente con funzione di relatore. La dissertazione deve sviluppare tematiche specificamente attinenti agli obiettivi formativi del Corso di studio e rappresentare uno stadio avanzato e originale di ricerca o un progetto significativo per complessità in uno dei settori dell'ingegneria elettronica.

Art. 16. Certificazioni

Ai sensi dell'art. 11, comma 8, del Regolamento Generale sull'autonomia, la Segreteria studenti rilascia, come supplemento dell'attestazione del titolo di laurea specialistica conseguito, un certificato che riporta, secondo modelli conformi a quelli adottati dai paesi europei, le principali indicazioni relative al curriculum specifico seguito dallo studente per conseguire la laurea specialistica.

Art. 17. Tutorato

1. Il servizio di tutorato è organizzato e gestito con le modalità fissate nel Regolamento di Facoltà e nel Regolamento didattico d'Ateneo.
2. L'attività di consulenza agli studenti per quanto riguarda i piani degli studi, i trasferimenti e il riconoscimento dei crediti è svolta dai docenti e dai ricercatori a ciò deputati dal CD.

Art. 18. Individuazione, per ogni attività, delle strutture e persone responsabili

1. Per ogni attività necessaria al regolare funzionamento del Corso di studio in conformità al presente regolamento, ai regolamenti di cui al precedente art. 2, oltre che alla specifica legislazione di riferimento, devono essere individuate le persone che singolarmente o riunite in apposite strutture ne assumono la responsabilità. A tal fine, il CD istituisce le strutture previste dal Regolamento di Facoltà.

2. Le persone che, singolarmente o nell'ambito delle strutture di cui al comma precedente, si assumono la responsabilità delle specifiche attività sono nominate dal CD.

Art. 19. Revisione periodica del Regolamento

È prevista, almeno ogni cinque anni, la revisione del presente Regolamento, in particolare per quanto riguarda il numero dei CFU assegnati ad ogni insegnamento o ad altra attività formativa.