



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II**  
**SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE**

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA ELETTRICA, E DELLE TECNOLOGIE  
DELL'INFORMAZIONE**

**GUIDA DELLO STUDENTE**

**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA  
ELETTRONICA**

*Classe delle Lauree Magistrali in Ingegneria Elettronica, Classe LM-29*

**ANNO ACCADEMICO 2020/2021**

Napoli, luglio 2020

## **Finalità del Corso di Studi e sbocchi occupazionali**

Molteplici sono gli ambiti applicativi dell'elettronica, disciplina alla base della moderna società dell'informazione e della comunicazione. Il laureato magistrale in Ingegneria elettronica deve pertanto essere in grado di affrontare efficacemente il progetto, lo sviluppo e la caratterizzazione di sistemi complessi, che richiedono un ampio ventaglio di conoscenze ed un approccio interdisciplinare. Il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica si propone di fornire agli allievi tali competenze, attraverso uno studio approfondito delle discipline che caratterizzano le tecnologie dell'informazione e della comunicazione, ed in particolare dell'elettronica. Il percorso di studi consente inoltre un approfondimento della matematica, della fisica chimica e di alcune discipline dell'ingegneria industriale. Ulteriori obiettivi formativi riguardano la capacità di progettare e gestire processi e servizi innovativi.

Al termine del percorso formativo, il laureato magistrale in ingegneria elettronica ha tutte le competenze necessarie per affrontare con successo i complessi problemi ingegneristici tipici delle applicazioni a elevato contenuto tecnologico in cui l'utilizzo di sistemi e dispositivi elettronici è determinante.

Grazie alla diffusione capillare dell'elettronica nell'industria e nei servizi, e grazie alla versatilità e ampiezza culturale che caratterizza il profilo professionale dell'ingegnere elettronico (elemento di grande importanza nella ricerca di prima occupazione e nella successiva progressione di carriera), gli sbocchi occupazionali del laureato magistrale in ingegneria elettronica sono molteplici: aziende di diversi settori (informatico, biomedico, automobilistico, energetico, automazione industriale, telecomunicazioni, difesa ecc.) che utilizzano apparati e sistemi elettronici; aziende che specificamente si occupano di progettazione, produzione e collaudo di componenti e sistemi elettronici ed optoelettronici; amministrazioni pubbliche e imprese di servizi che adottano tecnologie e infrastrutture elettroniche; libera professione.

**Manifesto del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica**  
(Classe delle Lauree magistrali in Ingegneria Elettronica, Classe LM-29)  
**A.A. 2020/2021**

Insegnamento o attività formativa	Semestre	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
<b>I anno</b>					
Architettura dei Sistemi Integrati	Primo	9	ING-INF/01	2	Ingegneria Elettronica
Misure Elettroniche	Primo	9	ING-INF/07	2	Ingegneria Elettronica
Insegnamento (Tab. A)	Primo	9		4	Affini/Integrative
Insegnamento (Tab. D) (*)	Primo / Secondo	0/9		4	Affini/Integrative
Attività formative a scelta autonoma dello studente (consigliato un insegnamento a scelta fra le Tabelle A,B,C,D,E) (*)	Primo / Secondo	9/0		3	
Microelettronica	Secondo	9	ING-INF/01	2	Ingegneria Elettronica
Metodi ed Applicazioni per le Iperfrequenze e l'Ottica	Secondo	9	ING-INF/02	2	Ingegneria Elettronica
Insegnamento (Tab. B)	Secondo	9		2	Ingegneria Elettronica
<b>II Anno</b>					
Design of Electronic Circuits and Systems	Primo	9	ING-INF/01	2	Ingegneria Elettronica
Insegnamento ING-INF/01 (Tab. C)	Primo	9	ING-INF/01	2	Ingegneria Elettronica
Insegnamento ING-INF/01 (Tab. C)	Primo	9	ING-INF/01	2	Ingegneria Elettronica
Insegnamento (Tab. D) (*)	Primo / Secondo	9/0		4	Affini/Integrative
Attività formative a scelta autonoma dello studente (consigliato un insegnamento a scelta fra le Tabelle A,B,C,D,E) (*)	Primo / Secondo	0/9		3	
Attività formative per ulteriori conoscenze(**)	Primo / Secondo	3		6	
Stages e tirocini (***)	Primo / Secondo	6		7	
Prova finale		12		5	

(\*) L'insegnamento di Tab. D e l'attività formativa a scelta autonoma possono essere sostenute al primo o al secondo anno

(\*\*) Le ulteriori conoscenze possono essere acquisite dall'allievo nell'ambito del lavoro per la preparazione della Tesi. L'acquisizione di tali conoscenze deve essere certificata attraverso un modello AC, controfirmato dal relatore della Tesi di Laurea.

(\*\*\*) Il tirocinio extramoenia è svolto presso aziende, centri di ricerca o altri enti pubblici e/o privati, italiani o esteri, con affiancamento di un tutor dell'azienda o dell'ente e la supervisione di un tutor universitario.

Il tirocinio intramoenia è svolto presso laboratori di ricerca dell'ateneo con affiancamento di un tutor universitario (docente o ricercatore).

L'attività di tirocinio dovrà in ogni caso essere riportata in un libretto di tirocinio (informazioni dettagliate sono disponibili sul sito del cds). L'acquisizione dei crediti dovrà essere certificata tramite un modello AC controfirmato dal tutor universitario.

Legenda delle tipologie delle attività formative ai sensi del DM 270/04:

Attività formativa	1	2	3	4	5	6	7
rif. DM270/04	Art. 10 comma 1, a)	Art. 10 comma 1, b)	Art. 10 comma 5, a)	Art. 10 comma 5, b)	Art. 10 comma 5, c)	Art. 10 comma 5, d)	Art. 10 comma 5, e)

**Tabella A: Attività formative (Ambito “Affini/Integrative”)**

Insegnamento	Semestre	CFU	SSD	Tipologia	Propedeuticità	Ambito
Trasmissione del Calore	1	9	ING-IND/10	4		Affini/Integrative
Fisica dello Stato Solido	1	9	FIS/01	4		Affini/Integrative
Real and Functional Analysis	1	9	MAT/05	4		Affini/Integrative
Geometria ed Algebra II	1	9	MAT/03	4		Affini/Integrative
Modelli Numerici per i Campi	1	9	ING-IND/31	4		Affini/Integrative
Teoria dell'Informazione	1	9	ING-INF/03	4		Affini/Integrative

**Tabella B: Attività formative (Ambito “Ingegneria Elettronica”)**

Insegnamento	Semestre	CFU	SSD	Tipologia	Propedeuticità	Ambito
Componenti e circuiti ottici	2	9	ING-INF/02	2		Ingegneria Elettronica
Misure a Microonde ed Onde Millimetriche	2	9	ING-INF/02	2		Ingegneria Elettronica
Progetti di Sistemi di Telerilevamento	2	9	ING-INF/02	2		Ingegneria Elettronica
Misure per la compatibilità elettromagnetica	2	9	ING-INF/07	2		Ingegneria Elettronica
Sensori e Trasduttori di Misura	2	9	ING-INF/07	2	Misure Elettroniche	Ingegneria Elettronica
Misure su sistemi wireless	2	9	ING-INF/07	2		Ingegneria Elettronica

**Tabella C: Attività formative (“Ambito Ingegneria Elettronica”)**

Insegnamento	Semestre	CFU	SSD	Tipologia	Propedeuticità	Ambito
Integrated Photonics	1	9	ING-INF/01	2		Ingegneria Elettronica
Circuiti per DSP	1	9	ING-INF/01	2		Ingegneria Elettronica
Sensors and microsystems	1	9	ING-INF/01	2		Ingegneria Elettronica
Power Devices and Circuits	1	9	ING-INF/01	2		Ingegneria Elettronica
Dispositivi e Sistemi Fotovoltaici	1	9	ING-INF/01	2		Ingegneria Elettronica
System on chip	1	9	ING-INF/01	2		Ingegneria Elettronica

**Tabella D: Attività formative (Ambito “Affini/Integrative”)**

Insegnamento	Semestre	CFU	SSD	Tipologia	Propedeuticità	Ambito
Reti elettriche complesse e simulazione circuitale	2	9	ING-IND/31	4		Affini/Integrative
Introduzione ai circuiti quantistici	1	9	ING-IND/31	4		Affini/Integrative
Sistemi Elettrici Industriali	2	9	ING-IND/33	4		Affini/Integrative
Trasmissione Numerica	2	9	ING-INF/03	4		Affini/Integrative
Elaborazione di Segnali Multimediali	2	9	ING-INF/03	4		Affini/Integrative
Controlli automatici	2	9	ING-INF/04	4		Affini/Integrative
Sistemi Operativi	1	9	ING-INF/05	4		Affini/Integrative
Laboratorio di programmazione *	2	9	ING-INF/05	4		Affini/Integrative
Computer Systems Design	2	9	ING-INF/05	4		Affini/Integrative
Elettronica Organica	1	9	FIS/01	4		Affini/Integrative
Scienza e tecnologia delle onde TeraHertz	1	9	FIS/01	4		Affini/Integrative
Fondamenti Chimici delle Tecnologie	1	9	CHIM/07	4		Affini/Integrative
Affidabilità e Qualità	2	9	SECS-S/02	4		Affini/Integrative

Insegnamenti eventualmente già prescelti dallo studente nella laurea di primo livello non possono essere nuovamente selezionati.

(\*) L'insegnamento di "Laboratorio di programmazione" verrà attivato nell'A.A. 2021/22. Per l'A.A. 2020/21 è ancora attivo l'insegnamento di strumenti e tecniche di programmazione (scelte autonome). Quest'ultimo non è selezionabile se lo studente ha già sostenuto Programmazione 1 nella laurea di primo livello.

**Tabella E: Attività formative per le scelte autonome**

Insegnamento	Seme stre	CFU	SSD	Tipologia	Propedeuticit à	Ambito
Sistemi radar	1	9	ING- INF/03	3		
Tecnologie multiportante per le comunicazioni	2	9	ING- INF/03	3		
Instrumentation and Measurements for Smart Industry	2	9	ING- INF/07	3		
Image processing for computer vision	2	9	ING- INF/03	3		
Tomografia e imaging, principi algoritmi e metodi numerici	1	9	ING- INF/02	3		
Strumenti e Tecniche di Programmazione*	2	9	ING- INF/05	3		

(\*) Non selezionabile se lo studente ha già sostenuto Programmazione 1 nella laurea di primo livello.

Le aree tematiche sono proposte di piani di studio che consentono allo studente di approfondire una particolare area dell'elettronica. Selezionando gli esami a scelta nell'ambito delle aree tematiche viene garantita una maggiore compatibilità fra gli orari dei corsi.

Area tematica: "Elettronica di potenza ed applicazioni industriali"					
Anno	Semestre	Corso	CFU	SSD	Tipologia
I	I	Architettura dei Sistemi Integrati	9	ING-INF/01	Caratterizzante
		Misure elettroniche	9	ING-INF/07	Caratterizzante
		Fisica dello stato solido (Tab. A) <i>oppure:</i> Trasmissione del calore (Tab. A)	9	FIS/01 ING-IND/10	Affini/integrative
	II	Microelettronica	9	ING-INF/01	Caratterizzante
		Metodi ed Applicazioni per le Iperfrequenze e l'Ottica	9	ING-INF/02	Caratterizzante
		Sensori e trasduttori di misura (Tab. B)	9	ING-INF/07	Caratterizzante
II	I	Design of Electronic Circuits and Systems	9	ING-INF/01	Caratterizzante
		Power Devices and Circuits (Tab. C ING-INF/01)	9	ING-INF/01	Caratterizzante
		Dispositivi e Sistemi Fotovoltaici (Tab. C ING-INF/01)	9	ING-INF/01	Caratterizzante
		Circuiti per DSP (TAB. A,B,C,D)	9	ING-INF/01	Scelta autonoma
	II	Reti elettriche complesse e simulazione circuitale (Tab. D) <i>oppure:</i> Sistemi Elettrici Industriali (TAB. D)	9	ING-IND/31 ING-IND/33	Affini/integrative
		Ulteriori conoscenze	3		Ulteriori attività
		Tirocinio	6		
		Prova Finale	12		

Area tematica: "Elettronica dei sistemi digitali"					
Anno	Semestre	Corso	CFU	SSD	Tipologia
I	I	Architettura dei Sistemi Integrati	9	ING-INF/01	Caratterizzante
		Misure elettroniche	9	ING-INF/07	Caratterizzante
		Fisica dello stato solido (Tab. A) <i>oppure:</i> Trasmissione del calore (Tab. A) <i>oppure:</i> Teoria dell'Informazione (Tab. A)	9	FIS/01 ING-IND/10 ING-INF/03	Affini/integrative
	II	Microelettronica	9	ING-INF/01	Caratterizzante
		Metodi ed Applicazioni per le Iperfrequenze e l'Ottica	9	ING-INF/02	Caratterizzante
		Sensori e trasduttori di misura (Tab. B) <i>oppure:</i> Componenti e circuiti ottici (Tab. B)	9	ING-INF/07 ING-INF/02	Caratterizzante
II	I	Design of Electronic Circuits and Systems	9	ING-INF/01	Caratterizzante
		Circuiti per DSP (Tab. C ING-INF/01)	9	ING-INF/01	Caratterizzante
		System on chip (Tab. C ING-INF/01)	9	ING-INF/01	Caratterizzante
		Sistemi Operativi (TAB. A,B,C,D)	9	ING-INF/05	Scelta autonoma
	II	Elaborazione di segnali multimediali (Tab. D) <i>oppure:</i> Trasmissione Numerica (Tab. D) <i>oppure:</i> Laboratorio di programmazione (Tab. D)	9	ING-INF/03 ING-INF/03 ING-INF/05	Affini/integrative
		Tirocinio	9		Ulteriori attività
		Prova Finale	12		

Area tematica: "Sistemi optoelettronici ed elettronica per alta frequenza" (in verde gli esami obbligatori)					
Anno	Semestre	Corso	CFU	SSD	Tipologia
I	I	Architettura dei Sistemi Integrati	9	ING-INF/01	Caratterizzante
		Misure elettroniche	9	ING-INF/07	Caratterizzante
		Fisica dello stato solido (Tab. A) <i>oppure:</i> Trasmissione del calore (Tab. A)	9	FIS/01 ING-IND/10	Affini/integrative
	II	Microelettronica	9	ING-INF/01	Caratterizzante
		Metodi ed Applicazioni per le Iperfrequenze e l'Ottica	9	ING-INF/02	Caratterizzante
		Componenti e circuiti ottici (Tab. B)	9	ING-INF/02	Caratterizzante

<b>II</b>	<b>I</b>	Design of Electronic Circuits and Systems	9	ING-INF/01	Caratterizzante
		Sensors and microsystems (Tab. C ING-INF/01)	9	ING-INF/01	Caratterizzante
		Integrated Photonics (Tab. C ING-INF/01)	9	ING-INF/01	Caratterizzante
		Elettronica Organica (Tab. D) <i>oppure:</i> Fondamenti Chimici delle Tecnologie (Tab. D) <i>oppure:</i> Scienza e tecnologia delle onde TeraHertz (Tab. D) <i>oppure:</i> Introduzione ai circuiti quantistici (Tab. D)	9	FIS/01 CHIM/07 FIS/01 ING-IND/31	Affini/integrative
	<b>II</b>	Misure su sistemi wireless (TAB. A,B,C,D) <i>oppure</i> Misure a microonde ed onde millimetriche (TAB. A,B,C,D)	9	ING-INF/07 ING-INF/02	Scelta autonoma
		Tirocinio	9		Ulteriori attività
		Prova Finale	12		

# Calendario delle attività didattiche - a.a. 2020/2021



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II**  
**Scuola Politecnica e delle Scienze di Base - Collegio degli Studi di Ingegneria**  
**Anno Accademico 2020/2021**  
**Calendario delle attività didattiche e dei periodi di esame**

Corsi di Laurea	1° periodo didattico	1° periodo esami (2 sedute)	Finestra esami marzo	2° periodo didattico	2° periodo esami (2 sedute)	3° periodo esami (1 seduta)	Finestra esami ottobre
I Anno	28/09/2020–22/12/2020	23/12/2020–27/02/2021	01/03/2021–31/03/2021	08/03/2021–11/06/2021	12/06/2021–31/07/2021	31/08/2021–30/09/2021	01/10/2021–30/10/2021
II e III Anno	28/09/2020–22/12/2020	23/12/2020–27/02/2021	01/03/2021–31/03/2021	08/03/2021–11/06/2021	12/06/2021–31/07/2021	31/08/2021–30/09/2021	01/10/2021–30/10/2021
Corsi di Laurea Magistrale	1° periodo didattico	1° periodo esami (2 sedute)	Finestra esami marzo	2° periodo didattico	2° periodo esami (2 sedute)	3° periodo esami (1 seduta)	Finestra esami ottobre
I e II Anno	28/09/2020–22/12/2020	23/12/2020–27/02/2021	01/03/2021–31/03/2021	08/03/2021–11/06/2021	12/06/2021–31/07/2021	31/08/2021–30/09/2021	01/10/2021–30/10/2021
Corsi di Laurea Magistrale Ciclo Unico	1° periodo didattico	1° periodo esami	Finestra esami marzo	2° periodo didattico	2° periodo esami	3° periodo esami	Finestra esami ottobre
Ingegneria Edile-Architettura I Anno	05/10/2020–18/12/2020 (1° ciclo corsi annuali)	-----	-----	07/01/2021–28/04/2021 (2° ciclo corsi annuali)	29/04/2021–31/07/2021	31/08/2021–30/09/2021	01/10/2021–30/10/2021
Ingegneria Edile-Architettura II, III, IV Anno	21/09/2020–18/12/2020	19/12/2020–20/02/2021	01/03/2021–31/03/2021	22/02/2021–21/05/2021	22/05/2021–31/07/2021	31/08/2021–30/09/2021	01/10/2021–30/10/2021
Ingegneria Edile-Architettura V Anno	21/09/2020–18/12/2020	19/12/2020–27/02/2021	01/03/2021–31/03/2021	08/03/2021–11/06/2021	12/06/2021–31/07/2021	31/08/2021–30/09/2021	01/10/2021–30/10/2021

**Vacanze 1° semestre** - San Gennaro: 19 settembre (sabato); Ognissanti: 1 novembre (domenica); lunedì 7 dicembre (chiusura Ateneo); Immacolata: 8 dicembre (martedì); Natale: dal 24 dicembre (giovedì) al 6 Gennaio (mercoledì).

**Vacanze di Carnevale** - Lunedì 15 febbraio e martedì 16 febbraio

**Vacanze 2° semestre** - Pasqua: da giovedì 1 aprile a mercoledì 7 aprile; Festa della Liberazione: 25 aprile (domenica); Festa del Lavoro: 1 maggio (sabato); Festa della Repubblica: 2 giugno (mercoledì)

## Referenti del Corso di Studi

Coordinatore Didattico dei Corsi di Studio in Ingegneria Elettronica: Prof. Santolo Daliento – Dipartimento di Ingegneria Elettrica e delle Tecnologie dell'Informazione - tel. 081/7683122 - e-mail: daliento@unina.it.

Referente del Corso di Laurea per il Programma ERASMUS: Prof. Ettore Napoli – Dipartimento di Ingegneria Elettrica e delle Tecnologie - tel. 081/7683124 - e-mail: etto.napoli@unina.it.



## Attività formative

<b>Insegnamento:</b> Affidabilità e Qualità			
<b>CFU:</b> 9	<b>SSD:</b> SECS-S/02		
<b>Ore di lezione:</b> 55	<b>Ore di esercitazione:</b> 17		
<b>Anno di corso:</b> II			
<p><b>Obiettivi formativi:</b> Capacità di valutare i rischi di guasto di unità e sistemi tecnologici sia in fase di progetto che di gestione degli stessi. Verifiche di affidabilità e collaudi di durata. Scelta della politica di manutenzione e valutazione del costo per ciclo di vita di unità tecnologiche. Capacità d'impiegare i metodi statistici per la valutazione, il controllo e il miglioramento della qualità dei processi produttivi. Capacità di collaudare la qualità di un lotto di prodotti.</p>			
<p><b>Contenuti:</b> Fondamenti di Calcolo delle Probabilità. Variabili aleatorie. Funzione affidabilità e sue proprietà. Vita media.  Tasso di guasto. Modelli di affidabilità: genesi ed approccio probabilistico. Guasti per deriva e per sollecitazione eccessiva. Modello Sollecitazione Resistenza. Trasformazioni di variabili aleatorie. Metodo dei momenti.  Affidabilità di sistemi non riparabili: sistemi serie, parallelo e stand-by. Sistemi di protezione e sicurezza. Alberi dei guasti. Ripartizione dell'affidabilità.  Affidabilità di unità riparabili. Disponibilità e manutenibilità. Teoria del rinnovo. Politiche di manutenzione.  Studio sperimentale di variabili aleatorie e stima parametrica. Analisi sperimentale dei dati di guasto: stima dell'affidabilità di unità riparabili e non. Campioni completi e censurati Metodo della Massima Verosimiglianza. Metodi grafici: carte di probabilità. Metodi non parametrici.  Affidabilità e analisi economica dei guasti. Modelli previsionali di costo per ciclo di vita.  Elementi di controllo statistico di processo: carte di controllo, indici di capacità di processo e collaudo in accettazione. Seminari RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, Safety).</p>			
<b>Codice:</b> 26885	<b>Semestre:</b> secondo		
<b>Prerequisiti:</b> nessuno.			
<b>Metodo didattico:</b> lezioni e seminari applicativi.			
<b>Materiale didattico:</b> P. Erto, 2008, Probabilità e statistica per le scienze e l'ingegneria 3/ed, McGraw-Hill.			
<b>Modalità d'esame:</b>			
<b>L'esame si articola in prova:</b>	Scritta e orale	<input checked="" type="checkbox"/>	Solo scritta
			<input type="checkbox"/>
			Solo orale
			<input type="checkbox"/>
<b>In caso di prova scritta i quesiti sono:</b> (è possibile inserire più opzioni)	<b>A risposta multipla</b>	<input type="checkbox"/>	<b>A risposta libera</b>
			<input type="checkbox"/>
			<b>Esercizi numerici</b>
			<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Altro</b> (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)	Prova scritta personalizzata e successiva discussione orale incentrata sulla stessa		

<b>Insegnamento:</b> Architettura dei Sistemi Integrati					
<b>CFU:</b> 9		<b>SSD:</b> ING-INF/01			
<b>Ore di lezione:</b> 55		<b>Ore di esercitazione:</b> 17			
<b>Anno di corso:</b> I					
<p><b>Obiettivi formativi:</b> Capacità di progettare ed analizzare a livello architetturale, circuitale e fisico circuiti e sistemi digitali VLSI. Conoscenza dei linguaggi per la descrizione dell'hardware. Capacità di utilizzare sistemi di sviluppo per la progettazione assistita al calcolatore di sistemi VLSI. Conoscenza delle tecniche di testing dei sistemi digitali.</p>					
<p><b>Contenuti:</b> Classificazione dei sistemi integrati: full-custom, basati su celle standard e programmabili. Metodologie di progetto di sistemi integrati. Tecniche di sintesi e di place and-route automatiche. Tecniche di simulazione switch-level. Livelli di interconnessione e parametri parassiti. Ritardi introdotti dalle interconnessioni. Elmore delay. Static timing analysis. Progetto di sistemi combinatori. Progetto e temporizzazione di sistemi sequenziali. Pipelining. Generazione e distribuzione del clock. PLL, DLL. Linguaggi per la descrizione dell'hardware. Il VHDL per la descrizione e la sintesi di sistemi integrati. Circuiti aritmetici: Addizionatori, Unità logico-aritmetiche, Moltiplicatori. Testing dei sistemi integrati CMOS. Tecniche di self-testing. Valutazione della dissipazione di potenza nei sistemi VLSI. Tecniche per la riduzione della dissipazione di potenza.</p>					
<b>Codice:</b> 01577		<b>Semestre:</b> primo			
<b>Prerequisiti:</b> Conoscenza di base dei sistemi digitali, delle principali caratteristiche dei dispositivi MOS e delle logiche CMOS.					
<b>Metodo didattico:</b> Lezioni, esercitazioni al calcolatore, seminari applicativi.					
<p><b>Materiale didattico:</b> Appunti del corso disponibili sul sito docente. Testi di riferimento:  - Weste, Harris: "CMOS VLSI Design – circuit and systems perspective" Pearson – Addison Wesley  - Rabaey "Circuiti Integrati Digitali, l'ottica del progettista", II Edizione, Pearson - Prentice Hall</p>					
<b>Modalità d'esame:</b>					
<b>L'esame si articola in prova:</b>		Scritta e orale	<input type="checkbox"/>	Solo scritta	<input type="checkbox"/>
				Solo orale	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>In caso di prova scritta i quesiti sono:</b> (è possibile inserire più opzioni)		A risposta multipla	<input type="checkbox"/>	A risposta libera	<input type="checkbox"/>
<b>Altro</b> (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)		discussione dell'elaborato sviluppato durante le esercitazioni			

<b>Insegnamento:</b> Circuiti per DSP					
<b>CFU:</b> 9		<b>SSD:</b> ING-INF/01			
<b>Ore di lezione:</b> 45		<b>Ore di esercitazione:</b> 27			
<b>Anno di corso:</b> II					
<p><b>Obiettivi formativi:</b> Conoscenza approfondita delle architetture dei circuiti DSP disponibili commercialmente e dell'ambiente di sviluppo per la loro programmazione. Conoscenza delle problematiche, sia teoriche che pratiche, relative alla implementazione ottimale, in tempo reale, su DSP, dei principali algoritmi di elaborazione digitale dei segnali. Realizzazione di concreti algoritmi di elaborazione dei segnali su circuiti DSP.</p>					
<p><b>Contenuti:</b> Tecniche di calcolo avanzate in aritmetica a virgola fissa e mobile per la realizzazione di algoritmi di elaborazione dei segnali. Effetti derivanti dalla precisione finita dei segnali: quantizzazione dei coefficienti, prevenzione e gestione dell'overflow, tecniche di rounding. Studio dei circuiti programmabili per l'elaborazione dei segnali (DSP): sistemi di memoria multi-accesso, hardware per calcolo degli indirizzi (buffering circolare, indirizzamento bit-reversal), unità Single Instruction Multiple Data. Utilizzo delle tecniche di pipelining nei circuiti DSP. Hazards nei circuiti DSP. Architetture Very Long Instruction Word (VLIW). Tecniche di ottimizzazione del codice nei circuiti DSP con architetture VLIW: Loop Unrolling, Software Pipelining. Implementazione in tempo reale degli algoritmi di elaborazione nei circuiti DSP: interfacce seriali sincrone (buffered e multi-channel), elaborazione in streaming, elaborazione a blocchi, elaborazione in sistemi operativi real-time. Debugging ed analisi delle prestazioni in tempo reale dei circuiti DSP. Metodologie di in-system debugging.</p>					
<b>Codice:</b> 30026		<b>Semestre:</b> primo			
<b>Prerequisiti:</b> Conoscenza di base del funzionamento dei circuiti digitali e del linguaggio C per lo svolgimento delle esercitazioni.					
<b>Metodo didattico:</b> Lezioni ed esercitazioni.					
<p><b>Materiale didattico:</b>  John G. Proakis, Dimitris G. Manolakis, "Digital Signal Processing: Principles, Algorithms and Applications", 4° edition, Prentice Hall 2007  Sen M. Kuo, Woon-Seng Gan, "Digital Signal Processors: Architectures, Implementations, and Applications", Prentice Hall 2005  Appunti delle lezioni</p>					
<b>Modalità d'esame:</b>					
<b>L'esame si articola in prova:</b>		<b>Scritta e orale</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Solo scritta</b>	<input type="checkbox"/>
				<b>Solo orale</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>In caso di prova scritta i quesiti sono:</b> (è possibile inserire più opzioni)		<b>A risposta multipla</b>	<input type="checkbox"/>	<b>A risposta libera</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Altro</b> (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)		discussione relativa alle esercitazioni svolte in laboratorio			

<b>Insegnamento:</b> Componenti e Circuiti Ottici					
<b>CFU:</b> 9		<b>SSD:</b> ING-INF/02			
<b>Ore di lezione:</b> 45		<b>Ore di esercitazione:</b> 27			
<b>Anno di corso:</b> I					
<b>Obiettivi formativi:</b> Il corso si propone di offrire gli elementi per la comprensione dei principi elettromagnetici di funzionamento dei componenti e dei circuiti ottici, basati anche su effetti non lineari, e le loro applicazioni più comuni.					
<p><b>Contenuti:</b> Elementi di ottica in mezzi anisotropi: introduzione ai concetti fondamentali, agli strumenti teorici per l'analisi della propagazione della radiazione alle frequenze ottiche e descrizione dei principali effetti utili nelle applicazioni. Elementi di olografia.</p> <p>Componenti ottici: principi di funzionamento, descrizione delle strutture e individuazione dei parametri di progetto.</p> <p>Strutture dielettriche guidanti step e graded index (analisi per raggi, analisi modale e WKB), guide periodiche, polarizzatori, beam-splitter, attenuatori, accoppiatori, interferometri, faraday rotators, isolatori, circolatori, multiplexer, demultiplexer, reticoli, filtri, componenti a cristalli liquidi, dispositivi olografici e dispositivi ottici di memorizzazione, scanner.</p> <p>Ottica non lineare: relazioni costitutive non lineari e tensore di suscettività; effetti non lineari del secondo ordine: rettificazione ottica, effetto Pockels come effetto non lineare, generazione di seconda armonica, frequency mixing, oscillazione ed amplificazione parametrica; effetti non lineari del terzo ordine; cenni agli effetti non lineari di ordine superiore.</p> <p>Applicazioni dell'ottica non lineare. Propagazione solitonica.</p> <p>Cenni alle metodologie e alle tecnologie utilizzate nella realizzazione e caratterizzazione sperimentale di componenti ottici.</p> <p>Circuiti ottici: analisi e progetto dell'interconnessione fra componenti con l'ausilio di strumenti teorici e numerici. Massima distanza del collegamento dettata dall'attenuazione e dalla dispersione.</p>					
<b>Codice:</b> 16250		<b>Semestre:</b> secondo			
<b>Prerequisiti:</b> Conoscenze base di campi elettromagnetici.					
<b>Metodo didattico:</b> Lezioni, esercizi ed esperienze numeriche di laboratorio.					
<b>Materiale didattico:</b> Pubblicazioni					
<b>Modalità d'esame:</b>					
<b>L'esame si articola in prova:</b>		<b>Scritta e orale</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Solo scritta</b>	<input type="checkbox"/>
				<b>Solo orale</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)</b>		<b>A risposta multipla</b>	<input type="checkbox"/>	<b>A risposta libera</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)</b>					

<b>Insegnamento: Computer Systems Design</b>					
<b>CFU: 9</b>			<b>SSD: ING-INF/05</b>		
<b>Ore di lezione: 54</b>			<b>Ore di esercitazione: 18</b>		
<b>Anno di corso: I magistrale</b>					
<p><b>Obiettivi formativi:</b> Il corso affronta lo studio delle principali tecnologie e metodologie di progettazione dei sistemi di elaborazione dedicati (sistemi embedded) e general purpose. Particolare risalto è dato alla progettazione dei sistemi di elaborazione (componenti hardware e software) utilizzati in ambito industriale (avionica, meccanica, trasporti, telemedicina, robotica, chimica, ecc), IoT e nella realizzazione di sistemi critici per tempo, affidabilità, prestazioni, sicurezza e consumi.</p> <p>Il corso affronta le tematiche relative all'architettura dei processori ad elevato parallelismo, all'organizzazione dei sistemi di elaborazione, alla realizzazione di macchine virtuali, al progetto di unità di I/O e di dispositivi periferici intelligenti. Il corso presenta, inoltre, le principali tecniche per la realizzazione di sistemi pervasivi, autonomici, edge computing e cloud computing. Con riferimento agli aspetti tecnologici sono illustrate le architetture dei System on a Chip (SoC) e il loro impiego.</p> <p>Il corso affronta tematiche relative alla progettazione hardware e software dei sistemi di elaborazione (architettura dei calcolatori elettronici, unità I/O, sistemi operativi e reti di calcolatori).</p>					
<p><b>Contenuti:</b></p> <p>Architettura dei sistemi di elaborazione general purpose ed embedded. Processori RISC e CISC. Architettura dell'unità di calcolo: il data path e la tempificazione delle micro-operazioni. Pipeline e parallelismo. Gestione dei conflitti nelle pipe. Il modello PO/PC per la realizzazione di un microprocessore. Interruzioni hw e sw e principali meccanismi di gestione. Interruzioni precise nei processori superscalari. La gestione delle interruzioni nei sistemi multiprocessore.</p> <p>Le gerarchie di memoria: le cache e il loro indirizzamento.</p> <p>Disegno di sistema: device di I/O e driver per la loro programmazione. Periferiche parallela e seriale.</p> <p>Implementazione di protocolli in reti dedicate. DMA. PIC.</p> <p>Sistemi multiprocessore e multi-computer.</p> <p>Sistemi di interconnessione: I bus; I protocolli di comunicazione: protocolli sincroni e asincroni, protocolli di handshake; protocolli di arbitraggio di una risorsa.</p> <p>Progetto di sistemi di elaborazione per applicazioni industriali, di nodi di elaborazione (hardware/ software) per applicazioni di trasmissione dati e per il controllo di sistemi critici.</p> <p>Macchine virtuali e hypervisor.</p> <p>Tecniche per la realizzazione di sistemi pervasivi, autonomici, edge computing e cloud computing.</p> <p>Architetture e impiego dei System on a Chip (SoC).</p> <p>Dispositivi commerciali e industriali programmabili.</p> <p>Ambienti di progettazione, di simulazione e analisi di sistemi di elaborazione.</p>					
<b>Codice:</b>			<b>Semestre: II</b>		
<b>Propedeuticità:</b> nessuna					
<b>Metodo didattico:</b> lezioni frontali ed esercitazioni in aula					
<p><b>Materiale didattico:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>G. Conte, A. Mazzeo, N. Mazzocca, P. Prinetto – Architettura dei calcolatori, CittàStudi Edizioni</li> <li>Materiale didattico presente sull'area download del sito docenti <a href="http://www.docenti.unina.it">www.docenti.unina.it</a>.</li> </ul>					
<b>MODALITA' DI ESAME</b>					
<b>L'esame si articola in prova</b>	<b>Scritta e orale</b>	<b>X</b>	<b>Solo scritta</b>		<b>Solo orale</b>
<b>In caso di prova scritta i quesiti sono (*)</b>	<b>A risposta multipla</b>		<b>A risposta libera</b>	<b>X</b>	<b>Esercizi numerici</b>
					<b>X</b>

**Altro** (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)

Sviluppo progetto di sistema – Domande sul funzionamento e la progettazione dei componenti hardware e software di un sistema di elaborazione

(\* E' possibile rispondere a più opzioni)

<b>Insegnamento:</b> Controlli automatici					
<b>CFU:</b> 9		<b>SSD:</b> ING-INF/04			
<b>Ore di lezione:</b> 56		<b>Ore di esercitazione:</b> 16			
<b>Anno di corso:</b> II					
<p><b>Obiettivi formativi:</b> Il corso si propone di introdurre gli studenti alla progettazione di leggi di controllo a retroazione di sistemi dinamici e di illustrarne le possibili applicazioni. Il corso intende inoltre fornire agli studenti tutti gli strumenti necessari alla sintesi, all'analisi e alla validazione numerica dei sistemi di controllo.</p>					
<p><b>Contenuti:</b> Proprietà fondamentali dei sistemi di controllo in controreazione: specifiche di un problema di controllo; componenti di un sistema di controllo. Controllabilità e osservabilità di un sistema dinamico LTI; controllo a retroazione di stato; osservatori dello stato e controllo a retroazione di uscita; azione integrale; progetto del compensatore. Sintesi di controllori nel dominio della s: metodo del luogo delle radici; funzioni correttive. Analisi della stabilità attraverso il metodo di Nyquist: margini di stabilità e robustezza. Regolatori PID: metodi per la taratura empirica di regolatori PID; schemi di anti-windup. Progetto di controllori digitali per discretizzazione; problemi di realizzazione del controllo digitale: strutturazione dell'algoritmo di controllo, filtraggio anti-aliasing, considerazioni sulla scelta del periodo di campionamento. Cenni alla teoria di Lyapunov e al metodo di sintesi diretta. Cenni all'analisi e al controllo di sistemi non-lineari. Applicazioni.</p>					
<b>Codice:</b> 02826		<b>Semestre:</b> secondo			
<b>Prerequisiti:</b> Fondamenti di sistemi dinamici.					
<b>Metodo didattico:</b> lezioni, esercitazioni.					
<b>Materiale didattico:</b> Appunti delle lezioni; Libro di testo: Gene F. Franklin, J. David Powell, Abbas Emami – Naeini, Controllo a retroazione di sistemi dinamici (vol. 1 e 2), Edises					
<b>Modalità d'esame:</b>					
<b>L'esame si articola in prova:</b>		<b>Scritta e orale</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Solo scritta</b>	<input type="checkbox"/>
				<b>Solo orale</b>	<input type="checkbox"/>
<b>In caso di prova scritta i quesiti sono:</b> (è possibile inserire più opzioni)		<b>A risposta multipla</b>	<input type="checkbox"/>	<b>A risposta libera</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Altro</b> (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)		<b>Esercizi numerici</b>			
					<input checked="" type="checkbox"/>

<b>Course:</b> Design of Electronic Circuits and Systems					
<b>CFU/ECTS:</b> 9			<b>SSD:</b> ING-INF/01		
<b>Lecture (hours):</b> 48			<b>Lab (hours):</b> 24		
<b>Year:</b> II					
<b>Objectives:</b> Study of the main design methodologies and approaches for analog, mixed-mode, power and digital circuit and systems. Design of integrated and discrete circuits and systems. CAD tools for the implementation of actual projects and layout optimization. Ability to develop practical design of complex electronic systems.					
<b>Contents:</b> Top-down design from system specification to discrete or integrated layout. Discrete linear and mixed mode circuits. Signal conditioning and amplification. Power circuits design and PCB realization techniques. Control of power circuits with FPGAs and microcontrollers. Design of digital systems and interconnections. Design of analog integrated systems. Operational amplifier design. Practical design implementation during laboratory activity.					
<b>Code:</b>			<b>Semester:</b> first		
<b>Prerequisites:</b> Knowledge of analog and digital operation of circuits. Basic knowledge of semiconductor devices operations. Knowledge of the operation of CAD tools such as circuit simulators and CAD layout tools.					
<b>Teaching method:</b> Class lectures and laboratory activity.					
<b>Learning Resources:</b> Textbook, Lecture notes					
<b>Examination:</b>					
<b>The examination is:</b>	<b>both oral and written</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Written</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Oral</b> <input checked="" type="checkbox"/>
<b>The written test has:</b>	<b>Multiple choice</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Freehand response</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Numerical exercise</b> <input type="checkbox"/>
<b>Other</b> (ex: lab/project report ...)					



<b>Insegnamento:</b> Dispositivi e Sistemi Fotovoltaici							
<b>CFU:</b> 9			<b>SSD:</b> ING-INF/01				
<b>Ore di lezione:</b> 60			<b>Ore di esercitazione:</b> 12				
<b>Anno di corso:</b> II							
<b>Obiettivi formativi:</b> Fornire conoscenze specialistiche in tutti i settori in cui si articola la “filiera” fotovoltaica: dalla fisica e tecnologia dei dispositivi di I, II e III generazione fino al dimensionamento degli impianti, con particolare enfasi sulle considerazioni di carattere economico e normativo.							
<b>Contenuti: Dispositivi fotovoltaici di I generazione:</b> richiami sulla fisica della giunzione p-n, l’effetto fotovoltaico, interazione tra lo spettro solare ed i semiconduttori, caratteristica tensione-corrente della cella solare mono-giunzione e modello circuitale equivalente.							
<b>Dispositivi fotovoltaici di II generazione:</b> tecnologia dei film sottili, celle monogiunzione silicio amorfo-silicio, celle p-i-n, celle CdTe, celle CIGS, celle doppia giunzione di tipo Tandem, cenni alle celle organiche.							
<b>Dispositivi fotovoltaici di terza generazione:</b> principio di funzionamento delle celle multi-giunzione, limiti teorici, celle triple e celle quaduple, la concentrazione solare.							
<b>Sistemi fotovoltaici:</b> dalle celle ai moduli, dai moduli alle stringhe, dalle stringhe al campo fotovoltaico; sistemi “grid connected” e sistemi “stand alone”.							
<b>Gestione dell’energia prodotta:</b> inverter per il fotovoltaico, inseguimento del punto di massima potenza.							
<b>Normativa:</b> evoluzione del conto energia, calcolo del ritorno economico.							
<b>Codice:</b> 30220			<b>Semestre:</b> primo				
<b>Prerequisiti:</b> Fisica dei semiconduttori. Circuiti elettrici ed elettronici.							
<b>Metodo didattico:</b> Lezioni frontali, esercitazioni con l’ausilio di CAD di progettazione, seminari.							
<b>Materiale didattico:</b> Libro di testo							
<b>Modalità d’esame:</b>							
<b>L’esame si articola in prova:</b>		<b>Scritta e orale</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Solo scritta</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Solo orale</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)</b>		<b>A risposta multipla</b>	<input type="checkbox"/>	<b>A risposta libera</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Esercizi numerici</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Altro</b> (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)		Discussione di un progetto svolto durante il corso					

<b>Insegnamento:</b> Elaborazione di Segnali Multimediali					
<b>CFU:</b> 9			<b>SSD:</b> ING-INF/03		
<b>Ore di lezione:</b> 48			<b>Ore di esercitazione:</b> 24		
<b>Anno di corso:</b> II					
<b>Obiettivi formativi:</b> Acquisire gli strumenti concettuali e matematici di base per l'elaborazione di immagini digitali e di sequenze video. Saper applicare tali concetti allo sviluppo di algoritmi per l'elaborazione di segnali multimediali.					
<b>Contenuti:</b> Generalità sulle immagini e sulle principali elaborazioni d'interesse. Immagini a due livelli, a toni di grigio, a colori, multispettrali, a falsi colori. Elaborazioni delle immagini nel dominio spaziale: modifica degli istogrammi, operazioni geometriche, filtraggio morfologico, filtraggio lineare, clustering, segmentazione, classificazione. Trasformata di Fourier bidimensionale e filtraggio nel dominio di Fourier. Analisi a componenti principali. Codifica di segnali multimediali: richiami su quantizzazione e predizione lineare, codifica mediante trasformata, compressione di immagini e di segnali video, cenni sulla compressione di segnali audio. Principali standard (JPEG, MPEG, MP3, AVI). Analisi tempo-frequenza e trasformata wavelet, analisi multirisoluzione, banche di filtri. Tecniche avanzate per la codifica (standard JPEG2000, codifica video basata su wavelet). Problematiche legate alla trasmissione su rete. Video 3D. Esempi di applicazioni: denoising, protezione del diritto d'autore (watermarking), rivelazione di manipolazioni, restauro (inpainting).					
<b>Codice:</b> 30034			<b>Semestre:</b> secondo		
<b>Prerequisiti</b> nessuno.					
<b>Metodo didattico:</b> Lezioni, esercitazioni in laboratorio.					
<b>Materiale didattico:</b> R.C.Gonzalez, R.E.Woods: Digital Image Processing, Prentice Hall, appunti del corso					
<b>Modalità d'esame:</b>					
<b>L'esame si articola in prova:</b>		<b>Scritta e orale</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Solo scritta</b>	<input type="checkbox"/>
				<b>Solo orale</b>	<input type="checkbox"/>
<b>In caso di prova scritta i quesiti sono:</b> (è possibile inserire più opzioni)		<b>A risposta multipla</b>	<input type="checkbox"/>	<b>A risposta libera</b>	<input type="checkbox"/>
				<b>Esercizi numerici</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Altro</b> (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)		Prova al calcolatore			

<b>Insegnamento:</b> Elettronica Organica					
<b>CFU:</b> 9		<b>SSD:</b> FIS/03			
<b>Ore di lezione:</b> 36		<b>Ore di esercitazione:</b> 36			
<b>Anno di corso:</b> I					
<p><b>Obiettivi formativi:</b> Fornire allo studente una panoramica sui materiali organici, materiali ibridi e le tecniche fisiche di deposizione e di caratterizzazione di interesse per l'elettronica e la sensoristica con particolare riferimento alla dimensionalità ridotta dei materiali e dispositivi e alle applicazioni. Particolare attenzione è rivolta allo apprendimento pratico di tecniche sottovuoto innovative di deposizione di film sottili dei materiali organici, della loro caratterizzazione e alla realizzazione di dispositivi elettronici a 3 terminali.</p>					
<p><b>Contenuti:</b> Semiconduttori organici e applicazioni nel campo dell' elettronica. Materiali organici con diverse funzionalità (metalliche, ferroelectriche, magnetiche, superconduttive). Proprietà di trasporto elettrico nei materiali organici. Materiali ibridi Organici/inorganici con dimensionalità ridotta. Tecniche di deposizione sotto vuoto di film sottili organici (evaporazione, MBE, evaporazione da fascio supersonico, PLD, Tecniche caratterizzazione morfologiche strutturali. Tecniche litografiche e di soft lithography. Nanolitografia, Tecniche di caratterizzazioni elettriche d.c. e a.c., Dispositivi ad effetto di campo e possibili applicazioni sia nell' elettronica di consumo che quella biosensoristica. Circuiti complessi. Dispositivi Ibridi Organici/inorganici. Elettronica flessibile.</p>					
<b>Codice:</b> 33819		<b>Semestre:</b> primo			
<b>Prerequisiti:</b> nessuno					
<b>Metodo didattico:</b> Lezioni, attività di laboratorio					
<b>Materiale didattico:</b> Appunti del docente e bibliografia di riferimento					
<b>Modalità d'esame:</b>					
<b>L'esame si articola in prova:</b>		<b>Scritta e orale</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Solo scritta</b>	<input type="checkbox"/>
				<b>Solo orale</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)</b>		<b>A risposta multipla</b>	<input type="checkbox"/>	<b>A risposta libera</b>	<input type="checkbox"/>
				<b>Esercizi numerici</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Altro</b> (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)		Elaborato relativo alle attività di laboratorio			

<b>Insegnamento:</b> Fisica dello Stato Solido					
<b>CFU:</b> 9		<b>SSD:</b> FIS/03			
<b>Ore di lezione:</b> 54		<b>Ore di esercitazione:</b> 18			
<b>Anno di corso:</b> I					
<b>Obiettivi formativi:</b> Il corso intende fornire gli elementi di base della fisica dei solidi e dei relativi dispositivi con particolare riferimento alla fisica dei metalli, isolanti e semiconduttori, del magnetismo e della superconduttività.					
<b>Contenuti:</b> Cenni di meccanica quantistica. Coesione dei solidi. Diffrazione a raggi X. Densità degli stati. Livello di Fermi e funzione di Fermi. Capacità termica elettronica. Legge di Ohm e cammino libero medio. Conduttività in corrente alternata ed alte frequenze. Vibrazioni reticolari. Frequenza di plasma e di Debye. Fononi. Capacità termica del reticolo. Dipendenza dalla temperatura della conduttività dei metalli. Effetto di un potenziale periodico. Struttura a bande e gap di energia. Massa efficace. Concetto di lacuna. Conduttività elettrica intrinseca. Proprietà di germanio e silicio. Effetto delle impurezze. Legge di azione di massa. Conduttività elettrica di semiconduttori drogati. Giunzioni p-n. Effetto Hall. Concetti di base ed unità di misura del magnetismo. Regole di Hund e stato fondamentale. Paramagnetismo, diamagnetismo, ferromagnetismo. Campo molecolare e modello di Weiss. Domini magnetici ed isteresi magnetica. Antiferromagnetismo. Fenomenologia della superconduttività. Interazione elettrone-fonone. Cenni alle teorie BCS e Strong-Coupling. Materiali superconduttori. Applicazioni: Microscopie STM-AFM ed elettroniche, principi delle tecniche di fotoemissione.					
<b>Codice:</b> 04920		<b>Semestre:</b> primo			
<b>Prerequisiti:</b> Concetti fondamentali della Meccanica Classica, della Termodinamica e dell'Elettromagnetismo					
<b>Metodo didattico:</b> Lezioni frontali ed esercitazioni					
<b>Materiale didattico:</b> Libro di testo: Ruggero Vaglio, "Elementi di Fisica dello Stato Solido per Ingegneria" Liguori Editore, seconda edizione. Per alcuni argomenti saranno fornite delle dispense dal docente.					
<b>Modalità d'esame:</b>					
<b>L'esame si articola in prova:</b>		<b>Scritta e orale</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Solo scritta</b>	<input type="checkbox"/>
				<b>Solo orale</b>	<input type="checkbox"/>
<b>In caso di prova scritta i quesiti sono:</b> (è possibile inserire più opzioni)		<b>A risposta multipla</b>	<input type="checkbox"/>	<b>A risposta libera</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Altro</b> (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)				<b>Esercizi numerici</b>	<input checked="" type="checkbox"/>

<b>Insegnamento:</b> Geometria e Algebra II					
<b>CFU:</b> 9		<b>SSD:</b> MAT/03			
<b>Ore di lezione:</b> 50		<b>Ore di esercitazione:</b> 22			
<b>Anno di corso:</b> I					
<b>Obiettivi formativi:</b> Approfondire le conoscenze acquisite nel corso di Geometria e Algebra e affrontare questioni più avanzate di algebra lineare di immediato utilizzo nei corsi caratterizzanti, con lo scopo di acquisire adeguate capacità di formalizzazione logica e abilità operativa.					
<b>Contenuti:</b> Forme bilineari reali simmetriche, forme complesse hermitiane e forme quadratiche associate (proprietà fondamentali, disuguaglianze, matrici reali simmetriche e antisimmetriche, matrici complesse hermitiane e antihermitiane, cambiamenti di base, congruenze). Forme bilineari reali simmetriche e basi ortogonali (Teorema di esistenza di una base ortogonale in un campo di caratteristica diversa da due, caso complesso, Teorema di Sylvester). Matrici ortogonali, matrici unitarie e basi ortonormali. Endomorfismi simmetrici (definizioni, teorema spettrale, teorema della base spettrale, espressione matriciale, cambiamenti di base). Endomorfismi unitari, endomorfismi hermitiani. Decomposizione in valori singolari di una matrice complessa. Norme per un endomorfismo. Norme matriciali. Esponenziale di un endomorfismo con applicazioni ai sistemi dinamici. Forma canonica di Jordan: profondità e capostipite di un autovettore, blocchi di Jordan, autospazi generalizzati. Integrazione di sistemi di equazioni differenziali ordinarie. Cenni di analisi modale.					
<b>Codice:</b>		<b>Semestre:</b> primo			
<b>Prerequisiti:</b> Geometria e Algebra.					
<b>Metodo didattico:</b> lezioni ed esercitazioni.					
<b>Materiale didattico:</b> D. Serre: Matrices: theory and applications. Springer Verlag					
<b>Modalità d'esame:</b>					
<b>L'esame si articola in prova:</b>		<b>Scritta e orale</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Solo scritta</b>	<input type="checkbox"/>
				<b>Solo orale</b>	<b>X</b>
<b>In caso di prova scritta i quesiti sono:</b> (è possibile inserire più opzioni)		<b>A risposta multipla</b>	<input type="checkbox"/>	<b>A risposta libera</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Altro</b> (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)					

<b>Insegnamento:</b> Image processing for computer vision	
<b>CFU:</b> 9	<b>SSD:</b> ING-INF/03
<b>Ore di lezione:</b> 48	<b>Ore di esercitazione:</b> 24
<b>Anno di corso:</b> I / II	
<p><b>Obiettivi formativi:</b> La computer vision si occupa di estrarre informazioni da immagini e video mediante calcolatore, e trova applicazione in numerosi domini: biomedica, robotica, comunicazioni, automotive, sicurezza, logistica. Alla base della computer vision ci sono le tecniche di elaborazione di immagini e video, che si combinano sinergicamente con tecniche di ottimizzazione, addestramento, ottica, fotometria.</p> <p>Questo insegnamento ha l'obiettivo di consentire allo studente di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• formalizzare e modellare problemi di visione sia in termini teorici che pratici;</li> <li>• implementare algoritmi di visione standard con attenzione agli aspetti di elaborazione del segnale;</li> <li>• implementare workflow per problemi di visione di complessità crescente mediante toolbox di visione</li> </ul>	
<p><b>Contenuti:</b> Richiami sul filtraggio delle immagini. Dominio spazio-scala e decomposizione piramidale. Introduzione al Matlab.</p> <p>Formazione dell'immagine: La luce e il colore. Il modello pinhole camera. La proiezione del mondo 3D nel piano dell'immagine: matrice di proiezione della camera e calibrazione della camera. Trasformazioni geometriche di tipo proiettivo.</p> <p>Early vision: Rivelazione dei contorni; segmentazione mediante trasformata watershed; template matching e descrizione tessiturale; rivelazione di angoli (Harris detector) e linee (trasformata di Hough).</p> <p>Rivelazione e descrizione di keypoint: Definizione di keypoint e proprietà di ripetitività. Proprietà di invarianza dei rivelatori rispetto ad illuminazione, traslazione, rotazione, scala, trasformazioni affini e omografie. Rivelatore di Harris. Differenza di gaussiane (DoG).</p> <p>Piramide di DoG. Orientazione e scala di un keypoint. Descrittori di feature: proprietà discriminative; descrittori di comune impiego (SIFT, SURF, MSER,...); descrittori di forma e contesto.</p> <p>Matching, fitting ed allineamento: Matching di feature mediante criterio del rapporto delle distanze. Fitting ed allineamento: metodo dei minimi quadrati lineare o robusto; algoritmo ICP; trasformata di Hough generalizzata; algoritmo RANSAC. Rivelazione, riconoscimento e classificazione.</p> <p>Elaborazione delle immagini mediante reti neurali convoluzionali: Architetture convoluzionali per l'elaborazione delle immagini. Algoritmo del gradiente discendente stocastico.</p> <p>Funzioni di costo per l'elaborazione delle immagini: norma euclidea, similarità strutturale, loss percettiva. Funzioni di attivazione per l'immagine processing. Esempi di applicazioni: super-risoluzione; regressione di descrittori.</p> <p>Visione multi-view e movimento: Visione stereoscopica e geometria epipolare. Matrice fondamentale. Problemi di corrispondenza densi. Disparità e stima della profondità. Multi-view e ricostruzione 3D. Cenni su flusso ottico e stima del movimento.</p>	

<b>Codice:</b> U1563		<b>Semestre:</b> secondo				
<b>Prerequisiti:</b> Teoria dei Segnali						
<b>Metodo didattico:</b> lezioni frontali con supporto di lavagna e/o slide; esercitazioni Matlab in laboratorio.						
<b>Materiale didattico:</b> R. Szeliski, "Computer vision: algorithms and applications", Springer 2010. R.-I. Hartley, A. Zisserman, "Multiple View Geometry in Computer Vision", C. U. P., 2nd Ed., 2004. Dispense del docente.						
<b>Modalità d'esame:</b>						
<b>L'esame si articola in prova:</b>	<b>Scritta e orale</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Solo scritta</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Solo orale</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)</b>	<b>A risposta multipla</b>	<input type="checkbox"/>	<b>A risposta libera</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Esercizi numerici</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Altro</b> (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)	Sviluppo progetti					

<b>Insegnamento:</b> Instrumentation and Measurements for Smart Industry	
<b>CFU:</b> 9	<b>SSD:</b> ING-INF/07
<b>Ore di lezione:</b> 24	<b>Ore di esercitazione:</b> 48
<b>Anno di corso:</b> 1°/2°	
<p><b>Obiettivi formativi:</b> Apprendere nozioni specialistiche, in termini di metodologie e strumentazione di misura, finalizzate alla progettazione, implementazione e caratterizzazione metrologica di sistemi di telemonitoraggio basati su trasduttori di misura a microcontrollore e applicativi di centrale. Sono privilegiati gli aspetti applicativi di sviluppo di soft transducers e virtual sensors per la bioingegneria, dal punto di vista metrologico. Il corso comprende il progetto e lo sviluppo delle parti più critiche di un sistema reale.</p>	
<p><b>Contenuti:</b> SISTEMI DI TELEMONITORAGGIO: Architetture basate su micro-controllori on-chip, su palmari/smartphone, su webservices e PC. <i>Esercitazioni: Montaggi e connessioni di trasduttori per acquisizione dati single-ended e differenziali.</i></p> <p>SOFT TRANSDUCERS: Architetture, progettazione, scelta del modello, identificazione sperimentale, validazione. Esempi soft transducers: sensore di flusso in ambiente criogenico, bilancia stabilografica con exergames. Microcontrollori per l'acquisizione dati. Requisiti, architettura, componenti logici e fisici: analisi delle specifiche (esempio famiglia STM Nucleo32), panoramica del mercato (esempio produzione ST Microelectronics). Nodo Sensore: richiami architettura STM32, programmazione a registri, ambienti di sviluppo IDE: IAR, Cube. Scheda Nucleo: expansion board, protocollo di comunicazione I2C (richiami), sensore di pressione, sensore di umidità e temperatura, accelerometro e magnetometro, giroscopio. <i>Esercitazioni: Sviluppo di un progetto per il nodo sensore mediante funzioni di libreria di alto livello: Driver, Hardware Abstraction Layer (HAL), Board Support Package (BSP). Implementazione di un processo di misura.</i></p> <p>RETI DI TRASDUTTORI WIRELESS: Nodo Rete. Principi di progettazione e realizzazione di una rete Wireless. Internet of Things: esempi. Dimostratore ST Microelectronics. Panoramica dei protocolli di comunicazione: livello Rete SubGHz, protocollo 6LoWPAN. Sistema operativo Contiki: struttura, processi, drivers. Wireless Bridge: Protocollo di comunicazione (Wireless-Bridge)-Nodi Rete. Integrazione processi, protocollo di comunicazione con centrale. <i>Esercitazioni: Integrazione della rete di monitoraggio.</i></p> <p>CENTRALI DI TELEMONITORAGGIO: Scenari di monitoraggio, vista logica della Centrale. Centrale di Monitoraggio: architettura logica e funzionale; componenti della Centrale: protocollo, acquisizione dati, base dati, memorizzazione dei dati nel data base. Applicazione Web per la visualizzazione dei dati: front-end, back-end, interfaccia web, reportistica. <i>Esercitazioni: Acquisizione dei dati (polling su directory e socketcreazione dashbord per monitoraggio dati da sensori: architettura logica e progetto concettuale.</i></p> <p>APPLICATIVO DI TELEMONITORAGGIO PER ATTIVITA' FISICA: Stesura dei requisiti utente. Analisi degli algoritmi di attività fisica. Progettazione dei nodi sensore e rete e dell'applicativo di centrale. Debug e test. Integrazione e prove di validazione. Stesura della documentazione mediante ipertesti. <i>Esercitazioni: Analisi delle specifiche di un sistema di telemonitoraggio per attività fisica. Implementazione algoritmo di actigrafo. Implementazione nodo sensore e rete. Debug e test. Implementazione principali parti della centrale.</i></p>	
<b>Codice:</b>	<b>Semestre:</b> II
<b>Prerequisiti / Propedeuticità:</b> Conoscenze di metrologia generale e di strumentazione	



**Metodo didattico:** lezioni, seminari, esercitazioni di laboratorio

**Materiale didattico:** appunti del corso, application notes, manuali componenti, demo boards e applicativi costruttori.

L. Fortuna, et al., *Soft Sensors for Monitoring and Control of Industrial Processes*, Springer-Verlag, 2007.

<b>Course:</b> Integrated Photonics							
<b>CFU/ECTS:</b> 9			<b>SSD:</b> ING-INF/01				
<b>Lecture (hours):</b> 65			<b>Lab (hours):</b> 7				
<b>Year:</b> II							
<p><b>Objectives:</b> As optical microsystems continue to increase in functionality while decreasing in volume, integrated optics is becoming increasingly relevant for a wide spectrum of applications. In an integrated optical circuit, light is guided via optical waveguides, an approach which allows integration of numerous optical functions on a single semiconductor, glass or dielectric substrate. This course is designed to provide an overview of integrated optics, from the system point to view. The course will present the basic concepts of integrated optics, including materials and fabrication technologies as well as the major integrated optical devices. Relevant applications in the fields of telecommunications, sensors and data storage will be provided.</p>							
<p><b>Contents:</b> Integrated optics – Guided waves - Channel waveguides and Fibre optics. Semiconductor Materials for integrated optics - Photodetectors and Integrated Lasers ad LEDs – Passive and Active optoelectronic integrated devices. Some technological aspects on the fabrications of integrated optoelectronics devices. Applications.</p>							
<b>Code:</b> 26524			<b>Semester:</b> first				
<p><b>Prerequisites:</b> basic knowledge of electromagnetic fields and optic, solid-state physics, semiconductor devices, analog electronics.</p>							
<p><b>Teaching method:</b> Lectures. Numerical Exercises.</p>							
<p><b>Learning Resources:</b> Slides from the lectures, textbook.</p>							
<b>Examination:</b>							
<b>The examination is:</b>		<b>both oral and written</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Written</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Oral</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>The written test has:</b>		<b>Multiple choice</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Freehand response</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Numerical exercise</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Other</b> (ex: lab/project report ...)		The students are called to present, by using a PowerPoint presentation, an original report based on a defined topic, which is assigned in advance					

<b>Insegnamento: Introduzione ai circuiti quantistici</b>	
<b>CFU: 9</b>	<b>SSD: ING-IND/31</b>
<b>Ore di lezione: 48</b>	<b>Ore di esercitazione: 24</b>
<b>Anno di corso: I/II</b>	
<p><b>Obiettivi formativi:</b>  I qubit sono gli elementi fondamentali dei circuiti quantistici (computer quantistico, internet quantistico, ...). A differenza del bit classico che può assumere solo due stati, il qubit può trovarsi in una sovrapposizione coerente di due stati, una proprietà fondamentale della meccanica quantistica. I qubit possono essere realizzati utilizzando, ad esempio, atomi o ioni intrappolati. La tecnologia oggi più promettente utilizza elementi superconduttivi basati sulle giunzioni Josephson (IBM, D-Wave Systems, Rigetti, Google, Quantum Circuits - Yale, ...). L'obiettivo di questo corso è introdurre i qubit e i circuiti quantistici a superconduttori e dare dei cenni sulla computazione quantistica.</p>	
<p><b>Contenuti:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <b>Che cos'è un circuito quantistico?</b> Qubit, sfera di Bloch, porta logica quantistica.</li> <li>2) <b>Circuito elettrico classico:</b> Circuiti a parametri concentrati e circuiti a parametri distribuiti. Circuiti non dissipativi e circuiti dissipativi. Formulazione Lagrangiana e formulazione Hamiltoniana per i circuiti non dissipativi, grandezze canonicamente coniugate, parentesi di Poisson. Il modello di Nyquist e il modello di Caldeira – Leggett per gli elementi dissipativi. Equazione di Langevin. Teorema di fluttuazione – dissipazione.</li> <li>3) <b>Quantizzazione di circuiti elettrici:</b> Cenni ai concetti fondamentali della meccanica quantistica. Quantizzazione di circuiti a parametri concentrati: misura, grandezze fisiche, operatori, stato quantistico, commutatori della carica e del flusso. Rappresentazione di Schrödinger e rappresentazione di Heisenberg. Circuito LC lineare. Due circuiti LC lineari accoppiati. Entanglement. Quantizzazione di linee di trasmissione. Cenni all'elettrodinamica dei superconduttori.</li> <li>4) <b>Qubit a superconduttori:</b> Giunzione Josephson. Circuiti LC non lineari. Qubit di carica. Qubit di fase. Qubit di flusso. Trasmone. Entanglement tra due qubit.</li> <li>5) <b>Accoppiamento qubit - cavità:</b> Accoppiamento risonante, accoppiamento dispersivo. Lettura di qubit. Amplificazione parametrica. Retroazione.</li> <li>6) <b>Porte logiche quantistiche:</b> Controllo di qubit. Porte logiche per un qubit. Porte logiche per due qubit. Correzione dell'errore (ancilla qubit). Cenni alla computazione quantistica, criteri di Di Vincenzo.</li> <li>7) <b>Dissipazione, fluttuazioni e decoerenza:</b> Sistemi chiusi e sistemi aperti. Teorema di fluttuazione – dissipazione quantistico. Circuito LC con dissipazione. Equazione di Langevin – Heisenberg, e la master equation. Rilassamento e decoerenza. Fenomeni di decoerenza nei circuiti di qubit. “Ambiente” e misura.</li> <li>8) <b>Cenni ai circuiti quantistici ibridi:</b> atomi, spin, cavità ottiche, risuonatori meccanici nanometrici.</li> </ol>	
<b>Codice: ...</b>	<b>Semestre: I</b>
<b>Prerequisito: Introduzione alla Fisica dello Stato Solido</b>	
<b>Metodo didattico:</b> Lezioni frontali	

**Materiale didattico:** U. Vool, M. Devoret, *Introduction to quantum electromagnetic circuits*, Special Issue on Quantum Technologies, International Journal of Circuit, Theory and Applications, 897-934, 2017. Zagoskin A. M. *Quantum Engineering: Theory and Design of Quantum Coherent Structures*, Cambridge University Press, 2011. G. Mahler, V. A. Weberruß, *Quantum Networks*, Springer, 1998. I. Mayergoyz, *Quantum Mechanics for Electrical Engineers*, World Scientific, 2016. Appunti delle Lezioni.

**Modalit'eame:** prova scritta esercitativa propedeutica a colloquio su teoria.

<b>L'esame si articola in prova:</b>	<b>Scritta e orale</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Solo scritta</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Solo orale</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
--------------------------------------	------------------------	--------------------------	---------------------	--------------------------	-------------------	-------------------------------------

<b>In caso di prova scritta i quesiti sono:</b> (è possibile inserire più opzioni)	<b>A risposta multipla</b>	<input type="checkbox"/>	<b>A risposta libera</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Esercizi numerici</b>	<input type="checkbox"/>
--	----------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

<b>Altro</b>						
--------------	--	--	--	--	--	--

<b>Insegnamento:</b> Metodi ed applicazioni per le iperfrequenze e l'ottica	
<b>CFU:</b> 9	<b>SSD:</b> ING-INF/02
<b>Ore di lezione:</b> 56	<b>Ore di esercitazione:</b> 16
<b>Anno di corso:</b> I	
<p><b>Obiettivi formativi:</b> Il corso presenta i metodi per lo studio della propagazione elettromagnetica alle iperfrequenze e in ottica necessari per l'analisi e il progetto di circuiti e di sistemi e componenti ottici. I metodi presentati sono applicati in casi di interesse pratico nella progettazione di circuiti tipici di sistemi MIC e in sistemi ottici elementari.</p>	
<p><b>Contenuti:</b> Ottica geometrica e soluzione asintotica delle equazioni di Maxwell, derivazione e limiti. Interpretazione fluidodinamica della propagazione dell'energia. Equazione dei raggi. Principio di Fermat</p> <p>Teoria geometrica dei sistemi ottici. Teorema di Maxwell, ottica gaussiana. Trasformazioni proiettive. Punti cardinali di un sistema ottico. Equazione di Abbe. La matrice dei parametri gaussiani.</p> <p>Diaframmi pupille ed aperture. Tracciamento dei raggi. Aberrazione cromatica e monocromatica, approssimazione parassiale estesa, aberrazioni primarie.</p> <p>Elementi di teoria della coerenza, elementi di interferometria e applicazioni. Interferenza per divisione di ampiezza.</p> <p>Interferenza per divisione di fronte d'onda. Cenno ai raggi complessi.</p> <p>Applicazione di tecniche di ottica geometrica al progetto di antenne a singolo e doppio riflettore.</p> <p>Elementi di teoria della diffrazione. Teorema di Kirchoff. Approssimazione di Kirchoff. Integrale di Huygens-Fresnel. Diffrazione di Fraunhofer. Diffrazione di Fresnel. Studio approssimato della diffrazione da un semipiano e da un'apertura. Effetto della diffrazione nello studio dell'interferenza. Metodo della fase stazionaria. Metodo di integrazione basato sul cammino a massima pendenza. Integrali di Fresnel e di Fresnel modificati.</p> <p>Soluzione esatta del problema del semipiano e descrizione dei principi della Teoria Geometrica della Diffrazione.</p> <p>Richiami di analisi di circuiti a microonde. Matrici di impedenza e di ammettenza, matrice di scattering.</p> <p>Studio di linee multiconduttore. Trasformazioni conformi. Trasformazione di Swartz-Christoffel. Analisi della stripline e determinazione dei parametri secondari con la trasformazione di Swartz Christoffel.</p> <p>Analisi di una coppia di microstriscie e determinazione dei parametri secondari con la trasformazione di Swartz-Christoffel. Metodo dell'equazione integrale. Metodo dei momenti.</p> <p>Analisi di una microstriscia in presenza di dielettrico. Metodo dei potenziali.</p>	
<b>Codice:</b> 30027	<b>Semestre:</b> secondo
<b>Prerequisiti:</b> conoscenze di base di antenne e propagazione elettromagnetica	
<b>Metodo didattico:</b> Lezioni, esercitazioni	
<b>Materiale didattico:</b> Appunti del corso, libri di testo	

**Modalità d'esame:**

<b>L'esame si articola in prova:</b>	<b>Scritta e orale</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Solo scritta</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Solo orale</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>In caso di prova scritta i quesiti sono:</b> (è possibile inserire più opzioni)	<b>A risposta multipla</b>	<input type="checkbox"/>	<b>A risposta libera</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Esercizi numerici</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Altro</b> (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)						

<b>Insegnamento:</b> Microelettronica						
<b>CFU:</b> 9		<b>SSD:</b> ING-INF/01				
<b>Ore di lezione:</b> 63		<b>Ore di esercitazione:</b> 9				
<b>Anno di corso:</b> I						
<p><b>Obiettivi formativi:</b> Il Corso è rivolto allo studio di elementi di fisica dei semiconduttori, e del funzionamento e della progettazione dei principali dispositivi elettronici a semiconduttore (diodo, transistore bipolare, struttura MOS, transistore MOS, tecnologie bipolari avanzate). Obiettivo del corso è quello di fornire agli studenti le nozioni e competenze necessarie alla comprensione dei meccanismi fisici e delle problematiche progettuali dei dispositivi per circuiti discreti e integrati.</p>						
<p><b>Contenuti:</b> Vengono innanzitutto illustrati i modelli a legame covalente e a bande di energia nei semiconduttori; poi vengono spiegati i meccanismi di trasporto (trascinamento e diffusione) nonché di generazione e ricombinazione, il che culmina con l'introduzione delle equazioni di continuità. Viene successivamente introdotta la giunzione P-N in condizioni di equilibrio termodinamico, polarizzazione diretta e contropolarizzazione. Segue lo studio dei transistori bipolari, delle strutture MOS e dei transistori MOSFET. Infine sono introdotti i transistori per applicazioni a RF. Sono descritte le principali problematiche relative al progetto di questi dispositivi. Durante il corso si illustrano anche i modelli adoperati dal programma di simulazione circuitale SPICE.</p>						
<b>Codice:</b> 08350		<b>Semestre:</b> secondo				
<b>Prerequisiti:</b> Conoscenza di fisica e chimica di base.						
<b>Metodo didattico:</b> Lezioni alla lavagna supportate dalla proiezione di diapositive.						
<b>Materiale didattico:</b> Diapositive del corso messe a disposizione degli studenti; testi di riferimento.						
<b>Modalità d'esame:</b>						
<b>L'esame si articola in prova:</b>	<b>Scritta e orale</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Solo scritta</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Solo orale</b>	<input type="checkbox"/>
<b>In caso di prova scritta i quesiti sono:</b> (è possibile inserire più opzioni)	<b>A risposta multipla</b>	<input type="checkbox"/>	<b>A risposta libera</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Esercizi numerici</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Altro</b> (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)						

<b>Insegnamento:</b> Misure a microonde ed onde millimetriche	
<b>CFU:</b> 9	<b>SSD:</b> ING-INF/02
<b>Ore di lezione:</b> 29	<b>Ore di esercitazione:</b> 43
<b>Anno di corso:</b> I	
<p><b>Obiettivi formativi:</b> Il corso si propone due obiettivi principali. Il primo ha lo scopo di descrivere le principali tecniche di misura ed il principio di funzionamento degli strumenti più comunemente impiegati alle microonde e alle onde millimetriche. Il secondo di addestrare lo studente all'utilizzo dei più comuni strumenti di misura alle microonde ed onde millimetriche, grazie ad esperienze di laboratorio guidate.</p>	
<p><b>Contenuti:</b> Introduzione ai dispositivi ad N porte lineari e alla loro descrizione elettromagnetica mediante matrice dell e impedenze, matrice delle ammettenze, matrice di diffusione e matrice di trasmissione. Dispositivi reciproci, simmetrici, senza perdite e completamente adattati. Proprietà. Teoria dei grafi per la descrizione dei circuiti a microonde ed onde millimetriche e regole elementari per la loro manipolazione. La regola di Mason per la soluzione rapida e generale di un grafo complesso.</p> <p>Richiami sull'adattamento di strutture guidanti e sull'utilizzo per la loro soluzione della carta di Smith: adattamento a <math>\square/4</math>, a singolo, doppio e triplo stub. Esercitazioni di laboratorio.</p> <p>Adattamento a parametri concentrati e realizzazione di elementi concentrati in strutture stampate operanti alle iperfrequenze. Strutture riflettometriche basate su accoppiatori direzionali o bridge per la caratterizzazione sperimentale a banda larga dei parametri in riflessione. Introduzione alla loro calibrazione.</p> <p>Strutture operanti in trasmissione per la caratterizzazione sperimentale a banda larga dei parametri in trasmissione. Introduzione alla loro calibrazione. Generatori di segnale: principi di funzionamento e loro utilizzo. Misure di potenza e power meter.</p> <p>Analizzatore di reti scalare (SNA) ed analizzatore di reti vettoriale (VNA): principio di funzionamento ed architetture più comuni (accoppiatori/bridge). Le calibrazioni più comuni di un SNA/VNA: calibrazione OSM/OSL, calibrazione 12 termini e calibrazione TSD; calibrazioni TRL, TRM, TRA e LRL, LRM, LRA.</p> <p>Progettazione dei carichi di calibrazione in coassiale. Spettroscopia a banda larga alle microonde ed onde millimetriche.</p> <p>Analizzatore di spettro: principio di funzionamento ed architetture più comuni. Utilizzo di un analizzatore di spettro. Misure nel dominio del tempo.</p> <p>Misure d'antenna e Camera Anecoica Elettromagnetica.</p>	
<b>Codice:</b> 30028	<b>Semestre:</b> secondo
<b>Prerequisiti:</b> Conoscenze base di campi elettromagnetici.	
<b>Metodo didattico:</b> Lezioni, esercizi ed esperienze numeriche e sperimentali.	
<b>Materiale didattico:</b> pubblicazioni.	



**Modalità d'esame:**

<b>L'esame si articola in prova:</b>	<b>Scritta e orale</b> <input type="checkbox"/>	<b>Solo scritta</b> <input type="checkbox"/>	<b>Solo orale</b> <input checked="" type="checkbox"/>
<b>In caso di prova scritta i quesiti sono:</b> (è possibile inserire più opzioni)	<b>A risposta multipla</b> <input type="checkbox"/>	<b>A risposta libera</b> <input type="checkbox"/>	<b>Esercizi numerici</b> <input type="checkbox"/>
<b>Altro</b> (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)	Discussione delle relazioni delle esperienze di laboratorio consegnate alla fine del corso. Prova in laboratorio, durante la quale si chiederà al candidato di replicare alcune esperienze di laboratorio.		

<b>Insegnamento:</b> Misure Elettroniche	
<b>CFU:</b> 9	<b>SSD:</b> ING-INF/07
<b>Ore di lezione:</b> 45	<b>Ore di esercitazione:</b> 27
<b>Anno di corso:</b> I	
<p><b>Obiettivi formativi:</b> Il corso ha lo scopo di introdurre alla tecnica delle misure elettroniche attraverso un approccio sperimentale. I principali obiettivi formativi sono la conoscenza di alcuni concetti generali quali: misurazione, misura e incertezza di misura; la conoscenza della strumentazione digitale. Verranno quindi considerati i principali metodi di misura di grandezze elettriche ed elettroniche e dei campi elettromagnetici a bassa frequenza.</p>	

## **Contenuti:**

### **1. METROLOGIA**

1.1. Metrologia generale: Richiami di incertezza; Procedura di taratura; relazione di prova; norme tecniche; caratteristiche metrologiche statiche della strumentazione: diagramma e curva di taratura, risoluzione, sensibilità, linearità, ripetibilità, riproducibilità, stabilità, isteresi, riferibilità; organizzazione della metrologia nazionale e internazionale: catene metrologiche, Dipartimento di Taratura e laboratori di taratura accreditati (LAT) di Accredia.

1.2 Metrologia della strumentazione numerica: Caratterizzazione metrologica statica e dinamica della strumentazione numerica a norma IEEE 1057 e dei convertitori analogico-digitali a norma IEEE 1241: segnali campioni a rampa e sinusoidali, scelta della frequenza di campionamento, LSB, elaborazione delle soglie, errori di guadagno ed offset, non-linearità differenziale (DNL) e integrale (INL), DNL e codici mancanti, INL e errore di non-monotonicità, definizione e misura del numero di bit effettivi (ENOB), algoritmo di sine-fitting a 3 parametri; rapporto segnale-rumore (SNR) e definizioni di SINAD, SNR (SNHR), SFDR, THD. Esercitazioni: Determinazione dell'incertezza di una misura; Procedura di taratura di un voltmetro analogico a norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025. Caratterizzazione ADC a norma IEEE 1057 di STM32F3 Discovery: algoritmo di sine fitting a 3 parametri, ENOB, test dell'istogramma, valutazione dell'errore di offset, di guadagno, INL e DNL.

### **2. TECNICHE STATISTICHE DI ELABORAZIONE DEI RISULTATI DI MISURA**

Richiami di statistica: parametri di tendenza centrale e di dispersione, modelli statistici (normale, chi-quadro, Fischer), medie e varianza campionaria, distribuzioni campionarie, test statistici, rischi alfa e beta, istogramma, test del chi-quadro; analisi di regressione: modello lineare, metodo dei minimi quadrati, scomposizione della devianza, gradi di libertà, one-way ANOVA, rapporto di varianza, test di Fischer per la significatività della regressione.

Esercitazioni: Esempio di elaborazione dei risultati della taratura con foglio elettronico: verifica di gaussianità e di linearità.

### **3. STRUMENTAZIONE DI MISURA**

3.1 Concetti generali: Inserimento della strumentazione elettronica nei circuiti di misura: massa e terra, segnali bilanciati e sbilanciati, CMRR, NMRR. Architettura di uno strumento numerico, errore di quantizzazione. Convertitori A/N: classificazione, a doppia rampa, tensione-frequenza, sigma-delta, SAR, flash parallelo, serie-parallelo, e pipeline.

3.2 Strumenti nel dominio del tempo: Oscilloscopio numerico: architettura, sezione verticale: condizionamento (volt/div), accoppiamento (couple), posizione (pos); sezione orizzontale: scala (sec/div), posizione (pos); sezione di sincronizzazione (trigger): livello (Trigger Level), sorgente (Trigger Source), accoppiamento (Trigger Coupling), pendenza (trigger Slope), analisi del circuito di trigger; tecniche di campionamento in tempo reale e in tempo equivalente, analisi delle specifiche.

3.3 Strumenti nel dominio delle ampiezze: Multimetro numerico: architettura, misurazione di tensioni continue ed alternate, di resistenze e correnti, analisi delle specifiche (esempio Tektronix CDM 250). Impedenziometro numerico: schema Genrad, analisi delle sorgenti di incertezza.

3.4 Strumenti nel dominio della frequenza: Analizzatori di forme d'onda: analisi spettrale e campi di impiego; spettrometro numerico basato su trasformata di Fourier: architettura, richiami analisi di Fourier, cenni DFT e FFT, risoluzione in frequenza. Potenza di rumore e Rapporto Segnale/Rumore (SNR). Errori legati al campionamento: (i) insufficiente frequenza di campionamento, aliasing nel dominio del tempo e "frequency folding" nel dominio della frequenza, teorema di Shannon; (i) campionamento incoerente, errore di troncamento nel dominio del tempo e dispersione spettrale nel dominio della frequenza, finestatura, considerazioni sulla scelta della finestra, misure di frequenza e potenza.

Esercitazioni: Misura su segnale (sinusoidale) in presenza di dispersione spettrale e uso delle finestre.

### **4. MISURE SUI COMPONENTI**

4.1 Misure di resistenza. Generalità, misura di resistenze di basso valore con metodo della caduta di potenziale; misura di resistenza di valore medio con ponte di Wheatstone, valutazione dell'incertezza; misura di resistenza di elevato valore. Problema delle resistenze di contatto e delle conduttanze di dispersione nella misura di resistenza dei componenti, configurazione dei resistori a 3, 4 e 5 morsetti.

4.2 Misure di capacità. Generalità, misura di capacità con il metodo volt- amperometrico, con metodo della caduta di potenziale, metodo di ponte, modello del condensatore reale, misura del fattore di perdita con metodo dei tre voltmetri. Problema delle ammettenze parassite: condensatori a 3 morsetti. Tecniche di schermatura e messa a terra.

4.3 Misure di induttanza. Generalità, modello dell'induttore reale, perdite nel rame, perdite nel ferro per correnti parassite e per isteresi magnetica, separazione delle perdite, misura della cifra di perdita di un provino ferromagnetico, criteri di progetto, metodo wattmetrico.

Esercitazioni: Ponte di Wheatstone, Misura tg(delta) con metodo dei 3 voltmetri, Misura della cifra di perdita di un provino ferromagnetico con metodo wattmetrico.

**Codice:** 08408

**Semestre:** primo

**Prerequisiti:** Fondamenti della Misurazione.

**Metodo didattico:** lezioni, seminari, esercitazioni di laboratorio.

**Materiale didattico:** Dispense dal Corso disponibili sul sito docente.

D. C. Montgomery, J. C. Runger, Applied Statistics and Probability for Engineers, John Wiley and Sons.

U. Pisani, Misure Elettroniche: Strumentazione Elettronica di Misura, Politeko Edizioni.

C. Offelli, D. Petri, Lezioni di Strumentazione Elettronica, Città Studi Edizioni, Milano.

Doebelin, Sistemi di Misura, Mc Graw Hill.

G. Zingales, "Misure Elettriche", UTET.

G. E. Guadagni, "Programmare? Impariamo con il LabVIEW", Sandit Editore.

**Modalità d'esame:**

<b>L'esame si articola in prova:</b>	<b>Scritta e orale</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Solo scritta</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Solo orale</b>	<input type="checkbox"/>
<b>In caso di prova scritta i quesiti sono:</b> (è possibile inserire più opzioni)	<b>A risposta multipla</b>	<input type="checkbox"/>	<b>A risposta libera</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Esercizi numerici</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Altro</b> (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)	Viene richiesto allo studente di eseguire una delle esercitazioni del corso in differenti condizioni di misura.					

<b>Insegnamento:</b> Misure per la Compatibilità Elettromagnetica					
<b>CFU:</b> 9		<b>SSD:</b> ING-INF/07			
<b>Ore di lezione:</b> 44		<b>Ore di esercitazione:</b> 28			
<b>Anno di corso:</b> I					
<p><b>Obiettivi formativi:</b> Il Corso si propone di fornire allo studente la conoscenza delle metodologie per lo studio teorico e sperimentale dei fenomeni di compatibilità elettromagnetica. Costituiranno parte integrante dell'insegnamento lo studio dei principi di funzionamento della strumentazione, delle configurazioni di prova e delle norme tecniche impiegate nel settore. Le conoscenze teoriche acquisite durante l'attività d'aula saranno poi approfondite mediante lo sviluppo di un progetto sperimentale finalizzato alla verifica della compatibilità di dispositivi elettrici ed elettronici.</p>					
<p><b>Contenuti:</b> Principi base della Compatibilità Elettromagnetica: sorgenti e vittime dei fenomeni di compatibilità, fenomeni radiati e condotti, immunità ed emissione. Il decibel e il suo impiego nella compatibilità elettromagnetica. Strumentazione di misura: ricevitore di interferenza e rivelatore di picco, quasi-picco, media; rete per la stabilizzazione dell'impedenza di linea (LISN); reti di accoppiamento e disaccoppiamento (CDN); sonde di corrente e di tensione. Modello a due fili per l'emissione di disturbi radiati: disturbi di modo differenziale e modo comune. Ambienti per la verifica della compatibilità elettromagnetica: open area test site, camera schermata, camera semianecoica e norme per la verifica delle prestazioni (EN 55016-1-4). Configurazione di prova e modalità esecutive per la verifica dell'immunità e emissione, radiata e condotta: EN 55022, EN 61000-4-3, EN 61000-4-6. La normativa di esposizione ai campi elettromagnetici ambientali: D.Lgs. 8/7/2003 e D.Lgs. 81/08; norme per la misura dell'esposizione della popolazione e dei lavoratori. Sonde e antenne per la misurazione di campi elettromagnetici ambientali. Esecuzione di prove di conformità presso il laboratorio di Compatibilità elettromagnetica; esecuzione di misurazioni di campo elettromagnetico ambientale.</p>					
<b>Codice:</b>		<b>Semestre:</b> secondo			
<b>Prerequisiti:</b> Misure Elettroniche.					
<b>Metodo didattico:</b> Lezioni in aula ed attività sperimentale in laboratorio.					
<b>Materiale didattico:</b> Appunti dalle lezioni, libri di testo					
<b>Modalità d'esame:</b>					
<b>L'esame si articola in prova:</b>		Scritta e orale	<input type="checkbox"/>	Solo scritta	<input type="checkbox"/>
				Solo orale	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)</b>		A risposta multipla	<input type="checkbox"/>	A risposta libera	<input type="checkbox"/>
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)		Discussione del progetto di laboratorio			

<b>Insegnamento:</b> Misure su Sistemi Wireless					
<b>CFU:</b> 9		<b>SSD:</b> ING-INF/07			
<b>Ore di lezione:</b> 36		<b>Ore di esercitazione:</b> 36			
<b>Anno di corso:</b> I					
<p><b>Obiettivi formativi:</b> Fornire all'allievo conoscenze specialistiche, in termini di metodologie, normativa nazionale ed internazionale e strumentazione di misura, finalizzate alla verifica della funzionalità e delle prestazioni di un sistema di comunicazione digitale wireless. Consentire all'allievo di acquisire competenze approfondite sulle caratteristiche tecniche e sull'uso del linguaggio grafico LabView, al fine di conferire autonomia nell'allestimento di stazioni automatiche di misura. Mettere in grado l'allievo di analizzare e misurare sperimentalmente le prestazioni dei più comuni sistemi di comunicazione digitale wireless impiegati nelle moderne reti di sensori e, più in generale, in ambito IoT – Internet of Things e IIoT – Industrial Internet of Things.</p>					
<p><b>Contenuti:</b> Misurazioni di interesse a livello fisico sui sistemi di comunicazione digitale wireless: dominio del tempo, della frequenza e della modulazione. Analisi spettrale analogica: importanza e scenari applicativi; architettura, principio di funzionamento, modalità di impiego e caratteristiche metrologiche della strumentazione più diffusa sul mercato. Analisi spettrale numerica: importanza e scenari applicativi; architettura, principio di funzionamento, modalità di impiego e caratteristiche metrologiche della strumentazione più diffusa sul mercato.</p> <p>Implementazione di macchine a stati fini in LabView. Modello di Mealy. Modello di Moore. Implementazione Labview di pattern di programmazione producer – consumer per acquisizioni dati ad elevate prestazioni. Programmazione Event Driven. Tecniche di gestione data loseless con notifiers e code. Uso di semafori per la sincronizzazione dei dati.</p> <p>Protocolli di rete per la realizzazione di applicazioni di misura IoT. Realizzazione di stazioni di misura automatiche per l'analisi delle funzionalità e delle prestazioni dei protocolli di rete IoT. Analisi dei risultati ottenuti al variare delle condizioni operative.</p>					
<b>Codice:</b> 34420		<b>Semestre:</b> secondo			
<b>Prerequisiti:</b> Conoscenze di metrologia generale e di elementi di trasmissione numerica					
<b>Metodo didattico:</b> lezioni, seminari, esercitazioni di laboratorio					
<b>Materiale didattico:</b> dispense del corso, presentazioni del corso, libri di testo, norme internazionali, manuali di strumenti, manuali LabView					
<b>Modalità d'esame:</b>					
<b>L'esame si articola in prova:</b>		<b>Scritta e orale</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Solo scritta</b>	<input type="checkbox"/>
				<b>Solo orale</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>In caso di prova scritta i quesiti sono:</b> (è possibile inserire più opzioni)		<b>A risposta multipla</b>	<input type="checkbox"/>	<b>A risposta libera</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Altro</b> (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)		prova di laboratorio			

<b>Insegnamento:</b> Modelli Numerici per i Campi	
<b>CFU:</b> 9	<b>SSD:</b> ING-IND/31
<b>Ore di lezione:</b> 50	<b>Ore di esercitazione:</b> 22
<b>Anno di corso:</b> I	
<p><b>Obiettivi formativi:</b> L'impiego dei mezzi di calcolo è ormai una realtà imprescindibile nella pratica professionale dell'ingegnere. Il corso ha l'obiettivo di illustrare agli allievi gli aspetti fondamentali della modellistica numerica d'interesse per un ingegnere elettrico e dell'Informazione, fornendo gli strumenti di base per la risoluzione con il calcolatore di problemi di campo. L'approccio seguito si propone di mediare tra il rigore richiesto da una corretta impostazione matematica e la necessità di condurre gli allievi a risolvere problemi applicativi più direttamente legati alla loro preparazione specifica.</p> <p>Al termine del corso gli allievi saranno in possesso degli strumenti utili per la risoluzione di un problema di campo al calcolatore e di valutare criticamente le caratteristiche attese di una soluzione numerica di un problema di campo, quale anche quella ottenibile direttamente con codici commerciali. Il linguaggio di programmazione MATLAB® è utilizzato nel laboratorio numerico.</p>	
<p><b>Contenuti:</b> 1. Generalità sui modelli descritti da equazioni alle derivate parziali. Classificazione. Formulazioni integrali. Il caso dell'elettrostatica. 2. Metodo delle Differenze Finite. Equazione di Poisson. Consistenza, stabilità e convergenza. Analisi spettrale. 3. Metodo degli elementi finiti. Formulazioni del problema di campo: forma forte e forma debole; Formulazioni variazionali. Interpolazione polinomiale ed errore di interpolazione. Il metodo di Galerkin. Convergenza. 4. Integrazione numerica. 5. Risoluzione di sistemi di equazioni algebriche. Metodi diretti. Condizionamento e stabilità numerica. Soluzione ai minimi quadrati. Soluzione mediante decomposizione in valori singolari. Matrice pseudoinversa. Problemi di ottimizzazione vincolata: moltiplicatori di Lagrange. Regolarizzazione di Tihonov. Metodi iterativi. Convergenza e Velocità di convergenza. 6. Sistemi di equazioni algebriche non lineari. Iterazione del punto fisso. Metodo di Newton Raphson. Convergenza, stima dell'errore, velocità di convergenza. 7. Sistemi di equazioni differenziali del primo ordine a derivate ordinarie. Il metodo di Eulero. Errore di discretizzazione locale. Consistenza del metodo. Studio della convergenza. Errore globale e stabilità numerica. Il metodo di Eulero implicito. Il metodo theta. 8. Soluzione numerica delle Equazioni di Maxwell: il limite quasi stazionario. L'equazione della diffusione del campo magnetico. Soluzione con il metodo delle differenze finite. Il metodo di Eulero esplicito, implicito e theta. Stabilità. Formulazioni agli elementi finiti nel limite quasi-stazionario. Cenni sugli edge elements. Equazioni delle onde. Formula di D'Alembert. Integrazione esplicita. Analisi di stabilità. Condizione di Courant-Friedrichs-Lewy. Il problema della dispersione numerica.</p>	
<b>Codice:</b> 30025	<b>Semestre:</b> primo
<b>Prerequisiti:</b> nessuno.	
<b>Metodo didattico:</b> Lezioni ed esercitazioni.	

**Materiale didattico:**

F. Trevisan, F. Villone, Modelli numerici per campi e circuiti, SGE Padova.

G. Miano, Modelli Numerici per i Campi, dispense disponibili in formato pdf sul sito docente.

V. Comincioli. Analisi numerica: Metodi Modelli Applicazioni. Nuova edizione, in formato e-book, Apogeo, Feltrinelli Milano, 2005

A. Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri, P. Gervasio, Matematica Numerica, 4a edizione Springer 2014.

A. Quarteroni, Modellistica Numerica per Problemi Differenziali, 6a edizione Springer 2016

**Modalità d'esame:**

<b>L'esame si articola in prova:</b>	<b>Scritta e orale</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Solo scritta</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Solo orale</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
--------------------------------------	------------------------	--------------------------	---------------------	--------------------------	-------------------	-------------------------------------

<b>In caso di prova scritta i quesiti sono:</b> (è possibile inserire più opzioni)	<b>A risposta multipla</b>	<input type="checkbox"/>	<b>A risposta libera</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Esercizi numerici</b>	<input type="checkbox"/>
--	----------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

<b>Altro</b> (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)	presentazione di un problema risolto dallo studente					
--	---	--	--	--	--	--



<b>Course:</b> Power Devices and Circuits							
<b>CFU/ECTS:</b> 9			<b>SSD:</b> ING-INF/01				
<b>Lecture (hours):</b> 51			<b>Lab (hours):</b> 21				
<b>Year:</b> II							
<p><b>Objectives:</b> Study of the most important circuits for power conversion and study of the power semiconductor devices exploited in power conversion applications  Analysis and design of high efficiency power conversion circuits. Understanding and determination of the ratings and operating limits for the power circuits and power semiconductor devices  Performance calculation and verification. Application fields for the circuits and the devices.</p>							
<p><b>Contents:</b> Class A, B, and C power amplifier circuits. Power conversion. Power efficiency. Static and dynamic power dissipation. Circuits for power conversion: DC/DC converters, Buck, Boost, Bridge. Inverters DC/AC. AC/AC converters. Isolated converters: flyback and forward. Driving circuits. Device ratings. Device thermal impedance and thermal resistance. Safe Operating Area. Power semiconductor devices. Rectifiers: PiN diode and Schottky diode. Controlled rectifiers: SCR, GTO. Bipolar controller devices: BJT. Voltage controller devices: MOS and IGBT. Current and voltage limitations. Superjunction devices. Transient behavior for power semiconductor devices. Integrated power devices. Wide bandgap materials. GaN power devices.</p>							
<b>Code:</b> 30385			<b>Semester:</b> first				
<b>Prerequisites:</b> Semiconductor devices physics. Characteristics of the MOS, the BJT and the diode.							
<b>Teaching method:</b> Lectures. Lab exercises.							
<b>Learning Resources:</b> Slides from the lectures. Youtube channel for the Power Devices and Circuits lectures.							
<b>Examination:</b>							
<b>The examination is:</b>		both oral and written	<input type="checkbox"/>	Written	<input type="checkbox"/>	Oral	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>The written test has:</b>		Multiple choice	<input type="checkbox"/>	Freehand response	<input type="checkbox"/>	Numerical exercise	<input type="checkbox"/>
<b>Other</b> (ex: lab/project report ...)		Project report					

<b>Corso:</b> Progetti di Sistemi di Telerilevamento	
<b>CFU:</b> 9	<b>SSD:</b> ING-INF/02
<b>Ore di lezione:</b> 48	<b>Ore di esercitazione:</b> 24
<b>Anno di corso:</b> I / II	
<p><b>Obiettivi formativi:</b> Esporre le tecniche da adottarsi per definire le specifiche e progettare un sistema di telerilevamento in grado di soddisfare requisiti assegnati dagli utenti. Presentare le logiche di progettazione dei sensori di telerilevamento ambientale attualmente disponibili o di prossima operatività. Descrivere le principali applicazioni dei dati telerilevati. Abilitare lo studente all'uso dei dati telerilevati effettivamente forniti dalle Agenzie Spaziali: questo obiettivo formativo è raggiunto attraverso l'impiego di dati, programmi di calcolo e strumenti di elaborazione messi a disposizione dalle Agenzie Spaziali stesse.</p>	
<p><b>Contenuti:</b> Telerilevamento. Superfici naturali: modelli geometrici ed elettromagnetici di superfici aleatorie, approssimazione di Kirchhoff, soluzioni di Ottica Fisica e Ottica Geometrica. Aree vegetate: modelli per strutture stratificate, teoria del trasferimento radiativo. Zone oceaniche: metodo delle piccole perturbazioni. Aree urbane: modelli per la diffusione e diffrazione elettromagnetica da diedri e triedri, Teoria Geometrica della diffrazione. Atmosfera. Simulazione al calcolatore di campi elettromagnetici diffusi.</p> <p>Dai requisiti utenti alle specifiche di sistema. Sensori passivi e attivi. Radiometri. Sensori Ottici. Altimetri. Scatterometri. Radar ad Apertura Sintetica: elaborazioni spazio-varianti dei dati SAR, configurazioni Spotlight e Scansar, Topsar. Riflettometria GNSS. Simulazione al calcolatore di dati telerilevati.</p> <p>Dalle specifiche di sistema alle scelte progettuali. Principali caratteristiche progettuali di alcuni sistemi di Telerilevamento esistenti e di prossima realizzazione delle agenzie spaziali: ASI, ESA, NASA. Elaborazione dei dati telerilevati. Si adopera il laboratorio virtuale messo a disposizione specificatamente per questo corso dall'Agenzia Spaziale Europea (ESA) che consiste in elaboratori virtuali ad altissima capacità e velocità, software ESA della categoria SNAP, dati dall'Open Hub di ESA. Gli studenti potranno operare sui propri PC in relazione a ognuna delle attività sopra descritte. L'elaborazione dei dati può condurre ad una relazione che può essere oggetto di discussione all'esame.</p>	
<b>Codice:</b> 17083	<b>Semestre:</b> secondo
<b>Prerequisiti:</b> Conoscenze di base di campi elettromagnetici e di teoria dei segnali	
<b>Metodo didattico:</b> Lezioni, esercitazioni al calcolatore, seminari applicativi	
<b>Materiale didattico:</b> Appunti del corso, capitoli di libri	

**Modalità d'esame:**

<b>L'esame si articola in prova:</b>	<b>Scritta e orale</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Solo scritta</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Solo orale</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>In caso di prova scritta i quesiti sono:</b> (è possibile inserire più opzioni)	<b>A risposta multipla</b>	<input type="checkbox"/>	<b>A risposta libera</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Esercizi numerici</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Altro</b> (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)	L'elaborazione dei dati effettuata durante il corso può condurre ad una relazione che può essere oggetto di discussione all'esame.					

<b>Course:</b> Real and Functional Analysis							
<b>CFU/ECTS:</b> 9			<b>SSD:</b> MAT/05				
<b>Lecture (hours):</b> 72			<b>Lab (hours):</b> 0				
<b>Year:</b> I							
<b>Objectives:</b> The course aims to provide basic knowledge of Functional Analysis required to formulate mathematical models of engineering and scientific problems.							
<b>Contents:</b> Topological spaces. Metric spaces. Completeness. Compactness. Complete metric spaces: Banach spaces, Hilbert spaces. Orthonormal basis and Fourier series in Hilbert spaces. Linear and continuous operators between normed spaces. Compact operators. Adjoint operators. Spectral decomposition of self-adjoint operators. Spectrum of Laplace operator. Weak topologies. Reflexive spaces. Separable spaces. $L^p$ spaces. Sobolev spaces and variational formulation of boundary value problems for partial differential equations. Introduction to Galerkin methods and finite elements methods in a model case.							
<b>Code:</b>			<b>Semester:</b> first				
<b>Prerequisites:</b> Mathematical Analysis at undergraduate level.							
<b>Teaching method:</b> Lectures.							
<b>Learning Resources:</b> Textbook, Lecture notes.							
<b>Examination:</b>							
<b>The examination is:</b>		<b>both oral and written</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Written</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Oral</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>The written test has:</b>		<b>Multiple choice</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Freehand response</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Numerical exercise</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Other</b> (ex: lab/project report ...)							

<b>Insegnamento:</b> Reti elettriche complesse e simulazione circuitale							
<b>CFU:</b> 9		<b>SSD:</b> ING-IND-31					
<b>Ore di lezione:</b> 43		<b>Ore di esercitazione:</b> 29					
<b>Anno di corso:</b> I							
<b>Obiettivi formativi:</b> Arricchire il bagaglio di strumenti e metodologie di analisi dei circuiti, illustrare gli aspetti di base della teoria dei circuiti non lineari, sviluppare la capacità di analisi qualitativa e numerica dei circuiti, introdurre le principali fenomenologie non lineari							
<p><b>Contenuti:</b> Una rivisitazione del modello circuitale, elementi circuitali e proprietà, soluzione analitica e numerica. Teoria dei grafi, matrici topologiche e relazioni, formulazione delle equazioni circuitali. Circuiti non lineari ed analisi qualitativa, equazioni di stato e circuito resistivo associato, unicità nel futuro della soluzione. Stabilità delle soluzioni e comportamento asintotico della dinamica dei circuiti. Biforcazioni e Caos nei circuiti, sincronizzazione di circuiti caotici. Algoritmi per la soluzione numerica delle equazioni circuitali: soluzione numerica di circuiti a-dinamici (lineari e non lineari) e di circuiti dinamici non lineari. Classificazione e valutazione dell'errore numerico e delle proprietà degli algoritmi.</p> <p>Fondamenti della sintesi circuitale, macro-modeling di circuiti distribuiti ed interconnessioni elettriche, identificazione circuitale e riduzione d'ordine di strutture elettromagnetiche distribuite. Laboratorio numerico con analisi SPICE e MATLAB di circuiti a dinamica complessa, identificazione di modelli ridotti, ottimizzazione nel design circuitale. Laboratorio di circuiti su circuiti a dinamica complessa, sincronizzazione e controllo.</p>							
<b>Codice:</b> 30032		<b>Semestre:</b> secondo					
<b>Prerequisiti:</b> Conoscenze di base di elettrotecnica e di elettronica generale							
<b>Metodo didattico:</b> lezioni, esercitazioni							
<b>Materiale didattico:</b>							
M. Hasler, J. Neirynek, Non Linear Circuits, Artech House.							
L.O. Chua, C.A. Desoer, E.S. Kuh, Circuiti Lineari e Non Lineari, Jackson 1991.							
L.O. Chua, P.M. Lin, Computer aided analysis of electronic circuits, Prentice Hall, 1975,							
A. Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri, Matematica Numerica Springer 2008, ISBN# 978-88-470-0782-2.							
A. Vladimirescu, Spice, Mc Graw-Hill, 1995.							
Dispense ufficiali del corso, slides ed altro materiale							
<b>Modalità d'esame:</b>							
<b>L'esame si articola in prova:</b>		<b>Scritta e orale</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Solo scritta</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Solo orale</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>In caso di prova scritta i quesiti sono:</b> (è possibile inserire più opzioni)		<b>A risposta multipla</b>	<input type="checkbox"/>	<b>A risposta libera</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Esercizi numerici</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Altro</b> (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)		Discussione di un elaborato sviluppato durante il corso					

<b>Insegnamento:</b> Scienza e Tecnologia delle onde TeraHertz	
<b>CFU:</b> 9	<b>SSD:</b> Fis/01
<b>Ore di lezione:</b> 48	<b>Ore di esercitazione:</b> 24
<b>Anno di corso:</b> II	
<p><b>Obiettivi formativi:</b> Il corso intende fornire allo studente competenze allo stato dell'arte sia teoriche sia sperimentali sulla fisica dello spettro THz (onde T, <math>10^{11}</math>-<math>10^{13}</math> Hz) e le tecnologie a esse associate. Il corso si divide idealmente in due parti:  Nella prima, saranno descritte le diverse tecniche per la generazione e la rivelazione delle onde T. Saranno introdotti inoltre i principali metodi di spettroscopia nel tempo ed in frequenza e cenni di metrologia applicata.  Nella seconda parte il corso si affianca a quello offerto nell'ambito dell'elettromagnetismo applicato sui principi base dei metamateriali, per cui l'attenzione sarà posta allo sviluppo di componenti ottici innovativi basati sul concetto di metamateriali (metadispositivi e metasuperfici) e alla presentazione delle numerose ricadute applicative.  E' prevista un'attività di laboratorio con la progettazione e realizzazione di semplici esperimenti nel dominio del tempo per la caratterizzazione elettromagnetica di materiali e dispositivi di interesse nella regione THz.</p>	
<p><b>Contenuti:</b> Principi base di ottica per la propagazione delle onde THz. Richiami di componenti e materiali ottici "classici".  Generazione: sorgenti termiche, oscillatori BW, sorgenti Smith-Purcell, girotroni, oscillatori parametrici, laser a gas e a cascata quantica, antenne fotoconduttive, generatori di armoniche, generazione in aria, sorgenti relativistiche. Rivelazione: dispositivi piroelettrici, bolometri semiconduttivi e superconduttivi, celle di Golay, antenne fotoconduttive, cristalli non lineari, rivelazione eterodina.  Metodi spettroscopici: spettrometria nel dominio del tempo e della frequenza, interferometria Fabry-Perot, spettroscopia eterodina, tecniche di estrazione dei parametri del materiale.  Metrologia: rumore e range dinamico, sorgenti di errore di misura, limiti di risoluzione spettrale, limiti di prestazioni dei sistemi, calibrazione, valutazione delle incertezze.  Metamateriali THz: il concetto di omogeneizzazione, strutture tridimensionali e bidimensionali, il "metaatomo" come elemento intrinsecamente risonante, metamateriali per lo sviluppo di assorbitori, filtri, polarizzatori, linee di trasmissione, metamateriali chirali, metamateriali con indice di rifrazione negativo o prossimo a zero, cenni di ottica di trasformazione.  Tecnologie innovative: componenti per fotonica, strutture plasmoniche subwavelength, nanodispositivi e nanosistemi, quantum dots, sensori. Imaging con le onde T: sicurezza, applicazioni nell'industria aerospaziale e automobilistica, controllo di qualità e industria agroalimentare, beni culturali, applicazioni biologiche e mediche, campo prossimo. Attività di laboratorio con caratterizzazione elettromagnetica di solidi, film sottili, liquidi, e dispositivi plasmonici o basati sul concetto di metamateriali.</p>	
<b>Codice:</b>	<b>Semestre:</b> primo
<b>Prerequisiti:</b>	
<b>Metodo didattico:</b> Lezioni, seminari applicativi	
<b>Materiale didattico:</b> Appunti del corso, capitoli di libri e articoli di rassegna (in inglese).	

**Modalità d'esame:**

<b>L'esame si articola in prova:</b>	<b>Scritta e orale</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Solo scritta</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Solo orale</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>In caso di prova scritta i quesiti sono:</b> (è possibile inserire più opzioni)	<b>A risposta multipla</b>	<input type="checkbox"/>	<b>A risposta libera</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Esercizi numerici</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Altro</b> (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)	Relazione tecnica sulle attività di laboratorio					

<b>Insegnamento:</b> Sensori e Trasduttori di Misura									
<b>CFU:</b> 9		<b>SSD:</b> ING-INF/07							
<b>Ore di lezione:</b> 54		<b>Ore di esercitazione:</b> 18							
<b>Anno di corso:</b> I									
<p><b>Obiettivi formativi:</b> Obiettivo del corso è di fornire la capacità di individuare le caratteristiche metrologiche sia statiche sia dinamiche necessarie al progetto e alla realizzazione di un sistema di misura basato su sensori e trasduttori di misura. Particolare attenzione viene posta sulla progettazione e realizzazione di circuiti di condizionamento del segnale capaci di migliorare le prestazioni dei sensori. Inoltre, il corso si propone di fornire le basi per la realizzazione di sistemi di misura complessi basati su sensori intelligenti per applicazioni di tipo ambientale e industriale.</p>									
<p><b>Contenuti:</b> Caratteristiche metrologiche statiche (funzione di taratura, incertezza, sensibilità, risoluzione, linearità e isteresi) e dinamiche (risposta al gradino e risposta in frequenza, tempi caratteristici e banda passante) dei sensori. Il modello del sensore: funzione di conversione, grandezze di influenza, campo di misura, campo di variabilità dell'uscita. Il funzionamento in regime stazionario e dinamico. Sensori di temperatura: termoresistenze, termistori e termocoppie. Sensori di deformazione: estensimetri metallici e a semiconduttore. Sensori di accelerazioni e vibrazioni. Sensori di pressione e microfoni. Sensori di velocità lineare e angolare. Condizionamento dei sensori: scopi e criteri di progetto. Sensori Intelligenti basati su microcontrollore. Web Sensors. Il monitoraggio su larga scala attraverso le reti distribuite di sensori. Realizzazione di una rete di sensori secondo le linee guida dello Standard IEEE 1451. Il problema della raccolta e dell'elaborazione dei dati. Esperienze pratiche di Laboratorio.</p>									
<b>Codice:</b> 16271		<b>Semestre:</b> secondo							
<b>Prerequisiti:</b> Nessuno.									
<b>Metodo didattico:</b> Lezioni, laboratorio									
<b>Materiale didattico:</b> Dispense del corso, libri di testo									
<b>Modalità d'esame:</b>									
<b>L'esame si articola in prova:</b>		<b>Scritta e orale</b>		<b>Solo scritta</b>		<b>Solo orale</b>		<b>X</b>	
<b>In caso di prova scritta i quesiti sono:</b> (è possibile inserire più opzioni)		<b>A risposta multipla</b>		<b>A risposta libera</b>		<b>Esercizi numerici</b>			
<b>Altro</b> (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)		prova di laboratorio							



<b>Course:</b> Sensors and microsystems							
<b>CFU/ECTS:</b> 9			<b>SSD:</b> ING-INF/01				
<b>Lecture (hours):</b> 65			<b>Lab (hours):</b> 7				
<b>Year:</b> II							
<p><b>Objectives:</b> The optical and electronic microsystems are undergoing a huge development in terms of functionality and volume reduction. Nowadays the electronic engineer is called to integrate his preparation with the knowledge that allows to realize electronic and optical microsystems for sensorial applications in various fields: physical, chemical and biological. Modern sensor systems (physical, chemical and/or biological) require the study of concepts related to microfluidics, to functionalization by chemical/biological reactions of electrically or optically sensitive surfaces. Of utmost importance, moreover, is system integration on a single semiconductor chip, for the realization of Lab-on-chip or Lab-on-fibres. Obviously the ‘sensor’ must be interfaced with an electronic device for data transmission and/or storage; therefore, topics will be discussed concerning the analysis and the study of circuit solutions for the realization of front-end circuits and signal conditioning. In addition, the sensor systems are usually composed of many sensitive elements, so a part of the program will be dedicated to sensor arrays and data fusion. Elements of Photonic Crystals and Plasmonics will be topics of discussion for the understanding of modern sensory approaches.</p>							
<p><b>Contents:</b> Basic of electronic and optoelectronic sensors, Lab on Chip and Lab on Fiber, Microbench (chemical and biological sensors), Microfluidics, Optical Sensing, Photonic crystals and Plasmonics, Biological and Chemical functionalization of surfaces, Front-end electronics for signal conditioning and manipulation, Sensor arrays and data-fusion</p>							
<b>Code:</b>			<b>Semester:</b> first				
<p><b>Prerequisites:</b> basic knowledge of electromagnetic fields and optic, solid-state physics, semiconductor devices, analogic and digital electronics.</p>							
<p><b>Teaching method:</b> Lectures. Numerical Exercises.</p>							
<p><b>Learning Resources:</b> Slides from the lectures, textbook.</p>							
<b>Examination:</b>							
<b>The examination is:</b>		<b>both oral and written</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Written</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Oral</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>The written test has:</b>		<b>Multiple choice</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Freehand response</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Numerical exercise</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Other</b> (ex: lab/project report ...)		The students are called to present, by using a PowerPoint presentation, an original report based on a defined topic, which is assigned in advance					

<b>Insegnamento:</b> Sistemi Elettrici Industriali					
<b>CFU:</b> 9		<b>SSD:</b> ING-IND/33			
<b>Ore di lezione:</b> 52		<b>Ore di esercitazione:</b> 20			
<b>Anno di corso:</b> II					
<b>Obiettivi formativi:</b> L'insegnamento si propone di integrare la formazione degli allievi elettronici nel tradizionale settore dell'energia elettrica attraverso un'analisi generali di sistemi elettrici.					
<p><b>Contenuti:</b> Definizioni e concetti di base di sistemi ed impianti elettrici. Richiami di sistemi elettrici in c.a. monofase e trifase. Organizzazione strutturale e funzionale dei sistemi elettrici di produzione, trasporto e distribuzione dell'energia elettrica. Impianti elettrici di utenza e impianti elettrici in isola. Modalità di rappresentazione e disposizioni normative e legislative riguardanti gli impianti elettrici. Sovracorrenti. Interruzione delle correnti elettriche e interruttori. Sovratensioni e principi di coordinamento dell'isolamento. Pericolosità delle correnti elettriche in relazione al rischio di elettrocuzione e di incendio e metodi generali di protezione.</p> <p>Analisi di impianti elettrici d'utenza: tipi di trasformatori, linee di distribuzione in cavo, tipi di motori elettrici e impianti di illuminazione, apparecchi di protezione e manovra e quadri elettrici, schemi elettrici, procedure di scelta e dimensionamento.</p>					
<b>Codice:</b> 30222		<b>Semestre:</b> secondo			
<b>Prerequisiti:</b> Nessuno.					
<b>Metodo didattico:</b> Lezioni frontali, esercitazioni.					
<b>Materiale didattico:</b> appunti dalle lezioni; libri di testo					
<b>Modalità d'esame:</b>					
<b>L'esame si articola in prova:</b>	<b>Scritta e orale</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Solo scritta</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Solo orale</b> <input checked="" type="checkbox"/>
<b>In caso di prova scritta i quesiti sono:</b> (è possibile inserire più opzioni)	<b>A risposta multipla</b>	<input type="checkbox"/>	<b>A risposta libera</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Esercizi numerici</b> <input type="checkbox"/>
<b>Altro</b> (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)					

<b>Insegnamento:</b> Sistemi Operativi	
<b>CFU:</b> 9	<b>SSD:</b> ING-INF/05
<b>Ore di lezione:</b> 56	<b>Ore di esercitazione:</b> 16
<b>Anno di corso:</b> II	
<p><b>Obiettivi formativi:</b> Il corso si pone l'obiettivo di far acquisire agli allievi i concetti fondamentali, le architetture di riferimento ed i meccanismi dei moderni sistemi operativi. Saranno inoltre acquisiti i principi base della programmazione concorrente.</p>	
<p><b>Contenuti:</b> A fronte degli obiettivi formativi il programma del corso è strutturato come segue.          Introduzione ai Sistemi Operativi. Architettura a livelli di un S.O. SO multiprogrammati e SO timesharing.          I Processi: Generalità, Creazione, Attivazione e Terminazione dei processi; Descrittore di un processo; Stati di un processo; Tipi di interazione tra i processi; Modelli a memoria globale e locale; Meccanismi di sincronizzazione dei processi nei modelli a memoria globale e locale: semafori, monitor, primitive per lo scambio di messaggio; Impiego dei meccanismi di sincronizzazione dei processi per la soluzione dei problemi di: mutua esclusione, produttore consumatore e lettori scrittori. Processi e Threads; Principi della programmazione Multithread; Sincronizzazione dei thread: Mutex, Barrier Scheduling del Processore: Obiettivi degli algoritmi di scheduling; Algoritmi di scheduling per sistemi monoprocesso. Scheduling nei sistemi real time.          La Gestione della memoria: Generalità; Swapping; Tecniche di Virtualizzazione della memoria; Partizioni; Paginazione; Segmentazione; Memoria virtuale.          Deadlock e Starvation: Principi del deadlock; Strategie di deadlock prevention, deadlock avoidance e deadlock detection.          La Gestione dell'I/O: Generalità; Tecniche di virtualizzazione delle unità di I/O; Gestore dell'I/O nei modelli a memoria globale e locale.          Il File System: Organizzazione; Directory e file e operazioni relative; Condivisione di file; Architettura interna di un file system.          La Gestione della memoria secondaria: Metodi di allocazione dei file; La gestione dello spazio libero; Lo scheduling dei dischi; Affidabilità dei dischi.          Fondamenti sulla sicurezza dei sistemi operativi. Minacce per la sicurezza. Protezione. Software maliziosi. Cenni sulla sicurezza nei sistemi operativi Windows e Linux</p>	
<b>Codice:</b> 31681	<b>Semestre:</b> primo
<b>Prerequisiti:</b> Programmazione, Calcolatori Elettronici.	
<b>Metodo didattico:</b> Lezioni e esercitazioni in aula, attività di laboratorio.	
<b>Materiale didattico:</b> Slides del corso, libri di testo, materiale esercitativo, risorse in rete	

**Modalità d'esame:**

<b>L'esame si articola in prova:</b>	<b>Scritta e orale</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Solo scritta</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Solo orale</b>	<input type="checkbox"/>
<b>In caso di prova scritta i quesiti sono:</b> (è possibile inserire più opzioni)	<b>A risposta multipla</b>	<input type="checkbox"/>	<b>A risposta libera</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Esercizi numerici</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Altro</b> (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)						

<b>Insegnamento:</b> Sistemi Radar			
<b>CFU:</b> 9		<b>SSD:</b> ING-INF/03	
<b>Ore di lezione:</b> 50		<b>Ore di esercitazione:</b> 22	
<b>Anno di corso:</b> I			
<b>Obiettivi formativi</b> Acquisire i principi di funzionamento dei vari sistemi radar. Saper effettuare il dimensionamento di un sistema radar e saperne analizzare le prestazioni.			
<p><b>Contenuti:</b> Introduzione. Breve storia del radar. Principio di funzionamento del radar ad impulsi e ad onda continua.  L'equazione Radar. Bersagli, Disturbi e loro caratterizzazione. Equazioni radar per l'analisi della portata. Effetti atmosferici e loro correzione. Rivelazione radar. Rivelazione di un bersaglio sulla base di un solo eco. Rivelazione sulla base di N echi, coerenti o incoerenti, con ampiezza fluttuante e non. Analisi delle prestazioni. Tecniche per il controllo dei falsi allarmi (CFAR) e loro analisi su dati radar reali. Misure dei parametri del bersaglio. Funzione di ambiguità e sue proprietà. Segnali radar codificati in fase e in frequenza. Accuratezza in distanza e doppler. Inseguimento di bersagli. Tecniche monopulse: inseguimento mediante radar di sorveglianza. Tecniche basate sui filtri di Kalman, cenni sul filtraggio a modelli multipli interagenti (IMM). Contromisure Elettroniche (ECM ed ECCM): caratteristiche del Jamming, il Sidelobe Blanker, il Sidelobe Canceller, tecniche di cancellazione adattative. Apparatati radar: Antenne, Trasmettitori e Ricevitori.</p>			
<b>Codice:</b> 31687		<b>Semestre:</b> primo	
<b>Prerequisiti:</b>			
<b>Metodo didattico:</b> lezioni, esercitazioni al calcolatore, esercitazioni in laboratorio con prototipi hardware.			
<p><b>Materiale didattico:</b>  M. A. Richards, J. A. Scheer, and W. A. Holmes: "Principles of Modern Radar: Basic Principles", Scitech, 2010.  M. Skolnik: "Radar Handbook", Third Edition, Mc Graw Hill, 2008.  appunti del corso</p>			
<b>Modalità d'esame:</b>			
<b>L'esame si articola in prova:</b>	<b>Scritta e orale</b> <input type="checkbox"/>	<b>Solo scritta</b> <input type="checkbox"/>	<b>Solo orale</b> <input checked="" type="checkbox"/>
<b>In caso di prova scritta i quesiti sono:</b> (è possibile inserire più opzioni)	<b>A risposta multipla</b> <input type="checkbox"/>	<b>A risposta libera</b> <input type="checkbox"/>	<b>Esercizi numerici</b> <input type="checkbox"/>
<b>Altro</b> (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)	Progetto MATLAB		

<b>Insegnamento:</b> Strumenti e Tecniche di Programmazione	
<b>CFU:</b> 9	<b>SSD:</b> ING-INF/05
<b>Ore di lezione:</b> 42	<b>Ore di esercitazione:</b> 30
<b>Anno di corso:</b> II	
<p><b>Obiettivi formativi:</b> Fornire le competenze metodologiche, teoriche e pratiche di programmazione orientata agli oggetti, generica, concorrente e su rete, necessarie al corretto sviluppo di progetti software di piccole e medie dimensioni utilizzando i linguaggi di programmazione C++ e Java</p>	
<p><b>Contenuti:</b> <u>Parte I: Introduzione alla programmazione</u> - Ciclo di vita del software. Analisi, progettazione, programmazione, verifica e validazione, manutenzione. Fattori di qualità del software. Principi di ingegneria del software. Paradigmi di progettazione/programmazione (procedurale, a oggetti, generica). Metodologie top-down e bottom-up. Programmazione Procedurale Avanzata: Variabili e puntatori, riferimento, e classi di memorizzazione in C++; le funzioni e il passaggio di parametri, Istruzioni condizionali e cicli, Tipi definiti dall'utente, Enumerativi ed Array.</p> <p><u>Parte II: Tecniche di Programmazione</u> - Induzione e Ricorsione. Problemi di ricerca e ordinamento.</p> <p><u>Parte III - Programmazione ad oggetti in C++</u> - Introduzione ai tipi di dati astratti. Il paradigma OO. Incapsulamento e Information Hiding. Classi e Oggetti. Ereditarietà. Polimorfismo. Operatori e overloading di operatori. Casting in C++. La gestione delle eccezioni. Gestione delle eccezioni in C++. Gestione della memoria: RAII e Smart Pointers in C++.</p> <p>La programmazione generica in C++: Classi e Funzioni modello; Derivazione e Template.</p> <p>La libreria standard del C++: Contenitori; Iteratori; Funzioni oggetto, ed algoritmi generici, il concetto di stream per le operazioni di IO.</p> <p><u>Parte IV – Introduzione alla Programmazione Java</u> - Introduzione al linguaggio, la macchina virtuale Java, il bytecode, e il Ciclo di sviluppo dei programmi Java. Tipi di dato. Scambio parametri. La gestione della memoria. Istruzioni di controllo di flusso. Casting, Enumerativi.</p> <p>La programmazione orientata agli oggetti in Java: Classi, Membri ed Overloading dei metodi. Ereditarietà. Polimorfismo. Le interfacce. Gestione delle eccezioni. Realizzazione di operazioni di IO e il concetto di flusso.</p> <p>Classi Contenitore in Java: Collection, List, Set e Map, Vector, HashMap. Iterators. Funzioni di Utility.</p> <p>La programmazione generica in Java: Tipi e metodi generici, Tipi grezzi, Generazione e Inferenza di tipo. Wildcard e vincoli.</p> <p><u>Parte V – Aspetti Avanzati di Progettazione</u> - Principi di programmazione concorrente. Processo e thread. Concorrenza e parallelismo. Race condition. Creazione di un thread in Java e C++. Mutua Esclusione e Meccanismi di sincronizzazione in Java e C++.</p> <p>Programmazione di rete. Il modello client-server per le applicazioni distribuite. Librerie e tecniche di comunicazione su rete in C++ e Java.</p> <p><u>Parte VI - Progettazione ad oggetti con UML</u> - Il linguaggio UML. UML: aspetti statici del modello. Identificazione degli oggetti. Diagramma dei casi d'uso. Diagramma delle classi. Attributi e metodi. Relazioni tra classi e tra oggetti: generalizzazione-specializzazione, aggregazione, associazione. Il linguaggio OCL.</p> <p>UML: aspetti dinamici del modello. Diagrammi di interazione: diagrammi di sequenza e diagrammi di collaborazione. Diagrammi di attività. Diagrammi di stato. Diagramma di Deployment.</p> <p>Da UML a C++ e Java. Organizzazione della gerarchia, contenimento tra classi, realizzazione del contenimento lasco e del contenimento stretto, realizzazione dell'associazione</p>	

<b>Codice:</b> 30038		<b>Semestre:</b> secondo					
<b>Prerequisiti:</b> conoscenze elementari di programmazione							
<b>Metodo didattico:</b> lezioni teoriche frontali, ed esercitazioni guidate.							
<b>Materiale didattico:</b> Slide del corso, libri di testo, codice sviluppato durante le esercitazioni guidate, esercizi di auto-valutazione. Testi adottati: 1) C. Savy: Da C++ a UML: guida alla progettazione – McGraw-Hill, 2000. 2) B. Eckel – Thinking in Java – 3° edizione. (liberamente scaricabile da <a href="http://www.mindviewinc.com/Books/downloads.html">http://www.mindviewinc.com/Books/downloads.html</a> ).							
<b>Modalità d'esame:</b>							
<b>L'esame si articola in prova:</b>	<b>Scritta e orale</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<table border="1"> <tr> <td><b>Solo scritta</b></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><b>Solo orale</b></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	<b>Solo scritta</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Solo orale</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Solo scritta</b>	<input type="checkbox"/>						
<b>Solo orale</b>	<input type="checkbox"/>						
<b>In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)</b>	<b>A risposta multipla</b>	<input type="checkbox"/>	<table border="1"> <tr> <td><b>A risposta libera</b></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><b>Esercizi numerici</b></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	<b>A risposta libera</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Esercizi numerici</b>	<input type="checkbox"/>
<b>A risposta libera</b>	<input type="checkbox"/>						
<b>Esercizi numerici</b>	<input type="checkbox"/>						
<b>Altro</b> (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)	Prova al calcolatore di un progetto software in C++ o Java						

<b>Course:</b> System on Chip							
<b>CFU/ECTS:</b> 9			<b>SSD:</b> ING-INF/01				
<b>Lecture (hours):</b> 45			<b>Lab (hours):</b> 27				
<b>Year:</b> II							
<p><b>Objectives:</b> The course will provide students with the following:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- knowledge of a System on Chip architecture</li> <li>- knowledge of the techniques and the tools used for the design of a System on Chip</li> <li>- skills in the design of a System on Chip</li> </ul>							
<p><b>Contents:</b> The course will cover the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Architectures and functionality of the components used in mixed hardware/software elaborating systems: microcontroller, memory, programmable logic, on-chip communication bus, interfaces and accelerators.</li> <li>- Challenges, techniques and tools for the design of a System on Chip: high-level synthesis, hardware/software partitioning, hardware optimization, design of the interface between the custom logic and the microcontroller.</li> <li>- Testing and Verification of a System on Chip: virtualization, co-simulation, run-time co-debug.</li> </ul> <p>Practical skills in the design of System on Chip will be provided in lab sessions. Students will use state of the art development tools to design a System on Chip. The developed prototype will be part of their final examination</p>							
<b>Code:</b>			<b>Semester:</b> first				
<b>Prerequisites:</b> Knowledge of analog and digital operation of circuits. Basic knowledge of semiconductor devices operations. Knowledge of the operation of CAD tools such as circuit simulators and CAD layout tools.							
<b>Teaching method:</b> Oral lessons and lab sessions							
<b>Learning Resources:</b> The course has no official textbook. The slides used during lessons, the laboratory guides and additional teaching material will be made available on the course webpage.							
<b>Examination:</b>							
<b>The examination is:</b>		both oral and written	<input type="checkbox"/>	Written	<input type="checkbox"/>	Oral	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>The written test has:</b>		Multiple choice	<input type="checkbox"/>	Freehand response	<input type="checkbox"/>	Numerical exercise	<input type="checkbox"/>
<b>Other</b> (ex: lab/project report ...)		Analysis of the system developed during lab sessions					



<b>Insegnamento: Tecnologie multiportante per le comunicazioni</b>					
<b>CFU: 9</b>		<b>SSD: ING-INF/03</b>			
<b>Ore di lezione: 60</b>		<b>Ore di esercitazione: 12</b>			
<b>Anno di corso: II</b>					
<b>Obiettivi formativi:</b> Acquisire le conoscenze fondamentali sulle tecniche di trasmissione basate sulla modulazione multiportante, con particolare attenzione ai sistemi 5G e successivi.					
<b>Contenuti:</b> Principi di modulazione multiportante. Distorsioni non lineari nei sistemi multiportante. Modelli di amplificatori di potenza. Metodi di riduzione del PAPR. Tecniche di sincronizzazione, stima di canale e di equalizzazione per sistemi multiportante. Tecnologie multiportante basate su banco di filtri. Tecnologie multiportante per sistemi 5G e successivi. Tecnologie multiportante per un uso flessibile dello spettro.					
<b>Codice:</b>		<b>Semestre: II</b>			
<b>Prerequisiti / Propedeuticità:</b>					
<b>Metodo didattico:</b> lezioni					
<b>Materiale didattico:</b> libri di testo, appunti del corso					
<b>Modalità d'esame:</b> orale					
<b>L'esame si articola in prova:</b>		<b>Scritta e orale</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Solo scritta</b>	<input type="checkbox"/>
				<b>Solo orale</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>In caso di prova scritta i quesiti sono:</b> (è possibile inserire più opzioni)		<b>A risposta multipla</b>	<input type="checkbox"/>	<b>A risposta libera</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Altro</b> (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)					

<b>Insegnamento: Teoria dell'Informazione</b>					
<b>CFU: 9</b>		<b>SSD: ING-INF/03</b>			
<b>Ore di lezione: 48</b>		<b>Ore di esercitazione: 24</b>			
<b>Anno di corso: 1/2</b>					
<p><b>Obiettivi formativi:</b> Il corso introduce concetti fondamentali quali definizione e misura dell'informazione, compressione dei dati con e senza perdite (codifica di sorgente e immagazzinamento dell'informazione), capacità e codifica di canale (trasferimento dell'informazione). Il corso ha l'obiettivo di rendere lo studente familiare con l'esistenza di limiti fondamentali per quanto riguarda l'immagazzinamento e il trasferimento dell'informazione, sì da consentirgli di inquadrare in modo sistematico una serie di scelte progettuali tipiche dei moderni sistemi di comunicazioni e di calcolo.</p>					
<p><b>Contenuti:</b> Grandezze Informazionali e loro misura: entropia, mutua informazione, divergenza. Compressione dati e codifica di sorgente con e senza senza perdite. Codifica universale (cenni). Canali di comunicazione e loro caratterizzazione: capacità e suo significato. Teorema della codifica di canale. Canali Gaussiani e loro capacità. Cenni alla network information theory. Cenni alla "rate distortion theory": rate-distortion function di alcune sorgenti elementari. Cenni a metodi teoretico-informazionali per problemi di inferenza statistica e machine learning.</p>					
<b>Codice:</b>		<b>Semestre: 1°</b>			
<b>Prerequisiti: Elementi di base di probabilità.</b>					
<b>Metodo didattico:</b> Lezioni frontali, esercitazioni numeriche					
<p><b>Materiale didattico:</b>  <b>T. M. Cover and J. A. Thomas, "Elements of Information Theory", Wiley.</b>  <b>Materiale integrativo (includere slides) preparate dal docente.</b></p>					
<b>Modalità d'esame:</b> Orale.					
<b>L'esame si articola in prova:</b>		<b>Scritta e orale</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Solo scritta</b>	<input type="checkbox"/>
				<b>Solo orale</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>In caso di prova scritta i quesiti sono:</b> (è possibile inserire più opzioni)		<b>A risposta multipla</b>	<input type="checkbox"/>	<b>A risposta libera</b>	<input type="checkbox"/>
				<b>Esercizi numerici</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Altro</b> (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)					

<b>Insegnamento:</b> Tomografia e Imaging: Principi, algoritmi e metodi numerici									
<b>CFU:</b> 9			<b>SSD:</b> ING-INF/02						
<b>Ore di lezione:</b> 40			<b>Ore di esercitazione:</b> 32						
<b>Anno di corso:</b> II									
<p><b>Obiettivi formativi:</b>  L'obiettivo formativo è fornire le conoscenze, fino al livello operativo, per comprendere il funzionamento di sistemi d'interesse per un ampio spettro di applicazioni della vita reale basata sulla Tomografia e l'Imaging elettromagnetici. Le applicazioni d'interesse riguarderanno la tomografia nelle applicazioni industriali e nelle applicazioni medicali (Microwave Tomography), l'imaging nelle applicazioni di sicurezza (body scanning), la diagnostica per immagini (TAC, PET e MRI) e il Ground Penetrating Radar.  In particolare, si richiameranno i principi fondamentali della Tomografia e dell'Imaging elettromagnetici e si comprenderanno gli algoritmi effettivamente utilizzati per la loro elaborazione sino ad un livello di dettaglio operativo. Infine, si metteranno in pratica, in laboratorio, le conoscenze acquisite nella implementazione di alcuni semplici esempi di Tomografia e Imaging in codici di calcolo in grado di operare a partire da dati realistici.</p>									
<p><b>Contenuti:</b>  Richiami sugli elementi di base dell'elettromagnetismo. Il concetto di funzione di Green. Sorgenti elettromagnetiche e radiazione. Equazione della radiazione. La diffusione elettromagnetica e il concetto di campo incidente, campo diffuso e campo totale. Equazione della diffusione elettromagnetica. Introduzione alla tomografia e imaging elettromagnetici. Richiami ai principi fisici alla base della TAC, PET, MRI.  Richiami agli algoritmi fondamentali per il trattamento dei dati (trasformata di Radon, backprojection, FFT e Non-Uniform FFT, ART, etc.).  Problemi inversi e il concetto di mal posizione e mal condizionamento nella loro soluzione. Metodi per la soluzione e la discretizzazione delle equazioni di interesse. Algoritmi numerici per la soluzione del problema discreto. Tecniche di regolarizzazione e preconditionamento, e analisi delle prestazioni (SVD, gradiente coniugato, gradiente biconiugato stabilizzato, total variation, etc.). Tecniche algoritmiche ed implementative per la soluzione numerica e l'accelerazione dell'elaborazione.  Applicazioni alla tomografia, al body scanning, al Ground Penetrating Radar, alla TAC, alla PET e alla MRI.  Esercitazioni di laboratorio, sia di tipo numerico che di tipo sperimentale.</p>									
<b>Codice:</b>			<b>Semestre:</b> I						
<b>Propedeuticità:</b> Conoscenza degli elementi di base dell'elettromagnetismo. Non si individuano propedeuticità.									
<b>Metodo didattico:</b> Lezioni ed esercitazioni di laboratorio.									
<b>Materiale didattico:</b> Appunti dalle lezioni e testi di riferimento.									
<b>MODALITA' DI ESAME</b>									
<b>L'esame si articola in prova</b>		<b>Scritta e orale</b>		<b>Solo scritta</b>		<b>Solo orale</b>		<b>X</b>	
<b>In caso di prova scritta i quesiti sono (*)</b>		<b>A risposta multipla</b>		<b>A risposta libera</b>		<b>Esercizi numerici</b>			
<b>Altro</b> (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)		Sviluppo di elaborati riguardanti le esercitazioni.							
(*) E' possibile rispondere a più opzioni									

<b>Insegnamento:</b> Trasmissione del calore							
CFU: 9			SSD: ING-IND/10				
Ore di lezione: 45			Ore di esercitazione: 27				
Anno di corso: I							
<p><b>Obiettivi formativi:</b> Il corso fornisce i principi fondamentali e i metodi della trasmissione del calore. Gli obiettivi del corso sono quelli di: insegnare i principi fondamentali e le leggi della trasmissione del calore e di applicare tali principi alla risoluzione di problemi pratici; di formulare i modelli necessari a studiare, analizzare e progettare le apparecchiature di scambio termico; di sviluppare la capacità di risolvere i problemi della trasmissione del calore avvalendosi dell'uso di strumenti e di metodi propri di una formazione tecnica a largo spettro.</p>							
<p><b>Contenuti:</b> Bilanci di massa ed energia per sistemi chiusi e aperti. Introduzione ai meccanismi di trasmissione del calore. <b>Conduzione:</b> Generalità; Regime stazionario monodimensionale; Sistemi alettati; Regime stazionario bidimensionale e tridimensionale; Regime non stazionario; Conduzione: metodi numerici per risolvere campi di temperatura stazionari e non stazionari. <b>Irraggiamento:</b> Generalità; Definizioni di base; Corpo nero; Corpo grigio; Caratteristiche radiative delle superfici; Scambio termico radiativo. <b>Convezione:</b> Introduzione. Equazioni di continuità, della quantità di moto, dell'energia. Convezione naturale e forzata. Il concetto di strato limite; Le equazioni fondamentali nello strato limite; Adimensionalizzazione delle equazioni fondamentali della convezione; Gruppi adimensionali per la convezione; Flusso esterno e interno; Regime laminare e turbolento. Correlazioni per la valutazione del coefficiente di scambio termico convettivo locale e medio. <b>Meccanismi combinati. Scambiatori di calore. Raffreddamento dei componenti elettronici.</b></p>							
Codice: 00185			Semestre: primo				
Prerequisiti: conoscenze di fisica di base.							
Metodo didattico: Lezioni, esercitazioni e seminari.							
<p><b>Materiale didattico:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. R. Mastrullo, P. Mazzei, V. Naso, R. Vanoli, Fondamenti di Trasmissione del calore, volume I, Liguori editore, Seconda edizione, Napoli, 1991.</li> <li>2. R. Mastrullo, P. Mazzei, V. Naso, R. Vanoli, Fondamenti di Trasmissione del calore, volume II, Liguori editore, Seconda edizione, Napoli, 1982.</li> <li>3. O. Manca, V. Naso, Complementi di trasmissione del calore, EDISU Napoli I editore.</li> <li>4. O. Manca, V. Naso, Applicazioni di trasmissione del calore, EDISU Napoli I editore.</li> </ol>							
<b>Modalità d'esame:</b>							
L'esame si articola in prova:		Scritta e orale	X	Solo scritta		Solo orale	
In caso di prova scritta i quesiti sono: (è possibile inserire più opzioni)		A risposta multipla		A risposta libera		Esercizi numerici	
Altro (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)		Sviluppo di un progetto di gruppo					

<b>Insegnamento:</b> Trasmissione numerica					
<b>CFU:</b> 9		<b>SSD:</b> ING-INF/03			
<b>Ore di lezione:</b> 56		<b>Ore di esercitazione:</b> 16			
<b>Anno di corso:</b> II					
<b>Obiettivi formativi:</b> Acquisire familiarità con i fondamenti teorici della trasmissione, le principali metodologie di progetto e di analisi, e la conoscenza delle principali tecniche di modulazione e codifica numeriche.					
<b>Contenuti:</b> Rappresentazione complessa di segnali passabanda. Caratterizzazione del rumore, rumore bianco. Cifra di rumore, temperatura di rumore, link budget. Trasmissione analogica: modello di sistema di comunicazione analogico, Tecniche di modulazione analogica (DSB,AM,SSB,VSB, FM). Modello di sistema di comunicazioni numeriche. Modulazioni numeriche senza memoria. Sintesi ed analisi del ricevitore ottimo in AWGN: caso coerente e non coerente. Ricevitori a correlazione e a filtri adattati. Capacità per canali senza memoria. Confronto tra le tecniche di modulazione. Trasmissione su canale AWGN a banda limitata: interferenza intersimbolica, diagramma ad occhio, criteri di Nyquist. Stima di sequenze a massima verosimiglianza: algoritmo di Viterbi. Equalizzazione: criterio zero-forcing e MMSE. Codici lineari a blocco. Codici ciclici. Codici convoluzionali.					
<b>Codice:</b> 00234		<b>Semestre:</b> secondo			
<b>Prerequisiti:</b> Conoscenze di base di segnali e sistemi, conoscenza dei principi fondamentali della teoria della probabilità e dei fenomeni aleatori.					
<b>Metodo didattico:</b> Lezioni ed esercitazioni.					
<b>Materiale didattico:</b> J.G. Proakis, M. Salehi “Communication Systems Engineering (2nd ed.)”. Prentice-Hall 2002. Materiale del docente					
<b>Modalità d’esame:</b>					
<b>L'esame si articola in prova:</b>		<b>Scritta e orale</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Solo scritta</b>	<input type="checkbox"/>
				<b>Solo orale</b>	<input type="checkbox"/>
<b>In caso di prova scritta i quesiti sono:</b> (è possibile inserire più opzioni)		<b>A risposta multipla</b>	<input type="checkbox"/>	<b>A risposta libera</b>	<input type="checkbox"/>
				<b>Esercizi numerici</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Altro</b> (es: sviluppo progetti, prova al calcolatore ...)		Prova pratica al calcolatore			