

**CORSO DI LAUREA IN**  
**INGEGNERIA**  
**ELETTRONICA**



## CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRONICA

La dimensione raggiunta dall'elettronica nei Paesi industrializzati e la sua tendenza evolutiva permettono di affermare che essa è la protagonista di una nuova rivoluzione tecnologica, così come i settori tradizionali dell'ingegneria sono stati protagonisti della rivoluzione industriale degli ultimi cento anni.

L'elettronica peraltro è solo un settore direttamente traente, cioè produce incrementi per le attività di cui essa usa i prodotti, ma dà una spinta generale e continua alla crescita del rendimento di tutti i processi produttivi di ogni settore industriale ed in tutti i servizi, molti dei quali oggi non potrebbero neppure esistere o essere concepiti senza i metodi e le tecnologie dell'elettronica.

L'elettronica sembra destinata ad aumentare in futuro di importanza come settore che, rispetto ad altri, richiede minori contributi di energia nelle fasi produttiva ed applicativa, mentre attrae investimenti più qualificati e determinanti per la ricerca, che crea in questa area una continua rivoluzione innovativa. L'industria dell'elettronica risulta fra quelle ad alta intensità di lavoro piuttosto che di capitale, che non si realizza tanto nell'attività operaia manifatturiera, quanto nell'attività di ricerca e sviluppo, nella ingegnerizzazione e nel collaudo dei prodotti, nello studio e nella promozione delle applicazioni. Ne risulta che l'attività elettronica presenta una notevole domanda di ruoli con elevate competenze professionali, perché tutto è fortemente condizionato dalla conoscenza scientifica e tecnica e dal contributo intellettuale, piuttosto che manuale, dell'uomo.

L'evoluzione dell'elettronica e la sua estensione ad una gamma sempre più vasta di applicazioni, che interessano tutti i settori della vita economica e sociale, hanno indotto profonde trasformazioni nei suoi filoni componenti tradizionali, ed hanno contribuito in modo essenziale allo sviluppo di aree culturali ed applicative del tutto nuove.

Il Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica ha come scopo la formazione di laureati nei diversi indirizzi che oggi caratterizzano questa scienza, e che possono essere brevemente così descritti:

- **elettronica**: questo indirizzo si propone di fornire le metodologie di studio e di progetto per la produzione di sistemi elettronici, dai componenti sempre più sofisticati alle complesse unità funzionali. L'evoluzione tecnologica di questa area ha svolto e svolge un ruolo determinante nel rapido sviluppo di tutto il settore elettronico
- **comunicazioni**: è l'indirizzo orientato allo studio dei metodi per la comunicazione ed il trasferimento di informazioni a distanza, e delle tecniche di realizzazione dei realivi sistemi. Questa è una delle aree applicative più consolidate dell'ingegneria elettronica, ed ha tratto nuovo impulso dall'impiego dei dispositivi numerici
- **automatica**: è l'indirizzo che si propone di fornire le metodologie per l'analisi dei sistemi, e per il progetto e la realizzazione del loro controllo. I settori applicativi di questa area culturale vanno estendendosi dai molti processi di tipo industriale, a processi di natura diversa, anche non tecnici (biologici, economici, gestionali, ...)
- **informatica**: è l'indirizzo orientato a fornire le metodologie per il progetto di sistemi per il trattamento dell'informazione, e per la programmazione di tali sistemi. È una delle aree più recenti, ma anche di più rapida crescita del settore elettronico, grazie al continuo sviluppo dei suoi campi di applicazione
- **avionica**: è l'indirizzo che tratta delle applicazioni dell'elettronica nel campo aeronautico; in questo settore si richiedono delle conoscenze molto interdisciplinari, in modo che si possa avere una proficua collaborazione fra ingegneri di diversa formazione all'interno della stessa unità produttiva
- **telematica**: è l'indirizzo che si occupa dello studio e della realizzazione dei sistemi complessi di informatica distribuita, nel quale perciò sono necessarie sia le nozioni di tipo informatico sia quelle relative alle telecomunicazioni.

PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DI CORSO DI LAUREA  
Carlo NALDI

Dipartimento di Elettronica

**COMMISSIONE PIANI DI STUDIO INDIVIDUALI**

<u>Giovanni Perona</u>	Dip. di Elettronica
Enrico Canuto	Dip. di Automatica e Informatica
Letizia Lo Presti	Dip. di Elettronica
Franco Mussino	Dip. di Elettronica
Elio Piccolo	Dip. di Automatica e Informatica

**COMMISSIONE PROVE DI SINTESI**

Claudio Beccari	Dip. di Elettronica
Basilio Bona	Dip. di Automatica e Informatica
Ermanno Nano	Dip. di Elettronica
Mario Orefice	Dip. di Elettronica
Paolo Prinetto	Dip. di Automatica e Informatica

## GUIDA ALLA PREPARAZIONE DEI PIANI INDIVIDUALI DEGLI STUDI

Le norme ufficiali per l'approvazione dei piani di studio individuali sono riportate sulla Guida dello Studente, pubblicata a cura della Segreteria degli Studenti; quelle norme sono approvate di anno in anno da ogni Consiglio di Corso di Laurea, ed ad esse bisogna riferirsi ogni volta che si presenta una nuova domanda di variazione del piano individuale degli studi.

Qui verranno dati dei suggerimenti e dei consigli su come ogni studente può prepararsi il proprio piano individuale degli studi, tenendo conto della propedeuticità, della compatibilità, e del contenuto dei vari corsi.

I consigli che seguono sono esplicitamente previsti per gli studenti che si sono iscritti al primo anno nell'anno accademico 1986/87, o negli anni successivi e, fin dal momento della loro prima iscrizione, hanno richiesto di seguire il piano individuale degli studi loro consigliato dal Consiglio del Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica; per gli altri studenti, cioè per quelli che si iscrissero al primo anno anteriormente al 1986/87 e per quelli che per qualunque motivo non hanno seguito il piano di studi contenente **IN368** Sistemi di Elaborazione dell'Informazione al primo anno, i consigli che seguono si possono seguire con qualche adattamento.

Si richiama l'attenzione sul fatto che ogni materia richiede obbligatoriamente delle precedenze (tranne le materie del primo anno), e che queste possono variare di anno in anno, a seconda del contenuto dei corsi e dell'orientamento del Consiglio del Corso di Laurea; quando preparano il loro piano individuale degli studi, gli studenti verifichino con molta cura l'osservanza delle precedenze, come sono indicate sulla Guida dello Studente.

Si ricorda ancora agli studenti che le norme pubblicate sulla Guida dello Studente sono tassative, e che i piani individuali degli studi che non vi si conformano comportano una notevole perdita di tempo sia per gli studenti, sia per la Commissione Piani Individuali degli Studi; in molti casi esiste la concreta possibilità che le domande contenenti delle variazioni dei piani di studio irregolari vengano definitivamente respinte, con conseguenze e inconvenienti molto spiacevoli.

Le norme fisse della Guida dello Studente richiedono che i piani individuali degli studi contengano una parte invariabile che è richiamata nella tabella seguente:

<i>Anno</i>	<i>1° periodo didattico</i>	<i>2° periodo didattico</i>
1	<b>IN457</b> Analisi matematica I <b>IN463</b> Chimica <b>IN368</b> Sistemi di elaborazione dell'informazione (1/2)	<b>IN457</b> Geometria I <b>IN471</b> Fisica I <b>IN368</b> Sistemi di elaborazione dell'informazione (1/2)
2	<b>IN014</b> Analisi matematica II <b>IN165</b> Fisica II <b>IN279</b> Meccanica razionale	<b>IN071</b> Complementi di matematica <b>IN151</b> Elettrotecnica <b>IN079</b> Componenti elettronici
3	<b>IN140</b> Elettronica applicata I <b>IN440</b> Teoria delle reti elettriche (3.A)	<b>IN60j</b> Campi elettromagnetici e circuiti W (w = A, j = 1; w = B, j = 2) (3.B) (3.C)
4	<b>IN141</b> Elettronica applicata II <b>IN47x</b> Comunicazioni elettriche gen. (x=8) o spec. (x=9) (4.A)	<b>IN59z</b> Misure elettroniche w (w = A, z = 5; w = B, z = 6; w = C, z = 7) <b>IN48y</b> Controlli automatici gen. (y=8) o spec. (y=9) (4.B)
5	(***) (5.A) (5.B) (5.C)	(***) (5.D) (5.E) (5.F)

(\*\*\*) : almeno una materia tra **IN176** (1° p.d.) Fisica tecnica  
**IN271** (2° p.d.) Meccanica delle macchine e macchine  
**IN361** (1° p.d.) Scienza delle costruzioni

*N.B. - Alcuni dei corsi indicati in questa tabella richiedono delle precedenzae che vanno verificate sulla Guida dello Studente.*

Le materie mancanti sono da scegliersi da parte dello studente a seconda dell'orientamento prescelto per il piano individuale degli studi, fino a contenere un minimo di 29 corsi.

Nel seguito sono schematicamente riportate alcune indicazioni per la formulazione di piani individuali degli studi, elencando dei gruppi coerenti di materie scelte in modo tale da individuare un preciso indirizzo di studio; questi gruppi di materie consigliate non esauriscono le posizioni vacanti della tabella precedente (essenzialmente a causa delle precedenzae, che limitano le possibilità di collocazione dei vari corsi). In questo caso gli studenti completeranno il piano degli studi scegliendo tra le altre materie a disposizione, oppure spostando opportunamente i corsi indicati con (\*\*\*) .

Il corso **IN467** Disegno, che ha lasciato posto al corso **IN368** Sistemi di Elaborazione dell'Informazione nel primo anno di corso, può venire convenientemente collocato al 3° anno, tenendo conto che si tratta di un corso annuale. Tenuto conto che in questo modo il corso di Disegno risulta preceduto da un corso di Informatica di base, il suo contenuto è stato modificato in modo da dedicare ampio spazio alla grafica assistita da calcolatore (Computer graphics).

Per quanto riguarda i corsi di Campi Elettromagnetici e Circuiti, nessuno dei due pone dei vincoli per le scelte successive. Tuttavia il corso A (**IN601**) è suggerito per i settori Telecomunicazioni, Elettromagnetismo e Metrologia; il corso B (**IN602**) è consigliato per i settori Elettronica, Informatica, Automazione, Telematica e Avionica.

Nella descrizione dei settori e dei sottosectori del Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica che seguono, sono riportati in tabelle, simili a quella della parte fissa e limitatamente al triennio, i corsi che li caratterizzano; ogni corso marcato con un asterisco richiede che lo studente esprima una precisa volontà: per esempio si può trattare della scelta fra due corsi quasi omonimi, oppure del cambiamento di anno di un corso obbligatorio, oppure dell'indicazione esplicita di un corso facoltativo; nel seguito non vengono più riportati esplicitamente i corsi che nella tabella dei corsi fissi sono indicati con (\*\*\*) , a meno che non siano caratterizzanti un particolare sottosectore.

Un'ultima avvertenza: il fatto che alcuni corsi elencati nella Guida dello Studente per il Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica, non vengano qui esplicitamente citati, non vuole dire che essi siano inutili, ma indica solamente che essi sono di complemento agli altri corsi, e possono essere scelti secondo le aspirazioni e le inclinazioni di ciascuno studente.

## 1) Settore: Telecomunicazioni

Il settore Telecomunicazioni riguarda le tecniche e i sistemi per l'elaborazione e la diffusione dell'informazione sotto forma di segnali elettrici.

Tra i segnali presi in esame si possono citare come principali il segnale telefonico, i segnali numerici (quali si incontrano nello scambio di informazioni fra calcolatori), il segnale televisivo. Particolare enfasi è riservata alla trasmissione di tali segnali in forma numerica. Per quanto riguarda i sistemi, vengono descritti i sistemi di telecomunicazione punto-punto, e, tra questi, i sistemi via satellite, quelli che utilizzano la rete telefonica e le reti per la trasmissione di dati, e infine le reti (locali, metropolitane e geografiche) per telecomunicazioni.

I corsi caratterizzanti di questo settore sono:

1. *Teoria dei segnali*
2. *Comunicazioni elettriche* (specialistico)
3. *Trasmissione di dati*

In tali corsi vengono fornite le nozioni di base per l'analisi e il progetto di sistemi di telecomunicazioni.

Poiché i segnali presi in esame sono generalmente di tipo casuale, vengono fornite tutte le nozioni di teoria delle probabilità e dei processi casuali necessarie a modellare correttamente segnali di questo tipo. Inoltre le tecniche principali per l'elaborazione numerica dei segnali sono sviluppate sia in forma teorica sia mediante esercitazioni al laboratorio di informatica. Infine vengono presentati i principali sistemi per la trasmissione e la ricezione di segnali elettrici di informazione (Modulatori, Canali, Demodulatori, ecc.).

*1.1) Sottosettore: Trasmissione Numerica dell'Informazione*

La specializzazione in Trasmissione Numerica dell'informazione fornisce agli studenti le nozioni relative al funzionamento, alla progettazione e all'analisi dei sistemi di trasmissione dell'informazione.

L'impostazione è nettamente orientata alla trasmissione di segnali numerici, in accordo con la tendenza irreversibile in atto nell'industria di progettazione e di esercizio dei sistemi di telecomunicazioni. Le metodologie di analisi e di progetto fondamentali sono descritte nei tre corsi di base del settore Telecomunicazioni.

Il corso di Elettronica per Telecomunicazioni, che si consiglia di seguire in parallelo al corso di Trasmissione di dati, consente di realizzare in laboratorio e sottoporre a misura alcune parti importanti di sistemi di trasmissione.

Nel corso di Sistemi di Telecomunicazioni vengono trattati in dettaglio alcuni sistemi particolari, quali i sistemi via satellite e su ponte radio, mentre il corso di Reti di Telecomunicazioni allarga il panorama a livello di reti di calcolatori.

Il corso di Trasmissione Telefonica si occupa principalmente di telefonia numerica (PCM), quello di Teoria dell'Informazione descrive in dettaglio i metodi per la protezione dell'informazione dagli errori (codici) e per la segretezza dell'informazione (crittografia). Il corso di Radiotecnica, infine, si occupa di diffusione circolare dei segnali di informazione (radio- e tele-diffusione).

È bene che il piano di studi contenga i corsi:

<i>Anno</i>	<i>1° periodo didattico</i>	<i>2° periodo didattico</i>
3	Elettronica Applicata I Teoria delle Reti Elettriche (3.A)	*Campi Elettromagnetici e c. B *Teoria dei Segnali (3.C)
4	Elettronica Applicata II *Comunic. Elettriche (spec.) *Teoria e Prog. dei circ. log.	*Elettronica per Telecomun. *Controlli Automatici (gen.) *Trasmissione di Dati
5	(5.A) (5.B) (5.C)	*Misure Elettroniche B (5.E) (5.F)

Le altre materie devono essere preferibilmente scelte nel seguente elenco:

- IN453** Trasmissione Telefonica
- IN354** Reti di Telecomunicazioni
- IN594** Teoria dell'Informazione
- IN370** Sistemi di Telecomunicazioni
- IN347** Radiotecnica
- IN586** Calcolo Numerico e Programmazione

*1.2) Sottosettore: Telecomunicazioni - Elettromagnetismo*

Questa specializzazione intende fornire le nozioni relative al funzionamento, progettazione e analisi delle reti di telecomunicazioni con particolare attenzione alle metodologie e agli apparati utilizzati nei collegamenti a grande distanza (ponti radio, satelliti, ecc.). Viene quindi associata ad una buona base comunicazionistica una

conoscenza più approfondita dei circuiti per alte frequenze, dei loro principi di funzionamento e dei problemi relativi alla propagazione delle radioonde.

Anno	1° periodo didattico	2° periodo didattico
3	Elettronica Applicata I Teoria delle Reti Elettriche (3.A)	*Campi Elettromagnetici e c. A *Teoria dei Segnali (3.C)
4	Elettronica Applicata II *Comunicaz. Elettriche (spec.) *Tecnica delle Iperfrequenze	*Misure Elettroniche B *Controlli Automatici (gen.) *Trasmissione di dati
5	*Propagazione delle onde el. (5.B) (5.C)	*Sistemi di telecomunicazioni *Antenne (5.F)

Le altre materie devono essere preferibilmente scelte nel seguente elenco:

**IN347** Radiotecnica

**IN121** Dispositivi Elettronici allo Stato Solido

**IN064** Complementi di Campi Elettromagnetici (si consiglia di far precedere questo corso da **IN121** Dispositivi Elettronici allo Stato Solido)

**IN586** Calcolo Numerico e Programmazione

### 1.3) Sottosettore: Telecomunicazioni - Comunicazioni Ottiche

Questa specializzazione intende fornire le nozioni relative al funzionamento, progettazione e analisi dei sistemi di telecomunicazioni che impiegano fibre ottiche quale mezzo trasmissivo e, più in generale, tecniche ottiche per il trattamento del segnale. Viene quindi associata ad una buona base comunicazionistica, una conoscenza più approfondita delle fibre ottiche, dei dispositivi ottici impiegati per la trasmissione (laser) e per la ricezione (fotorivelatori) e, in generale, degli aspetti di fisica moderna più rilevanti che sono alla base delle tecniche ottiche.

Il piano di studi puo essere organizzato nel seguente modo:

Anno	1° periodo didattico	2° periodo didattico
3	Elettronica Applicata I Teoria delle Reti Elettriche (3.A)	*Campi Elettromagnetici e c. A *Dispos. Elettron. Stato Solido *Teoria dei Segnali
4	Elettronica Applicata II *Comunicaz. Elettriche (spec.) *Tecnica delle Iperfrequenze	*Trasmissione di Dati *Controlli automatici (gen.) *Complementi di Campi Elettr.
5	(5.A) (5.B) (5.C)	*Misure Elettroniche B (5.E) (5.F)

Le altre materie devono essere preferibilmente scelte nel seguente elenco:

- IN146** Elettronica per Telecomunicazioni
- IN423** Tecnologie Elettroniche
- IN354** Reti di Telecomunicazioni
- IN370** Sistemi di Telecomunicazioni
- IN067** Complementi di Fisica
- IN591** Ottica Quantistica
- IN586** Calcolo Numerico e Programmazione

## 2) Settore: Elettromagnetismo

Il settore dell'elettromagnetismo è indirizzato allo studio dei componenti e sistemi che operano alle frequenze radio e ottiche (trasmettitori, ricevitori e sistemi di antenne), nonché allo studio dei fenomeni di propagazione sia in guida d'onda e in fibra ottica, sia in mezzi naturali (atmosfera, ionosfera, ecc...). I campi di applicazione vanno da quelli più tradizionali delle telecomunicazioni (ad esempio i ponti radio, ed i collegamenti con satelliti) alle nuove tecniche di rilevamento e diagnostica ambientale.

Vengono fornite nozioni dettagliate sui sistemi di telecomunicazioni per quanto riguarda le parti ad alta frequenza, in particolare dispositivi ed antenne, e i problemi connessi con la propagazione delle radio onde in tutto lo spettro delle frequenze.

Inoltre in questo ambito e in progetto lo sviluppo del 'Telerilevamento e sondaggio ambientale'; per il momento queste problematiche vengono parzialmente sviluppate in alcuni dei corsi sotto elencati.

Il piano di studi puo essere così organizzato:

<i>Anno</i>	<i>1° periodo didattico</i>	<i>2° periodo didattico</i>
3	Elettronica Applicata I Teoria delle Reti Elettriche (3.A)	*Campi Elettromagnetici e c. A *Dispos. Elettron. Stato Solido (3.C)
4	Elettronica Applicata II *Comunicaz. Elettriche (gen.) *Propagazione delle Onde El.	*Misure Elettroniche A o B *Controlli automatici (gen.) *Complementi di Campi Elettr.
5	*Tecnica delle iperfrequenze (5.B) (5.C)	*Antenne *Progetto Circ. per Microonde (5.F)

Le altre materie devono essere preferibilmente scelte dal seguente elenco:

- IN347** Radiotecnica
- IN121** Dispositivi Elettronici allo Stato Solido
- IN435** Teoria dei Segnali
- IN479** Comunicazioni Elettriche (specialistico)
- IN370** Sistemi di Telecomunicazioni
- IN586** Calcolo Numerico e Programmazione (se ne consiglia l'inserimento in posizione 3.A)

### 3) Settore: Metrologia

Questo settore è rivolto a quanti intendano impadronirsi della conoscenza dei metodi e degli strumenti di misura, cioè degli apparati che sono usati in ogni disciplina scientifica e nelle varie applicazioni tecnologiche.

Basandosi su di una impostazione metrologica, saranno presentate le varie classi di trasduttori e strumenti, dando infine particolare rilievo alle tecniche di gestione automatica della strumentazione. Saranno considerate anche alcune applicazioni tecnologiche di metodi di misura avanzati, quali i sistemi di navigazione e di localizzazione di satelliti.

Sono altresì compresi insegnamenti di Strumentazione per Bioingegneria e di Compatibilità Elettromagnetica.

Il piano di studi può essere così organizzato:

<i>Anno</i>	<i>1° periodo didattico</i>	<i>2° periodo didattico</i>
3	Elettronica Applicata I Teoria delle Reti Elettriche *Teoria e Pratica delle Misure	*Campi Elettromagnetici e c. A *Misure elettriche (3.B)
4	Elettronica Applicata II *Comunicaz. Elettriche (gen.) (4.A)	*Misure Elettroniche A o B *Controlli automatici (gen.) (4.B)
5	(5.A) (5.B) (5.C)	*Automaz. Mis. Elettron. e Tel. *Metrologia Tempo e Frequenza (5.F)

Altre materie potranno essere scelte dal seguente elenco:

**IN062** Compatibilità Elettromagnetica

**IN554** Rivelatori di Radiazioni, Trasduttori e Sensori

**IN381** Strumentazione per Bioingegneria

**IN380** Strumentazione Fisica

Si ricorda agli studenti che questo ultimo corso non fa parte dell'insieme dei corsi ufficiali del corso di laurea in Ingegneria elettronica, e pertanto è sottoposto alla limitazione sul numero massimo di corsi estranei al corso di laurea.

### 4) Settore: Elettronica

Il settore Elettronica è suddiviso in tre sottosettori per i quali seguono le descrizioni e i suggerimenti.

#### 4.1) Sottosettore: Microelettronica

Il sottosettore di Microelettronica fornisce le nozioni di base per l'analisi e la progettazione di sistemi elettronici integrati, sia analogici sia digitali.

Lo spettro delle conoscenze necessarie ad un esperto di questo settore si estende dalle nozioni di fisica e tecnologia dei dispositivi, fino alla organizzazione hardware e software di sistemi complessi. I corsi previsti forniscono solide nozioni di elettro-

nica applicata, orientate al progetto ed all'impiego di dispositivi VLSI (Very Large Scale Integration). Viene posto particolare accento sull'impiego di strumenti CAD (Computer Aided Design) di diverso tipo e livello, nelle varie fasi della progettazione.

Il piano degli studi può essere organizzato così:

<i>Anno</i>	<i>1° periodo didattico</i>	<i>2° periodo didattico</i>
3	Elettronica Applicata I Teoria delle Reti Elettriche *Calcolatori e Programmazione	*Campi Elettromagnetici e c. B *Dispos. Elettron. Stato Solido *Sistemi operativi
4	Elettronica Applicata II *Comunicaz. Elettriche (gen.) *Teoria Prog. Circ. Logici	Misure Elettroniche *Controlli automatici (gen.) *Elettronica per Telecomunicaz.
5	*Organiz. Macchine Numeriche (5.B) (5.C)	*Tecnologie Elettroniche (5.E) (5.F)

Sono consigliati anche i seguenti corsi:

**IN354** Reti di Telecomunicazioni

**IN369** Sistemi di Elaborazione dell'Informazione II

**IN403** Tecnica delle Iperfrequenze

**IN034** Automazione delle Misure e Telemisure

**IN062** Compatibilità Elettromagnetica

#### 4.2) Sottosettore: Elettronica Applicata

Il sottosettore di Elettronica Applicata fornisce le nozioni di base per la progettazione di sistemi elettronici con particolare riferimento alle applicazioni nei settori industriali, dell'automazione, dei controlli e delle misure.

Il campo delle conoscenze necessarie in questo settore si estende dalle nozioni di tecnologia dei dispositivi, alle tecniche del controllo ai sistemi di elaborazione.

Il piano degli studi può essere organizzato così:

<i>Anno</i>	<i>1° periodo didattico</i>	<i>2° periodo didattico</i>
3	Elettronica Applicata I Teoria delle Reti Elettriche *Calcolatori e Programmazione	*Campi Elettromagnetici e c. B *Dispos. Elettron. Stato Solido *Misure Elettriche
4	Elettronica Applicata II *Comunicaz. Elettriche (gen.) *Teoria Prog. Circ. Logici	*Misure Elettroniche A o B *Controlli automatici (gen.) *Elettronica per Telecomunic.
5	*Macchine Elettriche Statiche (5.B) (5.C)	*Automazione (5.E) (5.F)

Sono consigliati anche i seguenti corsi:

- IN403** Tecnica delle Iperfrequenze
- IN034** Automazione delle Misure e Telemisure
- IN062** Compatibilità Elettromagnetica
- IN583** Azionamenti Elettrici
- IN306** Modellistica e Identificazione

#### 4.3) Sottosettore: Componenti e Tecnologie

In questo sottosettore vengono fornite le conoscenze di base necessarie per lo studio e il progetto di componenti elettronici destinati alla generazione e all'elaborazione dei segnali nei diversi campi di frequenza.

Lo spettro di conoscenze necessarie deve comprendere le problematiche dei materiali, la fisica avanzata, l'elettronica dei dispositivi, compresi quelli di interesse nel settore dell'ottica, la tecnologia.

Per soddisfare un particolare interesse alle applicazioni relative alle telecomunicazioni potrebbe essere utile la sostituzione di Comunicazioni Elettriche (gen.) con Teoria dei Segnali e Comunicazioni Elettriche (spec.).

Anno	1° periodo didattico	2° periodo didattico
3	Elettronica Applicata I Teoria delle Reti Elettriche (3.A)	*Campi Elettromagnetici e c. B *Dispos. Elettron. Stato Solido (3.B)
4	Elettronica Applicata II *Comunicaz. Elettriche (gen.) *Complementi di Fisica	(4.B) *Complementi di Campi Elettr. *Controlli Automatici (gen.)
5	(5.A) *Microelettronica *Tecnica delle Iperfrequenze	*Misure Elettroniche A *Tecnologie Elettroniche *Meccanica Statistica Applic. oppure *Fisica dello Stato Solido

Le altre materie devono essere preferibilmente scelte nel seguente elenco:

- IN051** Chimica Fisica
- IN586** Calcolo Numerico e Programmazione
- IN435** Teoria dei Segnali
- IN479** Comunicaz. Elettriche (spec.)
- IN370** Sistemi di Telecomunicazioni
- IN147** Elettronica Quantica

#### 5) Settore: Informatica

Il settore di Informatica si configura essenzialmente in tre sottosettori: Hardware, Software, Hardware/Software.

I corsi caratterizzanti di questo settore sono:

- 1) Calcolatori e programmazione

- 2) Sistemi operativi
- 3) Teoria e progetto dei circuiti logici

### 5.1) Sottosettore: Hardware

Il sottosettore Hardware fornisce le nozioni relative al funzionamento e alla progettazione di sistemi numerici di elaborazione, con particolare riferimento agli aspetti circuitali. I corsi centrali sono Organizzazione delle Macchine Numeriche e Sistemi di Elaborazione dell'Informazione II, attraverso i quali l'allievo acquisisce le nozioni sui principali tipi di architetture moderne e capacità sul progetto delle parti circuitali fondamentali dei sistemi, con l'impiego di componenti LSI (Large Scale Integration) e VLSI (Very Large Scale Integration) appartenenti alle principali famiglie di microprocessori.

Il piano degli studi può essere organizzato così:

Anno	1° periodo didattico	2° periodo didattico
3	Elettronica Applicata I Teoria delle Reti Elettriche *Calcolatori e Programmazione	*Campi Elettromagnetici e c. B *Sistemi operativi (3.C)
4	Elettronica Applicata II *Teoria Prog. Circ. Logici (4.A)	Misure Elettroniche A *Controlli automatici (gen.) *Dispos. Elettron. Stato Solido
5	*Comunicaz. Elettriche (gen.) *Organiz. Macchine Numeriche (5.C)	*Sist. Elab. Informazione II (5.E) (5.F)

### 5.2) Sottosettore: Software

Il sottosettore Software fornisce le nozioni relative alla struttura e ai criteri di progetto del software di base dei sistemi di elaborazione, con particolare riferimento a linguaggi di programmazione e relativi compilatori, sistemi operativi, organizzazione e gestione di basi di dati. Fondamentali sono pertanto i corsi di Sistemi Operativi, Linguaggi di Programmazione e Compilatori e Reperimento dell'Informazione.

Il piano degli studi può essere organizzato così:

Anno	1° periodo didattico	2° periodo didattico
3	Elettronica Applicata I Teoria delle Reti Elettriche *Calcolatori e programmazione	*Campi Elettromagnetici e c. B *Sistemi operativi (3.C)
4	Elettronica Applicata II *Teoria Prog. Circ. Logici (4.A)	*Misure Elettroniche A *Controlli automatici (gen.) *Linguaggi Progr. Compilatori
5	*Comunicaz. Elettriche (gen.) (5.B) (5.C)	*Reperimento dell'Informazione (5.E) (5.F)

### 5.3) Sottosettore: Hardware/Software

Questo sottosettore è l'unione dei due precedenti e fornisce all'allievo gli elementi per la progettazione completa di un sistema di elaborazione, sia per quanto riguarda gli aspetti circuitali, sia per quanto riguarda il software di base.

Il piano degli studi può essere organizzato così:

Anno	1° periodo didattico	2° periodo didattico
3	Elettronica Applicata I Teoria delle Reti Elettriche *Calcolatori e programmazione	*Campi Elettromagnetici e c. B *Sistemi operativi (3.C)
4	Elettronica Applicata II *Teoria Prog. Circ. Logici (4.A)	*Misure Elettroniche A *Controlli automatici (gen.) *Linguaggi Progr. Compilatori
5	*Comunicaz. Elettriche (gen.) *Organiz. Macchine Numeriche (5.C)	*Reperimento dell'Informazione *Sist. Elabor. Informazione II (5.F)

Per tutti e tre i sottosettori, le altre materie sono preferibilmente da scegliersi tra le seguenti, a seconda dell'ulteriore indirizzo che si desidera seguire:

Per rivolgersi anche alle Telecomunicazioni:

IN435 Teoria dei Segnali

IN479 Comunicazioni Elettriche (spec.)

IN453 Trasmissione Telefonica

IN354 Reti di Telecomunicazioni

IN370 Sistemi di Telecomunicazioni

IN146 Elettronica per Telecomunicazioni

Per rivolgersi anche all'Automazione:

IN436 Teoria dei Sistemi

IN489 Controlli Automatici (spec.)

IN032 Automazione

IN393 Tecnica della Regolazione

IN089 Controllo Ottimale

IN355 Ricerca Operativa (vedi anche il settore Automazione)

## 6) Settore: Automazione

Il Settore Automazione è suddiviso in quattro sottosettori corrispondenti agli indirizzi ufficiali: la loro descrizione ed i suggerimenti relativi sono qui di seguito indicati.

### 6.1) Sottosettore: Automazione Industriale

Questo sottosettore intende formare una figura professionale nei campi seguenti:

- Modellizzazione di sistemi di produzione e di processi industriali
- Componenti e sistemi per la rilevazione, decisione e distribuzione dell'informa-

zione nei sistemi di produzione.

— Progetto di strutture decisionali complesse dedicate alla soluzione di problemi di pianificazione e controllo.

Il piano degli studi può essere organizzato così:

Anno	1° periodo didattico	2° periodo didattico
3	Elettronica Applicata I Teoria delle Reti Elettriche (3.A)	*Campi Elettromagnetici e c. B *Misure Elettriche (3.C)
4	Elettronica Applicata II *Comunicaz. Elettriche (gen.) *Teoria dei sistemi	*Misure Elettroniche C *Controlli automatici (spec.) *Modellistica e Identificazione
5	*Controllo dei processi *Ricerca Operativa (5.C)	*Automazione (5.E) (5.F)

#### 6.2) Sottosettore: Controllo dei Processi

Questo sottosettore intende formare una figura professionale nei campi seguenti:

— Modellizzazione di impianti industriali, prevalentemente per processi continui di produzione

— Progetto della strumentazione per il controllo dei processi

— Progetti di sistemi di controllo per apparati e impianti.

Il piano degli studi può essere organizzato così:

Anno	1° periodo didattico	2° periodo didattico
3	Elettronica Applicata I Teoria delle Reti Elettriche (3.A)	*Campi Elettromagnetici e c. B *Misure Elettriche (3.C)
4	Elettronica Applicata II *Comunicaz. Elettriche (gen.) *Teoria dei Sistemi	*Misure Elettroniche C *Controlli automatici (spec.) (4.B)
5	*Tecnica della Regolazione *Controllo dei Processi (5.C)	*Complementi di Controlli Aut. *Controllo Ottimale (5.F)

#### 6.3) Sottosettore: Automazione dei Servizi

Questo sottosettore intende formare una figura professionale nei campi seguenti:

— Individuazione di problemi decisionali nelle strutture organizzative gestionali e di produzione

— Progetto di strutture informative e decisionali

— Progetto di soluzioni ottimali.

Il piano degli studi può essere organizzato così:

<i>Anno</i>	<i>1° periodo didattico</i>	<i>2° periodo didattico</i>
3	Elettronica Applicata I Teoria delle Reti Elettriche (3.A)	*Campi Elettromagnetici e c. B *Misure Elettriche *Sistemi Operativi
4	Elettronica Applicata II *Comunicaz. Elettriche (gen.) *Teoria dei Sistemi	*Misure Elettroniche C *Controlli automatici (spec.) *Reperimento dell'Informazione
5	*Ricerca Operativa (5.B) (5.C)	*Controllo Ottimale *Automazione (5.F)

#### 6.4) Sottosettore: Informatica per l'Automazione

Questo sottosettore intende finalizzare le competenze di informatica (hardware e software) all'automazione della produzione e dei servizi.

Il piano degli studi può essere organizzato così:

<i>Anno</i>	<i>1° periodo didattico</i>	<i>2° periodo didattico</i>
3	Elettronica Applicata I Teoria delle Reti Elettriche *Teoria dei Sistemi	*Campi Elettromagnetici e c. B *Misure Elettriche *Controlli Automatici (spec.)
4	Elettronica Applicata II *Comunicaz. Elettriche (gen.) *Teoria Prog. Circ. Logici	*Misure Elettroniche C *Sistemi Operativi *Reperimento dell'Informazione
5	*Organiz. Macchine Numeriche (5.B) (5.C)	*Automazione (5.E) (5.F)

## 7. Settore: Avionica

Questo settore riguarda le applicazioni, di vario genere, dell'elettronica all'aeronautica, con particolare riferimento a sistemi e apparati elettronici installati a bordo di aerei per le comunicazioni, il controllo ed altri servizi.

Poiché gli ingegneri elettronici che saranno impegnati in questo settore dovranno collaborare assai strettamente con ingegneri e tecnici del settore aeronautico specifico, la preparazione fornita in questo settore è orientata a fornire una base culturale comune ai due ambienti, elettronico e aeronautico, e ciò è ottenuto includendo nel piano degli studi degli ingegneri elettronici alcuni corsi propri della Laurea in Ingegneria Aeronautica, più adatti a raggiungere lo scopo prefisso.

Comune a tutti i sottosettori è il corso di Aeronautica Generale, con l'obiettivo

appunto di fornire una preparazione generale sufficiente per stabilire un colloquio efficace con il mondo aeronautico.

Altri corsi presi in considerazione sono quello di Dinamica del Volo, che presenta i fattori aerodinamici ed inerziali che influiscono sul comportamento del velivolo, particolarmente importanti ai fini della costruzione di modelli da usare nei sistemi di controllo, e quello di Strumenti di Bordo, che offre una panoramica sulla strumentazione generalmente impiegata nel campo aeronautico, e nella quale l'importanza dell'elettronica è sempre più rilevante. La collocazione di questi corsi varia a seconda del sottosettore, come è indicato più oltre.

Inoltre, a proposito della scelta fra Fisica Tecnica, Scienza delle Costruzioni e Meccanica delle Macchine e Macchine, si suggerisce l'inserimento di quest'ultimo corso, data l'importanza degli aspetti meccanici in campo aeronautico.

Sono stati identificati tre sottosettori, Elettronico-Apparati, Elettromagnetico-Telecomunicazioni e Controlli, in sintonia con le principali diversificazioni del campo elettronico.

### 7.1 Sottosettore: Elettronico/Apparati

È orientato alla presentazione dei problemi di studio, valutazione e progettazione di apparati di tipo avionico, con particolare riferimento ad apparati di tipo numerico. È data importanza sia agli aspetti più squisitamente tecnologici, sia alle tecniche numeriche di trattamento dell'informazione.

Il piano di studi può essere organizzato così:

Anno	1° periodo didattico	2° periodo didattico
3	Elettronica Applicata I Teoria delle Reti Elettriche *Calcolatori e Programmazione	*Campi Elettromagnetici e c. B *Dispos. Elettron. Stato Solido *Meccanica delle macchine e m.
4	Elettronica Applicata II *Aeronautica Generale *Teoria Prog. Circ. Logici	*Misure Elettroniche A *Controlli automatici (gen.) (4.B)
5	*Comunicaz. Elettriche (gen.) (5.B) (5.C)	*Tecnologie Elettroniche *Strumenti di Bordo *Elettronica per Telecomunicaz.

Le altre materie devono essere preferibilmente scelte nel seguente elenco:

**IN314** Organizzazione delle Macchine Numeriche

**IN586** Calcolo Numerico e Programmazione

**IN213** Impianti di Bordo per Aeromobili

**IN113** Dinamica del Volo

**IN062** Compatibilità Elettromagnetica

### 7.2 Sottosettore: Elettromagnetico/Telecomunicazioni

È orientato alla presentazione dei problemi di studio, valutazione e progettazione di apparati e sistemi di telecomunicazioni e di telerilevamento di tipo avionico, con particolare riferimento agli aspetti di compatibilità elettromagnetica fra apparati e sistemi. È data importanza sia agli aspetti relativi alla trasmissione dell'informazione sia a quelli propri della propagazione di segnali radio.

Il piano di studi può essere organizzato così:

<i>Anno</i>	<i>1° periodo didattico</i>	<i>2° periodo didattico</i>
3	Elettronica Applicata I Teoria delle Reti Elettriche (3.A)	*Campi Elettromagnetici e c. A *Teoria dei Segnali *Meccanica delle Macchine e m.
4	Elettronica Applicata II *Comunicaz. Elettriche (spec.) *Aeronautica Generale	*Misure Elettroniche B *Controlli Automatici (gen.) *Trasmissione di Dati
5	*Propagazione Onde Elettrom. (5.B) (5.C)	*Sistemi di Telecomunicazioni *Compatibilità Elettromagnetica *Strumenti di Bordo

Le altre materie devono essere preferibilmente scelte nel seguente elenco:

**IN442** Teoria e Progetto dei Circuiti Logici

**IN586** Calcolo Numerico e Programmazione

**IN213** Impianti di Bordo per Aeromobili

**IN113** Dinamica del Volo

**IN403** Tecnica delle Iperfrequenze

**IN338** Progetto di Circuiti a Microonde

**IN064** Complementi di Campi Elettromagnetici

**IN018** Antenne

### 7.3 Sottosettore: Controlli avionici

È orientato alla presentazione dei problemi di studio, valutazione e progettazione di apparati e sistemi di automazione e controllo a bordo del velivolo, con particolare attenzione alla modellistica dinamica del velivolo. La base culturale prevalente è quella propria del settore dell'automazione.

Il piano di studi può essere organizzato così:

<i>Anno</i>	<i>1° periodo didattico</i>	<i>2° periodo didattico</i>
3	Elettronica Applicata I Teoria delle Reti Elettriche *Teoria dei Sistemi	*Campi Elettromagnetici e c. B Meccanica delle Macchine e m. *Controlli Automatici (spec.)
4	Elettronica Applicata II *Comunicaz. Elettriche (gen.) *Aeronautica Generale	*Misure Elettroniche A *Modellistica e Identificazione (4.B)
5	*Dinamica del Volo *Tecnica della Regolazione (5.C)	*Controllo ottimale (5.E) (5.F)

Le altre materie devono essere preferibilmente scelte nel seguente elenco:

- IN087** Controllo dei Processi  
**IN442** Teoria e Progetto dei Circuiti Logici  
**IN586** Calcolo Numerico e Programmazione  
**IN213** Impianti di Bordo per Aeromobili  
**IN383** Strumenti di Bordo  
**IN062** Compatibilità Elettromagnetica

## 8) Settore: Telematica

Il settore Telematica è indirizzato allo studio dei sistemi e delle tecniche per la realizzazione di applicazioni di informatica distribuita. I piani degli studi proposti permettono di acquisire conoscenze relative a reti di calcolatori, reti per trasmissione dati, sistemi multiprocessore e sistemi di calcolo parallelo.

L'interdisciplinarietà degli argomenti affrontati richiede la conoscenza degli argomenti trattati nei corsi propedeutici dei settori Telecomunicazioni ed Informatica. Il piano degli studi deve quindi contenere i corsi:

- 1) Calcolatori e programmazione
- 2) Teoria dei segnali
- 3) Comunicazioni elettriche (specialistico)

È consigliabile inoltre scegliere **IN596** Misure elettroniche B ed **IN602** Campi Elettromagnetici e Circuiti B.

I corsi caratterizzanti di questo settore sono:

- 1) Reti di telecomunicazioni
- 2) Organizzazione delle macchine numeriche
- 3) Sistemi di elaborazione dell'informazione II

Il settore Telematica comprende due sottosectori: Reti per Trasmissione Dati e Reti di Calcolatori.

Il primo è orientato prevalentemente agli aspetti relativi alle telecomunicazioni ed il secondo agli aspetti informatici.

### 8.1) Sottosectore: Reti per Trasmissione Dati

Il piano degli studi può essere organizzato così:

Anno	1° periodo didattico	2° periodo didattico
3	Elettronica Applicata I Teoria delle Reti Elettriche *Calcolatori e Programmazione	*Campi Elettromagnetici e c. B *Teoria dei Segnali *Sistemi Operativi
4	Elettronica Applicata II *Comunicaz. Elettriche (spec.) *Teoria Prog. Circ. Logici	*Misure Elettroniche B *Controlli automatici (gen.) *Trasmissione di dati
5	*Reti di Telecomunicazioni *Organiz. Macchine Numeriche (5.C)	*Sist. Elab. Informazione II (5.E) (5.F)

Le altre materie possono essere scelte nel seguente elenco:

- IN355** Ricerca Operativa
- IN586** Calcolo Numerico e Programmazione
- IN594** Teoria dell'Informazione
- IN146** Elettronica per Telecomunicazioni
- IN370** Sistemi di Telecomunicazioni

### 8.2) Sottosettore: Reti di Calcolatori

Il piano degli studi può essere organizzato così:

Anno	1° periodo didattico	2° periodo didattico
3	Elettronica Applicata I Teoria delle Reti Elettriche *Calcolatori e Programmazione	*Campi Elettromagnetici e c. B *Teoria dei Segnali *Sistemi Operativi
4	Elettronica Applicata II *Comunicaz. Elettriche (spec.) *Teoria Prog. Circ. Logici	*Misure Elettroniche B *Controlli automatici (gen.) *Trasmissione di Dati
5	*Reti di Telecomunicazioni *Organiz. Macchine Numeriche (5.C)	*Sist. Elab. Informazione II (5.E) (5.F)

Le altre materie possono essere scelte fra quelle del seguente elenco:

- IN355** Ricerca Operativa
- IN353** Reperimento dell'Informazione
- IN242** Linguaggi di Programmazione e Compilatori.

\* \* \*

Infine, per tutti i settori, oltre alle materie caratterizzanti ed alle materie consigliate, è possibile inserire non più di due materie esterne al corso di laurea in Ingegneria Elettronica (in ogni caso non prima del terzo anno di corso). È possibile inserire nel proprio piano individuale degli studi un numero di corsi esterni superiore a due, solo se sono in soprannumero rispetto ai 29 previsti per questo Corso di Laurea.

In particolare, per coloro che volessero completare la preparazione professionale nel settore prescelto con una formazione economica, si suggeriscono i seguenti corsi della Facoltà di Economia e Commercio:

- 02040** Economia Politica I A (annuale)
- 02030** Economia dell'Impresa (primo periodo didattico)
- 02215** Economia e Politica Industriale (secondo periodo didattico)

Il primo corso elencato costituisce precedenza per gli altri due.

Dall'anno accademico 1988-89 dovrebbe essere inoltre attivato presso questa Facoltà di Ingegneria il corso di:

- IN125** Economia e Politica Economica



## **PROGRAMMI**

Seguono in ordine alfabetico, i programmi degli insegnamenti ufficiali del Corso di Laurea.



## IN006 AERONAUTICA GENERALE

Prof. Attilio LAUSETTI

Dip. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale

IV ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Apparati avionici  
Controlli avionici

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	84	56	—
Settimanale (ore)	6	4	—

*Il corso si propone di fornire le cognizioni fondamentali necessarie al calcolo delle caratteristiche di volo a regime, della autonomia, delle capacità di carico, degli spazi e tempi di decollo e atterramento, della stabilità e della manovrabilità longitudinale laterale e direzionale, del volo manovrato e in raffica nonché del comportamento in vite dei velivoli ad elica e a getto.*

*Per gli allievi elettronici verranno premesse alcune lezioni di statica dell'atmosfera, di aerostatica, e di aerodinamica sperimentale indispensabili per una facile comprensione degli argomenti fondamentali del corso.*

*Si trattano anche brevemente i più importanti problemi relativi alla scelta e alla determinazione delle rotte.*

*Nozioni propedeutiche: Meccanica delle macchine e macchine.*

## PROGRAMMA

*Atmosfera:* esplorazione dell'Atmosfera, troposfera e stratosfera, variazione della temperatura e della pressione con la quota; studio teorico dell'atmosfera in riposo: atmosfera ideale isoterma, adiabatica, politropica, aria tipo internazionale; livellazione barometrica, formula di Laplace, riduzione di barogrammi in aria tipo.

*Aerostatica:* aerostato ideale a volume o a peso di gas costante, plafond, uso della zavorra, dominio statico della quota, regimi di pressione nell'interno dell'aerostato, conseguenza delle variazioni di temperatura e di pressione sulla salita e discesa dell'aerostato; dirigibili flosci, semirigidi, rigidi, cenni costruttivi, caratteristiche di volo a regime, autonomia con o senza vento, mezzi per diminuire il consumo di gas leggero, uso di combustibili gassosi, pregi e difetti del dirigibile.

*Prestazioni dei velivoli:* forze e momenti aerodinamici, polare dell'ala, polare del velivolo; equazione generali del moto uniforme del velivolo, il volo librato, polare delle velocità, velocità limite, velocità minima di sostentamento con e senza ipersostenatori, spinte necessarie al volo; caratteristiche di impiego del turboreattore, caratteristiche di volo del turbogetto, tempi di salita, quota di tangenza teorica e pratica; potenza necessaria al volo a quota zero e alle diverse quote, assetto di potenza minima e di minimo consumo chilometrico; il motore d'aeroplano, variazione della potenza con la quota; geometria dell'elica, calettamento, passo geometrico ed aerodinamico, avanzamento per giro, formule di Rénard, diagrammi dell'elica, teoria impulsiva dell'elica, teorema di Froude; potenze disponibili con elica a passo fisso e con elica a passo variabile a numero di giri costante, coppia di reazione e coppia giroscopica dell'elica, nomogramma di Eiffel, nomogramma di Rith, adattamento dell'elica al velivolo, turboelica, potenze disponibili equivalenti, determinazione sperimentale della polare del velivolo delle prove di volo; resistenza e trazioni durante la fase di rullaggio, assetto ottimo di rullaggio, spazio di decollo del velivolo terrestre, atterramento su ostacolo, mancato decollo, norme ICAO sul decollo, portanza e resistenza odrodinamica degli scafi di idrovolante, spazio e tempo di decollo dell'idrovolante, consumi di combustibile durante le operazioni di decollo, salita fino alla quota di crociera, discesa, avvicinamento, atterraggio; autonomia del velivolo ad elica in aria calma, diagramma di utilizzazione, momento di trasporto, indice di consumo chilometrico, influenza del vento sull'autonomia, il volo ad efficienza costante, diagramma di marcia; autonomia e durata dell'aviogetto, determinazione sperimentale delle condizioni di autonomia massima, il volo ad assetto costante. Lossodromie e ortodromie: studio

volo ad assetto costante: Lossodromie e ortodromie: studio e scelta delle rotte.

*Stabilità*: equilibrio e stabilità statica longitudinale del velivolo, stabilità del tutt'ala, del senza coda e del velivolo normale con coda, stabilità a comandi liberi e bloccati, posizioni limiti posteriori e anteriori del baricentro, momento di cerniera, compensazione delle superfici mobili, influenza dell'elica e delle prese d'aria sulla stabilità; effetto diedro, momenti di rollio e imbardata dell'ala a diedro negli assetti deviati, valutazione pratica dell'effetto diedro complessivo del velivolo; manovra degli alettoni, velocità angolare di rollio a regime, fase transitoria, influenza della deformazione elastica dell'ala, velocità di inversione degli alettoni; stabilità e manovrabilità direzionale a comandi liberi e bloccati, trazione asimmetrica.

*Moti non uniformi*: volo non uniforme nel piano di simmetria, raggio minimo di curvatura, fattore di contingenza, traiettorie ondulate Lanchester, diagramma di manovra ICAO; moti curvi del velivolo, virata piatta, virata corretta, raggio minimo di curvatura, momenti processionali di inerzia nella virata, instabilità pendolare, instabilità spirale; il volo in aria agitata, raffica istantanea, raffica graduale, rilievi sperimentali sulla raffica, diagramma di raffica ICAO; l'autorotazione e suo studio sperimentale, la vite, la velocità verticale di discesa, caduta in vite, equilibrio al beccheggio, esperienze su modelli in volo libero, avvistamento simmetrico, manovre per entrare ed uscire dalla vite.

#### ESERCITAZIONI

Seguono passo a passo gli argomenti del corso con esercizi di carattere numerico.

#### TESTI CONSIGLIATI

A. Lausetti - F. Filippi, *Elementi di Meccanica del volo*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.

A. Lausetti, *L'Atmosfera in quiete*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.

A. Lausetti, *Lossodromie e Ortodromie*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.

**IN457 ANALISI MATEMATICA I**

Prof. Giuseppe CHITI (1° corso)

Dip. di Matematica

Prof. Paolo BOIERI (2° corso)

Prof. Anna R. SCARAFIOTTI (3° corso)

I ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

90

6

Es.

60

4

Lab.

40

4

*Il corso si propone di fornire allo studente gli elementi di base del calcolo infinitesimale per una metodologia di lavoro che da un lato lo avvia a utilizzare criticamente gli strumenti acquisiti, dall'altro a collegare (attraverso applicazioni a problemi di Fisica e Ingegneria) i corsi di Matematica ai successivi corsi di indirizzo. Il corso si svolge con lezioni ed esercitazioni settimanali.*

*Nozioni propedeutiche sono le nozioni fondamentali di Algebra, Geometria, e Trigonometria della scuola media superiore, il calcolo dei logaritmi e il linguaggio della teoria degli insiemi.*

**PROGRAMMA**

Richiami e complementi di teoria degli insiemi.

I numeri reali.

I numeri complessi.

Elementi di geometria analitica piana.

Nozioni di topologia su  $\mathbb{R}$  e su  $\mathbb{C}$ .

Definizione di continuità e di limite.

Calcolo sui limiti. Confronto di funzioni.

Derivata di una funzione e prime applicazioni.

Le funzioni elementari.

Proprietà globali delle funzioni continue.

Funzioni monotone. Funzioni convesse.

Teorema del valor medio e applicazioni primitive. Integrazione delle funzioni elementari.

Formula di Taylor. Polinomio osculatore.

Sviluppi asintotici.

Sistemi dinamici continui, equazioni differenziali ordinarie.

**ESERCITAZIONI**

In esse vengono illustrati gli argomenti del corso, mediante esempi ed esercizi.

**TESTI CONSIGLIATI**G. Geymonat, *Lezioni di Matematica I*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1981.

## IN014 ANALISI MATEMATICA II

Prof. Andrea BACCIOTTI (1° corso)      Dip. di Matematica  
 Prof. Fulvio RICCI (2° corso)  
 Prof. Michele ELIA (3° corso)

II ANNO	Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
1° PERIODO DIDATTICO	Annuale (ore)	—	—	—
	Settimanale (ore)	—	—	—

*Il corso si propone di completare la formazione matematica di base dello studente, con riferimento in particolare all'integrazione in più dimensioni, alla risoluzione di sistemi di equazioni differenziali ed ai metodi di sviluppo in serie, ponendo in risalto quegli aspetti che preparano e preludono alla comprensione di tecniche matematiche specialistiche indispensabili nella moderna ingegneria.*

*Il corso comprende, oltre alle ore di lezioni, ore di esercitazione.*

*Propedeutici sono i corsi di Analisi Matematica I e di Geometria.*

## PROGRAMMA

Integrali definiti e impropri in una variabile.  
 Serie numeriche.  
 Proprietà delle funzioni continue di più variabili.  
 Integrali dipendenti da un parametro.  
 Spazi vettoriali normati.  
 Successioni e serie di funzioni.  
 Serie di potenze.  
 Serie di Fourier.  
 Integrali multipli.  
 Integrali curvilinei e di superficie.  
 Integrazione dei campi vettoriali: integrali di linea e di flusso.  
 Punti stazionari vincolati e moltiplicatori di Lagrange.  
 Equazioni e sistemi differenziali ordinari.  
 Sistemi lineari: Matrice esponenziale.

## ESERCITAZIONI

Parallelamente agli argomenti delle lezioni vengono svolti esercizi in aula e/o (se possibile) col calcolatore.

## TESTI CONSIGLIATI

A. Bacciotti - F. Ricci, *Lezioni di Analisi Matematica 2*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.  
 Leschiutta - Moroni - Vacca, *Esercizi di Matematica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.  
 H.B. Dwight, *Tables of integrals and other mathematical data*, McMillan.

## IN018 ANTENNE

Prof. Mario OREFICE

Dip. di Elettronica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Propagazione e antenne

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

80

6

Es.

—

—

Lab.

8

—

*Il corso intende approfondire la teoria e i criteri di progetto delle antenne, con particolare risalto per gli aspetti applicativi e pratici. Esempi specifici ed esercizi verranno man mano svolti durante il corso senza distinzione tra lezione ed esercitazione. Il corso si svolgerà con 6 ore di lezione settimanali durante le quali saranno anche svolti esercizi; sono inoltre previste 6-8 ore in laboratorio e 1-2 visite ad aziende. Esame propedeutico è 'Campi Elettromagnetici e Circuiti'; è inoltre utile la conoscenza delle tecniche di programmazione su calcolatori (FORTRAN) per lo svolgimento di lavori individuali o di gruppo.*

## PROGRAMMA

Concetti fondamentali sull'irradiazione e nozioni generali sulle antenne.

Irradiazione da antenne ad apertura. Trattazione di problemi elettromagnetici con metodi quasi ottici. Metodi di calcolo del campo diffratto: metodo delle aperture, metodo dell'ottica fisica. Analisi e progetto di vari tipi di antenne: trombe, paraboloidi, cassegain. Antenna a fascio sagomato, lenti. Antenne per telecomunicazioni e per applicazioni aerospaziali. Teoria della diffrazione e sue applicazioni.

Irradiazione da antenne filiformi: tecniche di calcolo. Accoppiamento tra antenne: mutua impedenza. Metodo dei momenti.

Antenne per VLF, LF, MF: criteri generali ed esempi. Antenne ad elementi parassiti: Yagi-Uda, ecc. Antenne a larga banda: spirali coniche e piane, log-periodiche, ecc.

Antenne ad elica in modo assiale e normale. Antenne ad onda progressiva: antenne 'surface wave' e 'leaky wave'.

Schiere di antenne: metodi di calcolo e di progetto. Schiere a scansione elettronica: criteri generali di progetto, vari tipi di realizzazione, loro applicazioni.

Elementi irradianti delle schiere: trombe, dipoli, fessure.

Misure su antenne: guadagno, diagramma di irradiazione. Misure di fase, di polarizzazione e di impedenza. Varie tecniche di misura in campo lontano e in campo vicino.

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni sono integrate con le lezioni.

## LABORATORI

Tre-quattro esercitazioni di laboratorio, presso il laboratorio di iperfrequenze e/o antenne.

## TESTI CONSIGLIATI

Appunti presi da studenti e raccolti sotto forma di dispense. Sono inoltre di utile consultazione i seguenti testi:

Jasik - Johnson, *Antenne engineering handbook*, 2° Ed., McGraw Hill, 1984.

A. Rudge et al., *The handbook of antenna design*, 2 voll., Peter Peregrinus, 1983.

S. Silver, *Microwave antenna theory and design*, McGraw Hill, 1949.

J. Kraus, *Antennas*, McGraw Hill, 1950.

W. Rusch, *Lectures on reflector antennas*, Celid, Torino, 1979.

## IN498 APPLICAZIONI MATEMATICHE PER L'ELETTRONICA

Prof. Luciano PANDOLFI

Dip. di Matematica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Elettronica fisico-matematica

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	66	—	—
Settimanale (ore)	6	—	—

*Il corso si rivolge agli studenti che desiderano approfondire le proprie conoscenze di matematica, in particolare gli elementi dell'analisi funzionale e delle tecniche di ottimizzazione anche allo scopo di accedere a quella letteratura tecnica che più ne fa uso. Non sono previste esercitazioni, ma durante il corso verranno trattati esempi ed esercizi atti ad illustrare la parte teorica.*

## PROGRAMMA

Si presentano in modo critico alcuni richiami di concetti studiati nei corsi precedenti anche al fine di motivare i successivi sviluppi teorici. Si presentano le nozioni fondamentali dell'algebra lineare; in particolare, si studia il problema della rappresentazione in varie basi di una trasformazione lineare e della sua rappresentazione diadica.

Si danno le definizioni essenziali relative agli spazi lineari normati ed agli spazi dotati di prodotto interno. Il problema della completezza illustra l'insufficienza dell'integrazione secondo Riemann e si presentano le proprietà formali dell'integrale di Lebesgue.

Vengono illustrati e provati: il teorema delle proiezioni e quello di Riesz sulla rappresentazione dei funzionali lineari. Si studiano gli operatori lineari continui ed a grafico chiuso; in particolare, se ne studiano le proprietà spettrali e si studiano le funzioni di un operatore. Si illustra la rappresentazione spettrale degli operatori autoaggiunti, provandola in un caso particolare.

Si introducono le funzioni convesse su uno spazio lineare normato e si studiano problemi di minimo per esse. In particolare, si presenta il metodo dei moltiplicatori di Lagrange.

Si studia il problema della sensitività rispetto a perturbazioni sui vincoli.

Gli argomenti trattati verranno illustrati con esempi tratti dalle applicazioni.

## TESTI CONSIGLIATI

La scelta degli argomenti rifletterà quella del testo:

B. Friedman, *Principles and Techniques of Applied Mathematics*, J. Wiley, New York, 1956. All'inizio del corso, il testo manoscritto delle lezioni sarà a disposizione degli studenti.

## IN032 AUTOMAZIONE

Prof. Basilio BONA

Dip. di Automatica e Informatica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Automazione dei Servizi

Automazione Industriale

Controllo dei Processi

Informatica per l'Automazione

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

Lab.

74

36

36

6

2

2

*Il corso si propone di illustrare gli aspetti più rilevanti dell'automazione e del controllo dei processi industriali con l'impiego di strutture informatiche (concentrate e distribuite). Particolare livello viene dato soprattutto alle fasi della modellistica del processo e della ottimizzazione del controllo trattate da un punto di vista essenzialmente applicativo, cioè mettendo in evidenza, attraverso una serie di esempi, i problemi concreti, più che la presentazione di teorie e metodi propedeutici alle applicazioni. Il corso presenterà alcune nozioni di base sui sistemi flessibili di produzione (FMS) e robotica.*

*Il corso si svolgerà attraverso lezioni e frequenza al laboratorio informatico LAIB. È propedeutico per allievi Elettronici il corso di Controlli Automatici Spec., per gli allievi Meccanici il corso di Regolazioni Automatiche.*

*È opportuna una conoscenza di base di calcolatori (Sistemi di Elaborazione o frequenza al LAIB).*

*Il corso viene svolto utilizzando la lavagna luminosa; una copia della raccolta dei lucidi viene messa a disposizione degli studenti.*

### PROGRAMMA

Generalità sul controllo dei processi, sul suo rapporto con i controlli automatici e sulla sua evoluzione con particolare riguardo all'uso delle strutture informatiche.

Sviluppo di tecniche per la costruzione del modello matematico dell'impianto.

Esempi di sistemi che coinvolgono processi idraulici, termici, ecc.

Problematiche di controllo di sistemi multivariabili in presenza di disturbi additivi stocastici.

Controllo ottimale nei sistemi deterministici e stocastici.

Introduzione ai metodi di identificazione dei parametri del modello matematico con l'uso di tecniche deterministiche e statistiche.

Introduzione agli aspetti principali del problema della ottimizzazione stazionaria.

Introduzione alle problematiche ed alle tecniche di base dei sistemi flessibili di produzione e robotica.

### LABORATORIO

Durante il corso verranno sviluppate delle tesine su argomenti sia teorici che applicativi che verranno svolte dagli studenti usufruendo della struttura del LAIB.

Le ore di esercitazione saranno dedicate ad impostare le suddette tesine e ad assicurare la consulenza necessaria per il loro svolgimento.

### TESTI CONSIGLIATI

Per la varietà degli argomenti trattati riesce difficile indicare un unico testo di studio. Una parte del programma è contenuta in:

G. Quazza, *Controllo dei processi*, vol. 1, Clup, Milano, 1979.

Per quanto riguarda la robotica si fa riferimento a:

Y. Koren, *Robotics for Engineers*, McGraw Hill, New York, 1987.

H. Asada - J.E. Slotine, *Robot Analysis and Control*, Wiley, New York, 1986.

Per quanto riguarda l'identificazione e stima dei parametri si fa riferimento a:  
J. Norton, *An Introduction to Identification*, Academic Press, London, 1986.

Per quanto riguarda il controllo ottimale si fa riferimento a:

G. Bertoni - S. Beghelli - G. Capitani - M. Tibaldi, *Teoria e tecnica della regolazione automatica*, Pitagora Editrice, Bologna, 1973.

Per quanto riguarda le tecniche di ottimizzazione si fa riferimento a:

P.E. Gill - W. Murray - M.H. Wright, *Practical Optimization*, Academic Press, 1981.

## IN034 AUTOMAZIONE DELLE MISURE ELETTRONICHE E TELEMISURE

Prof. Umberto PISANI

Dip. di Elettronica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Misure elettroniche

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

52

4

Es.

48

4

Lab.

—

—

*Il corso ha lo scopo di familiarizzare gli allievi con i sistemi di misura costituiti da strumentazione programmabile controllata da un elaboratore elettronico. Per questo ci si basa sulle interfacce da strumentazione standard IEEE 488 (IEC 625), CAMAC e l'interfaccia seriale a basso costo HP-IL.*

*Saranno esaminate inoltre le problematiche connesse all'acquisizione dati mediante sistemi dedicati, al trattamento statistico dei dati sperimentali ed alla presentazione dei risultati di una misurazione.*

*Sono propedeutiche le conoscenze dei metodi di misura delle grandezze elettriche e della strumentazione elettronica proprie dei corsi di Misure Elettriche e Misure Elettroniche.*

### PROGRAMMA

1) L'automazione di un processo di misura, aspetti che caratterizzano e definiscono un'interfaccia per strumentazione.

2) L'interfaccia standard IEEE 488 (IEC 625): generalità, architettura, caratteristiche meccaniche elettriche e funzionali, trasferimento dei messaggi sul BUS, messaggi di comando, gestione delle richieste di servizio, funzioni d'interfaccia.

3) Aspetti operativi dell'interfaccia.

4) Analisi di un sistema di misura automatico: aree di intervento per migliorare l'efficienza del sistema.

5) Standard CAMAC per strumentazione e controllo di processi: caratteristiche generali, architettura, aspetti funzionali e gestione delle richieste di servizio.

6) L'interfaccia seriale per strumentazione HP-IL: caratteristiche generali, architettura, problematiche relative al bus seriale, aspetti funzionali, gestione delle richieste di servizio.

7) L'acquisizione di segnali analogici:

Trasduttori e sensori (caratteristiche essenziali e principi di funzionamento di alcuni sensori di uso più comune),

Condizionamento di un sensore,

Acquisizione multicanale (multiplexing analogico),

Sorgenti di disturbo e tecniche di riduzione,

Circuiti di campionamento e conversione A/D,

Interfacciamento.

8) Trattamento dei dati sperimentali:

Variabili statistiche a una e a due dimensioni e loro rappresentazione grafica, momenti di una variabile statistica e loro significato descrittivo, correlazione lineare in una variabile statistica a due dimensioni, variabili casuali, stima dei parametri di una variabile casuale ottenuta da estrazioni a caso, applicazione agli errori accidentali di misura, esempi di calcolo nel caso di misure dirette e nel caso di misure indirette.

### ESERCITAZIONI

Le esercitazioni riguardano l'implementazione di banchi automatici di misura asserviti a controllori del tipo HP-86, HP-87 e IBM XT. Gli allievi, a gruppi di 3 o 4, svolgeranno una tesina che consiste nello sviluppo di un programma di gestione di un banco di misura.

Gli argomenti di esercitazione riguardano in linea di massima:

— Misura automatica della caratteristica V-I di un diodo con estrazione dei parametri del modello.

— Gestione di un analizzatore di reti per bassa frequenza.

— Gestione di un analizzatore di reti a microonde.

— Gestione di un oscilloscopio digitale programmabile.

Viene richiesta una relazione scritta dell'esercitazione svolta che servirà per la valutazione di profitto finale.

## IN583 AZIONAMENTI ELETTRICI

Prof. Alfredo VAGATI

Dip. di Elettrotecnica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Elettronica industriale

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

60

6

Es.

—

—

Lab.

20

—

*Il corso si propone di analizzare gli azionamenti elettrici ad alte prestazioni dinamiche. Tali azionamenti trovano separatamente impiego nell'automazione industriale (macchine utensili, centri di lavoro, robotica).*

*Viene data particolare enfasi all'interazione tra la macchina elettrica e la struttura elettronica di potenza. Vengono prese in esame le classiche soluzioni adottanti motori a corrente continua, come pure le soluzioni innovative, impieganti motori in corrente alternata di vario tipo.*

*Gli apparati elettronici di potenza considerati sono del tipo 'switching' a transistori. Vengono inoltre trattate le moderne tecniche di comando, in particolare per le macchine in corrente alternata, nonché i principi necessari al controllo dell'azionamento nel suo complesso.*

*Nozioni propedeutiche: Principio di funzionamento delle macchine a corrente continua. Nozioni elementari sulla trasformazione elettromeccanica dell'energia. Principi di funzionamento dei transistori, degli amplificatori operazionali e dei circuiti logici.*

### PROGRAMMA

Il controllo dell'azionamento con prerogative di posizionamento.

Struttura ad anelli concentrici, feed forward.

Analisi delle prerogative di funzionamento in condizioni saturate. Analisi dell'effetto delle risonanze torsionali, delle non idealità presenti nei trasduttori etc.

Il servomotore in corrente continua a magneti permanenti.

Tipi di magneti permanenti.

Diverse strutture costruttive.

Modello dinamico e modello termico.

Amplificatori Switching per motori in c.c.

Analisi delle diverse tecniche di 'droppaggio' e di modulazione.

Nozioni elementari di progetto di Switches di potenza a transistori (bipolari e ad effetto di campo), nonché cenni sui relativi circuiti ausiliari.

Il Motore Sincrono a magneti permanenti: filosofie ed implementazione pratica.

Confronto tra le tecniche.

Struttura elettronica di potenza.

Il motore a induzione.

Modello dinamico.

Tecnica di comando ad orientamento di campo (vettoriale). Cenni sulle possibili strutture di osservazione del flusso.

Struttura elettronica di potenza e peculiarità di implementazione.

Il motore a riluttanza.

Modello dinamico.

Tecnica di comando vettoriale.

Particolarità costruttive.

Cenni sui vari trasduttori di misura presenti nell'azionamento e sulle loro diversificate modalità d'impiego.

**LABORATORI**

È prevista la possibilità di effettuare esercitazioni pratiche su qualche tipo di azionamento, tra quelli sopra citati.

**TESTI CONSIGLIATI**

Per quel che riguarda gli azionamenti D.C.:

B.C. Kuo - J. Tal, *D.C. Motors and Control Systems*, s.r.l. Publishing Company.

## IN036 CALCOLATORI E PROGRAMMAZIONE

Prof. Angelo SERRA

Dip. di Automatica e Informatica

III ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Informatica  
Telematica

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	84	28	56
Settimanale (ore)	6	2	4

*È il corso fondamentale degli indirizzi di Informatica per ingegneri elettronici ed è propedeutico a tutti gli altri corsi di questi indirizzi. Lo scopo del corso è quello di fornire informazioni approfondite sulla struttura del calcolatore, sulla rappresentazione dell'informazione al suo interno, sull'aritmetica binaria, le basi della programmazione in linguaggio assembler, sulle strutture dati e gli algoritmi per manipolarle.*

*Durante le lezioni saranno svolti numerosi esercizi esemplificativi inoltre gli allievi potranno svolgere esercizi pratici di programmazione sia in assembler che in linguaggi evoluti su PC e minielaboratori della classe VAX.*

*Nozioni propedeutiche: Sistemi di elaborazione dell'informazione.*

### PROGRAMMA

Aritmetica del calcolatore: rappresentazione di numeri interi, frazionari, reali e conversione tra diverse basi. Le quattro operazioni nelle diverse rappresentazioni.

Algebra di Boole, analisi e sintesi di circuiti con porte elementari e con blocchi complessi (full-adder e multiplexer). Cenni sui circuiti sequenziali e sugli elementi di memoria (RAM e ROM). Struttura del calcolatore: unità di calcolo, di memoria, di controllo, unità di ingresso/uscita. L'indirizzamento della memoria; uso del contatore di programma; le fasi di esecuzione dell'istruzione; le istruzioni del PC con esempi applicativi.

Organi periferici: video, stampante, nastri e dischi magnetici.

Le interruzioni: tecniche per la gestione di eventi esterni asincroni.

Software di base. Cenni sul sistema operativo MS-DOS.

Strutture dati. Algoritmi di ricerca, ordinamento, ecc.

Cenni di teoria della computabilità.

### ESERCITAZIONI

Risoluzione di problemi tratti dall'ingegneria, dalla matematica e dall'informatica attraverso l'analisi, il diagramma a blocchi, la codifica in linguaggio Assembler o in linguaggi evoluti in aula e su calcolatori di tipo PC o minielaboratori della serie VAX.

### TESTI CONSIGLIATI

A. Frisiani - L. Gilli, *Circuiti logici*, Franco Angeli, Milano, 1974.

M. Mezzalama, N. Montefusco, P. Prinetto, *Aritmetica dei calcolatori e codifica dell'informazione*, Utet, Torino, 1988.

## IN586 CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE

Prof. Paola MORONI

Dip. di Matematica

III ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Apparati di telefonia

Circuiti e tecnologie elettroniche

Sistemi di telecomunicazioni

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

70

5

Es.

42

3

Lab.

—

—

*Il corso ha lo scopo di preparare gli allievi soprattutto alla risoluzione numerica di modelli matematici con i mezzi del calcolo automatico. Gli allievi vengono inoltre addestrati alla programmazione scientifica con il linguaggio Fortran. Nel corso vengono affrontati i temi fondamentali del Calcolo numerico e la programmazione scientifica con il linguaggio Fortran.*

*Il corso si svolgerà con lezioni, esercitazioni e laboratorio (uso del calcolatore).*

*Nozioni propedeutiche: Analisi matematica I e II, Geometria.*

### PROGRAMMA

Rappresentazione dei numeri e operazioni aritmetiche in un calcolatore.

Errori, condizionamento di un problema e stabilità di un algoritmo.

Risoluzione di sistemi di equazioni lineari. Metodo di Gauss, fattorizzazione LU e Choleski.

Metodi iterativi: Jacobi, Gauss-Seidel, SOR.

Calcolo degli autovalori e autovettori di matrici: metodi delle potenze e potenze inverse, trasformazioni di similitudine (Householder), caso delle matrici tridiagonali simmetriche.

Approssimazione di funzioni e di dati. Interpolazione polinomiale e funzioni spline. Metodo dei minimi quadrati.

Derivazione numerica.

Calcolo delle radici di equazioni: metodi di bisezione, secanti, Newton; metodi iterativi in generale.

Alcuni metodi per la risoluzione di sistemi di equazioni non lineari.

Integrazione numerica: formule di Newton-Cotes e Gaussiane. Polinomi ortogonali.

Equazioni differenziali ordinarie. Problemi con valori iniziali: metodi one-step e multistep.

Sistemi Stiff.

### ESERCITAZIONI

Breve presentazione degli elaboratori elettronici. Linguaggio Fortran. Analisi ed implementazione dei metodi numerici presentati nelle lezioni. Risoluzione di problemi.

### LABORATORI

Un elaboratore elettronico è a disposizione (quotidianamente) degli studenti per la messa a punto e sperimentazione dei programmi di calcolo realizzati.

### TESTI CONSIGLIATI

G. Monegato, *Calcolo numerico*, Ed Levrotto & Bella, Torino, 1985.

A. Orsi Palamara, *Programmare in FORTRAN 77*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1987.

## IN601 CAMPI ELETTROMAGNETICI E CIRCUITI A

Prof. Rodolfo ZICH

Dip. di Elettronica

III ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

85

6

Es.

55

4

Lab.

6

—

*Il corso ha lo scopo di fornire le basi teoriche per la comprensione e l'analisi dei fenomeni di propagazione libera e guidata di onde elettromagnetiche. Questi due aspetti dell'elettromagnetismo sono trattati in modo sostanzialmente equivalente. Dopo avere risolto il problema generale dell'irradiazione, vengono analizzati i tipi più semplici di antenne. Per quanto riguarda la propagazione guidata, viene discusso il formalismo delle linee di trasmissione equivalenti e sono illustrati i tipi più comuni di guide d'onda, da quelle metalliche a quelle dielettriche (fibre ottiche).*

*Il corso si articola in lezioni ed esercitazioni in aula ed in laboratorio.*

*Nozioni propedeutiche: oltre i corsi del biennio di matematica e fisica sono indispensabili Elettrotecnica e Complementi di Matematica.*

*Si consiglia anche di aver seguito il corso di Teoria delle Reti Elettriche.*

### PROGRAMMA

Equazioni di Maxwell e equazioni d'onda nel dominio del tempo e della frequenza. Condizioni al contorno. Teoremi fondamentali: Poynting, unicità, equivalenza, reciprocità. Funzione di Green di un mezzo omogeneo. Campo irradiato da una generica distribuzione di correnti. Parametri caratteristici d'antenna e panoramica dei principali tipi di antenne. Formalismo delle linee di trasmissione equivalenti. Guide metalliche rettangolari, circolari e coassiali, microstriscie, fibre ottiche. Circuiti a parametri distribuiti, matrice scattering. Carta di Smith e applicazioni.

### ESERCITAZIONI

Sono previste 4 ore alla settimana di esercitazioni di calcolo relative a temi trattati nelle lezioni e ad argomenti complementari svolti nelle esercitazioni stesse.

### LABORATORI

Circa 6 ore sono dedicate a esercitazioni sperimentali di misura in laboratorio.

### TESTI CONSIGLIATI

R.Graglia - P.Petrini, *Appunti corso di Campi elettromagnetici*, Celid.

G. Franceschetti, *Campi elettromagnetici*, Boringhieri, Torino 1983.

F. Canavero - I. Montrosset - R.Orta, *Linee di trasmissione*, Levrotto & Bella (dispense).

## IN602 CAMPI ELETTROMAGNETICI E CIRCUITI B

Prof. Renato ORTA

Dip. di Elettronica

III ANNO

Impegno didattico

Lez.

Es.

Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore)

85

55

6

Settimanale (ore)

6

4

—

*Il corso ha lo scopo di fornire le basi teoriche per la comprensione e l'analisi dei fenomeni di propagazione libera e guidata di onde elettromagnetiche. La parte di programma relativa ai problemi di irradiazione è molto ridotta rispetto al corso di Campi Elettromagnetici e Circuiti A. La parte principale del corso è dedicata alla propagazione guidata in strutture di vario tipo, dalle linee di trasmissione alle guide metalliche, microstriscie, fibre ottiche. Sono analizzati anche i problemi di distorsioni di segnali su linee dispersive nonché i problemi di interferenza. Infine vengono discusse alcune tecniche di elaborazione ottica di segnali, con riferimento all'Optica di Fourier e all'Olografia.*

*Il corso si articola in lezioni ed esercitazioni in aula ed in laboratorio.*

*Nozioni propedeutiche: oltre i corsi del biennio di matematica e fisica sono indispensabili Elettrotecnica e Complementi di Matematica.*

*Si consiglia anche di aver seguito il corso di Teoria delle Reti Elettriche.*

## PROGRAMMA

Equazioni di Maxwell e equazioni d'onda nel dominio del tempo e della frequenza. Condizioni al contorno. Teoremi fondamentali: Poynting, unicità, equivalenza, reciprocità. Campo irradiato da una generica distribuzione di correnti. Parametri caratteristici d'antenna.

Formalismo delle linee di trasmissione equivalenti. Guide metalliche rettangolari, circolari e coassiali, microstriscie, fibre ottiche. Circuiti a parametri distribuiti, matrice scattering. Carta di Smith e applicazioni. Linee di trasmissione nel dominio del tempo e della frequenza. Problemi di distorsioni e interferenza. Ottica di Fourier. Filtraggio spaziale. Olografia.

## ESERCITAZIONI

Sono previste 4 ore alla settimana di esercitazioni di calcolo relative a temi trattati nelle lezioni e ad argomenti complementari svolti nelle esercitazioni stesse.

## LABORATORI

Circa 6 ore sono dedicate a esercitazioni sperimentali di misura in laboratorio.

## TESTI CONSIGLIATI

R. Graglia, P. Petri, *Appunti dal corso di campi elettromagnetici*, Celid.

G. Franceschetti, *Campi elettromagnetici*, Boringhieri, Torino 1983.

F. Canavero - I. Montrosset - R.Orta, *Linee di trasmissione*, Levrotto e Bella (dispense).

J. Goodman, *Introduction to Fourier Optics*, McGraw Hill, S.Francisco, 1968.

## IN463 CHIMICA

Prof. Gianfranca GRASSI (1° corso)  
 Prof. Giuseppina ACQUARONE  
 (2° corso)  
 Prof. Emma ANGELINI (3° corso)

Dip. di Scienza dei materiali e Ingegneria  
 Chimica

I ANNO  
 1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	90	45	—
Settimanale (ore)	6	3	—

*Il corso si propone di fornire le basi teoriche necessarie per la comprensione e l'interpretazione dei fenomeni chimici e di dare una breve rassegna delle proprietà degli elementi più comuni e dei loro principali composti. Esso si articola di conseguenza in tre parti: una di chimica generale alla quale vengono dedicate circa 60 ore di lezione; una di chimica inorganica (circa 20 ore di lezione) ed una di chimica organica (5-10 ore di lezione).*

*Il corso prevede 90 ore di lezione, 40 ore di esercitazione, 10 ore di proiezioni didattiche. Per seguire con profitto il corso sono sufficienti le nozioni di base relative alle leggi generali della chimica, alla simbologia e alla nomenclatura.*

## PROGRAMMA

**Chimica generale:** Sistemi omogenei ed eterogenei. Concetto di fase, di composto, di elemento. Leggi fondamentali della chimica. Teoria atomico-molecolare. Legge di Avogadro. Determinazione dei pesi atomici e molecolari. Concetto di mole. Calcoli stechiometrici.

Il sistema periodico degli elementi. Il modello atomico di Bohr. L'atomo secondo la meccanica quantistica. Interpretazione elettronica del sistema periodico. I raggi X.

Legame ionico, covalente, metallico. legami intermolecolari. Grado di ossidazione.

Isotopia. Energia di legame dei nucleoni. Radioattività. Fenomeni di fissione e di fusione nucleare.

Leggi dei gas. Dissociazione termica. Teoria cinetica dei gas. Legge di Graham. Calore specifico dei gas.

Lo stato solido. Reticolo cristallino e cella elementare. Difetti reticolari. Soluzioni solide. Lo stato liquido. Equazione di Clausius-Clapeyron. Tensione di vapore delle soluzioni. Crioscopia. Pressione osmotica.

Energia interna ed entalpia. Effetto termico delle reazioni. Entropia ed energia libera di reazione. Velocità di reazione. Catalisi. Legge dell'azione di massa. Principio dell'equilibrio mobile. Regola delle fasi. Diagrammi di stato a uno e due componenti. Applicazione della legge delle fasi agli equilibri chimici eterogenei.

Soluzioni di elettroliti. Elettrolisi. Costante di ionizzazione. Prodotto ionico dell'acqua, Acidi e basi. pH. Idrolisi. Prodotto di solubilità. Soluzioni tampone. Potenziale d'elettrodo. Serie elettrochimica. Tensioni di decomposizione. Potenziali di ossido-riduzione.

**Chimica inorganica:** Proprietà e metodi di preparazione industriale dei seguenti elementi e dei loro principali composti: idrogeno, ossigeno, sodio, rame, calcio, zinco, alluminio, carbonio, silicio, azoto, fosforo, cromo, uranio, zolfo, manganese, alogeni, ferro.

**Chimica organica:** Cenni su idrocarburi saturi e insaturi e derivati alogenati; alcoli, aldeidi, chetoni, acidi organici, esteri, ammine, ammidi, nitrili; benzene e suoi omologhi, fenoli, nitroderivati, ammine aromatiche.

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni sono dedicate all'ampliamento di alcuni argomenti oggetto di lezione, ad esperienza di laboratorio e a calcoli relativi agli argomenti di chimica generale. Esse vengono integrate dalla proiezione di film didattici.

TESTI CONSIGLIATI

C. Brisi - V. Cirilli, *Chimica generale e inorganica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.

M.J. Sienko - R.Q. Plane, *Chimica: principi e proprietà*, Piccin, Padova.

C. Brisi, *Esercitazioni di Chimica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.

P. Silvestroni, *Fondamenti di Chimica*, Librerie Eredi Virginio Veschi, Roma.

L. Rosemberg, *Teoria e applicazioni di chimica generale*, Collane Schaum, Etas Kompass.

## IN051 CHIMICA FISICA

Prof. Mario MAJA

Dip. di Scienza dei Materiali e Ingegneria  
Chimica

III ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Componenti e tecnologie

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	84	40	—
Settimanale (ore)	6	4	—

*Il corso che viene sviluppato con l'intento di dare agli allievi le basi concettuali necessarie per lo studio delle reazioni e dei processi chimici, è suddiviso in tre parti. Nella prima parte è discusso il calcolo delle caratteristiche termodinamiche e delle condizioni di equilibrio di sistemi omogenei, anche considerando le proprietà molecolari delle singole specie; viene considerato inoltre il caso dell'equilibrio nei sistemi eterogenei.*

*Nella seconda parte del corso vengono studiate le modalità di evoluzione dei sistemi. Nella terza parte del corso vengono trattati argomenti riguardanti le proprietà delle soluzioni elettrolitiche ed i fenomeni superficiali.*

*Il corso è integrato con numerose esercitazioni di calcolo e di laboratorio.*

*Lo studio della materia presuppone la conoscenza dei principi fondamentali della Chimica e della Fisica.*

## PROGRAMMA

*Sistemi omogenei.* Leggi termodinamiche; equilibrio chimico; bilancio energetico; equazione di Gibbs-Helmholtz; equazione di Clapeyron; potenziali chimici; isocora e isoterma di Van't Hoff; resa delle reazioni, reazioni in condizioni adiabatiche; teorema del calore ed il terzo principio; miscele ideali; equilibri di membrana.

*Interpretazione molecolare della termodinamica.* Statistica di Maxwell-Boltzmann, gas ideali; introduzione alla meccanica quantistica; i sistemi gassosi; equazioni di stato.

*Sistemi reali.* Fugacità di gas; attività nei liquidi; equilibri bifasici; azeotropi.

*Sistemi eterogenei.* Regola delle fasi; i diagrammi di stato; sistemi con più di tre componenti. Soluzioni elettrolitiche. Teoria elementare degli elettroliti; teoria di Debye-Huckel; pile elettrochimiche e potenziali di elettrodo; equilibrio di membrana; potenziali di diffusione.

*Fenomeni superficiali.* Potenziali e curvatura delle superfici; teorema di Gibbs; fenomeni superficiali per solidi; assorbimento di gas su solidi; le soluzioni colloidali.

*La cinetica.* La velocità delle reazioni; determinazione dell'ordine di reazione; reazioni concomitanti e consecutive; reazioni monomolecolari; energia di attivazione; teoria delle velocità assolute di reazione; reazioni a catena; reazioni eterogenee; la catalisi; reazioni fotochimiche; processo primario.

## ESERCITAZIONI

Nelle esercitazioni di calcolo vengono sviluppati esempi scelti tra le più significative applicazioni della Chimica fisica all'Ingegneria.

## TESTI CONSIGLIATI

M. Maja, *Note di termodinamica e cinetica chimica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.

M. Maja - P. Spinelli, *Applicazioni di termodinamica e cinetica chimica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.

S. Carrà, *Introduzione alla termodinamica chimica*, Ed. Zanichelli.

W.J. Moore, *Chimica fisica*, Ed. Piccin.

C.R. Metz, *Teoria e problemi di Chimica fisica*, Ed. Schaum.

## IN062 COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA

Prof. Ermanno NANO

Dip. di Elettronica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Elettronica circuitale  
Misure elettroniche

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

56

4

Es.

28

2

Lab.

4

—

*Il corso ha lo scopo di fornire nozioni di carattere alquanto particolare, che non sono comprese nei corsi di Radiotecnica e di Misure elettroniche, riguardanti la compatibilità elettromagnetica in generale e lo studio delle sorgenti di radiodisturbi e loro misura.*

*Durante il corso le lezioni sono seguite da esercitazioni di calcolo, con visite e dimostrazioni.*

*Nozioni propedeutiche: si consiglia di aver seguito i corsi di Elettronica Applicata I e II e di Radiotecnica.*

### PROGRAMMA

Introduzione alla compatibilità elettromagnetica. Problemi di pericolosità dei campi molto intensi. Classificazione dei radiodisturbi e degli apparecchi che li generano. Loro effetti sulla radiodiffusione e sugli apparecchi elettronici. Propagazione dei radiodisturbi per convogliamento e per irradiazione. Misuratori di radiodisturbi: schema a blocchi e caratteristiche. Studio della risposta di un misuratore ai vari tipi di disturbi. La misura dei radiodisturbi: misure di tensioni e varie reti normalizzate; Misure di campo e vari tipi di antenne. Norme CISPR e MIL-STD. Analizzatori di spettro: studio della loro risposta ai disturbi ed applicazione nel campo della compatibilità.

### ESERCITAZIONI

Esercizi di calcolo sulle misure dei radiodisturbi.

### LABORATORI

Dimostrazioni di laboratorio (presso l'IEN) di misure di radiodisturbi.

### TESTI CONSIGLIATI

E. Nano, *Compatibilità elettromagnetica (radiodisturbi)*, Ed. Boringhieri, Torino, 1979.

## IN064 COMPLEMENTI DI CAMPI ELETTROMAGNETICI

Prof. Ivo MONTROSSET

Dip. di Elettronica

IV o V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Comunicazioni ottiche  
Elettronica fisico-matematica  
Propagazione e antenne

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

6

10

1

Lab.

—

—

*Il corso intende sviluppare argomenti legati allo studio ed alla progettazione di componenti e dispositivi utilizzati nelle comunicazioni ottiche e di notevole importanza nei sistemi di trasmissione ad altissima capacità e nel processamento ottico dell'informazione.*

*Nella presentazione degli argomenti, particolare attenzione è data agli aspetti fisici, alla numerizzazione ed alla interpretazione fisica dei risultati teorici e numerici.*

### PROGRAMMA

*Guide planari per circuiti ottici integrati e a microonde:* caratteristiche modali (spettro discreto e continuo, onde leaky, perdite) di strutture stratificate con indice di rifrazione costante a tratti e non uniforme (soluzioni esatte, metodi WKB e delle funzioni di confronto, metodo dell'indice di rifrazione efficace), guide accoppiate e guide realizzate con materiali anisotropi. *Accoppiamento modale in guide dielettriche:* accoppiamento tra modi (equiversi e/o contro-versi) dello spettro discreto, e fra modi discreti e continui. Studio dei vari fenomeni di accoppiamento: prossimità tra guide, effetti elettroottico ed acustoottico, guide periodiche, guadagno ed elettroassorbimento in materiali semiconduttori.

*Ottica integrata:* dispositivi planari semplici (lenti, deflettori di fascio, ecc.), dispositivi sfruttanti l'accoppiamento modale (filtri, riflettori, appocciatori direzionali, commutatori, demultiplexer, convertitori di polarizzazione, ecc.), altri dispositivi quali modulatori di ampiezza e fase ad alta velocità, componenti per sistemi di trasmissione coerenti, ecc. Circuiti ottico integrati quali: matrici di commutazione, porte e logiche ottiche veloci, circuiti bistabili, convertitori A/D e D/A, analizzatore di spettro, ed applicazioni ai sistemi di trasmissione in fibra ottica ed ai processori ottici.

*Laser a semiconduttore:* analisi e progettazione elettromagnetica (modi ottici, distribuzione di portatori e loro interazione): corrente di soglia, condizioni di funzionamento monomodali; laser a cavità accoppiate, DBF e DBR, caratteristiche spettrali, stabilizzazione in frequenza; amplificazione ottica.

*Ottica non lineare guidata:* cenni sugli effetti non lineari del secondo e terzo ordine e sui materiali, guide dielettriche con materiali non lineari (modi, effetti di bistabilità, ecc.), generazione di seconda armonica, amplificatori ed oscillatori parametrici in guide ottiche, effetti nonlineari del terzo ordine e loro applicazioni.

### ESERCITAZIONI

Non vi è distinzione netta tra lezioni ed esercitazioni. Agli sviluppi teorici si fanno seguire esempi in modo da far acquisire esperienza anche sugli aspetti applicativi dei problemi esaminati.

## IN065 COMPLEMENTI DI CONTROLLI AUTOMATICI

Prof. Maurizio VALLAURI

Dip. di Automatica e Informatica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Controllo dei processi

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	80	24	—
Settimanale (ore)	6	2	—

*Il corso si propone di esporre i principi teorici e metodologici del controllo digitale di sistemi dinamici lineari agli allievi (in particolare elettrotecnici ed elettronici) i quali, dopo avere seguito i corsi fondamentali sui sistemi e controlli, desiderino un complemento agli stessi senza gli approfondimenti offerti d corsi di maggiore specializzazione.*

*Il piano di svolgimento è di sei ore di lezione e due ore di esercitazioni per settimana. Nozioni propedeutiche: Controlli Automatici.*

### PROGRAMMA

- 1) Fenomeni del campionamento.
- 2) Descrizione matematica del campionamento.
- 3) La trasformazione z.
- 4) Descrizione di sistemi campionati per mezzo della trasformazione z.
- 5) Stabilità dei sistemi campionati.
- 6) Progetto per tempo di assestamento finito ( $\leq d \text{ beat}$ ).
- 7) I sistemi campionati nello spazio stato.
- 8) Generalità sui problemi di identificazione di un sistema e sui problemi di stima parametrica.
- 9) Generalità sul controllo di sistemi multivariabili e sul controllo ottimo.
- 10) La stima ottica stocastica, il metodo Baxyesiano di stima dei parametri e il filtro di Kalman.
- 11) Generalità sul controllo di sistemi incerti con approssimazione in norma.

### ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consisteranno nella impostazione, risoluzione e discussione di problemi e nella esposizione di argomenti integrativi del corso di lezioni.

### TESTI CONSIGLIATI

Durante il corso gli allievi avranno a disposizione una copia riproducibile di appunti manoscritti sulla materia trattata.

Per i primi sette capitoli il corso si appoggia al testo seguente:

O. Föllinger, *Lineare abtastsysteme*, 2. Auflage, R. Oldenbourg Verlag, München, Wien, 1982.

Di ausilio alle altre parti del corso sono i seguenti testi:

R. Isermann, *Digitale Regelsysteme, Zweite überarbeitete und erweiterte Auflage*, Springer Verlag, Berlin, 1987.

R. Isermann, *Identifikation dynamischer Systeme*, Springer Verlag, Berlin, 1988.

## IN067 COMPLEMENTI DI FISICA

Prof. Carla BUZANO

Dip. di Fisica

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Comunicazioni ottiche

Elettronica fisica

Microelettronica

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

70

6

Es.

20

2

Lab.

—

*Il corso si propone, partendo dalle conoscenze acquisite dagli studenti nei corsi di Fisica I e II, di fornire degli approfondimenti nell'ambito della Fisica con particolare riguardo alla teoria della Meccanica Quantistica e alla Fisica Statistica, tali da consentire di seguire con una base adeguata corsi successivi di rilevante contenuto fisico.*

*La prima parte del corso sviluppa i concetti, la seconda è dedicata ad applicazioni riguardanti le proprietà magnetiche e dielettriche dei solidi e il fenomeno della superconduttività.*

*Il corso è anche utile come momento di approfondimento di quegli elementi di meccanica quantistica che sono stati introdotti in forma sintetica in precedenti corsi. Nozioni propedeutiche: Fisica I e II, Analisi Matematica I e II.*

## PROGRAMMA

## A) Sviluppo della metodologia.

- Richiami di meccanica analitica (Lagrangiana ed eq. di Lagrange. Hamiltoniana ed equazione di Hamilton. Parentesi di Poisson. Trasformazioni canoniche).
- Oscillazioni libere di sistemi a N gradi di libertà: coordinate normali. Passaggio al continuo (Vibrazioni di una corda: Modi normali del campo elettromagnetico).
- Nozioni fondamentali di meccanica quantistica (operatori e osservabili. Il principio di corrispondenza. Il principio di sovrapposizione. L'equazione di Schrodinger. Autovalori e autofunzioni. Il principio di indeterminazione).
- Dinamica quantistica (Rappresentazione di Schrodinger. Rappresentazione di Heisenberg. Rappresentazione di Tomonaga).
- Applicazioni elementari di meccanica quantistica (Oscillatore armonico. Buca di potenziale rettangolare. Potenziale periodico).
- Altri concetti di meccanica quantistica (Momento angolare. Spin e statistica: bosoni e fermioni. Principio di esclusione di Pauli).
- Teoria quantistica di sistemi composti di particelle identiche (Seconda quantizzazione di sistemi di bosoni identici. Seconda quantizzazione di sistemi di fermioni identici)
- Ensembles statistici (Matrice densità. Condizioni di equilibrio statistico. Ensembles microcanonico e canonico).
- Statistiche di Maxwell-Boltzmann, Bose-Einstein, Fermi-Dirac.

## B) Applicazioni

- Proprietà magnetiche dei solidi (Concetti di base di magnetismo. Comportamento di elettroni in campi magnetici. Paramagnetismo e diamagnetismo degli atomi. Paramagnetismo e diamagnetismo degli elettroni liberi. Paramagnetismo e diamagnetismo dei solidi. Ferromagnetismo. Antiferromagnetismo. Ferrimagnetismo. Risonanza magnetica nucleare).
- Proprietà dielettriche dei solidi (Permittività. Teoria classica della permittività. Trattazione quantistica della permittività. Ferroelettricità).
- Superconduttività (Effetto Meissner. Effetto Josephson. teoria della superconduttività a bassa e ad alta temperatura).

**ESERCITAZIONI**

Problemi sugli argomenti del corso.

**TESTI CONSIGLIATI**

Saranno indicati all'inizio del corso.

## IN071 COMPLEMENTI DI MATEMATICA

Prof. Renato ASCOLI (1° corso)  
 Prof. Giancarlo TEPPATI (2° corso)

Dip. di Matematica

II ANNO (\*)  
 2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	90	50	—
Settimanale (ore)	8	4	—

*Il corso si propone di fornire la parte di presupposti matematici ritenuta più urgente per la partecipazione agli insegnamenti di ingegneria elettronica: i temi generali trattati sono: Funzioni analitiche, Matematica dei sistemi lineari, Funzioni speciali.*

*Il corso comprenderà lezioni, esercitazioni alla lavagna, esercitazioni svolte dagli allievi ai tavoli.*

*Nozioni propedeutiche: contenuti dei corsi di Analisi I, Analisi II, Geometria, raccomandati anche Fisica e Meccanica razionale.*

## PROGRAMMA

*Funzioni analitiche.* Teorema integrale di Cauchy, calcolo di integrali col metodo dei residui. Applicazione alla decomposizione in fratti semplici. Formule integrali di Cauchy. Sviluppi di Laurent, di Taylor, classificazione delle singolarità isolate. Punto all'infinito. Principi di identità. Teorema di Liouville. Funzione di Eulero. Funzioni poldrome. Funzioni armoniche: esempi di applicazione all'elettrostatica piana.

*Distribuzioni.* Funzioni di prova, distribuzioni, distribuzione  $\delta$ , le funzioni ordinarie come distribuzioni, limiti generalizzati. Operazioni lineari sulle distribuzioni. Distribuzione 'p.f.  $1/t$ '. Supporto, equazione  $tF(t) = G(t)$ . Convoluzione di distribuzioni e uso nei problemi lineari. *Trasformazioni di Fourier e di Laplace delle distribuzioni.* Proprietà. Esempi, trasformate di  $\delta$  e di 1. Inversione. Dominio di definizione della trasformata di Laplace, analiticità. Uso delle trasformate nei problemi lineari per il calcolo della convoluzione. Uso delle trasformate nei problemi lineari differenziali: calcolo di risposte forzate; trasformate di  $u(t) f^{(n)}(t)$  e risoluzione di problemi con date consizioni iniziali; applicazione alle reti elettriche. Trasformata del gradino unitario  $u(t)$ . Relazione tra trasformate di Laplace e di Fourier. Fenomeno di Gibbs. Trasformata di Fourier e di funzioni a quadrato integrabile. Teorema del valore iniziale. Condizioni di causalità nella trasformazione di Laplace di distribuzioni.

*Funzioni di Bessel.* Vibrazioni di una membrana circolare, spettro di un segnale sinusoidale modulato sinusoidalmente in frequenza.

## ESERCITAZIONI.

Esercitazioni relative agli argomenti trattati in lezione, svolte per due ore settimanali alla lavagna, per altre due dagli allievi ai tavoli.

## TESTI CONSIGLIATI

Per le funzioni analitiche:

G. Teppati, *Complementi di Matematica*, vol. 1, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1981.

Per gli argomenti rimanenti:

1° corso: R. Ascoli, *Complementi di Matematica*, Clut, Torino, 1980-1984.

2° corso: G. Teppati, *Complementi di Matematica*, vol. 2, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1982.

## IN079 COMPONENTI ELETTRONICI

Prof. Carlo NALDI (1° corso)  
Prof. Carlo NALDI (2° corso)

Dip. di Elettronica

II ANNO (\*)

2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	100	—	—
Settimanale (ore)	8	—	—

*Il corso è il primo insegnamento di tipo elettronico del corso di laurea ed è l'insegnamento fondamentale per gli indirizzi a carattere componentistico-tecnologico. Introdotti i concetti fondamentali della fisica dei solidi, si ricavano a partire da questi le principali caratteristiche (dal punto di vista elettronico) dei materiali magnetici, degli isolanti, dei conduttori e dei semiconduttori. Successivamente vengono descritti i componenti passivi e i dispositivi a semiconduttore fondamentali nei sistemi elettronici. Vengono inoltre fornite alcune nozioni di base sulla tecnologia dei circuiti integrati.*

*Il corso si svolge su 8 ore di lezione settimanali.*

*Nozioni propedeutiche: la conoscenza degli argomenti svolti nei corsi di Analisi matematica I e II e di Fisica II.*

## PROGRAMMA

**Cenni di fisica dei solidi.** Modello dell'atomo. Principi della meccanica ondulatoria: equazione di Schrodinger. Barriera di potenziale: effetto tunnel. Soluzione per l'atomo di idrogeno, numeri quantici. Struttura cristallina, legami covalenti. Semiconduttori IV e III-V gruppo. Energia potenziale in un cristallo.

**Fenomeni di trasporto.** Teoria delle Bande di energia nei cristalli. Fenomeni di generazione e ricombinazione. Meccanismo della conduzione, concetto di massa efficace e di fonone. Funzione distribuzione degli elettroni, densità degli stati, funzione di Fermi-Dirac. Resistori reali, potenziometri. Tecnologia del film sottile e del film spesso, resistori per circuiti ibridi. Effetto termoelettronico ed effetto Schottky. Caratteristiche funzionali dei tubi a vuoto.

**Materiali e componenti magnetici.** Fondamenti del magnetismo: quantizzazioni del modulo del momento angolare orbitale, spin. Diamagnetismo, paramagnetismo, ferromagnetismo e ferrimagnetismo. Materiali magnetici dolci: leghe con il ferro e ferriti (YIG). Induttori reali: progetto di induttori. Induttori per circuiti integrati. Materiali magnetici duri, ferriti, bolle magnetiche, nastri magnetici.

**Materiali dielettrici e componenti.** Caratteristiche degli isolati reali. Scarica elettrica. Polarizzazione dielettrica, permittività e perdite in funzione della frequenza. Isolanti inorganici: ceramiche (allumina); isolanti organici: carta, polimeri. Substrati per ibridi integrati. Condensatori reali, al tantalio, per circuiti ibridi e MIC.

**Teoria elementare dei semiconduttori.** Semiconduttore intrinseco e semiconduttori drogati: concentrazione dei portatori e legge dell'azione di massa. Fenomeno di diffusione e relazione di Einstein. Equazione di continuità.

**Tecnologia dei circuiti integrati.** Circuiti integrati ibridi: substrati, componenti passivi. Tecnologia planare: fasi del processo; crescita del monocristallo (metodo Czochralski). Ossidazione, litografia ottica, attacco chimico e 'electron beam lithography'. Impiantazione ionica: diffusione e solubilità dei droganti. Processi CVD: crescita epitassiale, deposizione di polisilicio e di ossidi. Cenni sulla tecnologia dell'arseniuro di gallio. Interconnessioni metalliche, elettromigrazione, 'packaging'. Resistori integrati. Affidabilità.

**Giunzione metallo semiconduttore.** Barriera di Schottky. Capacità differenziale. Tecnica di misura C(V) del drogaggio. Diodo Schottky e contatti ohmici.

(\*) *Insegnamento del triennio anticipato al biennio.*

**Giunzione p-n.** Giunzione all'equilibrio. Capacità di transizione. Correnti nel diodo in condizioni di basso livello di iniezione. Diodo reale: effetto della temperatura. Tecnologia dei diodi integrati: isole, defocalizzazione della corrente, strato sepolto. Condensatori integrati. Comportamento dinamico del diodo e modello a controllo di carica. Fenomeni di rottura: effetto Zener, effetto valanga. Diodi zener e tunnel.

**Transistore a effetto di campo a giunzione.** Caratteristiche JFET.

**Transistore bipolare.** Principio di funzionamento: concentrazione dei portatori minoritari nella base. Equazioni e modelli di Ebers-Moll e di Gummel e Poon. Amplificazioni di corrente per ampi segnali. Interdizione e saturazione; effetto Early. Tempi di commutazione, transistore Schottky. resistenza distribuita di base. Breakdown a valanga e perforazione diretta.

**Tecnologia dei transistori integrati.** Tecnologia dei transistori discreti e planare npn. Applicazioni analogiche e digitali. Isolamento a ossido. Transistore parassita, transistori pnp. Modello di processo.

**MOSFET.** Diodo MIS: banda piatta e inversione di popolazione; MIS non ideale, tensione di soglia. Modelli analitici dei MOS. MOS ad arricchimento e a svuotamento. Tecniche per il controllo della tensione di soglia. Tecnologia dei MOS: metal gate e silicon-gate (NMOS). FET di potenza: VMOS, EXFET.

**Tecnologia VLSI.** Ciclo di progetto dei circuiti integrati: livelli di astrazione. Metodologie di progetto VLSI: full custom, standard cell, gate array. Limiti di integrazione. Interfaccia progettista-fabbrica: regole di progetto. Invertitori.

#### ESERCITAZIONI

Gli argomenti delle esercitazioni (esercizi ed eventuali dimostrazioni in laboratorio) sono inseriti nel normale corso di lezioni.

#### TESTI CONSIGLIATI

Milman - Halkias, *Integrated Electronics*, McGraw Hill, 1972.

Muller - Kamins, *Device electronics for integrated circuits*, 2nd ed., Wiley, 1986.

Tabelle e grafici dei materiali e componenti per l'elettronica, CELID.

## IN478 COMUNICAZIONI ELETTRICHE (Gen.)

Prof. Valentino CASTELLANI

Dip. di Elettronica

IV ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

80

6

Es.

50

4

Lab.

—

—

*Il corso è destinato agli studenti che seguono indirizzi di telecomunicazioni. Si propone quindi di dare una formazione di base sulle tecniche in uso nei sistemi di comunicazione, alcuni dei quali sono studiati con un certo dettaglio.*

*Il corso prevede esercitazioni in aula, oltre alle lezioni.*

*Nozioni propedeutiche: i concetti fondamentali forniti nei corsi di Complementi di Matematica, Elettrotecnica, Elettronica Applicata I.*

## PROGRAMMA

Richiami di teoria delle probabilità e variabili casuali. Studio dei segnali determinati e casuali nel dominio del tempo e della frequenza.

La trasmissione di segnali di tipo numerico. Trasmissione in banda base e con modulazioni di tipo numerico. Studio degli schemi di modulazione più importanti. Analisi critica dell'uso delle risorse di trasmissione: banda di frequenza, potenza del segnale, complessità delle apparecchiature.

Cenni descrittivi alle reti di tipo numerico.

La trasmissione di segnali analogici in forma numerica: il PCM.

Tecniche di moltiplicazione di tipo TDM (Time division multiplexing).

Sistemi di radiodiffusione e di telefonia multiplex. Tecniche di modulazione di tipo analogico ed esame critico delle prestazioni.

## ESERCITAZIONI

Esercitazioni di calcolo sugli argomenti del corso.

## TESTI CONSIGLIATI

S. Shanmugam, *Digital and analog communication systems*, John Wiley & Sons, 1979.

L.W. Couch II, *Digital and analog communication systems*, McMillan Publishing Co., 1983.

S. Benedetto - E. Biglieri - V. Castellani, *Digital transmission theory*, Prentice Hall, 1987.

**IN479 COMUNICAZIONI ELETTRICHE (Spec.)**

Prof. Mario PENT

Dip. di Elettronica

IV ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Apparatì di telecomunicazioni

Apparatì di telefonia

Circuiti a microonde

Microonde e tecnologie elettroniche

Sistemi di telecomunicazioni

Telefonia

Trasmissione numerica

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

84

6

Es.

56

4

Lab.

—

—

*Il corso si propone di fornire i principi teorici di base e gli strumenti fondamentali di calcolo necessari per la comprensione, l'analisi, il progetto di sistemi e sottosistemi di telecomunicazioni, di tipo sia analogico sia numerico. Il corso è a carattere prevalentemente formativo e assume che le informazioni sulle applicazioni dei sistemi di telecomunicazioni nei vari campi vengano apprese dagli studenti in successivi corsi di indirizzo.*

*Il corso si svolgerà in 6 ore settimanali di lezione più 4 ore settimanali di esercitazioni di calcolo più alcune dimostrazioni sperimentali.*

*Nozioni propedeutiche: quelle fornite dal corso di Teoria dei segnali e da quelli di Complementi di matematica, Elettronica applicata, Teoria delle reti elettriche, Campi elettromagnetici e circuiti.*

**PROGRAMMA**

Descrizione di un sistema di comunicazione. Caratteristiche dei segnali.

Canale di comunicazione. Distorsioni di ampiezza e fase. Rumore nei canali di comunicazione. Trasmissione di segnali numerici in banda base. Interferenza intersimbolica e probabilità di errore. Trasmissione dei segnali numerici con modulazione. Modulazioni numeriche. Spettri di segnali numerici.

Trasmissione dei segnali analogici in banda base. Distorsioni di non linearità.

Trasmissione di segnali analogici di modulazione: modulazioni di ampiezza e d'angolo. Demodulazione.

Trasmissione di segnali analogici per via numerica. PCM e modulazioni di tipo Delta.

Multiplicazione di segnali nel dominio del tempo (TDM) e della frequenza (FDM).

**ESERCITAZIONI**

Esercitazioni di calcolo sui principali argomenti del corso.

**TESTI CONSIGLIATI**

Le indicazioni bibliografiche saranno fornite dal docente.

## IN488 CONTROLLI AUTOMATICI (Gen.)

Prof. Enrico CANUTO

Dip. di Automatica e Informatica

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	80	60	—
Settimanale (ore)	6	4	—

*Il corso di Controlli automatici è rivolto all'analisi del comportamento e al progetto degli organi di controllo dei sistemi fisici, con lo scopo principale di determinare le leggi di funzionamento in regime transitorio e di rendere possibile il comando di alcune loro grandezze (ad es. la velocità di un motore, la tensione di un generatore, ecc.) in modo automatico. Di tutte le possibili eventualità che si incontrano nelle applicazioni pratiche, il corso delimita il suo campo di interesse ai sistemi lineari e con una sola grandezza di comando, che - se pure più semplici - sono però di larga diffusione e impiego. Il corso accentua l'attenzione sulla analisi degli apparati fisici (siano essi casi di limitate dimensioni, quali ad es. un motore o un circuito elettronico di comando, oppure di complessità maggiori, quali ad es. un intero impianto) sotto l'aspetto dei sistemi. Questo punto di vista tende ad illustrare le caratteristiche di comportamento di un apparato in base alle relazioni esistenti fra le grandezze fisiche agenti su di esso e quelle che ne dipendono, facendo in certo modo astrazione dalla specifica natura delle sue parti costituenti, o meglio trattando con ugual interesse e con omogenea metodologia componenti di natura elettronica, elettromeccanica, fluidica, termica, ecc., senza sostituirsi alla competenza specifica degli specialisti nei singoli settori tecnologici.*

*Il corso comprende lezioni ed esercitazioni.*

*Nozioni propedeutiche: per seguire proficuamente il corso di Controlli automatici sono utili conoscenze di argomenti trattati nei corsi di Elettrotecnica, Elettronica applicata, Teoria delle reti elettriche, Complementi di matematica, Meccanica razionale, Fisica tecnica.*

## PROGRAMMA

Descrizione dei sistemi dinamici ed elementi di modellistica. Schemi a blocchi, algebra dei blocchi, riduzione di uno schema in forma canonica. Esempi di applicazione dei principi di modellistica a semplici sistemi elettrici, meccanici, elettromeccanici, termici, idraulici, fluidici. Descrizione dei sistemi dinamici mediante equazioni di stato. Equazioni di stato di sistemi in catena aperta e in catena chiusa. Compendio dei principali effetti della retroazione. Richiami sulla risposta nel tempo di sistemi dinamici lineari. Effetto dei disturbi, del comando e del riferimento sull'uscita di sistemi dinamici con una variabile controllata.

Richiami sulla risposta in frequenza. Diagrammi logaritmici di modulo e fase. Sistemi a non minimi rotazione di fase. Teorema di Bode. Analisi dei sistemi del secondo ordine nel dominio della frequenza e del tempo: confronti.

Teoria elementare della stabilità dei sistemi dinamici lineari. Compendio sugli effetti della retroazione. Criterio di Nyquist. Cerchi M. Utilizzazione eventuale dei diagrammi di Bode. Margine di fase e di guadagno. Luogo delle radici: regole di tacciamento, varie utilizzazioni e forme particolari.

Specifiche tecniche per il progetto dei sistemi di controllo con un ingresso e una uscita. Specifiche sulla stabilità relativa e rapidità di risposta, sugli errori di riproduzione del riferimento, sugli effetti dei disturbi additivi e parametrici, sulla limitazione delle variabili pericolose.

Progetto dei sistemi di controllo per compensazione in cascata e senza retroazione degli stati.

Progetto di sistemi di controllo per retroazione delle variabili di stato: retroazione degli stati

e compensazione in cascata come ampliamento delle possibilità operative di un sistema avente comunque retroazione degli stati.

Progetto con osservatore degli stati. Progetto di reti integrative derivate e integro-derivate.

Sistemi a dati campionati. Trasformata Z. Tecniche di analisi e progetto del controllo.

Esempi e studi particolari. Regolazione di temperatura. Asservimento di posizione per macchine utensili e manipolatori.

#### ESERCITAZIONI

Esercizi sugli argomenti trattati a lezione.

#### TESTI CONSIGLIATI

D'Azzo - Houpis, *Linear Control System Analysis ad Design*, International Edition: McGraw Hill, Kogakusha, 1981.

Franklin - Powell - Naeini, *Feedback Control of Dynamic Systems*, Addison Wesley, 1986.

**IN489 CONTROLLI AUTOMATICI (Spec.)**

Prof. Giuseppe MENGA

Dip. di Automatica e Informatica

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Automazione dei servizi

Automazione industriale

Controllo dei processi

Informatica per l'automazione

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

90

6

Es.

30

2

Lab.

30

2

*Le finalità del corso sono: analizzare sistemi dinamici di controllo nei loro diversi aspetti: modello e sue approssimazioni, segnali di comando, variabili di uscita (da controllare), disturbi. Definire le specifiche e sviluppare le tecniche di progetto di controlli in catena chiusa con particolare riferimento ai sistemi lineari con una variabile di ingresso e di uscita.*

*Il corso si articola in lezioni, esercitazioni ed un laboratorio incentrato sull'uso di simulazioni numeriche e programmi di progetto assistito da calcolatore.*

*Sono corsi propedeutici: Teoria dei sistemi e Complementi di matematica.*

**PROGRAMMA**

Il programma del corso è il seguente: presentazione del problema del controllo. Analisi di sistemi dinamici caratteristici tratti da problemi di automazione industriale e controllo di processi. Sviluppo delle tecniche matematiche di analisi di sistemi dinamici in presenza di reazione (catena chiusa). Definizione delle specifiche di sistemi controllati. Progetto del controllo con metodi di sintesi per tentativi e metodi di sintesi diretta. Introduzione al progetto del controllo di sistemi multivariabili.

**ESERCITAZIONI**

Familiarizzazione con le tecniche di progetto di sistemi di controllo ed impostazione di problemi da svilupparsi su calcolatore.

**LABORATORI**

Utilizzo di programmi di simulazione e di programmi di progetto assistito da calcolatore.

**TESTI CONSIGLIATI**

G. Fiorio, *Sistemi lineari di controllo*, vol. 1 e 2, Ed. Clut, Torino, 1978.

A. Isidori, *Sistemi di controllo*, Ed. Siderea, Roma, 1979.

C. Greco, *Laboratorio di controlli automatici*, Ed. Celid, 1983.

Di Stefano - Stubberud, *Feedback and Control Systems*, Ed. McGraw Hill, 1976.

**IN087 CONTROLLO DEI PROCESSI**

Prof. Donato CARLUCCI

Dip. di Automatica e Informatica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Controllo dei processi

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

60

4

Es.

20

4

Lab.

20

—

*Il corso ha come obiettivo quello di preparare il futuro ingegnere alla progettazione di sistemi di controllo dei processi anche di tipo complesso quali ad esempio il traffico veicolare urbano, una rete elettrica interconnessa, un manipolatore industriale a movimenti in coordinate polari, un satellite artificiale. Nel corso vengono esposte le metodologie di controllo in catena chiusa con particolare riguardo sia verso gli aspetti di incertezza sulla conoscenza del processo in esame sia verso gli aspetti di implementazione del progetto.*

*Il corso si articola in lezioni, esercitazioni e laboratorio incentrato su esempi di progettazione assistita da calcolatore.*

*Sono corsi propedeutici: Teoria dei sistemi e Controlli automatici.*

**PROGRAMMA**

Richiami sugli obiettivi del controllo ed esposizione del problema del controllo per sistemi dinamici a molti ingressi e molte uscite (multivariabili).

Descrizione delle tecniche di progetto del controllo per sistemi multivariabili nel dominio della frequenza: sistemi diagonal dominanti ed uso delle bande di Gershgorin; sistemi non dominanti ed uso del teorema di Nyquist; sistemi incerti ed uso combinato delle tecniche conosciute. Descrizione delle tecniche di progetto del controllo per sistemi multivariabili nel dominio del tempo: tecniche di piazzamento dei poli del sistema in catena chiusa attraverso retroazione delle variabili di stato, algoritmi relativi; tecniche di piazzamento dei poli del sistema in catena chiusa attraverso la retroazione statica e dinamica dell'uscita, algoritmi relativi; trattamento dell'incertezza e modifiche delle specifiche del controllo per tenere in conto dell'incertezza con cui è noto il processo.

Sistemi a grandi dimensioni: formulazione dei problemi di controllo e descrizione di tecniche di progetto che tengano in conto delle comunicazioni fra sottosistemi.

Controllo gerarchico. Affidabilità, valutazione dei costi hardware e software.

**ESERCITAZIONI**

Sono svolte in aula; in questa sede gli allievi eseguono passo per passo il lavoro di descrizione del processo, di definizione delle specifiche di progetto, di scelta di trasduttori ed attuatori, giungendo al progetto completo.

**LABORATORI**

Utilizzo di programmi di simulazione e di programmi di progetto assistito da calcolatore.

**TESTI CONSIGLIATI**

Sono a disposizione gli appunti del corso scritti dal docente. Eventuali testi complementari sono consigliati durante lo svolgimento del corso.

## IN089 CONTROLLO OTTIMALE

Prof. Agostino VILLA

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Automazione dei servizi  
Controllo dei processi

Dip. di Tecnologie e sistemi di produzione

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

Annuale (ore) 56 28 —

Settimanale (ore) 4 2 —

*Il corso di Controllo ottimale si rivolge sia agli allievi elettronici, per lo più orientati al controllo dei processi continui ed alla automazione dei servizi ma in genere poco sensibilizzati al settore produttivo meccanico, sia agli allievi meccanici, interessati alla gestione ed al controllo dei sistemi di produzione ma privi dei necessari strumenti teorico-applicativi. L'uso di questi ultimi, peraltro, si va sempre più diffondendo sia nei sistemi di produzione (processi industriali, linee flessibili di lavorazione, manipolatori) sia nei sistemi a rete in generale.*

*Il corso si articola in lezioni ed esercitazioni.*

*Nozioni propedeutiche: gli argomenti trattati nel Corso richiedono una buona conoscenza di Teoria dei sistemi, e di Controlli automatici (per gli allievi elettronici), di Regolazioni automatiche (per gli allievi meccanici).*

## PROGRAMMA

1. **I fondamenti teorici**

1.1 Concetto di funzionale di corso.

1.2 Ottimizzazione di funzionali.

1.3 Ottimizzazione in presenza di vincoli: i moltiplicatori di Lagrange.

1.4 Metodi numerici per l'ottimizzazione.

2. **I problemi di controllo ottimo**

2.1 Indici di prestazioni di un sistema dinamico continuo.

2.2 Ottimizzazione dell'indice di prestazione di un sistema: il principio del massimo.

2.3 Il regolatore ottimo: equazione di Riccati.

2.4 L'osservatore ottimo degli stati del sistema: il filtro di Kalman.

2.5 La programmazione dinamica.

3. **Applicazione ai sistemi di produzione**

3.1 I sistemi produttivi descritti da modelli dinamici discreti.

3.2 Il problema della pianificazione e controllo della produzione.

3.3 Architetture gerarchiche per il controllo, nella fabbrica tradizionale e nella fabbrica automatizzata.

4. **Applicazione alle reti di calcolatori**

4.1 Schedulazione dei servizi in reti di calcolatori.

## TESTI CONSIGLIATI

I testi ed il materiale didattico saranno consigliati durante il corso.

**IN113 DINAMICA DEL VOLO**

Prof. Piero MORELLI

Dip. di Ingegneria Aeronautica e spaziale

V ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Apparati avionici  
Controlli avionici

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	56	20	—
Settimanale (ore)	4	2	—

*Il corso intende introdurre l'allievo alla trattazione dei problemi della dinamica del volo, con particolare riferimento ai velivoli, allo scopo di determinarne e valutarne le cosiddette 'qualità di volo' e la loro dipendenza da fattori aerodinamici ed inerziali. Il corso si svolgerà con lezioni ed esercitazioni in aula, visite di istruzione. Nozioni propedeutiche: è indispensabile avere seguito i corsi di Meccanica Razionale e Aeronautica Generale ed è raccomandato di aver superato i relativi esami.*

**PROGRAMMA**

Richiami e complementi di nozioni sull'equilibrio, la stabilità statica e la manovrabilità longitudinale e latero-direzionale.

Dinamica del moto longitudinale: equazioni del moto a comandi liberi e bloccati; derivate di stabilità: risposta a manovre dell'equilibratore; risposta alla turbolenza atmosferica.

Dinamica del volo latero-direzionale: equazioni del moto a comandi liberi e bloccati; derivate di stabilità; risposta alla manovra dell'alettone e del timone.

Stabilità e manovrabilità automatiche.

Simulatori di volo.

**ESERCITAZIONI**

Calcolo e rappresentazioni grafiche di caratteristiche di stabilità statica e dinamica e di manovrabilità longitudinale.

**TESTI CONSIGLIATI**

Etkin, *Dynamics of Atmospheric Flight*, Wiley.

Babister, *Aircraft Stability and Control*, Pergamon Press.

Dickinson, *Aircraft Stability and Control for Pilots and Engineers*, Pitman.

Lecomte, *Mecanique du Vol*, Dunod.

Perkins - Hage, *Airplane Performance, Stability and Control*, Wiley.

## IN467 DISEGNO

Prof. Maurizio ORLANDO (1° corso) Dip. di Tecnologia e sistemi di produzione  
 Prof. Rita QUENDA (2° corso)  
 Prof. Giovanni PODDA (3° corso)

I o III ANNO	Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
1° e 2° PERIODO DIDATTICO	Annuale (ore)	30	120	—
	Settimanale (ore)	1	4	—

## PROGRAMMA

— Primo periodo didattico.

La normalizzazione nazionale ed internazionale. Assonometrie ortogonali e oblique. Proiezioni ortogonali. Viste e sezioni. Quotatura: principi, elementi, regole per l'esecuzione. La quotatura funzionale. Catena di quote. Tolleranze: concetto di tolleranza di lavorazione. Albero, foro, accoppiamenti, gioco e interferenza. Sistemi di tolleranze. Rappresentazione unificata delle tolleranze. Filettature: tipi, rappresentazione, quotatura, esigenze di lavorazione. Gli organi filettati. Accoppiamenti forzati. Chiavette, linguette, scanalati. Saldature.

— Secondo periodo didattico.

Il sistema operativo D.O.S.. Creazione del disco di lavoro per le esercitazioni LAIB. Grafica computazionale tecnica; l'insegnamento si pone come obiettivo la formazione di una cultura computergrafica di base per applicazioni a microcomputer: organizzazione della memoria, accesso diretto al display buffer e ai registri dell'adattatore colori/grafici, la conversione SCAN, gli algoritmi per il tracciamento di primitive grafiche (punto, retta, ellissi, riempimenti), gli algoritmi per la manipolazione di oggetti a due e a tre dimensioni: scala, riflessione, rotazione, traslazione, trasformazioni composte. Window e viewport. Viste assonometriche e prospettiche. Eliminazione di linee e superfici nascoste. Stereoscopia, anaglifici.

## ESERCITAZIONI

Anche per quanto riguarda le esercitazioni, il corso è diviso in due parti: nella prima parte vengono assegnati agli studenti temi da disegnare a mano libera e con gli strumenti classici del disegno meccanico. Nella seconda parte lo studente, con l'assistenza del docente presso il LAIB, implementa in Basic gli algoritmi trattati nelle lezioni.

Alla fine del corso di esercitazioni lo studente dispone di un piccolo package grafico (Basic) per creare, salvare e editare interattivamente gli output grafici.

## TESTI CONSIGLIATI

Chévalier, *Manuale di Disegno Tecnico*, SEI, Torino.

M. Orlando e G. Podda, *Lineamenti di disegno automatico*, Clut, Torino, 1988.

## IN121 DISPOSITIVI ELETTRONICI ALLO STATO SOLIDO

Prof. Carlo NALDI

Dip. di Elettronica

III ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Elettronica circuitale

Componenti e tecnologie elettroniche

Comunicazioni

Elettronica fisica

Microonde

Propagazione e antenne

Radiotecnica

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez. Es. Lab.

100 — —

8 — —

*Il corso tratta i principi fisici e le caratteristiche di funzionamento dei dispositivi a semiconduttore con cenni alle principali applicazioni. Si può affermare che lo sviluppo attuale dell'elettronica è soprattutto legato all'introduzione di nuovi componenti ed al miglioramento delle loro prestazioni connesso con le nuove tecnologie. Il numero e la varietà dei dispositivi a semiconduttore dall'invenzione del transistor ad oggi è cresciuto enormemente, interessando campi sempre più estesi di applicazione dell'elettronica di potenza a bassa frequenza, ai circuiti integrati, alle microonde sino all'elettronica ottica. Nel ristretto ambito del corso non è possibile descrivere l'intera gamma dei dispositivi; si cerca tuttavia oltre ad includere i più importanti tra essi, di presentarne lo studio nel modo il più possibile sistematico ed unitario al fine di suggerire una metodologia per la comprensione di altri dispositivi non esaminati o addirittura non ancora ideati.*

*Nozioni propedeutiche: oltre alla conoscenza degli argomenti svolti nel corso di Componenti Elettronici, si richiede la conoscenza dei concetti elementari sulla propagazione ondosa (corso di Fisica II e Campi Elettromagnetici).*

### PROGRAMMA

**Principi della meccanica quantistica.** Concetto di onda-particella. Ipotesi di De Broglie, interpretazione di Born, equivalenza pacchetto d'onde-particella. Particelle di Fermi e di Bose. Proprietà delle particelle di Bose. Principio di esclusione di Pauli.

**Meccanica statistica classica e quantistica.** Spazio delle velocità. Distribuzioni di Boltzmann e di Maxwell delle velocità. Distribuzioni di Bose-Einstein e di Fermi-Dirac. Legge di irradiazione del corpo nero.

**Evoluzione nel tempo degli stati.** Esperienza di Stern-Gerlach. Equivalenza stati vettori. Matrice Hamiltoniana. Stati ad energia definita.

**Sistemi a due stati di base.** Maser all'ammoniaca. Cavità risonante con campo elettrico funzione del tempo: approssimazione WKB. Leggi generali dell'emissione e dell'assorbimento. Legame ad elettrone singolo e legame covalente.

**Elettrone in un reticolo cristallino.** Reticolo monodimensionale: sistema a infiniti stati di base. Relazione di dispersione. Massa efficace. Effetto della periodicità. Reticolo tridimensionale. Reticolo reciproco, prima zona di Brillouin, cella di Wigner-Seitz.

**Equazione di Schroedinger.** Distribuzione continua degli stati di base. Operatore Hamiltoniano. Equazione di Schroedinger. Onda Elettrone nello spazio libero. Relazione tra spazio euclideo e spazio degli impulsi. Indeterminazione di Heisenberg. Valori medi di posizione e di impulso: relazione tra operatori. Elettrone in un reticolo: teorema di Bloch e modello di Kronig-Penney. Bande permesse e proibite. Concetto di lacuna.

**Reticoli cristallini e proprietà dei semiconduttori.** Cenni di cristallografia. Strutture compatte. Semiconduttori IV, III-V, II-VI gruppo. Reticolo reciproco e prima zona di Brillouin. Superfici di dispersione di GaAs, di Ge e Si. Drogaggio: energie di ionizzazione, legge di compensazione, coda di banda.

**Fenomeni di trasporto.** Condizioni di non equilibrio e basso livello di iniezione. Pseudolivelli di Fermi. Correnti di un semiconduttore. Collisioni con impurità ionizzate e con vibrazioni reticolari. Regole di selezione. Fononi in reticoli monoatomici e biatomici. Relazione di dispersione: rami acustico e ottico. Interazione Elettrone-Fonone. Mobilità per urti con fononi acustici e ottici e saturazione della velocità. Proprietà ottiche e termiche.

**Dispositivi ad effetto di volume.** Modello della mobilità differenziale negativa. Funzionamento del diodo Gunn: domini di alto campo. Amplificatore stabile. Operazioni con circuito risonante: modi di funzionamento. Relazione potenza frequenza. Tecnologia dei dispositivi a diodo Gunn. Progetto di oscillatori a impedenza negativa.

**Tecnologia dell'arseniuro di gallio.** Differenze tra Si e GaAs. Crescita del monocristallo. Semiisolante. Tecniche epitassiali: LPE, VPE, MOCVD e MBE. Incisione, impiantazione ionica e metallizzazioni.

**Dispositivi a valanga e tempo di transito.** Breakdown di natura termica, per effetto tunnel e per urto a valanga. Diodi backward e zener. **Diodo IMPATT:** Read, pn, pin. Analisi di piccolo segnale. Oscillatore a diodo IMPATT: funzionamento ad ampio segnale, problemi termici. Tecniche di realizzazione.

**Dispositivi dell'elettronica industriale.** Diodo Schokley e tiristori a tre terminali. Diac e Triac. Transistori a unigiunzione.

**Dispositivi optoelettronici.** Fenomeni di ricombinazione, transizioni banda-banda e con centri di ricombinazione. Teoria di Schockley-Read. **Diodi a emissione di luce (LED).** **Fotorivelatori:** fotoconduttore, fotodiodi. **Celle Solari:** radiazione solare, efficienza teorica, risposta spettrale. Celle al silicio, celle SBF, 'violet', matrici a prisma, celle a eterogiunzione, celle a barriera Schottky, celle con concentrazione e con 'spectral splitting'. **Laser** a omostruttura: amplificazione quantica, corrente e guadagno di soglia, modi assiali. Laser a eterostruttura: strutture SH e DH, laser a striscia, strutture a reazione distribuita e ottica integrata.

**Modelli fisici per la simulazione dei componenti.** Modello stazionario continuità-Poisson. Modelli non stazionari: equazioni di rilassamento dell'energia e del momento. Tecniche Monte-carlo. Modello termico. Modelli bidimensionali ed effetti tridimensionali.

**MESFET all'Arseniuro di Gallio.** Diodo Schottky. Mesfet all'arseniuro di gallio: modello monodimensionale con saturazione di velocità. Applicazioni lineari del MESFET: amplificatori di basso rumore, frequenza di taglio. Applicazioni nonlineari del MESFET: amplificatori di potenza, oscillatori, dual-gate. Limiti potenza-frequenza; proprietà delle strutture a gate recesso. Modelli non lineari.

**Circuiti integrati Monolitici (MMIC).** Elementi attivi e passivi. Progetto con l'uso di programmi CAD. Tecnologia dei MESFET: self-aligned gate e aligned gate, impiantazione. Circuiti integrati digitali a GaAs: E-MESFET, D-MESFET, Buffered FET Logic, Schottky Diode FET Logic.

**Tecnologia VLSI CMOS.** Gate array, standard cell, full custom. effetto 'varactor'. Processi di fabbricazione CMOS: P-well e SOS. Latch-up. Scalamento circuiti VLSI-CMOS.

**Nuovi dispositivi.** Processi epitassiali avanzati. Transistori ad alta mobilità (HEMT). Transistori bipolari a eterogiunzione. Band Gap Engineering. Strutture Quantum Well a superreticolo e tunneling.

## ESERCITAZIONI

Sono previsti esercitazioni di simulazione numerica di dispositivi al calcolatore e alcuni seminari tenuti da esperti su argomenti di carattere tecnologico.

## TESTI CONSIGLIATI

Delle prime parti sono disponibili delle dispense

Sze, *Physics of Semiconductor Devices*, 2 Ed., John Wiley, New York, 1981.

Verrà distribuito altro materiale didattico (articoli, dispense..).

## IN140 ELETTRONICA APPLICATA I

Prof. Franco MUSSINO (1° corso A-K) Dip. di Elettronica  
 Prof. Marco GIORDANA (2° corso L-Z)

III ANNO	Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
1° PERIODO DIDATTICO	Annuale (ore)	52	104	—
	Settimanale (ore)	4	8	—

*Il corso è orientato ad iniziare l'allievo al progetto di circuiti elettronici sia analogici sia digitali (logici). Il corso presuppone la conoscenza delle caratteristiche fondamentali dei dispositivi elettronici (transistori bipolari JFET e MOS) e sviluppa:*

- 1) lo studio dei circuiti amplificatori, sia di quelli elementari, sia di quelli con reazione;*
- 2) l'aspetto circuitale e funzione dei circuiti logici fondamentali (famiglie logiche, circuiti combinatori, circuiti sequenziali).*

*Per la comprensione di alcuni argomenti relativi alla risposta in frequenza degli amplificatori e dei circuiti con reazione è necessario seguire in parallelo il corso di Teoria delle reti elettriche.*

*Il corso è articolato in lezioni ed esercitazioni di carattere numerico (non sperimentale). Sono nozioni propedeutiche quelle acquisite nei corsi di Elettrotecnica, Componenti elettronici e Complementi di matematica.*

## PROGRAMMA

Circuiti elementari a diodi.

Polarizzazione e stabilizzazione termica di transistori bipolari ed a effetto di campo (FET).

Modelli dei transistori per l'uso come amplificatori per piccoli segnali a bassa frequenza.

Circuiti amplificatori con più stadi in cascata.

Caratteristiche dei transistori per lo studio del loro funzionamento alle alte frequenze ed il calcolo della risposta degli amplificatori alle alte frequenze.

Amplificatori a larga banda: determinazione della risposta alle basse ed alle alte frequenze.

Amplificatori con reazione: studio del comportamento ed analisi della stabilità.

Amplificatori per ampi segnali (di potenza in classe A e B).

Raddrizzatori, alimentatori stabilizzati.

Circuiti con semiconduttore per applicazioni logiche: famiglie logiche integrate, problemi d'interfaccia; circuiti combinatori e sequenziali (statici e dinamici).

## ESERCITAZIONI

Seguono gli argomenti svolti a lezione e si basano principalmente sullo svolgimento da parte dell'allievo di esercizi numerici, utilizzando appropriati metodi di calcolo relativi ai circuiti elettronici.

## TESTI CONSIGLIATI

J. Milman - A. Grabel, *Microelectronics*, second edition, McGraw Hill, 1987.

V. Pozzolo, *Caratteristiche di componenti elettronici*, Celdid, 1982.

## IN141 ELETTRONICA APPLICATA II

Prof. Vincenzo POZZOLO (1° corso)      Dip. di Elettronica  
 Prof. Domenico BIEY (2° corso)

IV ANNO	Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
1° PERIODO DIDATTICO	Annuale (ore)	58	44	14
	Settimanale (ore)	4	4	—

*Il corso ha lo scopo di completare la formazione degli allievi all'elettronica applicata, proseguendo il lavoro iniziato in Componenti elettronici e Elettronica applicata I. Il corso comprende lezioni, esercitazioni riguardanti progetti, verifica in laboratorio dei circuiti progettati.*

*Per una proficua frequenza al corso è opportuno che gli allievi abbiano seguito con impegno i corsi di Elettronica applicata I e Teoria delle reti elettriche.*

## PROGRAMMA

Amplificatori per grandezze continue: amplificatore differenziale quale stadio a bassi offset e derive.

Amplificatore operazionale integrato e sue proprietà.

Controreazione, errori e derive, stabilità e banda passante, progetto di circuiti con operazionali.

Stadi finali a simmetria complementare e loro progetto.

Amplificatori non lineari, logaritmici, moltiplicatori analogici.

Circuiti comparati di soglia con e senza isteresi, comparatori integrati.

Oscillatori sinusoidali.

Generatori astabili di onde quadre e triangolari, V.C.O., circuiti monostabili.

Sistemi di acquisizione e conversione dati: Amplificatori da strumentazione. Convertitori D/A e A/D, Multiplexer, Circuiti S/H.

## ESERCITAZIONI

Riguardano soprattutto semplici progetti di circuiti.

## LABORATORI

Nelle ore di laboratorio vengono provati i circuiti progettati durante le esercitazioni.

## TESTI CONSIGLIATI

J. Milman, *Microelectronics*, McGraw Hill, 1979.

V. Pozzolo, *Caratteristiche di componenti elettronici*, Celid, Torino, 1982.

## IN146 ELETTRONICA PER TELECOMUNICAZIONI

Prof. Dante DEL CORSO

Dip. di Elettronica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Apparati di telecomunicazione  
Circuiti e tecnologie elettroniche  
Elettronica circuitale  
Radiotecnica

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	56	14	42
Settimanale (ore)	4	1	3

*Il corso è dedicato allo studio ed al progetto dei circuiti elettronici usati specificatamente nei sistemi di telecomunicazione. Sono esaminate in dettaglio alcune unità funzionali (vedi programma), delle quali si analizzano il comportamento esterno (specifiche), e le diverse realizzazioni circuitali utilizzando varie tecniche (componenti discreti, circuiti integrati standard, integrazione di sottosistemi completi).*

*Nozioni propedeutiche: Elettronica applicata (I e II), Comunicazioni elettriche.*

### PROGRAMMA

Transistori fuori linearità, limitatori, moltiplicatori di frequenza.

Amplificatori per ampio segnale, a larga banda ed accordati.

Oscillatori sinusoidali.

Filtri attivi con amplificatori operazionali.

Circuiti con funzione di trasferimento non-lineare basati su amplificatori operazionali.

Integrazione di circuiti analogici.

Anelli ad aggancio di fase (PLL).

Conversione analogico/digitale (A/D) e digitale/analogico (D/A).

Circuiti campionatori (sample/hold).

Convertitori A/D e D/A per uso telefonico, convertitori logaritmici (Log-PCM) e delta.

Cenni su modulatori e demodulatori per informazioni numeriche (MODEM).

Cenni sulle tecniche per il progetto di circuiti integrati per applicazioni specifiche (ASIC).

Strutture per trasferimenti di informazione di tipo parallelo e seriale, sincrone ed asincrone.

Tecniche e circuiti di sincronizzazione per trasmissione seriale. Standard di collegamento seriale.

### ESERCITAZIONI

Progetto di circuiti, con uso delle specifiche dei componenti. Calcolo degli errori (dispersione delle caratteristiche). Uso di tabelle. Uso di strumenti CAD.

### LABORATORI

Montaggi e misure su alcuni dei circuiti progettati. Relazioni scritte obbligatorie.

### TESTI CONSIGLIATI

D. Del Corso, *Elettronica per telecomunicazioni*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1988.

Clark - Hesse, *Communication circuits analysis and design*, Addison Wesley, 1971.

Tobey - Greame, *Operational amplifiers: design and applications*, McGraw Hill, 1971.

M. Gardner, *Phase lock techniques*, J. Wiley & Sons, 1979.

D. Del Corso - H. Kirmann - J. D. Nicoud, *Microcomputer buses and links*, Academic Press, 1986.

## IN147 ELETTRONICA QUANTICA

Prof. Paolo ALLIA

Dip. di Fisica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Comunicazioni ottiche

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

70

6

Es.

20

2

Lab.

10

—

*Il corso è dedicato allo studio di specifici fenomeni fisici di elevato interesse applicativo, per la cui comprensione è necessario il ricorso ad una rappresentazione quantistica della materia.*

*Nella prima parte del corso viene studiata l'emissione di radiazione coerente. Vengono richiamati alcuni concetti di meccanica quantistica, con particolare riguardo all'interazione fra campo di radiazione e materia, allo scopo di poter analizzare in dettaglio i principi che regolano il funzionamento delle sorgenti di radiazione coerente. Vengono esaminate le caratteristiche principali dei vari tipi di sorgenti laser attualmente utilizzati, insieme con le loro modalità di impiego.*

*La seconda parte del corso è dedicata allo studio dei fenomeni di superconduzione. Vengono descritte le principali conseguenze dell'esistenza di uno stato superconduttore, in particolare l'effetto Meissner, la quantizzazione del flusso magnetico, l'effetto Josephson, i fenomeni di interferenza quantistica, e le relative implicazioni in elettronica e metrologia. Viene infine discusso l'effetto Hall quantistico, in relazione alle sue recenti applicazioni metrologiche.*

*Per una comprensione ottimale dei concetti sviluppati nel corso, sono indicate conoscenze preliminari dei principi della meccanica quantistica e delle statistiche quantistiche, quali quelle sviluppate nel corso di Complementi di Fisica (a partire dall'anno successivo a quello di attivazione di detto corso), oppure nel corso di Dispositivi Elettronici allo Stato Solido.*

## PROGRAMMA

Richiami teoria dell'interazione fra campo di radiazione e materia. Emissione stimolata. Saturazione del guadagno.

Principi di funzionamento delle sorgenti di radiazione coerente: maser e laser. Descrizione dei principali tipi di laser (a gas e a stato solido). Generazione di impulsi di radiazione coerente: Q-switching e mode-locking nei laser. Caratteristiche e applicazioni della radiazione coerente. Fenomeni di superconduttività e cenni alle relative teorie quantistiche. Effetto Meissner, effetto Josephson in corrente continua ed alternata. Interferenza quantistica. Dispositivi superconduttori ad interferenza quantistica (SQUIDS).

Richiami sull'effetto Hall classico. Effetto Hall quantistico.

## ESERCITAZIONI

Verranno effettuate esercitazioni relative all'analisi di fenomeni o sistemi specifici, eventualmente con applicazione di calcolo numerico.

## LABORATORIO

Verranno effettuate esperienze di laboratorio allo scopo di permettere agli studenti di approfondire la conoscenza del funzionamento di sorgenti laser multimodali e unimodali.

## TESTI CONSIGLIATI

Yariv A., *Quantum electronics*, Wiley & Sons, New York, 1975.

G. Burns, *Solid State Physics*, Academic Press, Orlando, 1985.

## IN151 ELETTROTECNICA

Prof. Vito DANIELE (1° corso)  
Prof. Flavio CANAVERO (2° corso)

Dip. di Elettronica

II ANNO (\*)  
2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	80	56	—
Settimanale (ore)	6	4	—

*L'insegnamento costituisce la base per quelli successivi di Teoria delle reti elettriche, di Elettronica applicata I e di Campi elettromagnetici e circuiti. Esso riguarda soprattutto i fondamenti della teoria dei circuiti elettrici a parametri concentrati. Nozioni sui campi e sulle macchine elettriche sono pure comprese nel programma. Il corso si svolgerà con lezioni ed esercitazioni esclusivamente in aula senza suddivisione in squadre.*

*Nozioni propedeutiche: tutte le notizie impartite nell'insegnamento di Fisica II su elettricità e magnetismo. Gran parte dei contenuti di Analisi matematica I e II.*

## PROGRAMMA

Argomenti del primo ciclo di lezioni (64 ore ca.)

*Introduzione*

Richiami sui campi elettromagnetici e sulle definizioni di tensione, corrente e potenza. Il concetto di circuito a parametri concentrati. Le leggi di Kirchhoff per le tensioni e correnti.

*Reti lineari elementari*

Modelli di resistore lineare e di generatori ideali. Connessioni di resistori. Principi di sostituzione e di sovrapposizione degli effetti. Teoremi di Millmann, Thevenin, Norton.

*Reti generali costituite di elementi senza memoria ed in regime qualsiasi*

Metodo dei nodi e delle maglie. Circuiti con diodi. Circuiti con generatori dipendenti. Matrici di resistenza e di conduttanza di doppi bipoli lineari contenenti elementi resistivi. Circuiti con trasformatore e giratore ideali.

*Reti in regime sinusoidale permanente*

Modelli lineari di condensatore ed induttore. Definizione di fasore, di impedenza e di ammettenza. Analisi fasoriale dei circuiti: estensione dei teoremi e dei metodi introdotti per le reti senza memoria. Potenza in regime sinusoidale. Circuiti risonanti.

*Analisi delle reti nel dominio del tempo*

Variabili di stato. Equazioni di stato della rete e soluzione. Casi particolari per reti del primo e secondo ordine.

*Analisi delle reti nel dominio della pulsazione complessa*

Trasformata di Laplace (richiami). Circuiti equivalenti nel dominio della pulsazione complessa. Risposte all'impulso e al gradino. Funzioni di trasferimento.

*Doppi bipoli*

Caratterizzazione con matrici delle impedenze, ammettenze, ibrida e di trasmissione. Connessione di doppi bipoli.

*Sistemi trifase*

Terna dei generatori, circuito monofase equivalente, potenza e rifasamento.

*Calcolo di parametri di rete*

Calcolo di resistori, induttori, capacità, circuiti magnetici e mutue induttanze.

Argomenti del secondo ciclo di lezioni (30 ore ca.)

*Complementi sulle reti elettriche*

Metodi topologici. Equazioni di stato per reti degeneri. Complementi sull'uso della trasformata di Laplace.

(\*) *Insegnamento sostitutivo di Geometria II.*

*Campi elettromagnetici in regime quasi stazionario*

Equazioni di Maxwell e di continuità. Teorema di Poynting. Definizioni in termini energetici di resistenza, induttanza e capacità. Circuito equivalente del trasformatore reale. Elettromagnetismo per mezzi in movimento.

*Principi di funzionamento delle macchine elettriche rotanti*

Alternatore e motore sincrono. Generatore e motore asincrono. Dinamo e motore in corrente continua.

ESERCITAZIONI

Si svolgono in aula ed hanno lo scopo principale di portare gli studenti ad un grado di abilità e prontezza dell'analisi delle reti elettriche, quale richiesta dagli insegnamenti successivi.

TESTI CONSIGLIATI

Per il primo ciclo di lezioni:

C.A. Desoer - E.S. Kuh, *Basic circuit theory*, McGraw-Hill, New York, 1969  
oppure nell'edizione italiana *Fondamenti di teoria dei circuiti*, Ed. F. Angeli, Milano, 1981.  
L.O. Chua - C.A. Desoer - E.S. Kuh, *Linear and nonlinear circuits*, McGraw-Hill, New York, 1987.

Per il secondo ciclo di lezioni:

B. Peikari, *Fundamentals of network analysis and synthesis*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1974.

W.F. Hughes - F.J. Young, *The electromagnetodynamics of fluids*, J. Wiley & So., New York, 1966.

K. Kupfmuller, *Fondamenti di elettrotecnica*, UTET, Torino, 1968.

S.A. Nasar - L.E. Unnewehr, *Electromechanics and electric machines*, J. Wiley & So., New York, 1979.

Per le esercitazioni:

A. Laurentini - A.R. Meo - R. Pomè, *Esercizi di elettrotecnica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1975.

M. Biey, *Esercitazioni di elettrotecnica*, Ed. Clut, Torino, 1988.

## IN471 FISICA I

Prof. Ottavia FILISETTI BORELLO (1° corso) Dip. di Fisica  
 Prof. Giovanni BARBERO (2° corso)  
 Prof. Alfredo STRIGAZZI (3° corso)

I ANNO	Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
2° PERIODO DIDATTICO	Annuale (ore)	75	28	24
	Settimanale (ore)	6	2	2

## PROGRAMMA

Cenni di metrologia: misurazione e incertezza di misura, sistemi di unità; analisi dimensionale; valutazione dell'incertezza in misurazioni indirette.

Interpretazione ed uso dei vettori in Fisica. Vettori polari assiali. Cinematica del punto: velocità e accelerazione nei moti rettilinei e curvilinei; componenti intrinseche dell'accelerazione. Moti ad accelerazione non costante.

Classi di riferimenti inerziali. Relatività galileiana. Cenni di cinematica in relatività ristretta. Dinamica del punto: forza, massa, quantità di moto, leggi di Newton in riferimenti inerziali. Teorema dell'impulso. Conservazione della quantità di moto; forze di campo (gravità e forze elastiche), vincoli e attriti. Forze d'inerzia (pseudoforze).

Lavoro; teorema lavoro-energia cinetica; potenza. Campi conservativi. Gradiente, divergenza, rotore. Potenziale ed energia potenziale. Teorema di conservazione dell'energia. Cenni di dinamica del punto in relatività ristretta.

Dinamica dei sistemi: momenti statici e centro di massa; conservazione della quantità di moto e dell'energia. Momento meccanico (di una forza e di una coppia). Momento angolare. Teorema dell'impulso del momento. Conservazione del momento angolare. Moto del sistema del centro di massa; urti. Sistemi classici e massa variabile. Momento d'inerzia e dinamica rotatoria dei corpi rigidi. Statica dei corpi rigidi. Statica dei fluidi. Tensione superficiale. Dinamica dei fluidi. Moto armonico; oscillazioni smorzate, forzate e risonanza. Cenni alle onde elastiche. Effetto Doppler.

Campo gravitazionale e leggi del moto planetario.

Termometria: dilatazione termica; scale di temperatura. Termometro a gas. Teoria cinetica dei gas perfetti.

Calorimetria: calorimetro delle mescolanze, e di Bunsen. Sistemi termodinamici.

Equazione di stato dei gas perfetti e di Van Waals; cambiamenti di stato. Principio di equivalenza e primo principio della termodinamica. Secondo principio della termodinamica; macchine termiche; ciclo e teorema di Carnot; teorema di Clausius; entropia.

## ESERCITAZIONI

Esercizi applicativi sul programma del corso.

## LABORATORI

Esercitazioni a quarti di squadra in laboratorio su:

- 1) misurazione dell'accelerazione di gravità
- 2) misurazione del periodo del pendolo in funzione della lunghezza e dell'elongazione (computer on line).

## TESTI CONSIGLIATI

Per quanto riguarda il testo da adottare, gli studenti seguano le indicazioni del docente.

R. Resnick - D. Halliday, *Fisica*, Parte I, Ambrosiana, Milano, 1982.

R.A. Serway, *Fisica per scienze ed Ingegneria*, SES, Napoli, 1987.

A.C. Melissinos - F. Lobkowicz, *Fisica per Scienze e Ingegneria*, Vol. I, Piccin, Padova, 1978.

C. Mencuccini - V. Silvestrici, *Fisica - Meccanica, Termodinamica*, Liguori, Napoli, 1987.

- D.E. Roller - R. Blum, *Fisica*, Parte I, Zanichelli, Bologna, 1984.  
P.A. Tipler, *Fisica*, Parte I, Zanichelli, Bologna, 1980.  
M. Alonso, E.J. Finn, *Elementi di Fisica per l'Università*, Vol. I, Masson, Milano, 1982.  
J.P. Hurley - C. Garrod, *Principi di Fisica*, Zanichelli, Bologna, 1982.  
C. Kittel - W.D. Knight - M.A. Ruderman, *La Fisica di Berkeley*, Parte I, Zanichelli, Bologna, 1970.  
S. Rosati, *Fisica Generale*, Parte I, Ambrosiana, Milano, 1978.  
R.P. Feynman - R.B. Leighton - M. Sands, *La Fisica di Feynman*, Addison-Wesley, London, 1969.  
G. Lovera - B. Minetti - A. Pasquarelli, *Appunti di Fisica I*, Levrotto & Bella, Torino, 1977.  
G. Lovera - R. Malvano - B. Minetti - A. Pasquarelli, *Calore e termodinamica*, Levrotto & Bella, Torino, 1981.  
B. Minetti - A. Pasquarelli, *Esercizi di Fisica I*, Levrotto & Bella, Torino, 1971.  
G.A. Salandin, *Problemi di Fisica I*, Ambrosiana, Milano, 1986.  
S. Rosati - R. Casali, *Problemi di Fisica Generali*, Ambrosiana, Milano, 1983.

## IN165 FISICA II

Prof. Francesca DEMICHELIS (1° corso) Dip. di Fisica  
 Prof. Marco OMINI (2° corso)  
 Prof. Enrica MEZZETTI (3° corso)

II ANNO	Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
1° PERIODO DIDATTICO	Annuale (ore)	80	20	10
	Settimanale (ore)	6	2	1

*Finalità del corso è l'apprendimento dei fondamenti dell'Elettromagnetismo e dell'Ottica.*

*Il corso si svolgerà con lezioni, esercitazioni orali, laboratori.*

*Nozioni propedeutiche: argomenti del corso di Fisica, calcolo differenziale e integrale.*

### PROGRAMMA

Interazione di tipo elettrico. Campi elettrici statici. Circuiti elettrici. Interazione magnetica. Campi magnetici e correnti elettriche. Il campo magnetico statico. La struttura elettrica della materia. Il campo elettromagnetico dipendente dal tempo. Circuiti elettrici in condizioni dipendenti dal tempo. Moto ondulatorio: onde elastiche. Onde elettromagnetiche. Interazione della radiazione elettromagnetica con la materia. Riflessione e rifrazione. Riflessione e rifrazione di onde elettromagnetiche. Polarizzazione. Geometria della propagazione per onde. Interferenza. Diffrazione. Meccanica quantistica.

### ESERCITAZIONI

Risoluzione di esercizi e problemi relativi ai principali argomenti del corso.

### LABORATORI

Uso di strumenti elettrici. Misure relative a circuiti elettrici. Misure di indici di rifrazione. Misure di lunghezza d'onda con reticoli di diffrazione.

### TESTI CONSIGLIATI

Per quanto riguarda il testo da adottare, gli studenti seguano le indicazioni del docente.

Alonso - Finn, *Elementi di Fisica per l'Università*, Addison Wesley.

Feynman, *La Fisica di Feynman*, Addison Wesley.

*La fisica di Berkeley, Eletticità e magnetismo, Onde e oscillazioni*, Zanichelli.

G. Piragino, *Fisica Generale e sperimentale - V.II*, Piccin, Padova, 1984.

J.A.Edminister, *Teoria e problemi di elettromagnetismo*, (Collana Shaum, ETAS LIBRI) Sonzogno, 1981.

E.N. Purcell, *La Fisica di Berkeley - Eletticità e magnetismo*, Zanichelli, Bologna, 1981.

## IN170 FISICA DELLO STATO SOLIDO

Prof. Piero MAZZETTI

Dip. di Fisica

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Elettronica fisica

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

70

6

Es.

20

—

Lab.

—

—

*Il corso riguarda lo studio delle proprietà fondamentali magnetiche, elettriche, ottiche e vibrazionali dei solidi cristallini.*

*Può essere considerato come un corso atto ad approfondire questioni di base relative ai corsi di 'Componenti Elettronici' e 'Dispositivi elettronici allo stato solido'. Richiede conoscenze preliminari di Meccanica Quantistica, quali quelle fornite dal corso 'Complementi di Fisica' (o dal corso di 'Fisica Atomica' per gli studenti Nucleari).*

## PROGRAMMA

*1 - Struttura cristallina dei solidi.*

Sistemi cristallini; reticoli di Bravais; gruppi spaziali; esempi di strutture cristalline semplici: bcc, fcc, hcp; reticolo reciproco; indici di Miller; diffrazione dei raggi X; fattore di struttura statica e dinamica; teorema di Bloch.

*2 - Proprietà vibrazionali dei solidi.*

Equazioni del moto in cristalli tridimensionali; tensore delle forze nell'approssimazione armonica; diagonalizzazione e modi normali; fononi, statistica di Bose-Einstein; scattering di fononi e leggi di conservazione; spettro fononico; diffrazione inelastica di neutroni.

*3 - Proprietà termiche dei solidi.*

Calore specifico nelle approssimazioni di Einstein, Debye e nei cristalli reali; interazione fra fononi; conducibilità termica; calore specifico elettronico.

*4 - Proprietà elettroniche nei solidi.*

Elettroni liberi nei metalli; potenziale cristallino e diagonalizzazione dell'hamiltoniana di perturbazione; zone di Brillouin e struttura a bande dell'energia; correzioni dell'energia al 2° ordine e superficie di Fermi; esempi per alcuni metalli e semiconduttori; calcolo della struttura a bande col metodo del tight-binding; cenni ad altri metodi di calcolo (O.P.W., A.P.W., funzioni di Green).

*5 - Teoria a molti corpi nei solidi.*

Spin elettronico in sistemi a molti corpi; stati di multipletto; antisimmetria della funzione d'onda dei fermioni; determinante di Slater; equazioni di Hartree e Hartree-Fock; energia di scambio; stati di singoletto e di tripletto; molecola di idrogeno; tipi di legame ionico e covalente; metodo di Hund-Mulliken ed Heitler-London per il calcolo dei legami molecolari.

6 - Sarà sviluppato in modo esteso ad anni alterni uno dei seguenti argomenti: proprietà magnetiche dei solidi; proprietà dielettriche, ferroelettriche ed ottiche dei solidi; proprietà di trasporto in metalli e semiconduttori.

NOTA: Lo sviluppo di alcuni punti di questo programma sarà preceduto, se necessario da alcuni richiami e complementi di meccanica quantistica e di fisica dell'atomo.

## ESERCITAZIONI

Possibilità di sviluppare tesine su determinati argomenti di Stato Solido.

## TESTI CONSIGLIATI

G. Burns, *Solid State Physics*, Academic Press, New York, 1985.

N.W. Ashcroft, *Solid State Physics*, Holt Sanders International Editions, New York, 1981.

Saranno inoltre fornite dispense integrative da fotocopiare.

## IN600 FISICA MATEMATICA

Prof. Nicola BELLOMO

Dip. di Matematica

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Elettronica fisico-matematica

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

50

4

Es.

50

4

Lab.

—

—

*Il corso si rivolge allo studio delle equazioni differenziali ed operatoriali della fisica matematica di interesse nell'ingegneria elettronica con lo scopo di fornire allo studente sia i fondamenti fisici alla base del modello matematico, sia i metodi di analisi qualitativa e quantitativa, compresi metodi numerici, dei modelli proposti.*

*Nozioni propedeutiche: Contenuti Analisi matematica, Geometria e Fisica. È altresì utile che lo studente abbia conoscenza dei contenuti di: Campi elettromagnetici e Componenti elettronici.*

## PROGRAMMA

Il programma del corso si rivolge allo studio delle equazioni differenziali ed agli operatori della fisica matematica di interesse nell'ingegneria elettronica. In particolare verranno trattate nel corso le equazioni dell'elettromagnetismo, le equazioni di trasporto e quelle di evoluzione della meccanica statica. Una parte del corso si rivolgerà allo studio delle equazioni di tipo stocastico: equazioni alle derivate parziali con coefficienti aleatori (es. propagazione in mezzi random) ed alle derivate ordinarie di tipo stocastico (Ito e Stratonovich).

La prima parte del corso si rivolge allo studio dei fondamenti fisici e di modellizzazione matematica individuando sia i criteri di modellizzazione matematica, sia i criteri di scelta del modello matematico in rapporto alle sue applicazioni. Inoltre per i vari modelli proposti verranno indicati i criteri generali per la formulazione matematica dei problemi con discussione critica, su base sia fisica che matematica, dei criteri di definizione delle condizioni necessarie alla soluzione del problema (condizioni iniziali ed al contorno).

La seconda parte del corso si rivolge allo studio dei metodi di analisi delle equazioni e modelli proposti nella prima parte del corso con lo scopo di ottenere risultati qualitativi e quantitativi con particolare attenzione allo studio dei modelli non lineari e dei modelli stocastici: metodi perturbativi, metodi di decomposizione, metodi di discretizzazione e di interpolazione, metodi numerici.

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni, che faranno uso di sistemi di calcolo automatico, si rivolgeranno allo studio quantitativo di un problema applicativo nell'ambito dei modelli matematici proposti nel corso.

## TESTI CONSIGLIATI

G. Adomian, *Stochastic System*, Academic Press, I (1983), II (1986).

N. Bellomo - R. Riganti, *Nonlinear Stochastic System in Physics and Mechanics*, World Scientific, 1987.

N. Bellomo - R. Monaco, *Nonlinear Evolution Equation in Mathematic and Physics*, (attualmente disponibile in forma di appunti).

## IN176 FISICA TECNICA

Prof. Carla LOMBARDI

Dip. di Energetica

V ANNO

Impegno didattico

Lez.

Es.

Lab.

1° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore)

60

50

10

Settimanale (ore)

4

4

—

*Il corso sviluppa gli argomenti tradizionali della Fisica tecnica quali la Termodinamica applicata e la Termofluidodinamica dando particolare rilievo agli esempi applicativi in cui potrà essere coinvolto un futuro ingegnere elettronico. Tratta inoltre argomenti non tradizionali quali la teoria del funzionamento dei laser e l'elettroacustica.*

## PROGRAMMA

*Illuminotecnica:* tipi principali di sorgenti luminose con relativi metodi di calcolo. Colorimetria. Teoria del funzionamento dei laser; tipi principali; applicazioni.

*Acustica applicata:* date le definizioni generali di onda acustica, sono introdotti i concetti di analogia elettromeccanica ed elettroacustica con le relative impedenze. Impostate le equazioni per i trasduttori elettromeccanici si passano in rassegna i tipi di microfoni e sorgenti.

*Termodinamica applicata:* applicazione ai sistemi chiusi ed ai sistemi aperti del principio di conservazione dell'energia, del 2° principio della termodinamica e dell'analisi exergetica. Prese in considerazione le principali funzioni di stato, vengono esaminati i cicli diretti ed inversi per gas e vapori, la termodinamica dei fenomeni termoelettrici, la conversione diretta dell'energia.

*Termofluidodinamica:* sono dati i concetti principali di moto dei fluidi con applicazioni. Si analizzano i fenomeni di trasmissione termica per conduzione, convezione, irraggiamento con esempi di calcolo in particolare su scambiatori con superfici alettate.

## ESERCITAZIONI

Calcolo illuminazione strade ed ambienti. Dimensionamento di una cassetta acustica. Cicli termodinamici ideali e reali. Progetto refrigeratore termoelettrico. Calcolo alette di raffreddamento in regime permanente e transitorio.

## LABORATORI

Visita laboratorio ricerche sui laser. Misure illuminamento. Misure acustiche. Misura di conducibilità termica. Misure di portata. Contatori di calore.

## TESTI CONSIGLIATI

C. Boffa - P. Gregorio, *Elementi di Fisica tecnica per allievi ed ingegneri elettronici*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.

V. Marchis - M. Masoero, *Modelli di sistemi termodinamici*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.

## IN475 GEOMETRIA I

Prof. Nadia CHIARLI GRECO (1° corso) Dip. di Matematica  
 Prof. Silvio GRECO (2° corso)  
 Prof. Silvio GRECO (3° corso)

I ANNO	Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
2° PERIODO DIDATTICO	Annuale (ore)	80	52	—
	Settimanale (ore)	6	4	—

*Il corso si propone di fornire agli studenti una preparazione di base per lo studio di problemi con l'uso di coordinate in relazione alla geometria analitica del piano e dello spazio. Una parte del corso è anche dedicata al calcolo matriciale, oltre che allo studio delle funzioni di più variabili reali.*

*Il corso si svolge in lezioni ed esercitazioni.*

*Nozioni propedeutiche: si trovano nel corso di Analisi Matematica I con particolare riguardo alle proprietà dei numeri reali e complessi, operazioni di integrazione e di derivazione.*

## PROGRAMMA

Vettori liberi ed applicati. Operazioni fondamentali sui vettori ed applicazioni geometriche. Geometria analitica del piano. Coniche come curve del 2° ordine. Altri luoghi geometrici. Geometria analitica dello spazio. Coordinate cartesiane, cilindriche e sferiche. Proprietà generali di curve e superficie. Sfere e circonferenze. Coni e cilindri. Superficie di rotazione e quadriche. Elementi di geometria differenziale delle curve. Curve in forma parametrica. Lunghezza di un arco di curva.

Triedro fondamentale, curvatura e torsione. Applicazioni.

Spazi vettoriali, matrici e sistemi lineari. Sottospazi. Dimensione. Operatori lineari e matrici, con relative operazioni. Risoluzione di sistemi lineari, Autovalori ed autovettori di un operatore lineare. Calcolo differenziale per funzioni di più variabili. Funzioni di più variabili a valori reali, dominio, limiti. Derivate parziali e direzionali. Gradiente, differenziale. Massimi e minimi relativi.

Funzioni a valori vettoriali e matrice jacobiana. Applicazioni geometriche: retta tangente ad una curva, piano tangente ad una superficie.

## ESERCITAZIONI

Illustrazione mediante esempi ed esercizi dei vari aspetti del programma.

## TESTI CONSIGLIATI

Greco - Valabrega, *Lezioni di Matematica per allievi ingegneri*, vol. 2 (in due parti), Ed. Le-  
 vrotto & Bella, Torino.

AA.VV., *Esercizi di Geometria*, Ed. Celid.

## IN213 IMPIANTI DI BORDO PER AEROMOBILI

Prof. Sergio CHIESA

Dip. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Controlli avionici

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

60 24

6 2

Es.

12

—

*Scopo del corso è presentare all'allievo i vari impianti di potenza dei moderni aeromobili secondo una visione di tipo sistemistico. Per ogni impianto si considerano i principi generali di funzionamento, vari schemi alternativi e semplici metodi di dimensionamento.*

*Una parte consistente del corso è dedicata alle metodologie di progetto sistemistico con finalizzazione ai concetti di sicurezza e efficacia del sistema e qualità del prodotto, nonché alle discipline tipiche della Logistica di Supporto al prodotto, come Affidabilità, Manutenibilità, Manutenzione, coi necessari accenni ad aspetti economici, quali il concetto di Costo del Ciclo di Vita (L.C.C.).*

*Il corso si svolgerà con lezioni ed esercitazioni, alcune delle quali in laboratorio o su calcolatore. Ove possibile, visite ad industrie e conferenze da parte di esponenti industriali.*

*Nozioni propedeutiche: materie di base e Aeronautica Generale.*

### PROGRAMMA

Impianto idraulico.

Impianto elettrico.

Impianti di condizionamento, antighiaccio, pneumatico e APU.

Logica pneumatica e algebra di Boole (cenni per gli allievi aeronautici).

Impianto combustibile.

Impianti vari e arredamento (cenni).

Previsione del peso e dei costi.

Sicurezza, efficacia di sistema e canalità del prodotto.

Affidabilità, manutenibilità e disponibilità.

Manutenzione e supporto logistico integrato.

Cenni descrittivi sulle strutture aeronautiche alla luce dei problemi di installazione (per allievi elettronici).

### ESERCITAZIONI

Semplici calcoli di dimensionamento. Applicazioni al calcolatore. Eventuali lavori sviluppati autonomamente dagli allievi (es. programmi di calcolo).

### LABORATORI

Semplici esercizi su banchi didattici di idraulica e logica pneumatica.

### TESTI CONSIGLIATI

Chiesa, *Sistemazione interna e arredamento dei velivoli da trasporto*, Ed. Clut.

Chiesa, *Impianti di bordo per aeromobili: impianto combustibile*, Ed. Clut.

Chiesa, *Impianti di bordo per aeromobili: impianto pneumatico, condizionamento antighiaccio e APU*, Ed. Clut.

Chiesa, *Affidabilità, sicurezza e manutenzione nel progetto dei sistemi*, Ed. Clut.

McKinley - Bent, *Basic science for aerospace vehicles*, McGraw Hill.

Colombo, *Oleodinamica applicata*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.

Bazovswy, *Principi e metodi dell'affidabilità*, Ed. Etas Kompass.

D'Elia, *Impianti degli aerei*, Ed. Masson Italia.

## IN242 LINGUAGGI DI PROGRAMMAZIONE E COMPILATORI (a partire dall'A.A. 1989/90)

Prof. Giorgio BRUNO

Dip. di Automatica e Informatica

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Informatica

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

60

4

Es.

60

4

Lab.

45

3

*Lo scopo del corso è di illustrare i principi teorici e le tecniche pratiche per il progetto di compilatori, presupponendo che lo studente abbia acquisito le nozioni di base sulla struttura dei calcolatori, fornite dal corso di Calcolatori e programmazione. Parte del corso viene dedicata allo studio del linguaggio di programmazione Pascal con numerosi esempi di possibile applicazione.*

*Il corso prevede, oltre alle lezioni teoriche ed alle esercitazioni in aula, esercitazioni pratiche su un elaboratore del tipo VAX.*

*Nozioni propedeutiche: si suppongono note le nozioni relative alla struttura degli elaboratori e ai sistemi operativi.*

### PROGRAMMA

Generalità su assembleri, compilatori, interpreti.

Grammatiche formali e linguaggi.

L'analizzatore lessicale.

Riconoscitori 'Top-down'.

Grammatiche a precedenza e tecniche di parificazione 'bottom-up'.

Organizzazione della memoria.

Tavole dei simboli.

Notazione polacca, quadruplette, triplette e altre forme di rappresentazione interna.

L'analisi semantica.

La generazione del codice.

L'organizzazione del codice.

Interpreti.

L'implementazione delle macro.

Compilatori di compilatori e sistemi di scrittura di traduttori.

### ESERCITAZIONI

Il programma delle esercitazioni consiste nell'analisi del linguaggio di programmazione PASCAL e delle sue applicazioni.

### LABORATORI

Consistono nella stesura e nel collaudo di programmi PASCAL a scelta dello studente.

### TESTI CONSIGLIATI

D. Gries, *Compiler Constructions for Digital Computers*, J. Wiley & Sons, New York, 1971.  
Versione italiana: D. Gries, *Principi di progettazione dei compilatori*, Collana di Informatica, F. Angeli Editore, Milano, 1978.

K. Jensen - N. Wirth, *Pascal-user manual and report*, Springer-Verlag, New York, 1974.

## IN254 MACCHINE E IMPIANTI ELETTRICI

Prof. Antonio COFFANO

Dip. di Elettrotecnica

IV ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Elettronica industriale

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	50	30	—
Settimanale (ore)	4	2	—

*Il corso ha lo scopo di fornire le nozioni fondamentali sul funzionamento delle macchine elettriche ed alcune importanti nozioni di impianti elettrici.*

*Il corso comprende lezioni, esercitazioni.*

*Si richiede la precedenza del corso di Elettrotecnica.*

### PROGRAMMA

**Macchine elettriche.** Circuiti magnetici in corrente continua ed in corrente alternata, lineari e non lineari. Forze magnetomotrici concentrate e f.m.m. distribuite. f.m.m. rotanti. Il riscaldamento delle macchine elettriche. Transistori termici. Sovraccarichi. Isolamento.

**Trasformatore.** Punto di vista dei circuiti accoppiati e punto di vista, cosiddetto, trasformatorico. Cenni costruttivi. Circuiti equivalenti. Il trasformatore in audiofrequenza. Il trasformatore trifase. L'autotrasformatore. Funzionamento in parallelo dei trasformatori.

**Macchina sincrona.** Alternatore e motore sincrono. Reattanze tipiche. Diagrammi vettoriali e diagramma circolare della macchina isotropa. Avvolgimenti. Cenni costruttivi.

**Macchina asincrona.** Motore a induzione polifase, in particolare trifase, con rotore avvolto e con rotore a gabbia di scoiattolo. Diagramma circolare e caratteristica elettromeccanica. Funzionamento come variatore di fase, di tensione, di frequenza. Il motore bifase ed alimentazione asimmetrica. Il motore monofase. La regolazione di velocità della macchina asincrona. Cenni costruttivi.

**Macchina a corrente continua.** Dinamo e motore. Avvolgimenti chiusi serie e parallelo. La macchina a corrente alternata munita di commutatore. L'autoeccitazione. Confronto di caratteristiche elettriche e meccaniche: fra eccitazione indipendente, derivata, serie, composta. La regolazione di velocità del motore c.c.. Sistema Ward Leonard. Cenni costruttivi.

**La conversione elettromeccanica dell'energia in generale.** La coppia come derivata dell'energia. Motori di piccola potenza ed altri dispositivi: motore a isteresi, a riluttanza variabile, passo-passo, selsyn monofase o synchro di coppia, synchro-trasformatore.

**Impianti elettrici.** Schema fondamentale degli impianti di produzione, trasporto, distribuzione ed utilizzazione dell'energia elettrica. Parametri delle linee. Rifasamento. Impianti di terra.

### ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono in applicazioni numeriche sugli argomenti svolti.

### TESTI CONSIGLIATI

S. Crepez, *Macchine elettriche*, Clup, Milano, 1976.

E. Giuffrida, *Applicazioni industriali dell'elettrotecnica*, Clut. Torino, 1970.

## IN528 MACCHINE ELETTRICHE STATICHE

Prof. Franco VILLATA

Dip. di Elettrotecnica

V ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Elettronica industriale

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

80

6

Es.

20

2

Lab.

10

—

*Il corso si inquadra in un indirizzo tendente a fornire le basi per affrontare alcuni dei problemi che si presentano nel campo del comando di apparecchiature elettromeccaniche. Esso si propone di fornire la descrizione dei principali circuiti elettronici che permettono di realizzare sia le parti a livello di segnale sia quelle di potenza di più frequente impiego nell'elettronica industriale, con particolare riferimento ai convertitori statici di energia. Di ciascun circuito vengono esaminate le principali caratteristiche di funzionamento nonché i criteri di dimensionamento.*

*Nozioni propedeutiche: per seguire il corso di Macchine elettriche statiche sono utili gli argomenti trattati nei corsi di Elettrotecnica I ed Elettronica applicata per gli allievi Elettrotecnici e di Elettrotecnica ed Elettronica applicata I per gli allievi elettronici.*

### PROGRAMMA

Diodo. Tipi costruttivi; modello elettrico; modello termico. Reti con diodi. Convertitori monofasi AC-DC, filtri. Circuiti tipici di impiego e loro dimensionamento. SCR. Tipi costruttivi; modelli elettrici; principali caratteristiche fornite dal costruttore. Convertitori AC-DC controllati monofasi e trifasi per il comando di motori a corrente continua funzionanti nel piano C, su un quadrante, due quadranti, quattro quadranti. Dimensionamento dei componenti, delle protezioni da sovracorrenti e da sovratensioni. Commutazione, disturbi verso rete, potenza reattiva. Struttura dei principali tipi di circuiti di regolazione e principio di funzionamento dei principali blocchi da cui sono costituiti, con particolare riguardo ai circuiti sfasatori e impulsatori, ed ai trasformatori di impulsi. Controllo di macchine in corrente alternata di tipo sincrono e asincrono mediante convertitori controllati AC-DC. Trasduttori di tensione e di corrente impiegati nei convertitori controllati.

### ESERCITAZIONI

Le esercitazioni vertono sul dimensionamento di convertitori AC-DC e sono completate da esperienze di laboratorio.

### TESTI CONSIGLIATI

H. Buhler, *Traité d'Electricité*, vol. XV, *Electronique industrielle I*, *Electronique de puissance*, Editions Georgi, Losanna, I edizione 1978.

Moltgen, *I tiristori*, Collana Tecnica Siemens 3.G. Montessori, *Elettronica di potenza*, Editore Delfino.

Tali testi contengono solo parte degli argomenti del corso, pur contenendo argomenti che non verranno svolti.

## IN271 MECCANICA DELLE MACCHINE E MACCHINE

Prof. Vittorio MARCHIS

Dip. di Meccanica

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico

Lez.

Es.

Lab.

Annuale (ore)

84

56

8

Settimanale (ore)

6

4

—

*Scopi del corso sono:*

- *lo studio dei fondamenti della Meccanica delle macchine (i meccanismi) e delle Macchine (le macchine a fluido motrici ed operatrici)*
- *l'approfondimento del linguaggio della meccanica al fine di permettere un più omogeneo collegamento tra le discipline elettriche/informatiche e quelle meccaniche*
- *lo studio dei modelli (soprattutto dinamici) dei sistemi meccanici e l'analisi delle loro caratteristiche funzionali per mezzo di esperimenti di simulazione su elaboratore elettronico.*

*Svolgendosi su questa linea il corso presenta particolari aspetti di interesse per le discipline dell'indirizzo di Automatica.*

## PROGRAMMA

*Gli elementi*

L'equilibrio statico e dinamico dei sistemi meccanici. I fenomeni di attrito negli organi di collegamento. Meccanismi elementari nei sistemi meccanici. Principi di macchine termiche e a fluido. Caratteristiche strutturali e funzionali delle macchine motrici ed operatrici. Caratteristiche strutturali e funzionali di componenti e sistemi oleoidraulici.

*L'analisi dei sistemi*

Analisi dinamica dei sistemi meccanici. Studio dei sistemi vibranti. Accoppiamento di macchine motrici ed operatrici. Studio di sistemi oleoidraulici di potenza

*Modellistica e simulazione*

La simulazione numerica di sistemi dinamici tramite elaboratore elettronico. Tecniche di simulazione nel dominio del tempo e delle frequenze. Analisi delle caratteristiche funzionali di un sistema meccanico per mezzo di esperimenti di simulazione.

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni, sempre in stretta correlazione con gli argomenti svolti a lezione, intendono fornire allo studente sia una conoscenza degli ordini di grandezza dei fenomeni studiati, sia la esperienza di base per potere realizzare modelli analitici e numerici di sistemi meccanici. Sono previste dirette esperienze di simulazione su elaboratore elettronico, nonché visite ai Laboratori di Meccanica applicata alle macchine.

## TESTI CONSIGLIATI

Marchi - Masoero, *Modelli di sistemi termodinamici*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1985.  
Jacazio - Piombo, *Esercizi di Meccanica applicata*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1983.

**IN279 MECCANICA RAZIONALE**

Prof. Nicola BELLOMO (1° corso)      Dip. di Matematica  
 Prof. Giovanni BORGIOLO (2° corso)  
 Prof. Maria G. ZAVATTARO CHIADO'  
 PIAT (3° corso)

II ANNO	Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
1° PERIODO DIDATTICO	Annuale (ore)	73	50	—
	Settimanale (ore)	6	4	—

*Il corso di Meccanica razionale per elettronici si pone lo scopo di fornire allo studente le conoscenze e gli strumenti matematici idonei all'analisi quantitativa e qualitativa dei modelli della Meccanica, curando sia i fondamenti teorici sia l'analisi fisica dei problemi applicativi. Il corso si propone altresì di curare gli aspetti di modellizzazione matematica dei sistemi meccanici ed a tal fine sono introdotti gli aspetti preliminari relativi allo studio di sistemi con parametri aleatori.*

*Il corso si svolge con lezioni, esercitazioni in aula e presso il Laboratorio di Informatica di Base (LAIB).*

*Nozioni propedeutiche: il contenuto dei corsi di Analisi matematica I, Geometria e Fisica I.*

**PROGRAMMA**

Nozioni generali sui modelli matematici della Meccanica.

Il modello meccanico della meccanica del corpo rigido.

Cinematica del corpo rigido.

Teoremi fondamentali della meccanica classica.

Le equazioni di Lagrange.

Le equazioni di Hamilton.

Metodi qualitativi e quantitativi per lo studio delle equazioni del moto.

Equilibrio statico e dinamico dei sistemi.

Introduzione ai metodi della probabilità applicata allo studio di sistemi e modelli matematici con parametri aleatori.

Introduzione allo studio qualitativo e quantitativo di sistemi con parametri aleatori.

Introduzione ai modelli matematici della teoria cinetica.

**TESTI CONSIGLIATI**

N. Bellomo, *Meccanica classica e stocastica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino.

Bellomo - Bonzani - Longo - Riganti - Rolando - J. Vacca - Zavattaro, *Problemi di meccanica classica e stocastica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1986.

**IN281 MECCANICA STATISTICA APPLICATA**

Prof. Mario RASETTI

Dip. di Fisica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Componenti e tecnologie

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

78

6

Es.

26

2

Lab.

—

—

*Il corso intende dare agli studenti una buona conoscenza operativa nelle aree più rilevanti della Meccanica statistica: fenomeni di equilibrio, sia classici che quantistici, e di non-equilibrio; processi stocastici e teoria del trasporto; nonché fornire una serie di esempi di applicazione, soprattutto alla chimica, alla termodinamica dei fluidi reali, alla fisica dei fluidi (in particolare nei suoi aspetti di più diretto interesse per l'elettronica), alla fisica dei plasmi.*

*Il corso comprende lezioni ed esercitazioni teoriche.*

*Nozioni propedeutiche: principi generali della Fisica sia classica che moderna (termodinamica, elettromagnetismo, meccanica classica e quantistica), Matematica: generale e complementi.*

**PROGRAMMA**

Principi fondamentali della meccanica statistica: spazio delle fasi; ergodicità e mixing; teorema di Liouville.

Fenomeni di equilibrio: il concetto di ensemble; ensemble microcanonico, canonico e gran canonico; funzione di partizione; teorema di equipartizione; gas perfetto; potenziali termodinamici.

Sistemi quantistici: Fermi-Dirac; Bose-Einstein; condensazione.

Fenomeni di non-equilibrio: teorema di Wiener; teorema di Nyquist; moto Browniano; equazione di Fokker-Planck; Random Walk.

Teoria cinetica; termodinamica dei processi irreversibili: relazioni di Onsager; teorema di fluttuazione e dissipazione.

Applicazioni: gas reale; relazioni chimiche; solidi: proprietà elettriche, elettroniche, termiche, magnetiche; processi cooperativi e transizioni di fase; polimeri; plasmi.

**ESERCITAZIONI**

Svolgono problemi ed esempi relativi alle applicazioni.

**TESTI CONSIGLIATI**

Non sono consigliati testi perché vengono distribuiti agli studenti appunti ciclostilati compilati a cura del docente.

## IN290 METROLOGIA DEL TEMPO E DELLA FREQUENZA

Prof. Sigfrido LESCHIUTTA

Dip. di Elettronica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Misure elettroniche  
Radiotecnica

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

56

6

Es.

30

—

Lab.

—

—

*Il corso introduce innanzitutto le nozioni di base del sistema internazionale di unità (SI), nell'inquadramento fornito dalla CGPM. Successivamente, studiate alcune costanti universali (in particolare la c), si affronta ed approfondisce la metrologia del tempo e della frequenza. Formano oggetto di questa parte i generatori (naturali) (atomici ed astronomici) e quelli artificiali (in particolare, gli oscillatori a quarzo), i metodi per la generazione e la disseminazione delle scale di tempo e delle frequenze campione e i metodi e i mezzi per i confronti a distanza fra i campioni di frequenza e di tempo.*

*Il corso comprende lezioni, esercitazioni sperimentali, visite ai laboratori metrologici dell' IEN e dell' IMG C, eventuali visite a ditte qualificate nel settore.*

*Nozioni propedeutiche: preparazione misuristica acquisita dopo avere frequentato i corsi di Misure elettriche o di Misure elettroniche.*

### PROGRAMMA

Introduzione generale e organizzazioni metrologiche internazionali (CGPM/XIPM, BIPM, OIML). Le sette unità fondamentali, le due supplementari e le oltre cento derivate del Sistema Internazionale (SI). Alcune costanti universali (in particolare la c) e naturali (ad esempio la g). Il campione di lunghezza collegato con quello di tempo. Il campione artificiale di massa. Le unità elettriche e, in particolare, il collegamento tensione-frequenza (effetto Josephson). La scala internazionale pratica della temperatura. La mole. Le unità luminose. Gli Istituti Metrologici primari in Italia, in Europa e negli altri continenti. La disseminazione delle unità l'organizzazione europea e i Servizi di Taratura. Le scale di tempo; tempo rotazionale e tempo uniforme, le variazioni stagionali e annuali. La vigente scala di tempo atomica. I campioni artificiali (piezo oscillatori a quarzo, con i tagli di maggior interesse). I campioni atomici primari e secondari, attivi e passivi. Il campione al cesio, i campioni all'idrogeno e al rubidio. Disseminazione delle frequenze e dei tempi campione. I servizi disimpegnati dall' IEN e il loro inquadramento nazionale e internazionale.

### ESERCITAZIONI

Confronti di frequenza e di tempo, mediante la specifica strumentazione: generatori, sintetizzatori, comparatori.

### LABORATORI

Visite a tutti i reparti metrologici dell' IEN e dell' IMG C, con maggiore permanenza nei primi, nei quali si svolgono anche le esercitazioni.

### TESTI CONSIGLIATI

E. Arri - S. Sartori, *La misura delle grandezze fisiche*, Paravia, Torino, 1984.

A. Ferro Milone - P. Giacomo - S. Leschiutta, *Metrology and Fundamental Constants*, North Holland, Amsterdam, 1980.

E. Gerber - A. Ballato, *Precision Frequency Control*, Academic Press, New York, 1985.

P. Kartashoff, *Frequency and Time*, Academic Press, London, 1978.

## IN292 MICROELETTRONICA

Prof. Francesco GREGORETTI

Dip. di Elettronica

V ANNO

Impegno didattico

Lez.

Es.

Lab.

1° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore)

56

28

14

INDIRIZZO: Apparat di telecomunicazioni

Settimanal (ore)

4

2

1

Apparati di telefonia

Circuiti a microonde

Elettronica circuitale

Microonde e tecnologie elettroniche

*Il corso è essenziale per la formazione di ingegneri elettronici con indirizzo progettistico-circuitale o informatico-hardware. Il programma è organizzato in modo da fornire agli allievi le nozioni fondamentali sulla progettazione di circuiti logici a grande scala di integrazione (VLSI).*

*Il corso si articola in lezioni ed esercitazioni, anche di tipo sperimentale. Durante le esercitazioni verrà svolto dagli allievi un ciclo completo di progettazione di un circuito integrato.*

*Il corso presuppone la conoscenza delle caratteristiche fondamentali dei dispositivi elettronici, in particolare dei dispositivi MOS, e delle nozioni di base di elettronica applicata e di progetto di circuiti logici; vanno pertanto considerati propedeutici i corsi di Componenti elettronici ed Elettronica applicata I.*

## PROGRAMMA

- Cenni di tecnologia, ciclo di fabbricazione.
- Componenti integrabili, caratteristiche e modelli dei dispositivi e delle interconnessioni.
- Circuiti elementari, caratteristiche statiche e dinamiche.
- Circuiti digitali combinatori, di pilotaggio, di ingresso/uscita, circuiti di protezione.
- Logiche regolari, programmabili, array e librerie di celle.
- Celle di memoria a sola lettura, a lettura/scrittura statiche e dinamiche, programmabili.
- Logiche dinamiche, fenomeni di bootstrapping e latch-up.
- Architettura interna, floor planning, distribuzione delle alimentazioni e dei segnali di cadenza.
- Ciclo di progetto, strumenti per la progettazione assistita da elaboratore (CAD), editor grafici, simulatori elettrici e logici; generatori automatici di celle, router e piazzatori di celle.
- Circuiti analogici.
- Dissipazione di potenza statica e dinamica.
- Cenni di misure, collaudo, testing.
- Problemi relativi allo scanalamento e cenni sulla tecnologia e sui componenti GaAs, e sull'integrazione a livello di wafer.

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni seguono gli argomenti svolti a lezione e si basano sullo sviluppo da parte degli allievi di esercizi di calcolo e valutazione di circuiti semplici, e simulazioni al calcolatore sia elettriche che logiche. Successivamente gli allievi svolgeranno tesine monografiche che porteranno al progetto di parti significative di un circuito integrato VLSI.

## TESTI CONSIGLIATI

C. Mead - L. Conway, *Introduction to VLSI systems*, Addison Wesley.

M. Annarratone, *Digital CMOS circuit design*, Kluwer Academic Publisher.

L.A. Glaser - D.W. Dobberpuhl, *The design and analysis of VLSI circuits*, Addison Wesley.

N. Weste - K. Eshraghian, *Principles of CMOS VLSI design; a system perspective*, Addison Wesley.

**IN296 MISURE ELETTRICHE**

Prof. Italo GORINI

Dip. di Automatica e Informatica

IV ANNO  
2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	50	24	50
Settimanale (ore)	4	2	4

*Lo scopo è di fornire le nozioni di base sulla metrologia elettrica e di far acquisire familiarità con gli strumenti e i metodi di misura delle grandezze elettriche. I temi generali trattati sono la teoria delle misure; unità e campioni; gli strumenti di misura; i metodi di confronto; la strumentazione automatica.*

*Sono previste lezioni ed esercitazioni teoriche in aula. Gli studenti, suddivisi in gruppi, svolgono esercitazioni sperimentali in laboratorio.*

*Nozioni propedeutiche: è necessario possedere gli elementi fondamentali di Analisi Matematica I e II, di Fisica II, di Elettrotecnica, di Complementi di matematica.*

**PROGRAMMA**

I fondamenti della teoria delle misure; definizione di una misura, suo schema logico. Sistemi di misura. Sistemi ed unità di misura: il Sistema Internazionale di unità di misura; campioni di riferimento per corrente continua e per corrente alternata. Gli strumenti di misura indicatori: caratteristiche generali strutturali, dinamiche e funzionali. Gli strumenti magnetoelettrici. Gli strumenti elettrodinamici con particolare riferimento al wattmetro. Gli strumenti elettromagnetici. Cenni su altri tipi di strumenti: elettrostatici, termici, a raddrizzatore. Generalità sui metodi di zero. Metodi di ponte in corrente continua e in corrente alternata. Metodi potenziometrici in corrente continua. Trasduttori. Divisori e derivatori. Trasformatori di misura: TA e TV. Cenni sulla strumentazione elettronica e digitale. I sistemi di acquisizione automatica dei dati. Cenni sull'analisi statistica dei risultati delle misurazioni. Cenni sulle tecniche di prevenzione degli infortuni elettrici. Cenni sulle misure magnetiche.

**ESERCITAZIONI**

Le esercitazioni in aula hanno lo scopo di presentare le esercitazioni di laboratorio e di discuterle dopo che sono state svolte.

**LABORATORI**

Le esercitazioni di laboratorio si svolgono in parallelo con il corso e vertono sui principali metodi di misura presentati.

**TESTI CONSIGLIATI**

G. Zingales, *Metodi e strumenti per le misure elettriche*, Utet, Torino, 1976.

S. Sartori, *La misura nella scienza, nella tecnica, nella società*, Paravia, Torino, 1979.

## IN300 MISURE ELETTRONICHE (Fino all'A.A. 1988/89)

Prof. Umberto PISANI (1° corso)      Dip. di Elettronica  
 Prof. Sigfrido LESCHIUTTA (2° corso)  
 Prof. Franco FERRARIS (3° corso)

IV ANNO	Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
2° PERIODO DIDATTICO	Annuale (ore)	60	—	36
	Settimanale (ore)	4	—	4

*Il corso si propone di illustrare i principi di funzionamento e di uso degli strumenti elettronici più diffusi e di presentare le disposizioni circuitali usate per la misura di alcune grandezze elettriche.*

*Il corso si svolge con lezioni teoriche ed esperienze in laboratorio.*

*Nozioni propedeutiche: sono quelle di Elettronica applicata I e II, di Campi elettromagnetici e circuiti e di Comunicazioni elettriche; inoltre è indispensabile che gli allievi abbiano una buona conoscenza degli argomenti trattati nel corso di Misure elettriche.*

### PROGRAMMA

Oscilloscopi a raggi catodici: caratteristiche dei tubi, presentazioni semplici e multiple di f.d.o., caratteristiche dei diversi blocchi di un oscilloscopio e descrizione degli schemi di un'apparecchiatura commerciale. Oscilloscopi a memoria, oscilloscopi campionatori. Generatori di segnali campioni con rete di reazione RC ed LC, ed a battimento. Generatori di funzioni. Misure di tensioni continue: voltmetri analogici, voltmetri numerici. Misure di tensioni alternate, voltmetri a valore medio, di cresta, a valore efficace. Analizzatori d'onda, distorsionometri, metodi di misura mediante confronto, misure di campo elettromagnetico. Misure di fase: con oscilloscopio; con metodi di zero, a lettura diretta mediante bistabili, metodi di alta frequenza. Misure di frequenza: a battimenti, riportate a misure di fase, frequenzimetri a contatore. Confronto a distanza di campioni. Misure di impedenza con ponti, con dispositivi e circuiti oscillatori, con impedenziometro vettoriale, con linea fessurata, con accoppiatori direzionali e voltmetro fasometro. Misure su linee: impedenza caratteristica, attenuazione. Misure di cifra di rumore. Cenni su sistemi automatici di misura e sulla normativa internazionale nel settore.

### LABORATORI

Le esercitazioni di laboratorio verteranno: due su misure di tensione, due sull'uso degli oscilloscopi, una misura su alimentatori, una di misure di frequenza e una di misure d'impedenza ad alta frequenza.

### TESTI CONSIGLIATI

*Appunti di Misure elettroniche*, Celid, Torino, 1982.

Oliver - Cage, *Electronic measurements and Instrumentation*, McGraw Hill, 1971.

## IN595 MISURE ELETTRONICHE A (Dall' A.A. 1989/90)

Prof. Umbero PISANI

Dip. di Elettronica

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Comunicazioni ottiche

Elettronica circuitale  
 Elettronica fisica  
 Elettronica fisico-matematica  
 Elettronica industriale  
 Informatica  
 Trasmissione numerica

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

60

4

Es.

—

—

Lab.

40

4

*Il corso si propone di illustrare inizialmente i principi di funzionamento e di uso degli strumenti elettronici più diffusi nelle varie aree di interesse dell'ingegneria elettronica e di presentare le specifiche disposizioni circuitali usate per la misura di alcune grandezze elettriche.*

*Nella seconda parte del corso saranno sviluppati i metodi e la strumentazione orientati alle misure ed al collaudo automatico di dispositivi e componenti usati nell'industria elettronica.*

*Il corso comprende lezioni teoriche in aula ed esercitazioni sperimentali in laboratorio. Nozioni propedeutiche sono quelle di Elettronica applicata, Comunicazioni elettriche, Sistemi di elaborazione dell'informazione; inoltre è consigliabile che gli allievi abbiano una buona conoscenza degli argomenti trattati nel corso di Misure Elettriche.*

### PROGRAMMA

Oscilloscopi a raggi catodici nelle diverse realizzazioni: analogico, digitale, con memoria, campionatore. Analizzatore di stati logici.

Generatori di stimoli: oscillatori sinusoidali, generatori di impulsi, sintetizzatori di forme d'onda e di frequenza, cenni sui generatori di parole.

Misure di tensioni continue: voltmetri analogici e numerici.

Misure di tensioni alternate: valore efficace, medio e di cresta.

Frequenzimetro a contatore e misuratore di intervalli di tempo.

Misure di fase e di potenza.

Misure di impedenza con metodi a ponte, metodi volt-amperometrici (impedenzimetro vettoriale), con tecniche riflettometriche nel dominio della frequenza e del tempo.

Cenni sui sistemi automatici di misura e relative normative internazionali, tecniche automatiche di misura e collaudo di dispositivi sia analogici sia numerici.

### LABORATORI

Le esercitazioni di laboratorio verteranno su argomenti specifici trattati nel corso e saranno svolte per gruppi di 4-5 allievi.

### TESTI CONSIGLIATI

S. Leschiutta - U. Pisani, *Appunti di Misure elettroniche*, in corso di preparazione.

Oliver - Cage, *Electronic measurements and instrumentation*, McGraw Hill, 1971.

Altri testi saranno indicati in relazione a specifici argomenti.

## IN596 MISURE ELETTRONICHE B (Dall'A.A. 1989/90)

Prof. Sigfrido LESCHIUTTA

Dip. di Elettronica

IV ANNO	Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
2° PERIODO DIDATTICO	Annuale (ore)	60	—	40
INDIRIZZO: Apparati di telecomunicazioni	Settimanale (ore)	4	—	4
Apparati di telefonia				
Circuiti a microonde				
Circuiti e tecnologie elettroniche				
Microonde e tecnologie elettroniche				
Misure elettroniche				
Propagazione e antenne				
Radiotecnica				
Sistemi di telecomunicazioni				
Telefonia				
Telematica				

*Il corso si propone di illustrare inizialmente i principi di funzionamento e di uso degli strumenti elettronici più diffusi nelle varie aree di interesse dell'ingegneria elettronica e di presentare le specifiche disposizioni circuitali usate per la misura di alcune grandezze elettriche.*

*Nella seconda parte del corso saranno sviluppati i metodi e la strumentazione orientati alle misure su sistemi di comunicazione ed alla ricerca in generale; si indicheranno pure talune applicazioni delle misure di grandezze elettroniche in altre discipline.*

*Il corso comprende lezioni teoriche in aula ed esercitazioni sperimentali in laboratorio.*

*Nozioni propedeutiche sono quelle di Elettronica applicata, Comunicazioni elettriche, Campi elettromagnetici e circuiti; è inoltre consigliabile che gli allievi abbiano una buona conoscenza degli argomenti trattati nel corso di Misure Elettriche.*

### PROGRAMMA

Oscilloscopi a raggi catodici nelle diverse realizzazioni: analogico, digitale, con memoria, campionatore. Analizzatore di stati logici.

Generatori di stimoli: oscillatori sinusoidali, generatori di impulsi, sintetizzatori di forme d'onda e di frequenza, generatori 'spazzolati' a battimento.

Misure di tensioni continue: voltmetri analogici e numerici.

Misure di tensioni alternate: valore efficace, medio e di cresta, voltmetri selettivi, distorsionometri, analizzatori di spettro e cenni sul misuracampo.

Campioni di tempo e frequenza, il contatore elettronico e la misura numerica di frequenze e di intervalli di tempo.

Misure sulle linee e misure di rumore.

Misure di fase e di potenza.

Misure di impedenza con metodi a ponte, metodi volt-amperometrici (impedenzometro vettoriale), con tecniche riflettometriche nel dominio della frequenza e del tempo.

Cenni sulle misure su fibre ottiche.

Cenni sui sistemi automatici di misura e relative normative internazionali.

### LABORATORI

Le esercitazioni di laboratorio verteranno su argomenti specifici trattati nel corso e saranno svolte per gruppi di 4-5 allievi.

### TESTI CONSIGLIATI

S. Leschiutta - U. Pisani, *Appunti di Misure elettroniche*, in corso di preparazione.

Oliver - Cage, *Electronic measurements and instrumentation*, McGraw Hill, 1971.

Altri testi saranno indicati in relazione a specifici argomenti.

## IN597 MISURE ELETTRONICHE C (Dall'A.A. 1989/90)

Prof. Franco FERRARIS

Dip. di Automatica e Informatica

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Automazione dei servizi  
Automazione industriale  
Controllo dei processi  
Informatica per l'automazione

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	50	24	50
Settimanale (ore)	4	2	4

*Lo scopo è di fornire le nozioni fondamentali sui metodi e gli strumenti di misura usati nell'automazione industriale.*

*Sono descritti i principali trasduttori e attuatori, con segnale di misura/attuazione elettrico, utilizzati nel controllo dei processi e gli strumenti sia analogici sia digitali per la misurazione di grandezze elettriche. Particolare enfasi è data agli strumenti a microprocessore ed ai sistemi automatici di acquisizione e distribuzione dei dati. Le esercitazioni sperimentali di laboratorio, svolte dagli studenti suddivisi in gruppi, hanno lo scopo di far acquisire familiarità con gli strumenti e i metodi di misura delle grandezze elettriche.*

*Nozioni propedeutiche sono quelle fornite nei corsi di: Misure elettriche, Fisica I, Fisica II, Elettrotecnica, Complementi di matematica, un corso di Informatica di base (ad esempio Sistemi di elaborazione dell'informazione).*

### PROGRAMMA

Sensori e trasduttori per misure di temperatura, lunghezza e posizione, velocità e accelerazione, forza e pressione, portata, livello. Cenni a trasduttori per altri tipi di misure.

Esempi di attuatori: motori in cc. e passo-passo, attuatori lineari, attuatori pneumatici.

Trattamento analogico dei segnali: amplificatori operazionali, filtri.

Trattamento numerico dei segnali: uso del calcolatore, campionamento, filtri digitali.

Strumenti di misura analogici: caratteristiche generali; principali strumenti elettromeccanici ed elettronici: voltmetro, amperometro, wattmetro; oscilloscopio.

Strumenti di misura numerici: caratteristiche generali; componenti per la conversione analogico-numerica e numerico-analogica; voltmetro, multimetro, impedenziometro; oscilloscopio a memoria numerica, analizzatore di spettro; analizzatore di stati logici (cenni).

Strumenti di misura a microprocessore: cenni sul microprocessore; caratteristiche generali; interfacciamento verso il processo; interfacciamento verso il sistema di controllo; struttura delle commutazioni; bus paralleli e seriali; unità intelligenti; unità di comunicazione; multiplexer; unità di acquisizione e distribuzione dati; software di sistema e programmi applicativi; esempi di sistemi presenti sul mercato.

### ESERCITAZIONI

Le esercitazioni in aula hanno lo scopo di presentare le esercitazioni di laboratorio e di discuterle dopo che sono state svolte.

### LABORATORI

Le esercitazioni di laboratorio riguardano l'uso di strumentazione analogica e numerica e permettono l'applicazione dei principali metodi di misura.

### TESTI CONSIGLIATI

G. Zingales, *Metodi e strumenti per le misure elettriche*, Utet, Torino, 1976.

G.C. Barney, *Intelligent Instrumentation*, Prentice Hall, Engl. Cliffs, 1985.

## IN306 MODELLISTICA E IDENTIFICAZIONE

Prof. Vito MAURO

Dip. di Automatica e Informatica

IV ANNO  
2° PERIODO DIDATTICO  
INDIRIZZO: Automazione dei servizi  
Automazione industriale

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	80	20	—
Settimanale (ore)	6	2	—

*Il corso si propone di dare agli studenti elementi di base per i problemi di rappresentazione di sistemi dinamici mediante modelli matematici approssimati e identificati da misure sperimentali. Il corso quindi tratta i problemi di approssimazione e dedica ampio spazio alla probabilità, alla statistica e ai processi stocastici. I metodi di identificazione presentati vengono illustrati con alcune applicazioni a problemi reali su modelli anche relativamente complessi.*

*Il corso comprende lezioni ed esercitazioni.  
Nozioni propedeutiche: Teoria dei sistemi.*

### PROGRAMMA

Spazi lineari, spazi normati (richiami), spazi di Hilbert. Problemi di norma minima negli spazi di Hilbert. Applicazione a problemi di approssimazione lineari. Metodi ricorsivi. Procedura di Grahm-Schmidt. Applicazioni a sistemi dinamici lineari. Modelli arma. Applicazioni a problemi di rappresentazione.

Introduzione alla probabilità, nozioni fondamentali. Il problema della stima. Proprietà delle time. La stima di massima verosimiglianza. Applicazione a problemi lineari: stime di minimi quadrati, di Gauss-Markov, di Max. Verosimiglianza. Generalizzazione a modelli lineari e non lineari. Il filtro di Kalmann discreto come stimatore di massima verosimiglianza. Altri stimatori ricorsivi.

I processi stocastici, nozioni fondamentali, correlazioni e spettri e loro stime. Relazioni tra spettri su sistemi lineari. Applicazione all'identificazione. Spazi di variabili aleatorie. Ortogonalizzazione di processi e fattorizzazioni. Relazione col filtraggio.

Illustrazione su casi pratici. Problemi di identificabilità. Problemi di complessità del modello.

### ESERCITAZIONI

Applicazioni della teoria a casi semplici con sviluppo dei calcoli o impostazione dettagliata degli algoritmi. Tecniche numeriche per modelli dinamici.

### TESTI CONSIGLIATI

G. Menga, *Appunti di modellistica e identificazione*, Celid, Torino.

Appunti distribuiti a lezione.

Bittanti - Guardabassi, *Sistemi incerti*, Clup, Milano.

## IN314 ORGANIZZAZIONE DELLE MACCHINE NUMERICHE

Prof. Marco MEZZALAMA

Dip. di Automatica e Informatica

V ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Informatica

Informatica per l'automazione

Telematica

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

80

6

Es.

20

2

Lab.

30

—

*Il corso si propone di fornire agli allievi la conoscenza approfondita degli algoritmi, delle metodologie e dell'uso delle tecnologie moderne per la progettazione, la simulazione, la valutazione e la diagnosi di sistemi numerici complessi. Particolare enfasi verrà data al progetto di sistemi basati su microprocessori (MOS e bipolari) e alle strutture di controllo microprogrammabile.*

*Il corso oltre alle lezioni in aula, prevede sia esercitazioni in aula sia in laboratorio. Nozioni propedeutiche: gli studenti devono avere una conoscenza dell'elettronica numerica e degli argomenti contenuti nei corsi di Teoria e progetto dei circuiti logici e Sistemi operativi.*

## PROGRAMMA

Il programma si articola in cinque parti.

**Architettura di sistemi a microprocessore.** Vengono analizzati i tipi fondamentali di strutture e la loro organizzazione con particolare riferimento ai sistemi basati su dispositivi a 8,16 e 32 bit (8085, Z80, Z8000, 8086, 80286). In particolare vengono analizzate le modalità per il progetto hardware e software delle memorie (statiche e dinamiche) e dei dispositivi di I/O. In quest'ultimo caso si studiano i criteri di progetto di interfaccia verso diverse classi di dispositivi, le metodologie di gestione (polling, interrupt, DMA) in relazione ai diversi dispositivi disponibili sul mercato. Particolare riferimento è fatto alla struttura hardware e firmware (BIOS) dei personal computer MS-DOS.

**Architettura multiprocessore.** Vengono considerate le diverse tipologie di interconnessione tra processori, con particolare riferimento alla realizzazione di strutture a bus comune. Vengono inoltre forniti cenni di reti locali.

**Grafica.** Vengono analizzati i diversi periferici di I/O orientati alla grafica dal punto di vista hardware (interfacciamento) e software. Sono presentati i vari algoritmi di rappresentazione in 2D e 3D.

**Unità aritmetica e filtraggio digitale.** Vengono analizzati i vari algoritmi di moltiplicazione, divisione, radice quadrata, ecc. e la loro implementazione hardware e software (nel caso di micro-processori) valutandone le prestazioni. Come caso applicativo viene considerato il progetto dei filtri digitali (IIR, FIR in forma diretta e canonica).

**Microprogrammazione.** Viene studiata la microprogrammazione come filosofia di progetto delle unità di controllo dei sistemi numerici. Si introducono strumenti formali di progetto, quali il linguaggio AHPL per la descrizione dell'hardware e si applica il concetto di microprogrammazione ai dispositivi bipolari bit-slice.

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni verteranno sullo sviluppo di progetti specifici nel campo dei sistemi a microprocessori.

## LABORATORI

Le esercitazioni di laboratorio sono orientate allo sviluppo di hardware e software per microprocessori e all'uso di sistemi orientati alla grafica.

## TESTI CONSIGLIATI

- Hill - Peterson, *Digital systems hardware organization and design*, J. Wiley & Sons Inc., 1978.
- M. Mezzalama, *Algoritmi e reti logiche per la moltiplicazione e divisione dei numeri binari*, Celid, Torino, 1980.
- Peatman, *Microcomputer-based design*, McGraw Hill, 1977.
- J. Myers, *Digital system design with ISI BIT-SLICE LOGIC*, J. Wiley & Sons Inc. 1980.

## IN316 OTTICA APPLICATA

Prof. Claudio OLDANO

Dip. di Fisica

III ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Elettronica fisica

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

70

4

Es.

20

2

Lab.

20

2

*Il corso si propone di completare ed approfondire gli elementi di ottica che vengono impartiti nei corsi di Fisica del biennio. Si descrivono le principali proprietà dei materiali usati nei dispositivi ottici. Le interazioni fra luce e mezzi materiali e gli effetti fisici che stanno alla base del funzionamento di trasduttori, sensori e convertitori ottici. La parte applicativa viene affrontata con l'esempio di argomenti specifici di interesse pratico. In particolare si studieranno le proprietà ottiche dei cristalli liquidi. Questo argomento, già attualmente di grande interesse pratico, ha ancora notevoli e non facilmente prevedibili potenzialità applicative, legate in gran parte allo sviluppo della ricerca di base. Si cercherà quindi di approfondire l'argomento fino al livello dei più recenti sviluppi di questa ricerca, in modo da mettere lo studente in grado di collaborare alla progettazione di nuovi dispositivi od al miglioramento di quelli esistenti. In ogni caso si suggerirà una metodologia per la comprensione dei numerosi argomenti di ottica applicata che non possono essere affrontati nell'ambito del corso.*

*Nozioni propedeutiche: Fisica II.*

## PROGRAMMA

*Complementi di ottica.*

I fondamenti dell'ottica geometrica. Ottica geometrica e meccanica delle particelle. Microscopio ottico e microscopio elettronico. La meccanica classica come approssimazione geometrica della meccanica ondulatoria. Ottica geometrica dei mezzi anisotropi. Attività ottica naturale. Classi di simmetria dei cristalli e tensore dielettrico. Mezzi stratificati anisotropi: matrici di Berreman e matrici di Jones. Estensione della 'approssimazione dell'ottica geometrica' al caso di mezzi non omogenei ed anisotropi, con rotazione spaziale del tensore dielettrico. Strutture elicoidali.

Interferometria con luce polarizzata.

*Proprietà ottiche dei mezzi materiali.*

Polarizzabilità molecolare. Transizioni di dipolo elettrico. Forma delle righe di emissione ed assorbimento: teoria classica. Smorzamento radiativo e raggio classico dell'elettrone. Allargamento omogeneo ed inhomogeneo di riga. Teorema di fluttuazione-dissipazione. Principali correzioni quantistiche. Effetto di saturazione. Teoria classica dell'indice di rifrazione: mezzi diluiti; mezzi condensati, campo locale. Teoria della risposta lineare, casualità, relazione fra le parti reale ed immaginaria della costante dielettrica (relazioni di dispersione di Kronig-Klausius).

Effetto Raman e vibrazioni molecolari. Effetto Raman forzato. Principali cause di non linearità nella polarizzabilità molecolare.

Effetti elettro-ottici: simmetrie dei cristalli e coefficienti di Pockels; teoria dell'effetto Kerr. Effetti magneto-ottici. Proprietà ottiche delle sostanze ferromagnetiche: polarizzazione della luce riflessa. Effetti acusto-ottici e diffusione di luce da fluttuazione termiche di densità. Principali applicazioni degli effetti elettro-magneto-acusto-ottici.

*Dispositivi a cristallo liquido.*

Mesofasi, cristalli liquidi: classificazione. Transizioni di fase. Proprietà viscoso ed elastiche dei liquidi anisotropi: il concetto di elasticità di curvatura. Proprietà elettriche e magnetiche. Distorsioni indotte da campi elettrici e magnetici statici. Interazioni di un liquido anisotropo

con le pareti, anisotropia di ancoraggio. Distorsioni indotte dalle superfici del contenitore. Principali tipi di celle a cristallo liquido. Preparazione delle celle. Trasmittanza e riflettanza di una cella distorta: dipendenza dal campo applicato. Discontinuità nella risposta ottica (transizioni di Freedericksz). Cenni di dinamica dei nematici e tempi di risposta. Effetti termici. Effetti di memoria.

Dispositivi visualizzanti a cristallo liquido ed altri tipi di dispositivi visualizzanti: principio di funzionamento, confronto di caratteristiche.

Distorsioni indotte da campi ad alta frequenza (campi ottici): la 'non-linearità gigante' dei cristalli liquidi e le sue principali conseguenze. Bistabilità ed instabilità ottiche. Transizione al caos: studio di comportamenti caotici (cenni).

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni, sia teoriche che di laboratorio, sono finalizzate alla comprensione di una delle ricerche di ottica che vengono effettuate nel Dipartimento di Fisica, con possibilità di partecipazione alla ricerca stessa.

## TESTI CONSIGLIATI

M. Born - E. Wolf, *Principles of optics*, Pergamon Press, Oxford, 1985.

A. Yariv - P. Yeh, *Optical waves in crystals*, John Wiley & Sons, New York, 1984.

## IN591 OTTICA QUANTISTICA

Prof. Mario VADACCHINO

Dip. di Fisica

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Elettronica fisica

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

78

6

Es.

26

2

Lab.

—

—

*Il corso mira a fornire i mezzi per trattare tutti gli aspetti nei quali sia importante tenere in considerazione la natura quantistica del campo elettromagnetico. Si tratta di aspetti che, pur avendo un grande interesse per la ricerca fondamentale costituiscono la base di funzionamento di molti congegni di grande interesse tecnico quali i laser, gli amplificatori parametrici, il computer ottico.*

*È necessaria una matura ed approfondita conoscenza dei contenuti del corso di Complementi di Fisica.*

## PROGRAMMA

Introduzione alla meccanica quantistica in seconda quantizzazione. Dinamica dei sistemi quantistici. L'operatore densità e la master-equation. L'equazione di Langevin e quella di Fokker-Flanck. Quantizzazione del campo elettromagnetico e l'interazione con la materia. Funzioni di coerenza: classiche e quantistiche. Gli stati coerenti e quelli 'schiacciati'. Teorie classiche, semiclassiche e quantistiche del laser. Teoria semiclassica, equazioni di Maxwell-Bloch. Il modello di Jaymes-Cummings. Gli oscillatori ottici parametrici e i 'four-wave mixer'. La bistabilità ottica.

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consisteranno nello sviluppo teorico approfondito di applicazioni.

## TESTI CONSIGLIATI

W.H. Louisell, *Quantum Statistical Properties of Radiation*, Wiley, New York, 1973.

R. Loudon, *The quantum theory of light*, Clarendon Press, Oxford, 1984.

M. Sargent - M.O. Scully - W.E. Lamb jr., *Laser physics*, Addison-Wesley, Reading, 1973.

## IN338 PROGETTO DI CIRCUITI PER MICROONDE

Prof. Flavio CANAVERO

Dip. di Elettronica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Circuiti a microonde

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	72	20	6
Settimanale (ore)	6	2	—

*Lo sviluppo delle applicazioni comunicazionistiche e industriali delle microonde ha richiesto la messa a punto di nuovi metodi per la progettazione dei circuiti a frequenze molto elevate. Il processo di sintesi dei circuiti è diventato più complicato a causa della complessità dei sistemi moderni, della varietà di componenti attivi e passivi attualmente disponibili a microonde e della limitata possibilità di regolazione del circuito dopo la sua costruzione.*

*Questo corso intende fornire una esposizione dettagliata dei concetti e delle tecniche (specialmente numeriche) in uso per l'analisi e la progettazione dei circuiti ibridi e integrati a microonde.*

*Il corso prevede inoltre la familiarizzazione dello studente con programmi per CAD a microonde e la possibilità di effettuare misure di caratterizzazione di componenti con un analizzatore di reti automatico.*

*Prerequisiti: è indispensabile il corso di Campi Elettromagnetici e Circuiti; utili nozioni introduttive e complementari nei corsi di Dispositivi Elettronici allo Stato Solido e Tecnica delle Iperfrequenze.*

### PROGRAMMA

Richiami sulle linee di trasmissione: dipendenza trasversale dei campi, equazione dei telegrafisti, fattore di propagazione e perdite; carichi, carta di Smith e trasferimento di potenza; adattamenti; linee accoppiate, generalizzazione matriciale dell'equazione delle linee.

Tipi e caratteristiche delle linee di trasmissione usate nei circuiti integrati a microonde: linee coassiali, a striscia, microstriscia, coplanari, guide d'onda. Cenni ai metodi numerici per la determinazione delle caratteristiche. Dispersione. Effetti delle discontinuità.

Circuiti passivi realizzati con linee di trasmissione: analisi e progetto. Filtri semplici in microstriscia. Filtri commensurati e equivalenza di Kuroda. Filtri passa-banda realizzati con invertitori d'impedenza e con linee accoppiate. Accoppiatori direzionali.

Progetto di amplificatori ed oscillatori. Modelli di amplificatori per piccolo segnale e progetto a banda stretta; progetto per massimo guadagno o per minima cifra di rumore; amplificatori bilanciati. Cenni sui modelli per grande segnale e progetto a larga banda. Configurazioni di circuito per oscillatori; accordo. Progetto di oscillatori ad una e due porte e di potenza. Analisi numerica di strutture in cascata e metodi di ottimizzazione. Caratteristiche di una rete in termini della matrice di trasmissione. Doppi bipoli canonici con sorgenti. Metodi di ottimizzazione: modello quadratico della funzione da minimizzare; cenni ai metodi di ricerca dei minimi; interazioni fra i parametri.

Linee di trasmissione multiconduttore ed introduzione al problema della compatibilità.

### ESERCITAZIONI

Non esiste una netta differenziazione fra lezioni ed esercitazioni. Gli esempi di applicazione seguono immediatamente l'introduzione dei concetti.

Verrà inoltre fornita agli studenti la possibilità di utilizzare programmi CAD per microonde.

### LABORATORIO

Dimostrazione della caratterizzazione di un dispositivo attraverso la misura di parametri scattering con analizzatore automatico di reti.

LIBRI CONSIGLIATI

- T.C. Edwards, *Foundations for microstrip circuit design*, J. Wiley & So., New York, 1981.  
Vincent F. Fusco, *Microwave circuits: analysis and computer-aided design*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1987.  
Darko - Kajfez, *Notes on microwave circuits*, Kajfez Consulting, Oxford, Mississippi, 1984, 2 volumi.  
Samuel Y. Liao, *Microwave circuit analysis and amplifier design*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1987

## IN341 PROPAGAZIONE DI ONDE ELETTROMAGNETICHE

Prof. Giovanni Emilio PERONA

Dip. di Elettronica

V ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Elettronica fisica

Propagazione e antenne

Radiotecnica

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

90

6

Es.

50

4

Lab.

—

—

*Il corso intende descrivere i fenomeni fisici che determinano le caratteristiche della propagazione delle onde elettromagnetiche; l'utilizzazione della propagazione stessa per la trasmissione e il reperimento di informazioni (ponti radio, radiodiffusioni, radar, remote sensing) e i vincoli imposti dalla propagazione delle radio onde sulle specifiche tecniche degli apparati e dei sistemi usati.*

*Il corso è articolato in lezioni ed esercitazioni anche di carattere numerico, e visite ad alcuni laboratori.*

*Nozioni propedeutiche: è richiesta la conoscenza delle nozioni di elettromagnetismo insegnate nel corso di Campi elettromagnetici e circuiti.*

### PROGRAMMA

#### *Parte descrittiva.*

Bande di frequenza e loro utilizzazione: gli usi delle varie bande di frequenza e i fenomeni fisici che ne influenzano la propagazione sono esaminati a partire da frequenze di qualche Hz fino a frequenze ottiche.

Elementi sulle antenne: in breve ed in forma semplice sono descritti vari tipi di antenne, loro caratterizzazione ed uso, circuiti equivalenti, guadagno, aerea equivalente.

#### *Parte applicativa.*

Propagazione troposferica (indice di rifrazione nella atmosfera terrestre, equazioni dell'ottica geometrica, ducting troposferico, propagazione in presenza di pioggia e nebbia, ecc.); propagazione ionosferica (indice di rifrazione nei plasmi, la ionosfera terrestre, ecc.); remote sensing (irraggiamento termico e non termico, trasporto della radiazione, scattering, ecc.); luce coerente (fasce gaussiane, loro generazione e propagazione, ecc.).

Ponti radio nelle applicazioni telefoniche (ponti analogici e numerici, bande usate, antenne, specchi metallici, interferenze, ecc...); radiodiffusioni (canali impiegati, sistemi d'antenne, interferenze, rete di diffusione dei programmi), radar (diversi tipi di radar, specifiche tecniche per alcuni sistemi particolari, esempi di applicazione, ecc.); sistemi di remote sensing.

### ESERCITAZIONI

Durante il corso potranno essere effettuate esercitazioni abbastanza complesse di analisi di sistemi specifici (ponti radio, radar) con applicazioni di tipo numerico.

### TESTI CONSIGLIATI

Verranno posti a disposizione degli allievi gli appunti di lezione del docente.

Libri di utile consultazione sono:

Livingstone, *The physics of microwave propagation*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1970.

Skolnik, *Radar handbook slater*, Remote Sensing, 1980.

## IN347 RADIOTECNICA

Prof. Ermanno NANO

Dip. di Elettronica

V ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	56	52	4
Settimanale (ore)	4	4	—

*Il corso, di carattere applicativo, ha la finalità di trattare i problemi delle radiocomunicazioni ed in particolare di ricezione della radiodiffusione sonora e televisiva. Dopo la presentazione dei vari sistemi di trasmissione usati, vengono esaminati i ricevitori sonori e televisivi dal punto di vista del funzionamento e della progettazione. Vengono infine date alcune nozioni sui trasmettitori, sui problemi di pianificazione delle reti di radiodiffusione, sugli impianti d'antenna centralizzati, sulla ricezione televisiva diretta da satellite e sulla protezione della radiodiffusione dai radiodisturbi. Alle lezioni fanno seguito esercitazioni di illustrazioni di schemi di ricevitori e di calcolo di progetto e di verifica con alcune dimostrazioni e visite. Nozioni propedeutiche: si consiglia di aver seguito i corsi di Comunicazioni elettriche ed Elettronica applicata I.*

## PROGRAMMA

Richiami sulle principali modulazioni usate per la radiodiffusione. Sistemi di trasmissioni sonore monofoniche e stereofoniche. La filodiffusione. I ricevitori sonori: schema a blocchi, principi di funzionamento e di progetto. Principi di trasmissione e ricezione di immagini in bianco e nero. Norme televisive; schema a blocchi e principi di progetto di un televisore in bianco e nero. Richiami di colorimetria e principi di trasmissione e ricezione di immagini a colori; il televisore a colori. Tubi da presa e cinescopi. Gli impianti centralizzati d'antenna. Cenni sulla ricezione televisiva diretta da satellite. Cenni sui trasmettitori e sui problemi di pianificazione. Il problema della compatibilità elettromagnetica e della protezione dei servizi radio contro i radiodisturbi. Misure sui ricevitori.

## ESERCITAZIONI

Illustrazioni delle parti principali di ricevitori sonori e televisivi. Calcoli di progetto e verifica di alcuni circuiti tipici dei ricevitori. Esempi di progetto di impianti d'antenna.

## LABORATORI

Alcune dimostrazioni sulle forme d'onda e sugli spettri dei principali segnali di radiodiffusione e misure delle caratteristiche dei ricevitori in cabina schermata.

## TESTI CONSIGLIATI

Dispense.

**IN353 REPERIMENTO DELL'INFORMAZIONE**  
**(a partire dall'A.A. 1989/90)**

Docente da nominare

Dip. di Automatica e Informatica

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Informatica

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez. Es.

60 30

4 2

Lab.

—

—

*Il corso si prefigge di fornire le informazioni necessarie al progetto ed all'uso di strutture di data-base; illustrare le tecniche di trasmissione di dati digitali; fornire le principali nozioni per il corretto progetto del software di sistema e applicativo.*

*Il corso comprende lezioni, laboratorio in dipendenza dalla disponibilità fisica di sistemi di calcolo.*

*Nozioni propedeutiche sono quelle fornite nei corsi di: Calcolatori e programmazione e Sistemi operativi.*

**PROGRAMMA**

*Data base.*

Generalità e scopi. Strutture logiche, gerarchie e relazionali. Strutture fisiche. Le standardizzazioni. Esempi di data-base a larga diffusione. Transazioni logiche e fisiche e problemi connessi.

*Data communication.*

Modalità di comunicazione digitale. I componenti fisici. I protocolli.

*Ingegneria del software.*

Metodologie. Tecniche di programmazione (strutturata, modulare, ecc.).

**ESERCITAZIONI**

Le esercitazioni si svolgeranno presso il Laboratorio di Addestramento dell'Informatica di Base (LAIB), compatibilmente alla disponibilità dei mezzi di elaborazione, e consistono nell'applicazione pratica della teoria sviluppata a lezione.

**TESTI CONSIGLIATI**

Saranno definiti successivamente.

## IN354 RETI DI TELECOMUNICAZIONI

Prof. Marco AJMONE MARSAN

Dip. di Elettronica

V ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Apparatì di telefonia

Telefonia

Telematica

Trasmissione numerica

Sistemi di telecomunicazioni

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

Lab.

80

25

—

6

2

—

*Nel corso vengono studiate le reti di telecomunicazioni per trasmissione dati, con particolare riferimento alle sottoreti di comunicazione delle reti di calcolatori. Dopo un primo esame dei diversi tipi di rete e dei problemi loco connessi, vengono presentati elementi di teoria delle code e di teoria delle reti di Petri, utili per la descrizione, per l'analisi delle prestazioni e per il progetto di una rete. Vengono quindi studiate le reti a commutazione di pacchetto, sia per ciò che concerne la loro organizzazione, sia per gli aspetti di progetto, sia dal punto di vista dell'architettura dei protocolli. Precedenze: Comunicazioni elettriche.*

## PROGRAMMA

- 1) Reti di telecomunicazione - Introduzione e definizioni. Distinzione tra funzione di trasmissione e di commutazione. Commutazione di circuito, di messaggio e di pacchetto. Protocolli di comunicazione. Tipi di reti e problemi connessi con il loro progetto e con la loro analisi.
- 2) Teoria delle code - Richiami della teoria dei processi stocastici discreti con particolare riferimento ai processi Markoviani e semi-Markoviani. Code con tempi tra gli arrivi e durata dei servizi distribuiti esponenzialmente. Code con tempi di servizio con distribuzione generale. Formule di Erlang e misura del traffico. Reti di code aperte e chiuse. Teorema di BCMP.
- 3) Reti di Petri - Definizioni fondamentali. Insieme e grafo di raggiungibilità. Invarianti. Reti di Petri stocastiche. Isomorfismo con processi Markoviani. Reti di Petri stocastiche generalizzate.
- 4) Reti a commutazione di pacchetto - Introduzione e definizioni. Utilizzazione delle risorse. Ritardo medio. Problemi di progetto e variabili associate. Protocolli. Architettura ISO-OSI. Il livello fisico. Il livello Data Link: protocolli a finestra, HDLC, DDCMP. Il livello Network: circuiti virtuali e datagram; tecniche di instradamento e di controllo di flusso; X.25. Il livello Transport: indirizzamento; gateways. Protocolli di accesso a canale comune. Reti via satellite: FDMA; FTDMA; ALOHA; slotted ALOHA; protocolli con prenotazione. Reti Packet Radio: CSMA-CD e protocolli token; Ethernet; protocolli per bus unidirezionali. Protocolli per la risoluzione delle collisioni. Tecniche di polling. Esempi di reti.

## TESTI CONSIGLIATI

- L. Kleinrock, *Queueing Systems*, vol. 1: Teory, Jonh Wiley, 1975.  
 M. Decina - A. Roveri, *Code e traffico nelle reti di comunicazione*, Parte 1<sup>a</sup>: Teoria delle code, La Goliardica, 1978.  
 M. Schwartz, *Computer Communication Network Design and Analysis*, Prentice-Hall, 1977.  
 A.S. Tanenbaum, *Computer Networks*, Prentice-Hall, 1981.  
 G. Le Moli, *Telematica: architettura, protocolli e servizi*, ISEDI, Arnoldo Mondadori, 1983.  
 L. Lenzi - C. Boreggi, *Reti per dati*, Sarin, Marsilio Editori, 1984.  
 D. Bertsekas - R. Gallager, *Data Networks*, Prentice-Hall, 1987.

## IN355 RICERCA OPERATIVA

Prof. Anna Maria OSTANELLO

Dip. di Automatica e Informatica

III ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Automazione dei servizi

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	80	30	—
Settimanale (ore)	6	2	—

*Il corso intende introdurre alla complessità dei processi reali di decisione nell'ambito di una rappresentazione del processo che individua variabili, quali: contesto organizzativo, attori e loro relazioni, azioni e obiettivi, dati e informazione; vengono analizzate possibilità e margini di intervento del tecnico della Ricerca Operativa attraverso la discussione di casi reali. Si affronta il problema della modellizzazione formale e delle sue fasi, si analizzano i concetti di: problematica, percezione di azioni possibili, loro rappresentazione e valutazione, modellizzazione delle preferenze. Si propongono metodi di soluzione, di modelli con diversi livelli di formalizzazione, adatti a diverse problematiche; scelta ottimale, cernita con o senza profili di riferimento, classificazione.*

*Le lezioni sono strettamente integrate con le esercitazioni. Sono proposti seminari per gruppi di studenti interessati a conferenze di esperti-tecnici da ambienti aziendali e/o accademici.*

*Nozioni propedeutiche: Corsi del biennio.*

## PROGRAMMA

Introduzione ai processi di decisione e modelli. Analisi multicriteri e metodi di aiuto alla decisione: relazioni di surclassamento (definito e fuzzy); metodi Electre I, II, III; metodi di segmentazione tricotomica; metodo delle permutazioni; teoria del 'punto di mira'; metodi UTA. Programmazione lineare e estensioni: metodi del semplice, semplice revisionato, semplice duale; teoria della dualità; analisi post-ottimale; analisi parametrica: Problemi a struttura speciale: metodo del trasporto. Programmazione intera: metodi dei piani secanti (Gomory); branch and bound; additivo di Balas. Metodi interattivi. Elementi di programmazione non lineare. Grafi e reticoli di trasporto: algoritmi di percorso ottimali; flussi ottimi e tensioni; dualità. Metodo del cammino critico; analisi tempi e costi.

## ESERCITAZIONI

Complementi teorici (parte prima). Discussione di problemi reali. Costruzione di modelli. Risoluzione di esercizi numerici.

## LABORATORI

Sono proposti seminari per gruppi di studenti interessati.

## TESTI CONSIGLIATI

- A. Ostanello, *Processi decisionali e modelli*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1981.
- A. Ostanello, *Elementi di analisi multicriteri e teoria di aiuto alla decisione*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1977.
- A. Ostanello, *Appunti dal corso di Ricerca operativa*, Celid, 1983.
- A. Siciliano (Ed), *Ricerca operativa*, Ed. Zanichelli, 1975.
- F. Hillie - G. Lieberman, *Introduzione alla Ricerca operativa*, Franco Angeli Editore, 1973.
- A. Ostanello, *Appunti al corso di Ricerca Operativa*, Cusl, 1987.

**IN554 RIVELATORI DI RADIAZIONI, TRASDUTTORI E SENSORI**

Prof. Aldo PASQUARELLI

Dip. di Fisica

IV ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Automazione industriale

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

52

4

Es.

—

—

Lab.

52

4

*L'insegnamento intende fornire specifiche conoscenze teoriche e sperimentali nel campo delle misure di grandezze fisiche in tutti i corsi di laurea in ingegneria. La sua interdisciplinarietà lo rende pertanto utile per tutti gli studenti che nutrono interessi nel campo delle misurazioni e acquisizione dati a livello industriale. L'opportunità del corso discende dal grande sviluppo che oggi ha conseguito lo specifico settore.*

*Materie propedeutiche: materie del biennio, Elettrotecnica.*

**PROGRAMMA**

1. Principi fisici utilizzati nella costruzione dei sensori.
2. Senso di a) forza; b) pressione; c) umidità relativa; d) portata; e) velocità d'un fluido; f) temperatura; g) posizione; h) velocità e accelerazione.
3. Utilizzazione dei sensori. Loro trasformazione in trasduttori.
4. Problema generale delle compensazioni (in temperatura, in pressione).
5. Problema generale della linearizzazione.
6. Problema generale della sicurezza (caso particolare: sicurezza intrinseca).
7. Convertitori X-luce, gamma-luce, uso come trasduttori.
8. Trasduttori ad ultrasuoni: uso nella trasduzione di determinate grandezze fisiche.
9. Trasmettitori di segnale - acquisizione dati.

**LABORATORI**

A. Misure di portata con flangia tarata: il rilevamento del Delta  $p$ ,  $p$  e  $T$  avviene con trasduttori. La conversione in portata viene eseguita in modo analogico.

B. Taratura d'un igrometro capacitativo.

C. Misure di portata (gas) con sensore anemometrico.

D. Misure di spostamento e di angolo.

E. Modello di acquisizione dati semplificato con gestione d'un voltmetro digitale e di una stampante.

Altre misure di interesse specifico per i vari corsi di laurea possono essere prese in considerazione all'interno dell'insegnamento.

**TESTI CONSIGLIATI**

Petternell - Vitelli, *Strumentazione industriale*, Utet, Torino.

O. Doebelin, *Measurement System*, I.S.E.

Serie di monografie dei principali costruttori.

## IN361 SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

Prof. Franco ALGOSTINO

Dip. di Ingegneria Strutturale

V ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	56	56	—
Settimanale (ore)	4	4	—

*Il corso pone una base per lo studio del corpo deformabile. Imposta il problema del corpo elastico e presenta la soluzione particolare data dalla teoria di De Saint Venant. Vengono studiate principalmente strutture unidimensionali (travi e sistemi di travi). Si imposta infine il problema della stabilità e delle non linearità, con trattazione della teoria di Eulero.*

*Il corso comprende lezioni, esercitazioni di calcolo, con particolare riguardo a soluzioni mediante procedimenti numerici, svolti con elaboratore, di calcolo strutturale. Nozioni propedeutiche: Statica nel piano e nello spazio, Geometria delle aree, Analisi matematica.*

### PROGRAMMA

Analisi dello stato di tensione e di deformazione: equazioni di equilibrio, cerchi di Mohor; equazioni di congruenza.

Equazione dei Lavori Virtuali; teoremi energetici.

Leggi costitutive del materiale. Il corpo elastico: proprietà e limiti di resistenza. La legge di Hooke.

Il problema di De Saint Venant: casi semplici e sollecitazioni composte.

Il principio di De Saint Venant: teoria delle travi.

Travature piane caricate nel loro piano e caricate trasversalmente. Travature spaziali. Calcolo degli sforzi e degli spostamenti in schemi isostatici ed in schemi iperstatici.

Problemi non lineari con grandi deformazioni. Fenomeni di instabilità. Caso dell'asta caricata di punta: teoria di Eulero, l'asta oltre il limite elastico.

### ESERCITAZIONI

Consistono in applicazioni della teoria svolta a lezione. Gli allievi, in gruppi, guidati dai docenti, risolvono problemi concreti, ed eseguono elaborati servendosi di personal computer.

### TESTI CONSIGLIATI

P. Cicala, *Scienza delle costruzioni*, vol. 1, 2, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1981.

A. Sassi Perino - G. Faraggiana, *Applicazioni di scienza delle costruzioni*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1986.

**IN368 SISTEMI DI ELABORAZIONE DELL'INFORMAZIONE**

Prof. Paolo PRINETTO (1° corso)  
 Prof. Elio PICCOLO (2° corso)  
 Prof. Giorgio BRUNO (3° corso)

Dip. di Automatica e Informatica

I ANNO

1° e 2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	90	30	40
Settimanale (ore)	3	1	2

*Il corso intende fornire agli allievi i fondamenti dell'informatica, sotto l'aspetto sia hardware sia software. Particolare importanza sarà data ai principi della programmazione mediante l'uso di linguaggi evoluti quali il PASCAL e il FORTRAN. Verranno inoltre fornite nozioni introduttive sulla struttura di un elaboratore e sulla rappresentazione dell'informazione al suo interno.*

**PROGRAMMA**

- 1) I sistemi numerici. La rappresentazione dei numeri in virgola fissa e in virgola mobile. Le operazioni algebriche fondamentali. I codici.
- 2) I principi dell'algebra di Boole. I teoremi dell'algebra booleana e la minimizzazione delle espressioni. Le applicazioni dell'algebra di Boole.
- 3) L'architettura dell'elaboratore numerico. L'unità centrale, la memoria centrale, le memorie di massa, le unità di ingresso/uscita. Il funzionamento del calcolatore, il linguaggio macchina, l'assembler (cenni).
- 4) I principali componenti software di un elaboratore: il sistema operativo, i compilatori, i programmi di servizio, i programmi applicativi. Il sistema operativo MSDOS: caratteristiche e comandi principali, l'organizzazione del file system.
- 5) I principi della programmazione strutturata, gli algoritmi, i diagrammi a blocchi, le tecniche di programmazione.
- 6) Il linguaggio PASCAL.
- 7) Il linguaggio FORTRAN.

**ESERCITAZIONI E LABORATORIO**

Sono previste esercitazioni di programmazione in PASCAL e FORTRAN in aula e sugli elaboratori del Laboratorio di Informatica di Base.

**TESTI CONSIGLIATI**

P. Demichelis - E. Piccolo, *Informatica di base, FORTRAN77 e PASCAL*, Levrotto & Bella, Torino, 1987.

M. Mezzalama, N. Montefusco, P. Prinetto, *Aritmetica dei calcolatori e codifica dell'informazione*, Utet, Torino, 1988.

**IN491 SISTEMI DI ELABORAZIONE DELL'INFORMAZIONE (Spec.)  
(Fino all'A.A. 1988/89)**

Prof. Angelo Raffaele MEO

Dip. di Automatica e Informatica

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Informatica

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

60

4

Es.

60

4

Lab.

45

3

*Lo scopo del corso è di illustrare i principi teorici e le tecniche pratiche per il progetto di compilatori, presupponendo che lo studente abbia acquisito le nozioni di base sulla struttura dei calcolatori, fornite dal corso di Calcolatori e programmazione. Parte del corso viene dedicata allo studio del linguaggio di programmazione Pascal con numerosi esempi di possibile applicazione.*

*Il corso prevede, oltre alle lezioni teoriche ed alle esercitazioni in aula, esercitazioni pratiche su un elaboratore del tipo VAX.*

*Nozioni propedeutiche: si suppongono note le nozioni relative alla struttura degli elaboratori e ai sistemi operativi.*

**PROGRAMMA**

Generalità su assembleri, compilatori, interpreti.

Grammatiche formali e linguaggi.

L'analizzatore lessicale.

Riconoscitori 'Top-down'.

Grammatiche a precedenza e tecniche di parificazione 'bottom-up'.

Organizzazione della memoria.

Tavole dei simboli. Notazione polacca, quadrupe, triple e altre forme di rappresentazione interna.

L'analisi semantica.

La generazione del codice.

L'organizzazione del codice.

Interpreti.

L'implementazione delle macro.

Compilatori di compilatori e sistemi di scrittura di traduttori.

**ESERCITAZIONI**

Il programma delle esercitazioni consiste nell'analisi del linguaggio di programmazione PASCAL e delle sue applicazioni.

**LABORATORI**

Consistono nella stesura e nel collaudo di programmi PASCAL a scelta dello studente.

**TESTI CONSIGLIATI**

D. Gries, *Compiler Constructions for Digital Computers*, J. Wiley & Sons, New York, 1971.

Versione italiana: D. Gries, *Principi di progettazione dei compilatori*, Collana di Informatica, F. Angeli Editore, Milano, 1978.

K. Jensen - N. Wirth, *Pascal-user manual and report*, Springer-Verlag, New York, 1974.

## IN369 SISTEMI DI ELABORAZIONE DELL'INFORMAZIONE II

Prof. Angelo Raffaele MEO

Dip. di Automatica e Informatica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Informatica

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

80

6

Es.

25

2

Lab.

—

—

*Il corso si propone di completare la preparazione degli studenti che conseguono l'indirizzo di informatica sia per quanto riguarda l'hardware che il software dei moderni sistemi di elaborazione. Particolare enfasi è data ai sistemi distribuiti: sistemi a multiprocessori, reti locali e reti geografiche di calcolatori. L'aspetto sistematico è enfatizzato, e sono forniti strumenti di analisi per la valutazione delle prestazioni (modelli analitici basati sulle reti di code e metodi basati sulla simulazione di sistemi discreti). Esempi pratici ancorano comunque il corso alla realtà progettuale moderna basata sulla microinformatica.*

*Il corso si articola in lezioni ed esercitazioni.*

*Nozioni propedeutiche: argomenti trattati nei corsi di Sistemi di elaborazione dell'informazione, Organizzazione delle macchine numeriche e Sistemi operativi.*

### PROGRAMMA

Classificazione dei sistemi distribuiti. Sistemi ad accoppiamento stretto: sistemi a multiprocessore (MIMD), sistemi con uno o con molti flussi di istruzioni (SIMD e MIMD), esempi. Modelli di computazione parallela e di massima parallelizzazione. Sistemi a multiprocessore a bus comuni: caratteristiche dei bus, arbitraggio, gestione della memoria, interazione hardware e software. Sistema con memoria 'a cache'. Analisi di sistemi e di componenti presenti sul mercato basati sui microprocessori a 16 e 32 bit. Microprocessori Z8000, MC68000, IAPX286, IAPX386. Reti di interconnessioni per sistemi multiprocessori ad alte prestazioni ed elevato numero di processori in ambiente SIMD e MIMD, valutazione della prestazione e progetto logico. Reti locali di calcolatori: reti ad anello, con contesa: Ethernet e slotted Ethernet. Controllo di errore, di flusso e gestione delle risorse nelle reti locali. Reti geografiche di calcolatori. Architettura ISO delle reti di calcolatori (sistemi aperti). Classificazione e studio dei protocolli nelle reti di calcolatori. Modelli analitici per lo studio delle prestazioni dei sistemi di elaborazione.

### ESERCITAZIONI

Progetto di interfacce per sistemi mono e multiprocessore. Progetto di protocolli per reti di calcolatori. Simulazione di sistemi distribuiti.

### TESTI CONSIGLIATI

G. Conte - D. Del Corso, *Multiprocessor systems for real time applications*, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 1985.

L. Ciminiera - A. Valenzano, *Advanced Microprocessor Architectures*, Addison Wesley, Wokingham, 1987.

A.S. Tanenbaum, *Computer Networks*, Prentice Hall International Editions, Englewood Cliffs, 1981.

F. Halsall, *Sistemi di comunicazioni e reti di computer*, Masson Addison Wesley, Milano, 1987.

## IN370 SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONI

Prof. Mario PENT

Dip. di Elettronica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Apparati di telecomunicazioni

Sistemi di telecomunicazioni

Telefonia

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

Lab.

56 28 28

4 2 2

*Il corso si propone di presentare, attraverso lo studio di alcuni casi significativi, le metodologie di approccio sistemistico generalmente adottate nel campo delle Telecomunicazioni.*

*In particolare verranno esaminati i sistemi radar, i ponti radio numerici e i satelliti per telecomunicazioni.*

*Elemento comune ai vari sistemi presi in esame è l'ambiente operativo (radiopropagazione) caratterizzato da interferenze di varia natura, per cui emergono dominanti i problemi relativi alla coesistenza fra sistemi e allo sfruttamento razionale di risorse condivise.*

### PROGRAMMA

Sistemi Radar primari. L'equazione del radar; portata; risoluzione in distanza e risoluzione angolare. Funzione di ambiguità. Segnali radar 'sofisticati'.

Sistemi Radar secondari. Il trasponditore. Equazioni fondamentali. Fenomeni di 'garble' e 'fruit'.

Ponti radio numerici. Struttura generale. Caratteristiche dei segnali trasmessi; gerarchie PCM. Fenomeni di propagazione. Interferenze. Distorsioni di non linearità. Valutazioni globali di tasso di errore, qualità della trasmissione e disponibilità.

Sistemi numerici via satellite. Caratteristiche generali. Accesso multiplo a divisione di tempo (TDMA) e di frequenza (FDMA). Tecniche miste. Rigenerazione a bordo. Criteri di dimensionamento.

### ESERCITAZIONI

Durante il corso verranno effettuate sia esercitazioni di calcolo sui principali argomenti del corso, sia esercitazioni sperimentali di simulazione al calcolatore supproblemi relativi a ponti radio e satelliti.

### TESTI CONSIGLIATI

M. Skolnik, *Introduction to Radar Systems*, McGraw-Hill, 1975.

P. Panter, *Communication System Design*, McGraw-Hill, 1972.

Spilker, *Digital Communication Satellites*, Prentice Hall, 1977.

## IN372 SISTEMI OPERATIVI

Prof. Pietro LAFACE

Dip. di Automatica e Informatica

IV ANNO  
2° PERIODO DIDATTICO  
INDIRIZZO: Informatica

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	78	26	28
Settimanale (ore)	6	2	4

*Il corso si propone di: introdurre alle problematiche dei Sistemi operativi, cioè alla gestione concorrente da parte di più utenti delle risorse limitate di un sistema di elaborazione (processori, memorie, periferici, ecc.); sviluppare i principi ed i metodi della programmazione concorrente; offrire strumenti per valutare le caratteristiche dei Sistemi operativi rispetto alle prestazioni richieste; indicare criteri di progetto. Il corso comprende lezioni, esercitazioni, laboratorio (su personal computer). Nozioni propedeutiche: quelle fornite nei corsi di Calcolatori e programmazione o Strutture informative.*

## PROGRAMMA

Introduzione ai sistemi operativi. Panoramica storica e prospettiva. Sistemi operativi come gestori di risorse. Sistemi operativi come macchine gerarchiche. Sistemi operativi come interfaccia utente-macchina. Strutture degli elaboratori. Gestori delle operazioni di Input-Output. Definizione e struttura dei processi sequenziali. Definizioni e struttura dei processi concorrenti. Gestione dei processi. Gestione della memoria. Gestione dei processi. Gestione dei periferici. Gestione degli archivi di dati. Protezione delle risorse e delle informazioni. Sistemi operativi tolleranti i guasti. Sistemi operativi di rete.

## ESERCITAZIONI

- Progetto e implementazione di un sistema operativo UNIX-like su personal computer.
- Elaborazione concorrente: ADA e Modula-2.

## LABORATORI

- Esperienze di progetto e implementazione di moduli per il sistema operativo MINIX.
- Programmazione concorrente in Modula-2 e ADA.

## TESTI CONSIGLIATI

J. Peterson - A. Silbershatz, *Operating System Concepts*, 2ª Ed. Addison-Wesley Pub. Co.  
A. Tanenbaum, *Operating Systems, Design, and implementation*, Prentice Hall International, 1987.

## IN381 STRUMENTAZIONE PER BIOINGEGNERIA

Prof. Roberto MERLETTI

Dip. di Elettronica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Misure elettroniche

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

Lab.

65

12

4

4

2

—

*Il corso si propone la formazione di base di laureati in elettronica che, se inseriti nelle industrie biomediche o nelle strutture sanitarie, dispongano di sufficiente familiarità con i problemi del settore per affrontare subito gli aspetti specifici. Il corso riguarda applicazioni della elettronica a problemi diagnostici, terapeutici e in generale a problemi di tecnologia nel settore sanitario, ma non si propone una formazione estremamente specializzata in modo da costituire una esperienza utile anche in altri settori dell'industria o dei servizi.*

*Il corso si articola in lezioni ed esercitazioni teoriche e include 1-2 esercitazioni di laboratorio, visite di istruzione e conferenze.*

*Nozioni propedeutiche: sono indispensabili buone conoscenze di elettronica (Elettronica applicata I e II) e nozioni generali di Comunicazioni elettriche.*

### PROGRAMMA

Caratteristiche generali di sistemi ed eventi fisiologici. Principi di funzionamento e caratteristiche dei trasduttori per strumentazione elettromedicale. Elettrodi per prelievo di segnali e per stimolazione. Amplificatori e circuiti analogici e digitali di uso comune. Sistemi di acquisizione, telemetria, elaborazione di dati biomedici. Applicazioni relative al sistema cardiovascolare e respiratorio: strumentazione per monitoraggio, pacemakers, controllo portatori P.M., monitoraggio respiratorio, respiratori e ventilatori. Applicazioni al sistema neuromuscolare: strumentazione EMG e EEG, stimolatori neuromuscolari, ausili elettronici. Applicazioni relative ad altri sistemi: dispositivi per emodialisi, arti artificiali a controllo mioelettrico, ausili per disabili, apparecchiature per laboratorio, ecc. Applicazioni dei microprocessori nelle apparecchiature elettromedicali. La strumentazione elettronica nelle strutture sanitarie: aspetti di sicurezza elettrica e di normativa, aspetti socio economici, servizi di bioingegneria.

### ESERCITAZIONI

Le esercitazioni approfondiscono gli aspetti di progetto o analisi di circuiti utilizzati in strumenti elettromedicali: vi si studiano schemi elettrici, fogli tecnici e manuali d'uso di apparecchi.

### LABORATORI

Si realizzano circuiti per la presentazione e la analisi di segnali bioelettrici (ECG, EMG).

### TESTI CONSIGLIATI

J.G. Webster, *Medical Instrumentation*, Houghton Mifflin, Boston, 1978.

W. Welkowitz, *Biomedical Instruments: theory and design*, Academic Press, 1976.

W. Tompkins - J.G. Webster, *Microcomputer based medical instrumentation*, Prentice Hall, 1981.

R. Merletti, *Strumentazione e tecnologie elettroniche nel servizio sanitario*, Nuova Italia Scientifica, 1982.

E. Biondi, *La Bioingegneria*, Nuova Italia Scientifica, 1984.

## IN383 STRUMENTI DI BORDO

Prof. Lorenzo BORELLO

Dip. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Apparati avionici

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

76

4

Es.

20

2

Lab.

4

—

*Scopo del corso è fornire quelle cognizioni riguardanti gli strumenti di bordo per aeromobili che sono indispensabili alla comprensione dei principi di funzionamento, e alla valutazione delle prestazioni, nell'ambito sia del progetto dell'aeromobile, sia della produzione dello stesso, sia dell'impiego. Notizie sui problemi di progettazione e costruzione degli strumenti sono fornite a chiarimento di quanto sopra. Il corso verte su un certo numero di lezioni collegate a esercitazioni e analisi dal vero. Nozioni di Meccanica delle Macchine e Macchine e Aeronautica Generale sono necessarie per un facile approccio alla materia, caratterizzata da una spiccata interdisciplinarietà.*

## PROGRAMMA

Concetti di sistemi di bordo, avionica, comandi di volo e strumenti di bordo; generalità sui problemi tipici della strumentazione, dei componenti e dei sottosistemi. Il problema del rapporto uomo-macchina, identificazione dei canali di interazione tra pilota, velivolo e ambiente (comandi, sensori, sistemi di trasmissione, elaborazione e presentazione dei dati).

Problematica della presentazione dei dati.

Strumenti di controllo per motori ed impianti.

Strumenti di pilotaggio e controllo del velivolo; damper, SAS, comandi, CAS, CSAS, FBW, FBL, ACT, CCV, sensibilità artificiale; air data system, calcolatori, operazioni eseguite; misure di quota e altimetri barometrici; misure di velocità verticale; variometri; misure di 'air-speed', numero di Mach, temperatura; misure di angolo di incidenza e di derapata; strumenti di riferimenti d'assetto: indicatori di angolo di sbandamento, di virata, orizzonti artificiali, asservimenti, accordo Schuler.

Elementi di radionavigazione: richiami sul concetto di radiotrasmissione, modulazione, antenne: sistemi di navigazione a griglie iperboliche: LORAN, DECCA, OMEGA; sistemi di navigazione satellitare: TRANSIT, GPS; sistemi di atterraggio strumentale: ILS, MLS.

Strumenti di navigazione: bussole magnetiche, giromagnetiche, girodirezionali, giroscopiche. Navigatori inerziali, concetti, rilevamenti, componenti, integrazione tra vari componenti.

## ESERCITAZIONI

Consistono in esami delle documentazioni tecniche disponibili, ell'esecuzione di calcoli numerici e nell'uso di programmi di simulazione su calcolatore relativi a sistemi e componenti significativi.

## LABORATORI

Saranno effettuate analisi di componenti dal vero, corredate da eventuali dimostrazioni funzionali.

## TESTI CONSIGLIATI

Pallet, *Aircraft Instruments*, Pitman, Great Britain, 1972.

Kayton - Fried, *Avionics Navigation Systems*, Wiley, New York, 1969.

Gracey, *Measurement of aircraft speed and altitude*, J. Wiley & Sons, New York, 1981.

Altra documentazione verrà fornita durante il corso.

## IN385 STRUTTURE INFORMATIVE (a partire dall'A.A. 1989/90)

Prof. Aldo LAURENTINI

Dip. di Automatica e Informatica

III ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Informatica per l'Automazione

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

42

3

Es.

42

3

Lab.

20

—

*È il corso fondamentale di contenuto informatico per gli allievi elettronici di indirizzo non informatico. Il corso consiste in un'ampia panoramica sulle principali componenti hardware e software di un sistema di elaborazione dell'informazione. Il corso si svolgerà su 6 ore settimanali di lezioni.*

*Nozioni propedeutiche: Sistemi di elaborazione dell'informazione.*

### PROGRAMMA

Richiami sulle:

- Rappresentazione dell'informazione numerica e non numerica.
- Algebra booleana.
- Struttura di un elaboratore e unità centrale. Unità periferiche. Tecnologie delle unità periferiche.
- Indirizzamenti, set di istruzioni elementari, tecniche di collegamento con le unità periferiche.
- Software, Assembler, Compilatori.
- Sistemi operativi.
- Sistemi grafici.
- Strutture dati.

### ESERCITAZIONI

Approccio alla soluzione di problemi sull'elaboratore: stesura di flow-chart a livelli diversi di complessità. Studio di linguaggi evoluti e sviluppo, con prove sull'elaboratore, di un certo numero di problemi di vario tipo (tecnico e non).

### LABORATORI

Sono previste esercitazioni al terminale su PC e minielaboratore.

## IN393 TECNICA DELLA REGOLAZIONE

Prof. Gustavo BELFORTE

Dip. di Automatica e Informatica

V ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Automazione industriale  
Elettronica industriale

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

90

8

Es.

—

—

Lab.

—

—

*Il corso, di carattere essenzialmente teorico, si propone di sviluppare lo studio di alcuni argomenti non trattati o appena accennati negli insegnamenti di Teoria dei Sistemi e di Controlli Automatici e che tuttavia rivestono notevole importanza formativa e concettuale anche per i loro riflessi sulla realtà applicativa.*

*In particolare ampio spazio viene riservato all'analisi dei sistemi dinamici non lineari ed allo studio delle loro proprietà. Tali argomenti hanno sia un interesse formativo e didattico sia un'importanza applicativa in un momento in cui si sono rese disponibili elevate potenzialità di calcolo a costo contenuto che permettono la realizzazione, lo studio ed il controllo di sistemi assai complessi e sofisticati.*

*Una porzione più contenuta del corso viene dedicata ad illustrare i problemi di modellistica, identificazione e controllo quando le incertezze di misura e di modello sono descritte in modo non statistico.*

*Nozioni propedeutiche: è richiesta la precedenza del corso di Controlli Automatici (specialistico).*

## PROGRAMMA

Generalità sui sistemi non lineari.

Sistemi del 2° ordine: i diversi tipi di singolarità e le relazioni fra i comportamenti dei sistemi lineari e non lineari.

Il metodo del piano delle fasi per lo studio delle traiettorie e dei cicli limite. Applicazioni ai sistemi con relè e alle equazioni dell'evoluzione delle specie.

La funzione descrittiva semplice e doppia ed il suo uso per l'analisi della stabilità di sistemi retroazionati, per l'individuazione di cicli limite e per lo studio di componenti subarmoniche.

Il metodo del bilanciamento armonico.

Metodi analitici per la soluzione di sistemi non lineari: in particolare il metodo delle perturbazioni e della variazione delle costanti.

La stabilità secondo varie definizioni.

I criteri di Liapunov ed i metodi per la ricerca di una funzione di Liapunov.

La regione di stabilità asintotica ed i metodi per determinarla.

La stabilità assoluta ed il criterio di Popov.

Introduzione al problema degli errori di misura e di modello: errori statistici ed errori non noti ma limitati.

Il problema dell'identificazione con errori di misura non noti ma limitati: confronto con l'approccio statistico.

Il problema del controllo robusto con incertezza parametrica.

I problemi di modellistica in relazione alle ipotesi sugli errori di misura e parametrici.

Esempi di applicazioni concrete.

## TESTI CONSIGLIATI

D.P. Atherton, *Nonlinear control engineering*, Van Nostrand, 1975.

F. Csaki, *Modern control theories*, Akademiai Kiado, 1972.

R. Tomovic, *Introduction to nonlinear automatic control systems*, John Wiley, 1966.

M. Vidyasagar, *Nonlinear system analysis*, Prentice-Hall, 1978.

F.C. Schwegge, *Uncertain dynamic systems*, Prentice-Hall, 1973.

## IN403 TECNICA DELLE IPERFREQUENZE

Prof. Gian Paolo BAVA

Dip. di Elettronica

IV ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Apparatı di telecomunicazioni

Circuiti a microonde

Comunicazioni ottiche

Microonde e tecnologie elettroniche

Propagazione e antenne

Radiotecnica

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

Lab.

80

18

14

6

1

—

*Scopo del corso è di fornire metodi di studio di componenti, dispositivi e circuiti di interesse nel campo delle microonde e dell'ottica, in particolare per quanto riguarda il settore delle Telecomunicazioni (collegamenti e circuiti di elaborazione dei segnali in guida metallica ed in fibra, integrati, ecc.). Verranno anche sviluppati esempi di tecniche di progetto di componenti e di circuiti; la scelta degli argomenti specifici potrà cambiare secondo gli interessi che via via si manifesteranno.*

### PROGRAMMA

Si articola sostanzialmente nei seguenti capitoli.

- Analisi generale dei fenomeni di propagazione (elettromagnetica) guidata. Eccitazione ed accoppiamento dei modi; guide con due modi e relative applicazioni. Strutture guidanti periodiche. Onde di carica spaziale, tubi speciali per microonde e loro evoluzione. Esempi vari di componenti e loro utilizzazioni.
- Analisi di componenti di particolare interesse: accoppiatori direzionali, filtri, ecc.; effetto dei disadattamenti. Considerazioni e schemi sistemistici. Esempi. Analisi generale degli effetti dei tempi di transito nei dispositivi per l'elaborazione dei segnali; limitazioni fisiche di base. Strutture attive.
- Risonatori elettromagnetici: cavità metalliche e loro progetto; limitazioni. Risonatori aperti e dielettrici, risonatori Fabry-perot. Rappresentazioni circuitali; cenni sui filtri distribuiti.
- Fibre ottiche, essenzialmente dal punto di vista applicativo ai sistemi di trasmissione. Caratteristiche generali (materiali, attenuazione, fenomeni di dispersione, ecc.). Componenti, con particolare riferimento alle sorgenti, ai rivelatori ed alle loro problematiche. Esempi di sistemi e valutazione delle prestazioni.
- Dispositivi avanzati, sia a microonde sia ottici, con particolare riferimento ai fenomeni fisici di base. Interazione dei campi elettromagnetici con mezzi materiali ed esempi. Maser parametrici, fenomeni parametrici, strutture quantum well ed applicazioni, effetti ottici nei semiconduttori, laser a semiconduttore e loro caratteristiche, fenomeni di rumore.

### LABORATORI

Esercitazioni sperimentali con squadre relativamente piccole. Visite a laboratori di ricerca ed industriali.

### TESTI CONSIGLIATI

Sono disponibili appunti (quasi completi) delle lezioni.

## IN423 TECNOLOGIE ELETTRONICHE

Prof. Gian Paolo BAVA

Dip. di Elettronica

V ANNO	Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
2° PERIODO DIDATTICO	Annuale (ore)	80	—	—
INDIRIZZO: Circuiti e tecnologie elettroniche	Settimanale (ore)	6	—	—
Comunicazioni ottiche				
Microonde e tecnologie elettroniche				

*Il corso ha lo scopo di fornire informazioni sulle tecnologie impiegate nella fabbricazione dei componenti elettronici. Questo studio tecnologico-costruttivo dei componenti elettronici è importante per la migliore comprensione dei dispositivi elettronici nei confronti delle loro prestazioni, per la valutazione della loro affidabilità (il cui calcolo diviene sempre più necessario con l'aumentare della complessità delle apparecchiature elettroniche) e infine per il valore economico preminente che la componentistica elettronica ha assunto nella produzione dei sistemi elettronici.*

*Il corso comprende lezioni, seminari specialistici su alcuni temi, visite presso lo CSELT.*

*Nozioni propedeutiche: Componenti elettronici, è tuttavia consigliato il corso di Dispositivi Elettronici allo Stato Solido.*

### PROGRAMMA

Proprietà dei materiali semiconduttori: rapporto composizione, struttura cristallina, struttura a bande e proprietà fisiche.

Tecnologia di crescita di monocristalli: bulk ed epitassiali.

Caratterizzazione materiali: cristallografica, ottica ed elettrica.

Tecnologia dei processi realizzativi: fotolitografia, deposizioni, incisioni, diffusione ed impiantazione.

Tecnologie di interconnessione.

Progettazione circuiti integrati: schema e simulazione logica ed elettrica, CAD e testing.

Tecnologia dei circuiti integrati: MOS, CMOS, SOS e correlati, circuiti LSI ed VLSI.

Tecnologia dei GaAs: planare e circuiti integrati.

Dispositivi opto-elettronici: comunicazioni ottiche, emettitori, rivelatori.

Affidabilità: affidabilità sistemi e meccanismi di guasto.

### TESTI CONSIGLIATI

Sze, *Fisica dei dispositivi a semiconduttore*, Tamburini, Milano, 1973.

Grove, *Fisica e tecnologia dei dispositivi a semiconduttore*, F. Angeli, Milano, 1974.

Guarini - Iannazzo, *Circuiti integrati*, Tamburini, Milano, 1971.

Sze, *Semiconductor devices Physics and Technology*, J. Wiley & Sons, New York, 1985.

Agraval - Dutta, *Long wavelength semiconductor laser*, Van Nostrand Reinhold, 1986.

Williams, *Gallium arsenide processing techniques*, The Artech House, 1985.

Einspruch - Wissemann, *GaAs microelectronics*, Academic Press, New York, 1985.

Pollino, *L'affidabilità dei componenti elettronici a semiconduttore*, Scuola superiore G. Reiss

Romoli, L'Aquila, 1987.

## IN435 TEORIA DEI SEGNALI

Prof. Letizia LO PRESTI

Dip. di Elettronica

III ANNO	Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
2° PERIODO DIDATTICO	Annuale (ore)	70	50	—
INDIRIZZO: Apparat	Settimanal (ore)	6	4	—
Apparati di telecomunicazioni				
Apparati di telefonia				
Circuiti a microonde				
Comunicazioni ottiche				
Microonde e tecnologie elettroniche				
Sistemi di telecomunicazioni				
Telefonia				
Telematica				
Trasmissione numerica				

*Il corso di Teoria dei segnali è propedeutico all'indirizzo di Telecomunicazioni del Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica. Scopo del corso è di fornire agli allievi gli strumenti necessari per lo studio dei segnali elettrici usati per i sistemi di telecomunicazioni. È illustrata la teoria della trasformata di Fourier per rappresentare i segnali continui e la teoria della trasformata Z per lo studio dei segnali numerici. Sono presentati gli strumenti probabilistici che permettono l'analisi dei segnali di natura aleatoria, sia continui sia numerici.*

*Il corso comprende lezioni ed esercitazioni.*

*Nozioni propedeutiche: per poter seguire con profitto il corso, è indispensabile che gli allievi siano in possesso dei concetti fondamentali dell'elettronica e abbiano familiarità con gli argomenti dei corsi di Analisi matematica e di Complementi di matematica (in particolare: serie e trasformata di Fourier e teoria delle distribuzioni). Per le esercitazioni di laboratorio è necessario saper programmare in Fortran.*

### PROGRAMMA

*Teoria dei segnali determinati.* La teoria della trasformata di Fourier viene utilizzata per l'analisi spettrale di segnali il cui andamento in funzione del tempo è noto. Sono presentati i fondamenti della teoria dei sistemi lineari, con particolare riguardo al filtraggio di segnali.

*Teoria dei segnali numerici.* La teoria della trasformata Z viene utilizzata per introdurre le tecniche di filtraggio numerico e, quindi, il trattamento numerico di segnali continui.

*Teoria della probabilità.* La teoria della probabilità nel discreto è introdotta per prima, con particolare riguardo allo studio dei canali di comunicazione binari. Vengono poi studiate le variabili casuali e le loro trasformazioni.

*Teoria dei processi casuali.* Vengono studiati segnali per i quali è possibile solo una descrizione di tipo probabilistico; si estende a questi segnali l'analisi spettrale introdotta nella prima parte del corso e si utilizzano le nozioni introdotte nella seconda parte.

### ESERCITAZIONI

Le esercitazioni si propongono di mettere gli allievi in grado di risolvere i tipi di problemi fondamentali per i corsi successivi degli indirizzi riguardanti le Telecomunicazioni.

I personal computer del laboratorio di informatica vengono utilizzati per la messa a punto di programmi Fortran, riguardanti le tecniche numeriche descritte a lezione.

### TESTI CONSIGLIATI

E. Biglieri - S. Benedetto, *Teoria dei segnali determinati*, Quaderni di Elettronica, Boringhieri, Torino, 1977.

S. Benedetto - E. Biglieri, *Teoria della probabilità*, Quaderni di Elettronica, Boringhieri, Torino, 1980.

## IN436 TEORIA DEI SISTEMI

Prof. Mario MILANESE

Dip. di Automatica e Informatica

III o IV ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Automazione dei servizi  
 Automazione industriale  
 Controllo dei processi  
 Informatica per l'automazione

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

96

6

Es.

32

2

Lab.

32

2

*Le finalità del corso sono: impostare l'analisi dei sistemi dinamici continui e discreti con particolare attenzione verso gli aspetti di struttura, quali: l'analisi della stabilità in piccolo ed in grande, la controllabilità e l'osservabilità, il problema del regolatore con stima asintotica dello stato, il problema della realizzazione di sistemi ad un ingresso ed una uscita. L'identificabilità a priori dei parametri. A questi scopi e necessario un approfondimento di algebra lineare che verrà fornito nel corso stesso. Vengono inoltre fornite alcune nozioni di base sulle catene di Markov finite.*

*Il corso si articola in lezioni, esercitazioni teoriche e laboratori al computer dove vengono sviluppati dallo studente esempi applicativi.*

*Nozioni propedeutiche: Meccanica razionale e complementi di matematica, nonché alcuni concetti di algebra lineare del corso di Geometria. Auspicabile la conoscenza di un linguaggio (Fortran o Pascal).*

## PROGRAMMA

Il corso inizia con la presentazione di esempi che introducono le problematiche sviluppate. Si trattano poi in successione: definizione teorica di sistema, sistema continuo e discreto, variante ed invariante nel tempo, nonlineare e lineare; rappresentazione con equazioni differenziali e alle differenze, rappresentazione di Lagrange per sistemi lineari; stabilità secondo Lyapunov, linearizzazione, autovalori ed autovettori, stabilità in grande, regione di stabilità asintotica, criterio di Lasalle; controllabilità, matrice di controllabilità, forma canonica di Kalman, sottospazio di controllabilità, legge del controllo  $u(t) = k y(t)$ , posizionamento dei poli per i sistemi con ingresso e uscita, stabilizzabilità; osservabilità e matrice di osservabilità, sistemi duali, osservatore asintotico degli stati; regolatore, funzione di trasferimento, zeri, poli, guadagno, algebra dei blocchi; realizzazione minima di una funzione di trasferimento razionale fratta, forme canoniche. Algebra lineare, matrici, vettori, distanze, norme, prodotti scalari, sottospazi, dimensioni, basi, rango di una trasformazione lineare, spazio nullo, trasformazione inversa e pseudo inversa e loro rappresentazioni, proiezioni. Discretizzazione di sistemi continui, campionamento, aliasing, calcolo dell'esponenziale di matrice. Identificabilità dei parametri. Catene di Markov finite.

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono essenzialmente nello sviluppo alla lavagna di semplici esercizi applicativi della teoria e nella preparazione del materiale per gli esempi di sistemi le cui simulazioni verranno sviluppate nei laboratori al computer.

## LABORATORI

I laboratori consistono nello sviluppo al computer (VAX) di programmi di simulazione di alcuni sistemi dinamici, diversi da un anno all'altro.

## TESTI CONSIGLIATI

Rinaldi, *Teoria dei sistemi*, Clup, Milano, 1973.

Luenberger, *Introduction to dynamic systems*, Wiley & Sons, New York, 1979.

Autori vari, *Teoria dei sistemi, esempi di applicazioni*, Clup, Milano, 1980.

Rinaldi, *Algebra lineare*, Clup, Milano, 1982.

**INS94 TEORIA DELL'INFORMAZIONE**

Prof. Michele ELIA

Dip. di Elettronica

V ANNO

Impegno didattico

Lez. Es. Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore)

84 28

INDIRIZZO: Trasmissione numerica

Settimanale (ore)

6 2 —

*Il corso si propone di presentare una sintesi formale dei metodi e delle problematiche connesse con la trasmissione e la elaborazione dell'informazione. Il corso consta di due parti metodologicamente diverse; una prima parte introduce e sviluppa la teoria matematica della misura di informazione, mentre la seconda parte espone la teoria dei codici algebrici.*

*Il corso consta di lezioni e di esercitazioni teoriche.*

*Nozioni propedeutiche: è indispensabile una buona conoscenza dei corsi di Teoria dei segnali e di Comunicazioni elettriche ed è previsto che gli allievi abbiano seguito il corso di Trasmissione di dati.*

**PROGRAMMA**

Misura dell'informazione ed entropia. Mutua informazione, modello matematico di canale e calcolo della capacità. Sorgenti di informazione, il teorema della codifica di sorgente, particolari codici di sorgente. Teorema della codifica di canale. Teoria dei codici a blocco e convoluzionali. Complessità computazionale dei codificatori e dei decodificatori. Criptografia nella trasmissione dell'informazione.

**ESERCITAZIONI**

Sono di carattere puramente teorico.

**TESTI CONSIGLIATI**

R.J. McEliece, *The theory of information and coding*, Addison-Wesley, Reading MS, 1977.

A.J. Viterbi - J. Omura, *Digital communication and coding*, McGraw Hill, New York, 1978.

F.J. MacWilliams - N.J.A. Sloane, *The theory of error-correcting codes*, North-Holland, Amsterdam, 1977.

G. Longo, *Teoria dell'informazione*, Boringhieri, Torino, 1980.

**IN440 TEORIA DELLE RETI ELETTRICHE**

Prof. Claudio BECCARI (1° corso)  
 Docente da nominare (2° corso)

Dip. di Elettronica

III ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	56	56	—
Settimanale (ore)	4	4	—

*Il corso si propone come collegamento fra il corso di base di Elettrotecnica ed i corsi di Elettronica e di Comunicazioni, al fine di fornire agli studenti le metodologie fondamentali per il progetto di circuiti attivi e passivi con caratteristiche nel dominio della frequenza assegnate come obiettivi di progetto.*

*Il corso è organizzato in lezioni ed esercitazioni di calcolo e progetto strettamente interconnesse con le lezioni.*

*Nozioni propedeutiche: Elettrotecnica.*

**PROGRAMMA**

Metodi di analisi dei circuiti attivi e passivi: metodo dei nodi generalizzato. Risonatori. Reti lineari passive a parametri concentrati e loro proprietà fondamentali. Diagrammi di Bode. Condizioni di attuabilità delle immettenze; sintesi delle immettenze; sintesi delle immettenze formate da due soli fra i tre componenti induttore, condensatore, resistore; sintesi e progetto col metodo di Brune. Approssimazione delle specifiche di progetto per via grafica. Caratterizzazione dei doppi bipoli: gruppi di parametri; parametri scattering. Inserzione di un doppio bipolo fra generatore e carico: attenuatori ed adattatori resistivi, adattatori reattivi, doppi bipoli a resistenza costante, equalizzatori di ampiezza e di fase; filtri reattivi mono e bicaricati. Trasformazioni di frequenza. Sensibilità dei circuiti. Simulazione di circuiti passivi mediante circuiti attivi privi di induttori; convertitore generalizzato di impedenza. Celle attive in cascata: metodi di progetto ed ottimizzazione delle sensibilità.

**ESERCITAZIONI**

Consistono nella soluzione di problemi di analisi e di progetto da parte degli allievi.

**TESTI CONSIGLIATI**

C. Beccari, *Sintesi dei circuiti passivi*, Clut, Torino, 1988.

M. Biey, *Circuiti RC-attivi: teoria e progetto*, Clut, Torino, 1987.

C. Beccari - M. Soldi, *Esercitazioni di Teoria delle reti elettriche*, Clut, Torino, 1984.

## IN570 TEORIA E PRATICA DELLE MISURE

Prof. Ernesto ARRI

Dip. di Automatica e Informatica

III ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Misure elettroniche

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

Lab.

60

30

4

2

—

—

*Il corso è propedeutico ai corsi di misure elettriche ed elettroniche, in particolare, nell'indirizzo di Misure elettroniche, Il corso presenta i fondamenti teorici e pratici della moderna scienza delle misure secondo una metodologia unitaria valida per qualsiasi grandezza suscettibile di misurazione e regolazione. Gli oggetti e i fenomeni misurabili, le operazioni da compiere, i metodi e i mezzi tecnici impiegati, la conversione delle informazioni (letture) nei risultati, la qualificazione e il confronto di questi mediante l'incertezza sono introdotti in modo operativo, evidenziando le connessioni con le discipline informatiche e automatiche. Il corso è articolato in lezioni, esercitazioni e visite a laboratori metrologici. Nozioni propedeutiche: Analisi matematica I e II, Fisica I e II, Elettrotecnica.*

### PROGRAMMA

Organizzazione metrologica internazionale e nazionale. Grandezze misurabili. Unità di misura. Sistemi di unità. Sistema internazionale (SI). Definizione, realizzazione, riproduzione conservazione e disseminazione delle unità. Fascia di valore di una misura. Incertezza. Compatibilità di più misure. Riferibilità. Procedimento logico operativo di una misurazione e/o regolazione (m.r.). Segnale, rumore, interfaccia, interazione in una m.r.. Grandezze d'influenza. Metodi per m.r.: diretti, indiretti, a letture ripetute. Metodi diretti: per indicazione e per confronto (per opposizione e per sostituzione, differenziali e per azzerramento). Dispositivi per m.r.: campioni materiali, strumenti, trasduttori, sensori, attuatori, ponti, strumenti intelligenti, dispositivi per acquisizione e distribuzione di dati. Informazione ottenibile da un dispositivo per m.r.: lettura. Taratura come conversione da lettura in misura. Caratteristiche metrologiche dei dispositivi per m.r.. Loro classificazione secondo classi di precisione. Incertezza di misura: componenti di tipo A (aleatorie, valutabili con metodi statistici) e B (sistematiche, valutabili secondo altri criteri). Teoria delle probabilità. Variabili aleatorie. Distribuzioni e densità di probabilità. Momenti: valore medio, varianza, scarto-tipo. Distribuzioni multivariate: covarianza. Teorema limite centrale. Gradi di libertà. Analisi statistica. Popolazioni e campioni statistici: istogrammi, momenti empirici. Variabili statistiche: distribuzioni campionarie. Interferenza statistica. Stime dei parametri di una popolazione: livello fiduciario, indice di significatività. Test statistici: parametrici (t, F) e non ( $\chi^2$ ). Regressioni: metodo dei minimi quadrati. Trattamento statistico delle misure per le incertezze A. Propagazione delle incertezze nelle misurazioni indirette. Caratterizzazione anche delle incertezze B in termini di varianze. Incertezze composte da A e B. Incertezza globale. Normativa sulle m.r. e sulle incertezze.

### ESERCITAZIONI

Svolte in aula, consistono in esemplificazioni pratiche e in applicazioni di tipo numerico e grafico degli argomenti trattati in lezione. Sono completate da esempi di trattamenti statistici di dati di misura mediante elaboratore.

### LABORATORI

Visite a laboratori metrologici, in particolare quelli dell'IEN e IMGC.

TESTI CONSIGLIATI

S. Sartori, *Le misure nella scienza, nella tecnica, nella società*, Paravia, Torino, 1979.

E. Arri - S. Sartori, *Le misure di grandezze fisiche*, Paravia, Torino, 1984.

P. Galeotti, *Elementi di probabilità e statistica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1983.

P.J. Campion - J.E. Burns - A. Williams, *A code of practice for the detailed statement of accuracy*, NPL, London, 1973.

Norme e bibliografia sui singoli argomenti sono consigliati durante il corso.

## IN442 TEORIA E PROGETTO DEI CIRCUITI LOGICI

Prof. Luigi GILLI

Dip. di Automatica e Informatica

IV ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Circuiti e tecnologie elettroniche

Elettronica circuitale

Informatica

Informatica per l'automazione

Telefonia

Telematica

Trasmissione numerica

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

Lab.

90

60

30

6

4

2

*Il corso si propone di illustrare le problematiche relative al progetto di circuiti logici e di semplici sistemi di elaborazione. Il corso è integrato da esercitazioni pratiche durante le quali lo studente può verificare la correttezza dei propri progetti tramite sistemi di elaborazione.*

*Oltre alle lezioni teoriche e alle esercitazioni in aula sono previste esercitazioni sull'uso del linguaggio di simulazione MOZART.*

*Nozioni propedeutiche: Elettronica applicata I (IN140) e da uno dei due corsi: Calcolatori e programmazione (IN036) o Strutture informative (IN385).*

### PROGRAMMA

Richiami di algebra booleana e analisi di reti combinatorie. Sintesi di reti combinatorie. Analisi di reti sequenziali: reti sincrone ed asincrone. Sintesi di reti sequenziali asincrone. Sintesi di reti sequenziali sincrone. Diagnostica e collaudo di circuiti logici: simulazione di circuiti, modelli di guasti, generazione di pattern di test, fault simulation. Progetto formale di sistemi di elaborazione: organizzazione generale, unità operativa, unità di controllo, unità periferiche, memorie e registri. Possibili architetture di sistemi: hardware, microprogrammati, con uso di PLA. Sviluppo del progetto di un piccolo sistema di elaborazione. Descrizione del sistema di elaborazione INTEL 8085. Descrizione del CPU 8085: schema a blocchi, modalità di funzionamento, set di istruzioni, temporizzatore dell'esecuzione delle istruzioni. Descrizione dei periferici: configurazione memory mapped ed isolated I/O con analisi dei seguenti dispositivi: 8205, 8251, 7253, 8255, 8259. Organizzazione di banchi di memorie (8101, 8102, 2708, 2716).

### ESERCITAZIONI

Linguaggio di simulazione MOZART. Progetto di macchine asincrone, sincrone, special purpose.

### LABORATORI

Esercitazioni pratiche sul linguaggio di simulazione MOZART.

### TESTI CONSIGLIATI

A. Frisiani - L. Gilli, *Introduzione alle reti logiche*, Franco Angeli Editore, Milano, 1981.  
P. Prineto, *Progetto di sistemi numerici di elaborazione ed impiego dei relativi strumenti CAD*, Cusl P.G. Frassati, Torino, 1980.

## IN452 TRASMISSIONE DI DATI

Prof. Sergio BENEDETTO

Dip. di Elettronica

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Sistemi di telecomunicazioni  
Trasmissione numerica

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

Cal.

80

30

10

6

2

—

*Il corso studia i sistemi di trasmissione numerica punto-punto, offrendo metodi per l'analisi ed il progetto di tali sistemi. L'impostazione metodologica, di carattere generale, consente di utilizzare i metodi studiati nelle diverse applicazioni sistemiche: trasmissione di dati su linea telefonica, su ponte radio, via cavo e via satellite. Il corso prevede lezioni, esercitazioni analitiche e al calcolatore e lo svolgimento di un progetto (numero di studenti permettendo).*

*Nozioni propedeutiche: Teoria della probabilità, variabili e processi casuali, elementi di modulazioni numeriche.*

## PROGRAMMA

Elementi di teoria dell'informazione: entropia di sorgenti stazionarie e capacità di canali discreti. Trasmissione di forme d'onda su canale Gaussiano additivo; metodi di modulazione coerenti e incoerenti. Codici di canale: codici a blocco rivelatori e correttori di errore; generatori di sequenze pseudocasuali; codici convoluzionali. Trasmissione numerica su canali reali: calcolo della probabilità di errore in presenza di interferenza intersimbolica. L'equalizzazione adattativa. Sincronizzazione di portante e di simbolo nella trasmissione numerica. Esempi applicativi.

## ESERCITAZIONI

Esercitazioni di calcolo da svolgere a casa e in aula su argomenti del corso; un progetto da svolgere con l'ausilio dell'elaboratore elettronico.

## TESTI CONSIGLIATI

Il programma svolto si trova nel libro (in inglese):

S. Benedetto - E. Biglieri - V. Castellani, *Digital transmission theory*, Prentice-Hall, 1987.

## IN453 TRASMISSIONE TELEFONICA

Prof. Ezio BIGLIERI

Dip. di Elettronica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Apparati di telefonia  
Telefonia

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

60

4

Es.

30

2

Lab.

—

—

*Il corso si propone di fornire nozioni sui seguenti argomenti: modelli per il segnale vocale; elaborazione numerica dei segnali, con applicazione al segnale vocale; metodi di quantizzazione; struttura dei sistemi di trasmissione PCM.*

*Il corso comprende lezioni, esercitazioni, visite di istruzione.*

*Nozioni propedeutiche sono quelle fornite nel corso di: Comunicazioni elettriche (specialistico).*

### PROGRAMMA

Modelli matematici di generazione del segnale vocale.

Codifica predittiva lineare per l'identificazione dei parametri del tratto vocale e la sintesi della voce.

Caratteristiche statistiche del segnale telefonico.

Quantizzazione di segnali: quantizzazione uniforme, robusta, adattativa, predittiva, ADPCM, modulazione delta, quantizzazione vettoriale.

I sistemi di trasmissione PCM: struttura di trama del segnale, multiplazione, rigenerazione, codici di linea, recupero della temporizzazione.

### ESERCITAZIONI

Sono di tipo teorico, con calcoli di verifica e di progetto di sistemi per l'elaborazione del segnale vocale, di quantizzatori e di sistemi di trasmissione PCM.

### TESTI CONSIGLIATI

L.R. Rabiner - R.W. Schafer, *Digital processing of speech signals*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1978.

N.S. Jayant - P. Noll, *Digital coding of waveforms*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1984.

