

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRONICA

La dinamicità raggiunta dall'elettronica, la sua industrializzazione e la sua tendenza verso una personalizzazione e differenziazione, sono le nuove frontiere di una nuova tecnologia rivoluzionaria, che formerà sempre di più, nel futuro, non solo i protagonisti della rivoluzione industriale degli ultimi decenni.

L'elettronica peraltro non è solo un settore di attività crescente, cioè che produce incrementi per le attività di cui essa utilizza i prodotti, ma è una spinta generale e continua alla crescita del rendimento in tutti i processi produttivi di ogni settore industriale e nei servizi, in modo che di quasi tutti i suoi prodotti si possono aspettare i vantaggi che si conoscono.

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRONICA

L'elettronica, infatti, è un settore in cui, rispetto agli altri, sono richiesti maggiori contributi di energia nelle fasi produttive ed applicative mentre investimenti per qualificare i determinanti vanno alla ricerca di nuove soluzioni. L'elettronica è un settore che non si realizza solo nell'attività operativa, ma che si sviluppa, nella ingegnerizzazione e nella realizzazione delle applicazioni. Ne risultano quindi grandi opportunità di ruolo con elevate competenze professionali perché tutto è fortificato e condizionato dalla conoscenza scientifica e tecnica e dal contributo intellettuale piuttosto che operativo 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 e contribuiscono 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 l'elettronica e che possono essere così brevemente individuati:

- **elettronica**: questo indirizzo si propone di fornire le metodologie di studio e di progetto per la produzione di sistemi elettronici, dai semplici componenti 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 e il trasferimento di informazioni a distanza e delle tecniche di realizzazione dei relativi sistemi. Questa è una delle aree applicative più consolidate dell'ingegneria elettronica e ha tratto nuovo impulso dall'impiego dei dispositivi numerici automatici; 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 ... ecc.);
- **elettromagnetico**: questo indirizzo vuole fornire le metodologie di studio e di progetto di strutture per il convogliamento e l'irradiazione di onde elettromagnetiche (sistemi di telecomunicazioni, radar, sistemi ottici). È un'area che presenta parti ampiamente consolidate accanto ad applicazioni avanzate di notevole sviluppo scientifico e tecnologico;
- **teletrasmissione**: è l'indirizzo orientato a fornire metodologie per i progetti di sistemi per il trattamento delle informazioni e per la loro programmazione. È una delle aree più recenti, ma anche di più rapida crescita del settore elettronico grazie al continuo ampliamento dei suoi campi di applicazione.

Prof. Franco Mili...
1988

1988

1988

1988

1988

1988

1988

1988

1988

CORSO DI LAUREA IN

**INGENERIA
ELETTRONICA**

Il corso si svolgerà con lezioni, esercitazioni, visite in loco.
Sezioni procedurali: Arretrati tecnici, Estimo, Matire giuridiche.

PROGRAMMA

Il corso organizzato...
Lezioni trattano i temi generali di...
Le esercitazioni...
Le attività di laboratorio...
Le attività di ricerca...
Le attività di insegnamento...
Le attività di ricerca...
Le attività di insegnamento...

ESERCITAZIONI

Sono organizzate...
Le esercitazioni...
Le attività di ricerca...
Le attività di insegnamento...

TEMPI CONSIGLIATI

È richiesto...
Le attività di ricerca...
Le attività di insegnamento...

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 negli ultimi cento anni.

L'elettronica peraltro non è solo un settore direttamente traente, cioè che produce incrementi per le attività di cui essa utilizza i prodotti, ma dà una spinta generale e continua alla crescita del rendimento in tutti i processi produttivi di ogni settore industriale e 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 in cui, rispetto agli altri, sono richiesti minori contributi di energia nelle fasi produttive ed applicative mentre investimenti più qualificati e determinanti vanno alla ricerca che crea in questa area una continua evoluzione 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 di 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 operativo 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 e 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 l'elettronica e che possono essere così brevemente individuati:

- **elettronica:** questo indirizzo si propone di fornire le metodologie di studio e di progetto per la produzione di sistemi elettronici, dai semplici componenti 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 e il trasferimento di informazioni a distanza e delle tecniche di realizzazione dei relativi sistemi. Questa è una delle aree applicative più consolidate dell'ingegneria elettronica e 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 ... ecc.)
- **elettromagnetico:** questo indirizzo vuole fornire le metodologie di studio e di progetto di strutture per il convogliamento e l'irradiazione di onde elettromagnetiche (sistemi di telecomunicazioni, radar, sistemi ottici). È un'area che presenta parti ampiamente consolidate accanto ad applicazioni avanzate di notevole sviluppo scientifico e tecnologico
- **informatica:** è l'indirizzo orientato a fornire metodologie per i progetti di sistemi per il trattamento delle informazioni e per la loro programmazione. È una delle aree più recenti, ma anche di più rapida crescita del settore elettronico grazie al continuo ampliamento dei suoi campi di applicazione.

CORSO DI LABORIO IN INGEGNERIA ELETTRONICA

La dimensione raggiunta dall'elettronica nel campo dell'automazione è un fenomeno di grande portata che vale a far prevedere la nascita di una nuova tecnologia tecnologica, non come i settori tradizionali dell'ingegneria sono stati pervasi dalla rivoluzione industriale degli ultimi cento anni.

L'elettronica per sé non è soltanto settore di ottimismo tecnologico, cioè che produce o interviene per le attività di cui essa utilizza i prodotti, ma di una sintesi generale e continua alla crescita del rendimento in tutti i settori produttivi. In ogni settore industriale e 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 sempre destinata ad aumentare in futuro la produttività, come settore in cui, rispetto agli altri, sono richiesti minori consumi di energia nelle fasi produttive ed applicative mentre investimenti più consistenti e determinati vanno alla ricerca che crea in grande area non continua evoluzione innovativa. L'industria dell'elettronica italiana ha quelle ed alta capacità di lavoro e risorse che di capitale, che non si realizza tutto nell'attività operativa manifatturiera, come nell'attività di ricerca e di 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 staff con elevate competenze professionali perché tutto è fortemente condizionato dalla conoscenza scientifica e tecnica e dal contributo intellettuale piuttosto che operativo del uomo.

L'evoluzione dell'elettronica e la sua espansione 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 e contemporaneo sviluppo allo sviluppo di aree culturali ed applicative del tipo nuovo.

Il Corso di Laboratorio Elettronica ha come scopo la formazione di laureati nei diversi indirizzi che oggi caratterizzano l'elettronica e che possono essere così brevemente individuati:

- **elettronica:** questo indirizzo si propone di fornire la metodologia di studio e di progetto per la produzione di sistemi elettronici, dai semplici componenti 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 e il trasferimento di informazioni a distanza e delle tecniche di realizzazione dei relativi sistemi. Questa è una delle aree applicative più consolidate dell'ingegneria elettronica e ha fatto nuove acquisizioni dall'impiego dei dispositivi microelettronici; è l'indirizzo che si propone di fornire la metodologia per l'analisi dei sistemi e per il progetto e la realizzazione dei loro componenti. I settori applicativi di questa area culturale vanno estendendo dai molti processi di tipo industriale a processi di natura diversa, anche non tecnici (biologici, economici, gestionali, ... ecc.).
- **elettromagnetico:** questo indirizzo vuole fornire la metodologia di studio e di progetto di strutture per il condizionamento e l'irradiazione di onde elettromagnetiche (sistemi di telecomunicazioni, radar, sistemi ottici). È un'area che presenta punti ampiamente consolidati eccetto ad applicazioni avanzate di notevole sviluppo scientifico e tecnologico.
- **informatica:** è l'indirizzo orientato a fornire metodologie per i progetti di sistemi per il trattamento delle informazioni e per la loro programmazione. È una delle aree più recenti, ma anche di più rapida crescita del settore elettronico grazie al continuo ampliamento dei suoi campi di applicazione.

GUIDA ALLA PREPARAZIONE DEI PIANI DI STUDIO INDIVIDUALI

La parte fissa dei piani di studio individuali, è indicata nella tabella seguente:

Anno	1PD	2PD
1	IN457 Analisi matematica I IN463 Chimica IN368 Sistemi di elaborazione dell'informazione	IN457 Geometria I IN471 Fisica I
2	IN014 Analisi matematica II IN165 Fisica II IN279 Meccanica razionale	IN071 Complementi di matematica IN151 Elettrotecnica IN079 Componenti elettronici
3	IN140 Elettronica applicata I IN440 Teoria delle reti elettriche (3.A)	IN043 Campi elettromagnetici e circuiti (3.B) (3.C)
4	IN141 Elettronica applicata II IN47x Comunicazioni elettriche gen. (x=8) o spec. (x=9) (4.A)	IN59z Misure elettroniche w (w=A, z=5; w=B, z=6; w=C, z=7) IN48y 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** 1PD Fisica tecnica
IN361 1PD Scienza delle costruzioni
IN271 2PD Meccanica delle macchine e macchine

dove le materie mancanti sono da scegliersi da parte dello studente a seconda dell'orientamento prescelto per il piano di studio individuale, fino a contenere un minimo di 29 esami.

Nel seguito sono schematicamente riportate alcune indicazioni per la formulazione di piani di studio individuali, elencando dei gruppi coerenti di materie che dovranno essere completati a cura degli studenti con altri corsi.

I suggerimenti e gli esempi riportati nel seguito sono validi per gli studenti che si iscrivono al primo anno nell'anno 1986 o seguenti, poiché fanno riferimento ai criteri di approvazione dei piani di studio individuali stabiliti per l'anno accademico 1986-87. Per coloro che si iscrivono ad anni successivi al primo le indicazioni

riportate nel seguito possono essere convenientemente utilizzate nei casi in cui queste non contrastino con i criteri di approvazione dei piani di studio individuali validi negli anni precedenti l'anno accademico 1986-87.

Infine si fa osservare che i corsi indicati nel seguito come pertinenti di ciascun settore non sempre permettono di riempire le caselle mancanti nella tabella appena riportata (essenzialmente a causa delle precedenza, che limitano le possibilità di collocazione dei vari corsi). In questo caso gli studenti completeranno il piano di studi scegliendo tra le materie a disposizione, oppure spostando opportunamente i corsi indicati con (**).

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 tra calcolatori) e 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 telecomunicazioni punto-punto, e tra questi i sistemi via satellite e quelli che utilizzano la rete telefonica e le reti per trasmissione dati, e 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 della probabilità e dei processi casuali necessarie a modellare correttamente segnali di questo tipo. Inoltre sono descritte le tecniche principali per l'elaborazione numerica dei segnali sia in forma teorica che 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.).

Il piano di studi in Telecomunicazioni può essere organizzato nel seguente modo:

- 3.B = **IN435** Teoria dei segnali (obbligatorio)
- **IN47x** = **IN479**
- 4.B = **IN452** Trasmissione di dati (obbligatorio)
- **IN595** oppure **IN596**, rispettivamente Misure elettroniche A e B. (Si suggerisce di spostare questo corso al quinto anno in modo da potere inserire al suo posto i corsi caratterizzanti dei sottosectori che verranno descritti nel seguito).

1.1) Sottosectore: *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 di sottoporre a misura alcune parti importanti di sistemi di trasmissione. Nel corso di Sistemi di telecomunicazioni vengono descritti 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 della trasmissione (crittografia). Il corso di Radiotecnica, infine, si occupa di diffusione circolare dei segnali di informazione.

Il piano di studi può essere organizzato nel seguente modo:

- 3.A = **IN586** Calcolo numerico e programmazione (consigliato)
- **IN146** Elettronica per telecomunicazioni (consigliato) al quarto anno al posto di Misure elettroniche (quinto anno).

Le altre materie devono essere preferibilmente scelte dal seguente elenco:

- IN453** Trasmissione telefonica
- IN354** Reti di telecomunicazioni
- IN594** Teoria dell'informazione
- IN370** Sistemi di telecomunicazioni
- IN347** Radiotecnica
- IN442** Teoria e progetto dei circuiti logici.

1.2) Sottosettore: Telematica

La specializzazione in Telematica fornisce agli studenti le nozioni relative al funzionamento, alla progettazione ed all'analisi delle reti di calcolatori. Il corso centrale dell'indirizzo è quello di Reti di telecomunicazioni, nel quale vengono affrontati la maggior parte degli argomenti sopra citati. Data la notevole specializzazione degli argomenti trattati in tale corso, è necessario che esso sia preceduto da diversi corsi ad esso propedeutici. In particolare è necessario che gli studenti siano in possesso delle metodologie di analisi stocastica che sono parte integrante del corso di Teoria dei segnali e che conoscano in maniera sufficientemente approfondita il funzionamento dei sistemi di elaborazione, ivi inclusi quelli con architetture distribuite. Infine sembra conveniente che il piano degli studi venga completato con corsi nei quali vengono approfonditi sia gli argomenti relativi alle telecomunicazioni numeriche, sia quelli relativi ai sistemi informatici.

Il piano di studi può essere organizzato nel seguente modo:

- 3.A = **IN036** Calcolatori e programmazione
- 3.C = **IN242** Linguaggi di programmazione e compilatori
- 4.A = **IN442** Teoria e progetto di circuiti logici
- 5.A = **IN314** Organizzazione delle macchine numeriche
- **IN354** Reti di telecomunicazioni (obbligatorio) al quarto anno al posto di Misure elettroniche (quinto anno).

Le altre materie devono essere preferibilmente scelte dal seguente elenco.

- IN453** Trasmissione telefonica
- IN146** Elettronica per telecomunicazioni
- IN594** Teoria dell'informazione

- IN370** Sistemi di telecomunicazioni
- IN586** Calcolo numerico e programmazione
- IN355** Ricerca operativa
- IN372** Sistemi operativi

1.3) 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, collegamenti coi satelliti, ecc.). Viene quindi associata a una buona base comunicazionistica una conoscenza più approfondita dei circuiti per alte frequenze e dei loro principi di funzionamento e dei problemi relativi alla propagazione delle radio onde.

Il piano di studi può essere organizzato nel seguente modo:

- 3.A = **IN586** Calcolo numerico e programmazione (consigliato)
- 4.A = **IN403** Tecnica delle iperfrequenze
- **IN370** Sistemi di telecomunicazioni al quarto anno al posto di Misure elettroniche (quinto anno)
- 5.A = **IN341** Propagazione delle onde elettromagnetiche.

Le altre materie devono essere preferibilmente scelte dal seguente elenco:

IN018 Antenne

IN347 Radiotecnica

IN121 Dispositivi elettronici allo stato solido

IN064 Complementi di campi elettromagnetici

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 guide d'onda e in fibre ottiche sia in mezzi naturali (atmosfera, ionosfera, ecc.). I campi di applicazione vanno da quelli più tradizionali delle telecomunicazioni, ad esempio ponti radio e collegamenti con satelliti, alle nuove tecniche di rilevamento e diagnostica ambientale, ed alle applicazioni dell'ottica nei vari settori dell'ingegneria.

La specializzazione in Elettromagnetismo prevede essenzialmente due sottosestori:

- Propagazione e antenne
- Comunicazioni ottiche

2.1) Sottosettore: Propagazione e antenne

Questa specializzazione intende fornire nozioni dettagliate sui sistemi di telecomunicazioni per quanto riguarda le parti ad alta frequenza, in particolare dispositivi ed antenne e problemi connessi con la propagazione delle radio onde in tutto lo spettro di frequenza. Inoltre in questo ambito è in progetto lo sviluppo del sottosettore «Telerilevamento e sondaggio ambientale»; per il momento problematiche relative a tale sottosettore verranno parzialmente sviluppate in alcuni dei corsi sotto elencati.

Il piano di studi può essere così organizzato:

- 3.A = **IN586** Calcolo numerico e programmazione (consigliato)
- 4.A = **IN341** Propagazione delle onde elettromagnetiche
- 4.B = **IN064** Complementi di campi elettromagnetici
- 5.A = **IN403** Tecnica delle iperfrequenze
- 5.D = **IN018** Antenne
- **IN595** oppure **IN596**, rispettivamente Misure elettroniche A e B (obbligatorio)
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 (spec.)
- IN370** Sistemi di telecomunicazioni

2.2) Sottosettore: Comunicazioni ottiche

Questa specializzazione è intesa a fornire le conoscenze di base per affrontare i problemi nel settore dell'ottica e delle comunicazioni su fibra ottica, di notevole importanza in numerose applicazioni ed in particolare in sistemi di trasmissione a grande capacità.

Il piano di studi può essere così organizzato:

- 3.A = **IN586** Calcolo numerico e programmazione (consigliato)
- 3.B = **IN121** Dispositivi elettronici allo stato solido
- 4.A = **IN403** Tecnica delle iperfrequenze
- 4.B = **IN064** Complementi di campi elettromagnetici
- **IN595** oppure **IN596**, rispettivamente Misure elettroniche A e B (obbligatorio)
Le altre materie devono essere preferibilmente scelte dal seguente elenco:
- IN423** Tecnologie elettroniche
- IN147** Ottica quantistica
- IN435** Teoria dei segnali
- IN479** Comunicazioni elettriche (specialistico)
- Altri corsi di carattere elettronico-fisico

3) Settore: Metrologia

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

Basandosi su 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.

Nella specializzazione sono altresì compresi insegnamenti di strumentazione per la bioingegneria e di compatibilità elettromagnetica.

Il piano di studi può essere così organizzato:

- 3.B = **IN570** Teoria e pratica delle misure
- 3.C = **IN296** Misure elettriche
- **IN59z** = **IN595** Misure elettroniche A o **IN596** Misure elettroniche B
- 5.D = **IN034** Automazione delle misure elettroniche e telemisure
- 4.B = **IN381** Strumentazione per bioingegneria
- 5.E = **IN290** Metrologia del tempo e della frequenza

Altre materie potranno essere scelte dal seguente elenco:

IN062 Compatibilità elettromagnetica

IN554 Rivelatori di radiazioni, trasduttori e sensori

IN380 Strumentazione fisica.

Si ricorda agli studenti che questi ultimi due corsi non fanno parte dell'insieme dei corsi ufficiali del corso di laurea in Ingegneria elettronica, e pertanto sono sottoposti alla limitazione sul numero massimo di corsi estranei al corso di laurea.

4) Settore: Elettronica

Il settore Elettronica è suddiviso in due sottosectori per i quali seguono le descrizioni e i suggerimenti.

4.1) Sottosectore: Microelettronica

La specializzazione in 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 elettronica applicata, orientate al progetto ed all'impiego di dispositivi VLSI.

Viene posto particolare accento sull'impiego di strumenti CAD di diverso tipo e livello, nelle varie fasi della progettazione.

Per questa specializzazione sono fortemente caratterizzanti i seguenti corsi:

- 3.A = **IN036** Calcolatori e programmazione
- 3.B = **IN121** Dispositivi elettronici stato solido
- 3.C = **IN372** Sistemi operativi
- 4.A = **IN442** Teoria e progetto di circuiti logici
- 4.B = **IN146** Elettronica per telecomunicazioni
- **IN595** oppure **IN596**, rispettivamente Misure elettroniche A e B (obbligatorio)
- 5.A = **IN314** Organizzazione delle macchine numeriche
- 5.D = **IN423** Tecnologie elettroniche

Sono consigliati anche i seguenti corsi:

IN354 Reti di telecomunicazioni (preceduto da **IN479**)

IN369 Sistemi di elaborazione dell'informazione II

IN403 Tecnica delle iperfrequenze

IN034 Automazione delle misure elettroniche e telemisure

IN062 Compatibilità elettromagnetica

4.2) Sottosectore: Elettronica applicata

La specializzazione in 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.

Per questa specializzazione sono fortemente caratterizzanti i seguenti corsi:

- 3.A = **IN036** Calcolatori e programmazione
- 3.B = **IN121** Dispositivi elettronici stato solido
- 3.C = **IN296** Misure elettriche
- 4.A = **IN442** Teoria e progetto di circuiti logici

- 4.B = **IN146** Elettronica per telecomunicazioni
- **IN595** oppure **IN596**, rispettivamente Misure elettroniche A e B (obbligatorio)
- 5.A = **IN528** Macchine elettriche statiche
- 5.D = **IN032** Automazione

Sono consigliati anche i seguenti corsi:

- IN403** Tecnica delle iperfrequenze
- IN034** Automazione delle misure elettroniche e telemisure
- IN062** Compatibilità elettromagnetica
- IN583** Azionamenti elettrici
- IN306** Modellistica e identificazione
- IN367** Sintesi delle reti elettriche
- IN316** Ottica applicata

5) Settore: Informatica

Il settore di Informatica si configura essenzialmente in tre sottosectori:

- 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

Si suggerisce di inserire tali corsi nel piano di studi individuale secondo lo schema seguente:

- 3.A = **IN036** Calcolatori e programmazione
- 3.B = **IN372** Sistemi operativi
- **IN442** Teoria e progetto dei circuiti logici al quarto anno al posto di Comunicazioni elettriche da spostare al quinto anno.
- **IN595** oppure **IN596**, rispettivamente Misure elettroniche A e B (obbligatorio)

5.1) Sottosettore: Hardware

La specializzazione hardware fornisce agli studenti 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 e VLSI appartenenti alle principali famiglie di microprocessori.

Il piano di studi deve seguire la regola:

- 5.A = **IN314** Organizzazione delle macchine numeriche
- 5.C = **IN369** Sistemi di elaborazione dell'informazione II

Per coloro che intendessero approfondire gli aspetti della progettazione dei circuiti integrati, si consiglia:

- 4.A = **IN121** Dispositivi elettronici allo stato solido
- 5.D = **IN423** Tecnologie elettroniche

5.2) Sottosettore: Software

La specializzazione Software fornisce agli allievi 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 base di dati. Fondamentali sono pertanto i corsi di Sistemi operativi, Linguaggi di programmazione e compilatori e Reperimento dell'informazione.

Il piano di studi deve seguire la regola:

- 4.B = **IN242** Linguaggi di programmazione e compilatori
- 5.C = **IN353** Reperimento dell'informazione

5.3) Sottosettore: Hardware/Software

Questa specializzazione è l'unione delle 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 di studi deve seguire la regola:

- 4.B = **IN242** Linguaggi di programmazione e compilatori
- 5.A = **IN314** Organizzazione delle macchine numeriche
- 5.C = **IN353** Reperimento dell'informazione
- 5.D = **IN369** Sistemi di elaborazione dell'informazione II

Per tutte e tre i sottosettori, le altre materie sono preferibilmente da scegliersi tra le seguenti:

Per specializzazione rivolta anche alle Telecomunicazioni:

- IN435** Teoria dei segnali (seguita da **IN479**)
- IN453** Trasmissione telefonica (prec. **IN479**)
- IN354** Reti di telecomunicazioni (prec. **IN479**)
- IN370** Sistemi di telecomunicazioni (prec. **IN479**)
- IN146** Elettronica per telecomunicazioni

Per specializzazione rivolta anche all'Automazione:

- IN436** Teoria dei sistemi (seguita da **IN489**)
 - IN032** Automazione
 - IN393** Tecnica della regolazione (prec. **IN489**)
 - IN089** Controllo ottimale (prec. **IN489**)
- (Vedi anche il settore Automazione)

Altre:

- IN381** Strumentazione per bioingegneria
- IN355** Ricerca operativa
- IN586** Calcolo numerico e programmazione

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

La specializzazione intende formare una figura professionale nei campi seguenti:

- Modellizzazione di sistemi di produzione e di processi industriali in genere
- Componenti e sistemi di rilevazione, decisione e distribuzione dell'informazione
- Progetto di strutture decisionali complesse dedicate a sistemi di produzione.

Sono da considerarsi fortemente caratterizzanti (obbligatori) i seguenti corsi:

- 3.A = **IN570** Teoria e pratica delle misure
- 3.B = **IN355** Ricerca operativa
- 4.A = **IN436** Teoria dei sistemi
- **IN597** Misure elettroniche C
- **IN489** Controlli automatici (spec.)
- 4.B = **IN306** Modellistica e identificazione
- 5.A = **IN087** Controllo dei processi
- 5.D = **IN032** Automazione
- (***) = **IN271** Meccanica delle macchine e macchine

6.2) Sottosettore: Controllo dei processi

La specializzazione 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

Sono da considerarsi fortemente caratterizzanti (obbligatori) i seguenti corsi:

- 3.A = **IN570** Teoria e pratica delle misure
- 4.A = **IN436** Teoria dei sistemi
- **IN597** Misure elettroniche C
- **IN489** Controlli automatici (spec.)
- 5.A = **IN393** Tecnica della regolazione
- 5.B = **IN087** Controllo dei processi
- 5.D = **IN065** Complementi di controlli automatici
- 5.E = **IN089** Controllo ottimale
- (***) = **IN271** Meccanica delle macchine e macchine

6.3) Sottosettore: Automazione dei servizi

La specializzazione intende formare una figura professionale nei campi seguenti:

- Individuazione di problemi decisionali in una vasta gamma di settori lavorativi
- Progetto di strutture informative e decisionali
- Ricerca di soluzioni ottimali in ambito organizzativo e gestionale

Sono da considerarsi fortemente caratterizzanti (obbligatori) i seguenti corsi:

- 3.A oppure 4.A = **IN436** Teoria dei sistemi
- 3.B = **IN355** Ricerca operativa
- 3.C = **IN385** Strutture informative
- **IN489** Controlli automatici (spec.)
- 5.D = **IN089** Controllo ottimale
- 5.E = **IN032** Automazione
- **IN597** Misure elettroniche C

6.4) Sottosettore: Informatica per l'automazione

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

Sono da considerarsi fortemente caratterizzanti (obbligatori) i corsi:

- 3.A = **IN436** Teoria dei sistemi
- 3.B = **IN385** Strutture informative
- 4.A = **IN442** Teoria e progetto dei circuiti logici
- **IN489** Controlli automatici (spec.)

- 4.B = **IN372** Sistemi operativi
- 5.A = **IN314** Organizzazione delle macchine numeriche
- 5.D = **IN032** Automazione
- **IN597** Misure elettroniche C

Infine, per tutti i settori, oltre alle materie caratterizzanti ed alla 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).

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)

oppure della Facoltà di Scienze Politiche

09049 Economia politica I B (annuale)

09044 Economia e politica industriale (annuale)

09038 Economia aziendale (annuale)

I corsi omonimi delle due Facoltà sono ovviamente mutuamente esclusivi. Inoltre, in ciascuna Facoltà, il primo corso elencato costituisce precedenza per gli altri due.

PROGRAMMI

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

ANNO	Insegnamento	Lez.	Es.	Lab.
I° PERIODO DIDATTICO	Analisi I (mat)	90	40	40
Corso di Laurea, ING. ELETTRONICA	Scienze applicate (mat)	5	4	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 coltivarli attraverso applicazioni a problemi di fisica e Ingegneria; i corsi di Matematica di 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

Insiemi 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. Continuità di funzioni.

Derivate di una funzione e prime applicazioni.

Le funzioni elementari.

Proprietà globali delle funzioni continue.

Funzioni inverse. Funzioni chiave.

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

Formule 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. Loescher & Belfa, Torino, 1961.

PROGRAMMI - corso lauree STESS
 INDIRIZZI - Organizzazione
 Seggono in ordine alfabeticamente i programmi di corsi di laurea
 di laurea

Inoltre, per tutti i settori, oltre alle materie universitarie ed alla ricerca scientifica, è possibile inserirsi non più di due mesi in aziende ed corsi di laurea in ingegneria elettronica ed ogni cosa non prima del terzo anno di corso.

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)
- oppure della Facoltà di Scienze Politiche:
- 02049 Economia politica I B (annuale)
 - 02044 Economia e politica industriale (annuale)
 - 02028 Economia aziendale (annuale)

I corsi omonimi delle due Facoltà sono ovviamente mutuamente esclusivi. Inoltre, in ciascuna Facoltà, il primo corso elencato costituisce precedenza per gli altri due.

IN457 ANALISI MATEMATICA I

Docente da nominare (1° corso)
 Prof. Paolo BOIERI (2° corso)
 Prof. Anna SCARAFIOTTI (3° corso)

DIP. di Matematica

I ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Corso di Laurea: ING. ELETTRONICA

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

Lab.

90

60

40

6

4

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.

Formola 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

Docente da nominare (1° corso)
 Docente da nominare (2° corso)
 Docente da nominare (3° corso)

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
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

INDIRIZZ: Propagazione e antenne

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

Lab.

80

—

8

6

—

—

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. 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 saggomato, 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*, 2ª 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. Giancarlo TEPPATI

DIP. di Matematica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Elettronica fisica

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	90	30	—
Settimanale (ore)	8	4	—

Il corso si propone di sviluppare tecniche matematiche per le applicazioni all'elettronica, allo scopo, si tratteranno le principali proprietà delle funzioni di variabile complessa, si analizzeranno le strutture matematiche della teoria dei sistemi, e verranno sviluppate nel dettaglio le principali trasformazioni integrali in uso nell'elettronica. Verrà inoltre trattata la teoria della misura, con particolare riguardo per la probabilità e per i processi stocastici.

Il corso si svolgerà sulla base di lezioni, esercitazioni alla lavagna svolte da un assistente, ed esercitazioni a piccoli gruppi.

Sono propedeutici i corsi di Analisi I, Analisi II, Meccanica razionale, Geometria.

PROGRAMMA

Funzioni olomorfe di variabile complessa. Derivabilità e integrabilità di funzioni olomorfe. Teorema di Cauchy, dei residui. Applicazioni al calcolo integrale. Formule integrali di Cauchy. Comportamento locale e globale; principi di identità. Sviluppi di Taylor e di Laurent. Teorema di Weierstrass e di Mittag-Leffler. Funzioni poldrome e punti di diramazione. Il metodo dei tagli. Descrizione di funzioni tramite funzionali. Distribuzioni. Operazioni lineari sulle distribuzioni. La distribuzione delta di Dirac, e le sue proprietà. Distribuzioni multidimensionali. Convoluzione di funzione e di distribuzioni. Trattazione di sistemi nel dominio dei tempi. Modelli lineari, continui, causali, invarianti per traslazioni temporali, differenziali e non. Risposta impulsiva e convoluzione. Risposta forzata. Stabilità. Trasformata di Fourier di funzioni e distribuzioni. Fenomeno di Gibbs. Smoothing. Teorema del campionamento. Trasformata discreta e veloce di Fourier. Principio di indeterminazione. Trasformata di Laplace di funzioni e di distribuzioni. Teorema del valore iniziale e del valore finale. Funzione di trasferimento. Stabilità e poli della funzione di trasferimento. Teoria della misura. Spazi Lp. Basi ortonormali. Probabilità. Definizione di processo stocastico.

ESERCITAZIONI

Vengono effettuate esercitazioni scritte alla lavagna, su esercizi significativi per la comprensione del corso, esercitazioni a piccoli gruppi con l'assistenza del docente e di assistenti.

TESTI CONSIGLIATI

G. Teppati, *Complementi di matematica*, vol. 1: *Funzioni analitiche*, vol. 2: *Distribuzioni, sistemi, trasformate di Fourier e di Laplace*, vol. 3: *Spazi di funzioni*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1982.

Per le applicazioni della trasformata di Laplace:

B. Baccari, *La trasformazione di Laplace nell'analisi dei circuiti*, Boringhieri, Torino, 1977.

IN032 AUTOMAZIONE

Prof. Basilio BONA

DIP. di Automatica e informatica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Automazione Industriale -
Automazione dei Servizi -
Informatica per l'automatica

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	74	36	—
Settimanale (ore)	6	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 ed esercitazioni.

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 dell'Informazione o frequenza al LAIB).

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. Filtro di Kalman.

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.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni saranno dedicate ad elementi introduttivi di probabilità e processi stocastici e da descrizione del funzionamento e delle caratteristiche generali dei sottosistemi impiegati nel controllo dei processi: sensori, strutture di interfaccia verso il calcolatore (multiplexer, convertitori A/D, ecc.), minielaboratori e microprocessori, controllori e attuatori.

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.

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.

52

4

Lab.

—

—

Il corso ha lo scopo di familiarizzare gli allievi coi sistemi di misura costituiti da strumentazione programmabile controllata da un elaboratore elettronico. L'automazione del processo di misura è affrontato basandosi sulle interfacce standard per la strumentazione programmabile attualmente più diffuse: IEEE 488 (IEC-625), sistema CAMA, HP-IL.

Vengono inoltre ripresi e sviluppati i principi di base anche pratici che devono guidare l'operatore per eseguire correttamente una misurazione, includendo il trattamento statistico e la presentazione dei dati sperimentali.

Sono propedeutiche le conoscenze sui metodi di misura delle grandezze elettriche e sulla strumentazione elettronica impartite nei corsi di Misure elettriche e di Misure elettroniche.

PROGRAMMA

- 1) Problematiche connesse all'acquisizione automatica segnali analogici: condizionamento dei segnali analogici; la conversione A/D; acquisizioni multicanali; sorgenti di disturbo e tecniche di riduzione degli stessi.
- 2) L'automazione di un processo di misura.
- 3) Aspetti che caratterizzano e definiscono una interfaccia per strumentazione.
- 4) L'interfaccia standard IEEE-488 (IEC-625): generalità; architettura; caratteristiche meccaniche, elettriche; caratteristiche funzionali; trasferimento dei messaggi su BUS; messaggi di comando; gestione delle richieste di servizio; funzioni di interfaccia.
- 5) Aspetti operativi della interfaccia IEEE-488 tendenza della standardizzazione di codici e formati (GP-IB, HP-IB ...).
- 6) Analisi di un sistema di misure automatico: aree di intervento per migliorare l'efficienza del sistema.
- 7) Standard CAMAC per strumentazione automatica: caratteristiche generali; architettura; il dataway; aspetti elettrici e funzionali; estensione parallela e seriale.
- 8) L'interfaccia per strumentazione HP-IL: caratteristiche generali; architettura; problematiche relative al bus seriale; aspetti funzionali; gestione delle richieste di servizio.
- 9) Trattamento dei dati sperimentali: richiami sulle variabili statistiche ad una o due dimensioni: e loro rappresentazione grafica; momenti delle variabili statistiche e loro significato descrittivo; esempi di analisi statistica, misura della correlazione lineare in una variabile statistica a due dimensioni; variabile casuale: stima dei parametri di una variabile casuale ottenuta da estrazioni a caso; applicazione agli errori accidentali di misura: misure dirette (esempi di calcolo) misure indirette (esempi di calcolo).

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni riguardano l'implementazione di banchi automatici di misura asserviti a controllori tipo HP-86 e/o HP-87. Ovviamente, dato il numero limitato delle apparecchiature, l'organizzazione e la possibilità di accesso ai laboratori dipenderà notevolmente dal numero di allievi.

Programma. Addestramento all'uso del calcolatore con la impostazione e sviluppo di semplici programmi in BASIC (tutti). Analisi sperimentale dei messaggi scambiati sul BUS IEEE-488 mediante analizzatore di stati logici (tutti). Misura automatica delle caratteristiche di un

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 aventi prerogative adatte al controllo di posizione. Viene data particolare enfasi all'interazione tra il funzionamento della macchina e la struttura elettronica di potenza che la governa. Vengono presi in esame, oltre ai servomotori D.C. a magnete permanente, le strutture «Brushless» di tipo sincrono ed asincrono, con la relativa modellistica e le filosofie di controllo.

Vengono anche trattati gli azionamenti facenti uso di stepping motors.

Nozioni propedeutiche: Principio di funzionamento delle macchine in c.c.. Nozioni elementari sulle trasformazioni elettromeccaniche dell'energia. principi di funzionamento dei transistori e degli amplificatori operazionali.

PROGRAMMA

Il controllo di posizione: problematiche realizzative e di controllo.

Il servomotore D.C.: tipi e caratteristiche; modello dinamico; modello termico.

Amplificatori lineari e switching per motori D.C., realizzati mediante transistor di potenza.

Il motore sincrono a magneti permanenti: tipi e caratteristiche; modello dinamico.

Struttura elettronica di potenza (a transistor) e filosofia di comando.

Il servomotore asincrono: modello dinamico vettoriale.

Struttura elettronica di potenza (a transistor) e filosofia di comando.

Motori a passo: tipi e caratteristiche.

Strutture di commutazione elettronica per motori a passo.

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.

Per quel che riguarda gli azionamenti a Stepping Motors:

B.C. Kuo, *Theory and Application of Step Motors*, West Publishing Co.

IN036 CALCOLATORI E PROGRAMMAZIONE

Prof. Angelo SERRA

DIP. di Automatica e informatica

III ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Informatica

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 pascal su PC e minielaboratori della classe VAX.

Nozioni propedeutiche: Sistemi di elaborazione dell'informazione.

PROGRAMMA

Aritmetica del calcolatore: rappresentazione di numeri interi, frazionati, 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 calcolatore di programma; le fasi di esecuzione dell'istruzione; le istruzioni del PDP/11 con esempi applicativi.

Organi periferici e perforatore di nastro, stampante, nastri e dischi magnetici.

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

Il bus del PDP/11, l'unità di gestione della memoria.

Software di base. Cenni sul sistema operativo RSX11.

Strutture dati. Algoritmi di ricerca, ordinamento, ecc.

Cenni di teoria della compatibilità.

ESERCITAZIONI

Risoluzione di problemi tratti dall'ingegneria, dalla matematica e dall'informatica attraverso l'analisi, il diagramma a blocchi, la codifica in linguaggio Pascal o assembler in aula e sul calcolatore PDP/11.

TESTI CONSIGLIATI

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

R.HO Eckhouse, *Minicomputer System: Organization and Programming (PDP11)*, McGraw Hill.

Gay, *Appunti delle lezioni*, Ed. Celid, Torino, 1979.

Lerici, *Introduzione al Sistema Operativo RSX11M*, Ed. Celid, Torino, 1980.

IN586 CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE

Docente da nominare

DIP. di Matematica

III ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Circuiti e Tecnologie Elettroniche -
Sistemi di Telecomunicazioni -
Automazione Industriale -
Controllo dei processi

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

80

6

Es.

50

4

Lab.

—

—

Il corso ha lo scopo di fornire agli allievi le conoscenze di base sui principali metodi per la risoluzione numerica di modelli matematici. Vengono inoltre analizzati algoritmi e presentati i corrispondenti programmi in Fortran.

Il corso comprende lezioni, esercitazioni in aula, esercitazioni al calcolatore.

PROGRAMMA

Aspetti di base dei calcoli numerici.

Aritmetica del calcolatore.

Interpolazione e approssimazione di funzioni.

Differenziazione e integrazione numerica.

Equazioni non lineari e sistemi di equazioni non lineari.

Sistemi di equazioni lineari.

Autovalori e autovettori di matrici.

Equazioni differenziali ordinarie.

Programmazione in linguaggio Fortran.

ESERCITAZIONI

Alcuni complementi alle lezioni. Algoritmi e programmi in Fortran relativi ai metodi numerici studiati nelle lezioni.

LABORATORI

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

TESTI CONSIGLIATI

A. Raiston - P. Rabinowitz, *A first course in numerical analysis*, 2^a Ed., McGraw Hill, 1978.

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

IN043 CAMPI ELETTROMAGNETICI E CIRCUITI

Prof. Rodolfo ZICH (1° corso)
Docente da nominare (2° corso)

DIP. di Elettronica

III ANNO
2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	85	55	6
Settimanale (ore)	6	4	—

Il corso di campi elettromagnetici e circuiti si occupa della propagazione libera e guidata delle onde elettromagnetiche a qualsiasi frequenza. Tale studio viene svolto a partire dall'equazione di Maxwell e introducendo delle metodologie generali che forniscono strumenti indispensabili e potenti per chi voglia lavorare in elettromagnetismo applicato anche in campi diversi dalle telecomunicazioni. In particolare tali metodologie useranno sistematicamente la mentalità circuitale e tecniche operative già acquisite dallo studio dell'elettrotecnica.

Il corso si articolerà in lezioni, esercitazioni numeriche e sperimentali, corsi monografici di sostegno.

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 ed equazioni d'onda nel dominio del tempo e della frequenza. Teoremi fondamentali. Poynting, unicità, equivalenza e reciprocità. Il problema dell'irradiazione formulato mediante la funzione di Green. Valutazione della stessa in mezzo isotropo omogeneo indefinito mediante la trasformata tripla di Fourier. Applicazioni al campo irradiato da distribuzioni di corrente e distribuzioni di bocca. Antenne: guadagno, direttività, altezza efficace, area equivalente, fattore di utilizzazione di bocca, equazione della trasmissione, circuito equivalente in ricezione. Panorama dei principali tipi di antenne. Condizioni al contorno. Propagazione guidata; formalismo di Marcuvitw-Schwinger. Modi TM, TE, TEM. Guide rettangolari. Guide circolari. Cavi coassiali e linee bifilari. Micro-striscie e linee a striscia. Circuiteria a microonde. Parametri scattering e matrice scattering. Cenno alle guide d'onda dielettriche. Teoria delle linee di trasmissione. Carta di Smith e applicazioni. Velocità di gruppo e fase.

ESERCITAZIONI

Sono previste in media 4 ore/settimana di esercitazioni di calcolo relative a: temi trattati a lezione e le linee di trasmissione.

LABORATORI

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

TESTI CONSIGLIATI

Sono disponibili dispense che coprono quasi tutto il corso.

IN463 CHIMICA

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

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria
Chimica

I ANNO
1° PERIODO DIDATTICO
Corso di Laurea: ING. ELETTRONICA

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.

PROGRAMMA

Il corso di chimica generale e inorganica è diviso in tre parti: chimica generale, chimica organica e chimica inorganica. La chimica generale tratta delle proprietà generali della materia, della struttura atomica e molecolare, delle leggi della termodinamica e della cinetica chimica. La chimica organica tratta della chimica dei composti del carbonio, delle loro proprietà e reattività. La chimica inorganica tratta della chimica degli elementi e dei loro composti, delle loro proprietà e reattività. Il corso è diviso in tre parti: chimica generale, chimica organica e chimica inorganica. La chimica generale tratta delle proprietà generali della materia, della struttura atomica e molecolare, delle leggi della termodinamica e della cinetica chimica. La chimica organica tratta della chimica dei composti del carbonio, delle loro proprietà e reattività. La chimica inorganica tratta della chimica degli elementi e dei loro composti, delle loro proprietà e reattività. Il corso è diviso in tre parti: chimica generale, chimica organica e chimica inorganica. La chimica generale tratta delle proprietà generali della materia, della struttura atomica e molecolare, delle leggi della termodinamica e della cinetica chimica. La chimica organica tratta della chimica dei composti del carbonio, delle loro proprietà e reattività. La chimica inorganica tratta della chimica degli elementi e dei loro composti, delle loro proprietà e reattività.

ESERCITAZIONI

Non vi è distinzione nella tra lezioni ed esercitazioni. Agli sviluppi teorici si fanno seguire esempi di applicazione in modo da far acquistare confidenza anche con gli aspetti pratici dei problemi chimici.

LABORATORI

Caratterizzazione di laser a semiconduttore, esperimenti con moltiplicatore e Fabry-Pérot.

TESTI CONSIGLIATI

Sono forniti agli studenti appunti delle lezioni.

IN062 COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA (Ex IN409 TECNICA IMPULSIVA)

Prof. Ermanno NANO

DIP. di Elettronica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Radiotecnica
Elettronica Industriale

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

56

4

Es.

28

2

Lab.

4

—

Il corso che sostituisce quello di Tecnica impulsiva, 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

Docente da nominare

DIP. di Elettronica

IV o V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Propagazione e antenne -
Comunicazioni Ottiche

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

70

5

Es.

10

1

Lab.

6

—

Il corso intende sviluppare argomenti legati allo studio ed alla progettazione di componenti e dispositivi utilizzati nelle comunicazioni con portante ottica e di notevole importanza nei sistemi di trasmissione ad alta capacità.

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 usate nella realizzazione di circuiti ottici integrati e a microonde: caratteristiche modali (spettro discreto e continuo, modi leaky, perdite) di strutture stratificate con indice di rifrazione costante e non uniforme (soluzioni esatte, metodi WKB, delle funzioni di confronto dell'indice di rifrazione efficace), guide accoppiate e guide realizzate con materiali anisotropi.

Fibre ottiche: caratteristiche modali (modi TE, TM, ibridi, leaky), velocità di fase e di gruppo, dispersione modale e dei materiali in strutture mono e multimodali, effetti non lineari (solitoni), cenni sulle tecniche di fabbricazione e sulla misura delle caratteristiche propagative. *Teoria dell'accoppiamento modale:* per guide dielettriche e metalliche, accoppiamento fra modi (equiversi e/o controversi) dello spettro discreto, e fra modi discreti e continui.

Ottica integrata: dispositivi planari semplici (lenti, deflettori di fascio elettro ed acusto-ottici), dispositivi sfruttanti l'accoppiamento modale (filtri, riflettori, accoppiatori direzionali, ecc.), altri dispositivi quali modulatori di ampiezza e fase ad alta velocità, interruttori, amplificatori ottici ecc. Circuiti O.I. quali: matrici di commutazione, porte e logiche ottiche veloci, circuiti bistabili, convertitore A/D, analizzatore di spettro, ottica non lineare guidata.

Laser a semiconduttore: studio elettromagnetico (calcolo modi, distribuzione portatori e loro interazione) in strutture «gain and index guided», corrente di soglia, condizioni di funzionamento monomodo trasversale e longitudinale, stabilizzazione in frequenza con controllo temperatura e corrente iniezione o con cavità esterna. Laser a cavità accoppiate, DFB, DRB.

Sistemi di comunicazione a bassa ed alta capacità in fibra ottica e micro-ottica: descrizione e caratteristiche sistemiche dei vari componenti optoelettronici quali: giunzioni, lenti, fibre, laser e LED, rivelatori per sistemi con una sola portante ottica. Sistemi a più portanti ottiche (WDM): filtri interferenziali e reticoli, multiplatori e demultiplatori. Sistemi in fibra ottica monomodale e coerenti.

Cenni di ottica di Fourier, olografia e sui sistemi di lenti e risonatori aperti.

ESERCITAZIONI

Non vi è distinzione netta tra lezioni ed esercitazioni. Agli sviluppi teorici si fanno seguire esempi di applicazione in modo da far acquisire confidenza anche con gli aspetti pratici dei problemi esaminati.

LABORATORI

Caratterizzazione di laser a semiconduttore, esperimenti con monocromatore e Fabry-Perot.

TESTI CONSIGLIATI

Sono forniti agli studenti appunti delle lezioni.

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)	70	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 da 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 («dead 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 Bayesiano 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 dei 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, *Digital Control Systems*, Springer Verlag, Berlin, 1981.

R. Isermann, *Prozessidentifikation*, Springer Verlag, Berlin, 1974.

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 Γ di Eulero. Funzioni poldrome. Funzioni armoniche: esempi di applicazione all'elettrostatica piana.

Distribuzioni. Funzioni di prova, distribuzioni, distribuzione δ , le funzioni ordinarie come distribuzioni, limiti generalizzati. Operazioni lineari sulle distribuzioni. Distribuzione «p.f. $1/t$ ». Supporto, equazione $t F(t) = G(t)$. Convoluzione di distribuzioni e uso nei problemi lineari.

Trasformazioni di Fourier e di Laplace delle distribuzioni. Proprietà. Esempi, trasformate di δ 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 condizioni 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 ore 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.

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

IN079 COMPONENTI ELETTRONICI

Prof. Carlo NALDI (1° corso)
Docente da nominare (2° corso)

DIP. di Elettronica

II ANNO (*)
2° PERIODO DIDATTICO

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

Il corso di Componenti elettronici è il primo insegnamento di tipo elettronico del corso di laurea. Sono inizialmente presi in esame i concetti fondamentali della fisica dei solidi e a partire da questi sono derivate le principali caratteristiche (dal punto di vista elettronico) dei materiali magnetici, degli isolanti, dei conduttori e dei semiconduttori. Sono successivamente analizzati i comportamenti dei componenti passivi e dei dispositivi a semiconduttore fondamentali nei sistemi elettronici. Vengono inoltre fornite alcune nozioni di base sulla tecnologia dei circuiti integrati.

Il corso si svolge su 6-8 ore di lezione settimanali.

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

PROGRAMMA

Nozioni introduttive: Modello dell'atomo. Concetto onda-particella. Principi di meccanica quantistica. Proprietà ondulatorie ed equazione di Schrodinger. Teoria delle bande nei cristalli. Elettroni liberi e legati. Densità degli stati. Funzione di Fermi-Dirac e livello di Fermi. Distribuzione in energia degli elettroni. Concetto di mobilità e conducibilità nei metalli e nei semiconduttori. Emissione termoionica e tubi a vuoto.

Materiali e componenti: Momenti magnetici atomici. Fenomeni del dia-para- e ferromagnetismo. Curva di normale magnetizzazione. Definizione di permeabilità. Perdite. Materiali magnetici dolci e per magneti permanenti. Materiali isolanti. Resistività di volume e di superficie. Polarizzazione elettrica e perdite elettriche. Classificazione dei materiali isolanti. Componenti passivi (resistori, induttori, trasformatori, elettromagneti e condensatori) tecnologia e parametri parassiti. Nozioni di affidabilità.

Semiconduttori e dispositivi a giunzione. Semiconduttori intrinseci e drogati. Generazione e ricombinazione. Eq. di continuità. Effetto Hall. Giunzione pn. Caratteristica $I = I(V)$. Modello a controllo di carica. Capacità di transizione e di diffusione. Diodi Zener e tunnel. Analisi del comportamento del transistor bipolare. Dispositivi ad effetto di campo (BJFET e MOSFET). Tecnologia dei circuiti integrati ibridi e monolitici.

ESERCITAZIONI

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

TESTI CONSIGLIATI

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

Milman - Halkias, *Microelettronica*, Boringhieri, 1978, trad. ital. del precedente.

Rietto, *Materiali per elettronica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1970.

Muller - Kamins, *Device Electronics for Integrated Circuits*, Wiley, 1977.

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

IN478 COMUNICAZIONI ELETTRICHE (Gen.)

Prof. Valentino CASTELLANI

DIP. di Elettronica

IV ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	80	50	—
Settimanale (ore)	6	4	—

Il corso è destinato agli studenti che non 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

La prima parte del corso è dedicato allo studio della trasmissione di segnali numerici in banda base. L'esempio di sistema serve anche a motivare la descrizione di segnali di tipo determinato e di tipo casuale.

Cenni descrittivi al sistema di trasmissione del segnale telefonico.

Viene poi studiato il rumore nei sistemi di comunicazione.

Si passa poi allo studio della trasmissione di tipo PCM.

Una parte consistente, infine, è dedicata alle tecniche di modulazione, con particolare riferimento ai sistemi di radiodiffusione e di telefonia in multiplex.

ESERCITAZIONI

Esercitazioni di calcolo sugli argomenti del corso.

TESTI CONSIGLIATI

Carlson, *Communication Systems*, McGraw Hill, 1968.

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

IN479 COMUNICAZIONI ELETTRICHE (Spec.)

Prof. Mario PENT

DIP. di Elettronica

IV ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Telecomunicazioni

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

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.

ESERCITAZIONI

Gli argomenti delle esercitazioni (realizzati ed eventualmente dimostrati in laboratorio) sono inseriti nel materiale corso della tavola.

TESTI CONSIGLIATI

Malman - Halkier, *Ingegneria delle Telecomunicazioni*, McGraw Hill, 1972.
 Malman - Halkier, *Telecomunicazioni*, Garzanti, 1978 (trattato del precedente).
 Pietro, *Manuale per l'ingegnere*, Ed. Leonardo & Beffa, Torino, 1970.
 Miller - Kamini, *Design Principles for Integrated Circuits*, Wiley, 1977.

IN488 CONTROLLI AUTOMATICI (Gen.)

Prof. Enrico CANUTO

DIP. di Automatica e informatica

IV ANNO
2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	60	60	—
Settimanale (ore)	4	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, Complementi di matematica.

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 principi 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 minima 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: analogia elettrostatica, 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 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 dagli stati.

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

Progetto di reti integrative derivate e integro-derivate. Esempi e studi particolari. Sistemi a dati campionati. Trasformata Z. Tecniche di analisi e progetto del controllo.

ESERCITAZIONI

Esercizi sugli argomenti trattati a lezione.

TESTI CONSIGLIATI

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

J.L. Melsa - D.G. Schultz, *Linear Control Systems*, McGraw Hill, 1969.

Schultw - Melsa, *State functions and linear control systems*, McGraw Hill, 1967.

Distefano III - Stubberuds - Williams, *Theory and problems of feedback control systems*, Schaum Publishing Comp., 1967.

IN489 CONTROLLI AUTOMATICI (Spec.)

Prof. Giuseppe MENGA

DIP. di Automatica e Informatica

IV ANNO
2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	90	30	30
Settimanale (ore)	6	2	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 assisto da calcolatore.

Sono corsi propedeutici: Teoria dei sistemi e Complementi 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: Controlli 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 disponibili gli appunti del corso scritti dal docente. Eventuali testi complementari sono consigliati durante lo svolgimento del corso.

IN089 CONTROLLO OTTIMALE

Prof. Enrico CANUTO

DIP. di Automatica e Informatica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Controllo dei processi
Automazione dei servizi

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

Il corso si propone di illustrare i metodi per il progetto dei moderni sistemi di controllo. Questi si vanno sempre più diffondendo sia nei sistemi di produzione (processi industriali, linee di lavorazione flessibili, manipolatori) sia nei sistemi di trasporto (controllo centralizzato del traffico urbano) dopo il loro primo sviluppo nell'ambito dei sistemi aerospaziali. Lo sviluppo di questi metodi, che si avvalgono degli algoritmi della programmazione matematica, richiede l'ausilio del calcolatore.

Il corso si articola in lezioni, esercitazioni in aula ed esercitazioni al calcolatore. Nozioni propedeutiche: gli argomenti trattati nel corso richiedono una buona conoscenza di Teoria dei sistemi e di Controlli automatici.

PROGRAMMA

Ottimizzazione di funzionali: Ottimizzazione di funzionali convessi. Problemi di norma minima. Ottimizzazione duale. I moltiplicatori di Lagrange. Ottimizzazione locale. Derivata direzionale e piano tangente. Equazioni di Eulero-Lagrange. Problemi con vincoli: condizioni di Kuhn-Tucker. Metodi di soluzione con il calcolatore. Metodo del gradiente e del gradiente coniugato. Metodo di Newton-Raphson. I problemi e i metodi di controllo ottimo: Indici di prestazione. Il principio del massimo di Pontryagin. Problemi a tempo minimo, a consumo minimo di carburante; a minima energia. La programmazione dinamica. Equazione di Hamilton-Bellman-Jacobi. Il controllo ottimo di sistemi lineari - Il regolatore: il regolatore ottimo proporzionale - equazione di Riccati. Proprietà in frequenza - il luogo delle radici. Regolatore proporzionale e integrativo. Effetto di non linearità e imprecisioni dell'impianto. Il controllo ottimo di sistemi lineari - Il filtro dei disturbi: proprietà statistiche di segnali aleatori. Stima dello stato e filtro di Kalman. Filtro per disturbi non aleatori. Il progetto di sistemi di controllo a due gradi di libertà: separazione tra stima e controllo. Effetto di incertezze strutturali. Realizzazione digitale. Controllo auto-sintonizzante. Controllo adattativo. Controllo di sistemi a grandi dimensioni: problemi di controllo di reti di traffico. Problemi di controllo di sistemi di produzione.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni svolte in parte in aula, parte all'elaboratore numerico si propongono di addestrare al progetto di sistemi di controllo mediante l'ausilio del calcolatore.

TESTI CONSIGLIATI

Gli argomenti del corso sono contenuti in appunti manoscritti. Un testo italiano che contiene parte di quanto svolto nel corso è:

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

Altri testi verranno consigliati durante il corso.

IN121 DISPOSITIVI ELETTRONICI ALLO STATO SOLIDO

Prof. Carlo NALDI

DIP. di Elettronica

III ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Elettronica circuitale -
 Elettronica industriale -
 Circuiti e tecnologie elettroniche -
 Elettronica fisica -
 Propagazione e antenne -
 Circuiti a microonde -
 Microonde e tecnologie elettroniche -
 Radiotecnica

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

120

8

Es.

—

—

Lab.

—

—

Il corso tratta in modo specifico i principi fisici e le caratteristiche di funzionamento dei dispositivi a semiconduttore con frequenti 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, assai più che non all'approfondimento delle conoscenze nell'analisi dei circuiti. 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 dall'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: si richiede unicamente una buona conoscenza della teoria della giunzione p-n e del funzionamento dei transistori (corso di Componenti elettronici) ed i concetti elementari sulla propagazione ondosa (corso di Fisica II e Campi elettromagnetici).

PROGRAMMA

Cenni di meccanica quantistica e di fisica dello stato solido.

Principi fondamentali della meccanica quantistica. Particelle di Fermi e di Bose. Leggi dell'assorbimento e dell'emissione di fotoni. Distribuzioni statistiche di Einstein-Bose e di Fermi-Dirac. Matrice hamiltoniana. Propagazione in un reticolo cristallino. Concetto di particella-onda complessa. Fenomeni di diffusione da impurità e di cattura. Teorema di Bloch. Zone di Brillouin.

Proprietà fisiche dei semiconduttori.

Struttura cristallina e bande di energia nei semiconduttori (Ge, Si, GaAs). Fenomeni di trasporto dei portatori. Spettri di fononi. Proprietà ottiche, termiche ed in presenza di campi elevati. Equazioni basilari del funzionamento dei dispositivi a semiconduttore.

Dispositivi a giunzione.

Giunzioni p-n. Eterogiunzioni. Diodi a giunzione (tunnel, inverso, varactor e Step Recovery). Diodi a valanga e a tempo di transito (IMPATT, TRAPATT). Transistori bipolari: per piccoli segnali, di potenza, per commutazione e per microonde.

Dispositivi metallo-semiconduttore.

Effetto Schottky. Diodo Schottky e transistoro bloccato. Transistore MESFET di segnale e di potenza, Dual-gate. Circuiti integrati all'arseniuro di gallio. Ibridi e monolitici.

Dispositivi metallo-isolante-semiconduttore.

Diodo MIS. Fenomeni di superficie. Transistori MOSFET. Circuiti integrati a MOS. Problemi

di integrazione su larga scala (VLSI). Cenni sui metodi di progetto.

Dispositivi ottici.

Sogenti di luce LED e LASER a giunzione e a terogiunzione. Fotodiodi. Celle solari.

Dispositivi a effetto di volume.

Effetto Gunn. Oscillatore a diodo Gunn. Modi di operazione e applicazioni.

ESERCITAZIONI

Non c'è una distinzione netta tra lezioni ed esercitazioni. Sono comunque previste alcune esercitazioni sperimentali di misura in laboratorio e di uso del calcolatore per la simulazione numerica di dispositivi e alcuni seminari tenuti da esperti provenienti da industrie o centri di ricerca su argomenti di carattere tecnologico.

LABORATORI

Alcune dimostrazioni di laboratorio.

TESTI CONSIGLIATI

Delle prime due parti sopra citate sono disponibili delle dispense, delle restanti oltre al testo consigliato:

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

Verrà distribuito durante l'anno altro materiale didattico (articoli, dispense) in modo da coprire sostanzialmente tutto il corso. Sul VLSI è consigliato:

Mead - Conway, *Introduction to VLSI Systems*, Eddison, Wesley, 1980.

Sui MESFET è consigliato:

Di Lorenzo - Khandelwal, *GaAs FET principles and technology*, Artech House, 1982.

IN140 ELETTRONICA APPLICATA I

Prof. Marco GIORDANA (1° corso)
 Prof. Franco MUSSINO (2° corso)

DIP. di Elettronica

III ANNO
 1° PERIODO DIDATTICO

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

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 e Componenti elettronici.

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).

Seminario sulla microelettronica (VLSI) coordinato con il corso di Elettronica applicata II.

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, *Microelectronics*, McGraw Hill, 1979.

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

IN141 ELETTRONICA APPLICATA II

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

DIP. di Elettronica

IV ANNO
1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
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: Apparatì di telecomunicazione -

Elettronica circuitale -

Circuiti e tecnologie elettroniche -

Radiotecnica -

Apparatì di telefonia

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez. Es.

56 14 42

4 1 3

Il corso è dedicato allo studio ed al progetto dei circuiti elettronici usati specificamente 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 (specialistico).

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 e digitale/analogico.

Circuiti campionatori (sample/hold).

Convertitori A/D e D/A per uso telefonico: PCM e delta.

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

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.

Cenni su protocolli per reti locali multipunto.

ESERCITAZIONI

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

LABORATORI

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

TESTI CONSIGLIATI

Dispense, *Elettronica per telecomunicazioni*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1984.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.

IN151 ELETTROTECA

Prof. Vito DANIELE (1° e 2° corso)

DIP. di Elettronica

II ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

Corso di Laurea: ING. ELETTRONICA

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

80

6

Es.

56

4

Lab.

—

—

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

Equazioni di Maxwell e considerazioni energetiche.

Generalità sui circuiti e sulle relative grandezze elettriche.

Elementi di un circuito elettrico e loro modelli. Bipoli e n-poli. Loro caratteristiche. Esempi.

Classificazione dei bipoli. Bipoli ideali.

Reti elettriche e loro analisi. Leggi di Kirchhof. Bipoli in serie e in parallelo. Partitori di tensione e di corrente. Dualità. Metodi di analisi. Sovrapposizione degli effetti. Teoremi di: Thévenin, Norton, Millman, di sostituzione.

Metodi topologici per lo studio delle reti.

La potenza elettrica. Sue espressioni nei bipoli normali. Teorema di Tellegen. Teorema e relazioni di reciprocità.

Condensatori e induttori. Energia immagazzinata.

Reti di bipoli normali in regime sinusoidale. Funzioni periodiche e funzioni sinusoidali del tempo. Rappresentazione simbolica. Impedenze e ammettenze. Analisi frequenziale. Risonanza.

Potenze in regime sinusoidale. Teorema di Boucherot.

Sistemi trifase. Collegamenti. Analisi. Relazioni di fase fra tensioni concatenate e correnti di linea. Inserzione degli strumenti di misura delle potenze.

Fenomeni transitori. Equazioni differenziali ed equazioni di stato. Ricerca delle condizioni iniziali dei termini transitori. Risoluzione delle equazioni di stato e determinazione delle altre incognite.

La trasformazione di Laplace e sue applicazioni all'analisi di reti di bipoli normali in regime variabile.

Doppi bipoli. Forme di rappresentazione delle caratteristiche. Generatori pilotati. Doppi bipoli induttivi. Trasformatori ideali, induttivi, reali.

Cenni sui campi elettrici e magnetici. Principi di conversione elettromeccanica.

Cenni sulle macchine elettriche rotanti: a collettore, a induzione e sincrone.

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 richiesto dagli insegnamenti successivi.

TESTI CONSIGLIATI

G. Fiorio, *Elettrotecnica per Elettronici (appunti dalle lezioni)*, Ed. Clut, Torino, 1982.P.P. Civalleri, *Lezioni di Elettrotecnica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1981.Laurentini - Meo - Pomè, *Esercizi di Elettrotecnica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1975.V. Laguzzi, *Esercizi risolti di Elettrotecnica*, Ed. Clut, Torino, 1982.Desoer - Kuh, *Fondamenti di teoria dei circuiti*, Ed. Franco Angeli, Milano, 1981.

IN471 FISICA I

Prof. Ottavia FILISETTI BORELLO DIP. di Fisica

(1° corso)

Prof. Marco OMINI (2° corso)

Prof. Alfredo STRIGAZZI (3° corso)

I ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

Corso di Laurea: ING. ELETTRONICA

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

Lab.

75

28

24

6

2

2

Come corso istituzionale del 1° anno, il corso è inteso a illustrare i principi fondamentali della meccanica e termodinamica, e fornire una base sufficiente a comprendere i problemi relativi, risolvere i più semplici, e poter sviluppare nei corsi successivi le tecniche specifiche di soluzione dei più complessi.

Il corso si svolgerà con lezioni, esercitazioni, laboratori.

Nozioni propedeutiche: per la buona comprensione del corso si richiede la conoscenza di Analisi matematica I.

PROGRAMMA

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

Interpretazione ed uso dei vettori in fisica.

Cinematica del punto: velocità e accelerazione nei moti rettilinei e curvilinei; moto relativo; cambiamento del sistema di riferimento.

Dinamica del punto: leggi di Newton; forza, massa, quantità di moto, sistemi inerziali; conservazione delle quantità di moto; forze di campo (gravità e forze elastiche), vincoli e attriti, forze inerziali; lavoro; teorema dell'energia cinetica; campi conservativi ed energia potenziale.

Dinamica dei sistemi: centro di massa; conservazione della quantità di moto, dell'energia e del momento angolare; moto nel sistema del centro di massa; urti; oggetti a massa variabile; dinamica rotatoria dei corpi rigidi e momento d'inerzia.

Statica dei corpi rigidi; statica dei fluidi.

Moto armonico; oscillazioni forzate e risonanza; cenni alle onde elastiche.

Dinamica dei fluidi perfetti; tensione superficiale.

Campo gravitazionale e leggi del moto planetario.

Termometria: dilatazione termica; scale di temperatura; teoria cinetica dei gas.

Calorimetria: conduzione del calore; sistemi termodinamici; equazione di stato dei gas perfetti e di Van der Waals; cambiamenti di stato.

Primo principio della termodinamica e problematica relativa.

Secondo principio della termodinamica: macchine termiche; ciclo e teorema di Carnot; teorema di Clausius; entropia.

ESERCITAZIONI

Esercitazioni numeriche a squadre sul programma del corso.

LABORATORI

Esercitazioni a mezze squadre in laboratorio. Esperienze di cinematica e dinamica mediante l'impiego di rotaia a cuscino d'aria. Acquisizione ed elaborazione di dati sperimentali (caduta dei gravi e oscillazioni del pendolo) con l'uso di Computer Apple II.

TESTI CONSIGLIATI

Nella scelta dei testi, fra quelli sottoelencati, gli studenti seguano le indicazioni dei docenti dei rispettivi corsi:

Lovera - Minetti - Pasquarelli, *Appunti di Fisica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1977.

Lovera - Malvano - Minetti - Pasquarelli, *Calore e Termodinamica*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1977.

Alonso - Finn, *Elementi di Fisica per l'Università*, vol. 1, Masson, Milano, 1982.

Halliday - Resnick, *Fondamenti di Fisica*, parte 1^a (con le appendici di Barbero, Mauroni e Strigazzi); in alternativa: Halliday - Resnick, *Fisica*, parte 1^a, Ambrosiana, Milano, 1978.

Minetti - Pasquarelli, *Esercizi di Fisica 1*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1971.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni sono svolte in laboratorio e consistono in esperimenti di fisica classica e moderna. Gli esperimenti sono divisi in due gruppi: il primo gruppo è costituito da esperimenti di fisica classica e il secondo gruppo da esperimenti di fisica moderna. Gli esperimenti sono svolti in gruppi di lavoro e sono guidati dal docente. Gli esperimenti sono svolti in gruppi di lavoro e sono guidati dal docente. Gli esperimenti sono svolti in gruppi di lavoro e sono guidati dal docente.

LABORATORI

Il laboratorio di fisica classica è attrezzato con tutti gli strumenti necessari per lo svolgimento degli esperimenti di fisica classica.

TESTI CONSIGLIATI

X. Malvano - D. Barbero, *Introduzione alla Fisica Atomica e Molecolare*, Ambrosiana, Milano, 1973.

L. Schaff, *Mechanica Quantistica*, Einaudi, Torino, 1952.

K. Resnick, *Introduzione alla relatività ristretta*, Ambrosiana, Milano, 1969.

IN165 FISICA II

Prof. Francesca DEMICHELIS (1° corso) DIP. di Fisica
 Prof. Piero QUARATI (2° corso)
 Prof. Enrica MEZZETTI (3 corso)

II ANNO	Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
1° PERIODO DIDATTICO	Annuale (ore)	80	30	10
Corso di Laurea: ING. ELETTRONICA	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: fondamenti di Meccanica, Calcolo differenziale e integrale, Funzioni elementari.

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 facili esercizi e problemi relativi ai principali argomenti del corso.

LABORATORI

Uso di strumenti elettrici. Misure di resistenza e capacità. Misure di indici di rifrazione. Misure di lunghezza d'onda con reticoli di diffrazione.

TESTI CONSIGLIATI

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.

ESERCITAZIONI:

Risoluzioni numeriche a squadre sul programma del corso.

LABORATORI

Esercitazioni a metagruppi in laboratorio. Esperienze di elettrostatica e dinamica mediante l'impiego di contatori a scintille e aria. Acquisizioni ed elaborazione di dati sperimentali (analisi dei dati e oscillazioni dei pendoli) con l'uso di Computer Apple II.

IN167 FISICA ATOMICA

Prof. Claudio OLDANO

DIP. di Fisica

III ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Elettronica Fisica

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

Lab.

80

30

10

6

3

—

Il corso intende dare una preparazione di base sulla meccanica quantistica e sulla relatività ristretta, gli elementi della struttura atomica e qualche cenno sulla struttura molecolare.

Il corso comprende lezioni, esercitazioni, laboratori.

Nozioni propedeutiche: Complementi di matematica.

PROGRAMMA

Effetto fotoelettrico. Energia e quantità di moto e di un fotone. Effetto Compton. Lunghezza d'onda di De Broglie. Principio di indeterminazione. Equazione di Schroedinger. Trasmissione e riflessione da un gradino e da una barriera di potenziale. Effetto tunnel. Oscillatore armonico. Meccanica delle matrici. Autovalori e auto-funzioni di un operatore. Schema di Heisenberg e schema di Schroedinger. Momenti angolari: relazioni di commutazione. Funzioni sferiche. Composizione di momenti angolari. Esperienza di Stern e Gerlach. Esperienza di Einstein. De Haas. Spin dell'elettrone. Matrici di Pauli. Atomo di idrogeno. Teoria delle perturbazioni statiche. Effetto Zeeman. Seconda quantizzazione: operatori di creazione e distruzione. Quantizzazione del campo elettromagnetico. Emissione spontanea e indotta. Cenno al laser. Atomi con più elettroni. Principio di esclusione. Legame covalente: studio della molecola di idrogeno. Sezione d'urto di Scattering. Formula di Rutherford. Cenno alle statiche quantistiche.

ESERCITAZIONI

Teoria della relatività ristretta. Implicazioni delle leggi della fisica classica e loro limiti: difficoltà sperimentali e incongruenze teoriche che hanno portato alla relatività. Cinematica relativista: il gruppo di Lorentz e le sue conseguenze (somma delle velocità, contrazione delle lunghezze, dilatazione dei tempi, effetto doppler, aberrazione). Dinamica relativistica: definizione di quantità di moto ed energia. Equivalenza massa-energia. Quadrivettore energia-impulso-forza e accelerazione. Cenno all'elettrodinamica: il quadrivettore densità di carica e di corrente.

LABORATORI

Effetto fotoelettrico, determinazione del rapporto e/m , interferometro di Michelson.

TESTI CONSIGLIATI

R. Malvano - D. Barbero, *Introduzione alla Fisica atomica e molecolare*, Ambrosiana, Milano, 1975.

L. Schiff, *Meccanica quantistica*, Einaudi, Torino, 1952.

R. Resnick, *Introduzione alla relatività ristretta*, Ambrosiana, Milano, 1969.

TESTI CONSIGLIATI

G. Natta, *Elementi della fisica*, in stampa presso la Celid.

G. Natta - R. Mosca, *Introduzione alla Meccanica statistica*, Garzanti.

R.L. Liboff, *Introduction to the theory of linear equations*, Wiley & Sons, New York.

For final, *Foundations of statistical mechanics*, Rev. of Modern Phys., 27, 3 (1955).

C. Casaccia, *Introduzione alla teoria Elementare della gravitazione*, Zanichelli, Roma, 1960.

B. Ghazina, *Quantum and Statistics*, Norton, New York, 1976.

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 comprende fundamentalmente una introduzione alla meccanica quantistica, concetti generali di meccanica statistica e l'applicazione allo studio della struttura elettronica e vibrazionale dei solidi. Può essere considerato come un corso atto ad approfondire questioni di base relativi ai corsi di «Componenti elettronici» e «Dispositivi elettronici a stato solido».

Sono previste esercitazioni anche numeriche con l'uso del calcolatore.

Nozioni propedeutiche: corsi di Fisica I e Fisica II.

PROGRAMMA

Passaggio dalla meccanica classica alla meccanica quantistica. Formalismo matematico della meccanica quantistica. Teoria delle perturbazioni. Concetti generali di meccanica statistica. Statistica dei bosoni e dei fermioni. Teoria di Einstein e di Debye del calore specifico. Struttura cristallina e reticolo reciproco dei solidi. Zone di Brillouin. Potenziale periodico e teorema di Bloch. Teoria delle bande e struttura elettronica dei solidi. Fononi e proprietà vibrazionali dei solidi. Teoria degli elettroni liberi nei metalli. Spin elettronico ed equazione di Slater. Equazioni di Hartree e Hartree-Fock e interazione di scambio per un gas di elettroni. Ferromagnetismo. Proprietà di trasporto nei semiconduttori.

ESERCITAZIONI

Sono previste esercitazioni anche numeriche con l'uso del calcolatore.

TESTI CONSIGLIATI

Saranno elencati all'inizio del corso.

LABORATORI

TESTI CONSIGLIATI

R. Marano - D. Barbone, *Introduzione alla fisica atomica e molecolare*, Ambrosiana, Milano, 1975.J. Schrieffer, *Mechanica quantistica*, Einaudi, Torino, 1982.R. Kramers, *Introduzione alla fisica atomica e molecolare*, Ambrosiana, Milano, 1979.

IN172 FISICA MATEMATICA

Prof. Guido RIZZI

DIP. di Matematica

IV ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Elettronica Fisica

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

100

8

Es.

—

—

Lab.

—

—

Argomento principale del corso è un'introduzione alla relatività speciale; argomento secondario, in ambito seminariale, un'introduzione alla meccanica quantistica e (in alternativa) un'introduzione alla Relatività generale. Concedendo ampio spazio alle questioni di metodo, il corso intende: 1) proporre una visione sintetica, rigorosa e concettualmente semplice di un ampio dominio della fisica moderna; 2) familiarizzare lo studente con una mentalità, un linguaggio, una metodologia che consentano sia di approfondire la propria cultura scientifica sia di agevolare un'eventuale collaborazione con i fisici.

Il corso si articola in lezioni (6 ore settimanali) e seminari (2 ore settimanali).

Nozioni propedeutiche: gli argomenti dei corsi di Analisi matematica I e II, Fisica I e II. Possibilmente anche Meccanica razionale, Geometria, Complementi di matematica.

PROGRAMMA

Calcolo tensoriale. Vengono introdotte le tecniche matematiche adatte allo studio dei campi e della relatività speciale. Tali tecniche saranno utilizzate sistematicamente in tutto il corso.
Meccanica relativistica. Si introduce lo spaziotempo pseudoeuclideo. In tale contesto si studia la meccanica della particella, sia con massa propria costante che con massa propria variabile. Tale studio viene poi esteso ai sistemi di particelle e ai continui incoerenti. Particolare attenzione è rivolta ai teoremi di conservazione.

Elettrodinamica relativistica. In questa parte, che è la più ampia del corso e forse la più importante per la formazione di una mentalità aperta alla fisica moderna, si istituisce la teoria in forma covariante nello spaziotempo pseudoeuclideo. Infine si applica la teoria allo studio dell'irraggiamento di una carica accelerata.

Seminario 1: Introduzione delle tecniche matematiche adatte allo studio della relatività generale. Principi fondamentali della teoria. Sistemi di riferimento in relatività generale. Red shift gravitazionale; moto di un pianeta attorno a un sole. Equazioni einsteiniane della gravitazione. Soluzione di Schwarzschild.

Seminario 2: Introduzione alla meccanica statistica. Teoremi fondamentali nello spazio delle fasi. Ergodicità. Irreversibilità e approccio all'equilibrio. Equazione di Boltzmann. Teorema H.

Nota. Il programma d'esame potrà essere concordato col docente nell'ambito del programma complessivo delle lezioni e dei seminari. I seminari I e II sono entrambi accessi; tuttavia lo studente potrà seguirne uno solo, a sua scelta.

ESERCITAZIONI

Gli argomenti delle esercitazioni sono inseriti nel corso delle lezioni.

TESTI CONSIGLIATI

G. Rizzi, *Appunti dal corso*, in stampa presso la Celid.

G. Rizzi - R. Monaco, *Introduzione alla Meccanica statistica*, (appunti).

R.L. Liboff, *Introduction to the theory of kinetic equations*, Wiley & Sons, New York.

Ter Haar, *Foundations of statistical mechanics*, Rev. of Modern Phys., 27, 3 (1955).

C. Cattaneo, *Introduzione alla teoria Einsteiniana della gravitazione*, Veschi, Roma, 1960.

H. Ohanina, *Gravitation and Spacetime*, Norton, New York, 1976.

IN176 FISICA TECNICA

Prof. Carla LOMBARDI

DIP. di Energetica

V ANNO
1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
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 energetica. 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)
 Docente da nominare (3° corso)

I ANNO	Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
2° PERIODO DIDATTICO	Annuale (ore)	80	52	—
Corso di Laurea: ING. ELETTRONICA	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. Levrotto & Bella, Torino.

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

IN242 LINGUAGGI DI PROGRAMMAZIONE E COMPILATORI Ex IN491 SISTEMI DI ELABORAZIONE DELL'INFORMAZIONE (Spec.)

Prof. Angelo Raffaele MEO

DIP. di Automatica e Informatica

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Informatico

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'analisi lessicale.

Riconoscitori «top-down».

Grammatiche a precedenza e tecniche di parsificazione «bottom-up».

Organizzazione della memoria.

Tavole dei simboli.

Notazione polacca, quadruplette, triplete 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 Construction 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.

P. Laface - R. Manione - R. Pesce - P. Prinetto, *Pascal per PDP-11 (note ed esempi applicativi)*, Cusl G.P. Frassati, Torino, 1982.

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. Transitori 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 ecc. ind., 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 potenza frazionaria 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 che 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, ω 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 macchina 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. Bühler, *Traité d'Electricité*, vol. XV, *Electronique industrielle 11, Electronique de puissance*, Editions Georgi, Losanna.

Möltgen, *I Tiristori*, Collana Tecnica Siemens 3.

G. Montessori, *Elettronica di potenza*, Editoriale 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

Marchis - Masoero, *Modelli di sistemi termodinamici*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1985.
Jacazio - Piombo, *Esercizi di Meccanica applicata*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1983.
Marchis, *Dispense*, in fase di preparazione. Attualmente è fornito agli studenti il materiale necessario, in forma provvisoria.

Esatti di varie riviste scientifiche, articoli sotto forma di appendici, come estensione ed approfondimento della struttura di base, costituita da un lavoro del docente visto durante del tempo, aggiornato in ogni sua parte.

IN279 MECCANICA RAZIONALE

Prof. Nicola BELLOMO (1° corso)

Prof. J. VACCA (2° corso)

Prof. M.G. ZAVATTARO CHIADO'

PIAT (3° corso)

DIP. di Matematica

II ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Corso di Laurea: ING. ELETTRONICA

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

75

6

Es.

50

4

Lab.

—

—

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.

TESTI CONSIGLIATI

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

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'IMGC, 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/CIPM, 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'IMGC, con maggiore permanenza nei primi, nei quali si svolgono anche le esercitazioni.

TESTI CONSIGLIATI

Estratti di varie riviste scientifiche, articolati sotto forma di appendici, come estensione ed approfondimento della struttura di base, costituita da un lavoro del docente sulla misura del tempo, aggiornato in ogni sua parte.

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, *Le misura nella scienza, nella tecnica, nella società*, Paravia, Torino, 1979.

IN300 MISURE ELETTRONICHE

Prof. Umberto PISANI (1° corso)

Prof. Sigfrido LESCHIUTTA (2° corso)

DIP. di Elettronica

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

60

4

Es.

—

—

Lab.

36

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 semplice 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, volmetri numerici. Misure di tensioni alternate, voltmetri a valore medio, di cresta, a valore efficace. Analizzatori d'onda, distorsimetri, 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 potenza con misuratore d'uscita, con bolometri, con accoppiatori direzionali. 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 elettriche, Celid, Torino, 1982.

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

IN595 MISURE ELETTRONICHE A

Prof. Umberto PISANI

DIP. di Elettronica

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	60	—	40
Settimanale (ore)	4	—	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 delle informazioni; 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

Prof. Sigfrido LESCHIUTTA

DIP. di Elettronica

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

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 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 (impedenzimetro 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

Prof. Franco FERRARIS

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 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

Richiami sui fondamenti di teoria delle misure, sui campioni e sui principali metodi di misura. 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 comunicazioni: 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, 1985.

Articoli estratti da varie riviste, proposti durante lo svolgimento del corso.

IN306 MODELLISTICA E IDENTIFICAZIONE

Prof. Vito MAURO

DIP. di Automatica e Informatica

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Automazione industriale -
Automazione dei servizi

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

80

6

Es.

20

2

Lab.

—

—

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-Schriot. Applicazioni a sistemi dinamici lineari. Modelli arma. Applicazioni a problemi di rappresentazione.

Introduzione alla probabilità, nozioni fondamentali. Il problema della stima. Proprietà delle stime. 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 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

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 e 16 bit (8085, Z80, Z8000, 8086). 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.

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.

Simulazione e diagnostica. Vengono forniti i concetti essenziali nel campo della diagnostica e del collaudo dei sistemi logici con particolare riferimento ai sistemi basati su microprocessore. Vengono anche descritti gli strumenti software, quali la classe dei simulatori logici e funzionali, atti a facilitare lo sviluppo dei programmi di collaudo e diagnostici.

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 e 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.

PROGRAMMA

Proprietà ottiche dei materiali: teoria generale. Costanti e parametri ottici. Teoria dell'interferenza. Effetti non lineari. Scattering elastico e anelastico. Diffrazione. Teoria di Bragg. Proprietà ottiche dei cristalli: birifrangenza ordinaria e straordinaria. Cristalli uniaxiali e biaxiali. Teoria dell'attività ottica. Proprietà ottiche delle fibre ottiche: propagazione in fibre ottiche, accoppiamento, accoppiamento a fibre ottiche, accoppiamento a fibre ottiche.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono nella partecipazione ad una esperienza sui cristalli liquidi nel laboratorio di ottica del Dipartimento di Fisica, nella elaborazione di calcolatore dei dati sperimentali ottenuti e nella loro interpretazione.

TESTI CONSIGLIATI

Per la parte generale si consiglia:
 G.S. Landsberg, *Course*, vol. 1 e 2, Edizioni MIR, Mosca, 1979.
 Per la parte applicativa verranno fornite indicazioni bibliografiche ed appunti durante lo svolgimento del corso.

IN316 OTTICA APPLICATA

Prof. Claudio OLDANO

DIP. di Fisica

III ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Elettronica Fisica

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

60

4

Es.

20

2

Lab.

30

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 due argomenti particolari, di grande interesse ed attualità: proprietà ottiche dei cristalli liquidi e conversione fotovoltaica. Questi argomenti, già attualmente di grande interesse pratico, hanno ancora notevoli e non facilmente prevedibili potenzialità applicative, legate in gran parte allo sviluppo della ricerca di base nei rispettivi settori. Si cercherà quindi di approfondire gli argomenti 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

Proprietà ottiche dei materiali: teoria generale. Costanti e parametri ottici. Potere rotatorio, birifrangenza. Effetti piezo-, acusto-, elettro-, magneto- e termo-ottici. Diffusione della luce in mezzi non omogenei; studio delle disomogeneità indotte da fluttuazioni termiche. Tecniche di rivelazione.

Proprietà ottiche dei cristalli liquidi nematici, colesterici e smettici. Dispositivi elettro-ottici e termo-ottici a cristallo liquido.

Proprietà ottiche delle pellicole sottili metalliche ed isolanti.

Convertitori fotovoltaici.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono nella partecipazione ad una esperienza sui cristalli liquidi nel laboratorio di ottica del Dipartimento di Fisica, nella elaborazione al calcolatore dei dati sperimentali ottenuti e nella loro interpretazione.

TESTI CONSIGLIATI

Per la parte generale si consiglia:

G.S. Landsberg, *Ottica*, vol. 1 e 2, Edizioni MIR, Mosca, 1979.

Per le parti applicative verranno fornite indicazioni bibliografiche ed appunti durante lo svolgimento del corso.

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 maser, i laser, gli amplificatori parametrici.

È necessaria una matura ed approfondita conoscenza dei contenuti dei corsi di Fisica e Matematica del biennio.

PROGRAMMA

Introduzione alla meccanica quantistica nella notazione di Dirac: principi generali e sistemi quantistici elementari. Quantizzazione del campo elettromagnetico: nel vuoto e in presenza di sorgenti. Interazione della radiazione con la materia: teoria perturbativa tempo-dipendente, emissione spontanea ed indotta di un atomo eccitato. Statistiche quantiche: l'operatore densità e proprietà statistiche dell'amplificatore parametrico. I processi di emissione stimolata: maser e laser. Cavità ottiche risonanti. I vari tipi di laser. Proprietà ottiche della luce laser: coerenza ottica, la larghezza di riga, coerenza parziale e totale. Fenomeni collettivi in ottica quantistica: che cosa è classico e che cosa è quantistico nella fisica dei laser. Bistabilità ottica.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consisteranno nello sviluppo teorico approfondito di applicazioni.

TESTI CONSIGLIATI

A. Messiah, *Quantum Mechanics*, North-Holland, 1962.

W.H. Louisell, *Quantum Statistical Properties of Radiation*, Wiley, 1973.

R. Loudon, *The quantum theory of light*, Clarendon Press, 1979.

IN341 PROPAGAZIONE DI ONDE ELETTROMAGNETICHE

Prof. Giovanni Emilio PERONA

DIP. di Elettronica

V ANNO
 1° PERIODO DIDATTICO
 INDIRIZZO: Propagazione e antenne
 Radiotecnica -
 Sistemi di telecomunicazioni

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	90	50	—
Settimanale (ore)	6	4	—

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, area 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 schemata.

TESTI CONSIGLIATI

Dispense (in preparazione).

TESTI CONSIGLIATI

- 1. A. Frank, *Quantum Theory*, vol. 1, Teaty, John Wiley, 1973.
- 2. A. Frank, *Quantum Theory*, vol. 2, Computer Applications, John Wiley, 1975.
- 3. J. Doyak - A. Roveri, *Cole e traffico nelle reti di comunicazione*, Paris 1° Touris delle tade, La Gollardica, 1978.
- 4. J. Frank, I.T. Frank, *Communication, Transmission, and Propagation*, Addison Wesley, 1971.
- 5. J. Schwartz, *Computer communication Network Design and Analysis*, Prentice Hall, 1977.
- 6. S. Tanenbaum, *Computer Networks*, Prentice Hall, 1981.
- 7. G. Le Moll, *Trasmissione, architettura, protocolli e servizi*, ISEDI, Arnoldo Mondadori, 1983.
- 8. L. Lenzi, *7. Boreggi, Reti per dati*, Scada, Marsilio Editori, 1984.

IN353 REPERIMENTO DELL'INFORMAZIONE (Ex IN385 STRUTTURE INFORMATIVE)

Docente da nominare

DIP. di Automatica e informatica

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Informatica

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

Lab.

60

—

30

4

—

2

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, gerarchiche 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.).

LABORATORI

Lo svolgimento delle esercitazioni di laboratorio dipenderà dalla disponibilità di sistemi di calcolo.

TESTI CONSIGLIATI

Saranno definiti successivamente.

TESTI CONSIGLIATI

Verranno posti a disposizione degli studenti gli elenchi di testi e di autori da consultare.

Libri di riferimento consigliati:

Livingstone, *The Physics of Atmospheric Communication*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1970.
Stollé, *Radio handbook*, McGraw-Hill, New York, 1980.

IN354 RETI DI TELECOMUNICAZIONI

Docente da nominare

DIP. di Elettronica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Sistemi di telecomunicazione -
Trasmissione numerica -
Apparati di telefonia -
Telefonia

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

Lab.

60

10

6

—

—

Nel corso vengono studiate le reti di telecomunicazione 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 loro connessi, vengono presentati elementi di teoria dei grafici e di teoria delle code, utili 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'organizzazione dei protocolli. Precedenze: Teoria dei segnali, Comunicazioni elettriche (spec.).

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) Teoria dei grafi - Definizioni e principi fondamentali. Massimizzazione dei flussi. Problemi di minimo costo: cammini minimi, alberi minimi, circuiti minimi. Connettività e vulnerabilità dei grafi.
- 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. Analisi e verifica dei protocolli. Reti di Petri. Il livello Network: circuiti virtuali e datagram; tecniche di instradamento e di controllo di flusso; X.25. Il livello Transport: indirizzamento; gateways. Tecniche di progetto e reti centralizzate. Calcolo dell'affidabilità e progetto di reti affidabili. Protocolli di accesso a canale comune. Reti via satellite: FDMA; FTDMA; ALOHA; slotted ALOHA; protocolli con prenotazione. Reti Packet Radio: CSMA e problemi relativi a reti parzialmente connesse. Reti locali: strutture a bus, ad anello, a stella; 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, John Wiley, 1975.
L. Kleinrock, *Queueing Systems*, vol. 2: Computer Applications, John Wiley, 1976.
M. Decina - A. Roveri, *Code e traffico nelle reti di comunicazione*, Parte 1^a: Teoria delle code, La Goliardica, 1978.
H. Frank - I.T. Frish, *Communication, transmission, and transportation networks*, Addison Wesley, 1971.
M. Schwartz, *Computer communication Network Design and Analysis*, Prentice Hall, 1977.
A.S. Tanenbaum, *Computer Networks*, Prentice Hall, 1981.
G. Le Moli, *Telematica: architetture, protocolli e servizi*, ISEDI, Arnoldo Mondadori, 1983.
L. Lenzi - C. Boreggi, *Reti per dati*, Sarin, Marsilio Editori, 1984.

IN355 RICERCA OPERATIVA

Prof. Anna Maria OSTANELLO

DIP. di Automatica e Informatica

III ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Automazione industriale -
Automazione dei servizi

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	80	42	—
Settimanale (ore)	6	4	—

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 R.O. 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 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 simpleso, simpleso revisionato, simpleso duale; teoria della dualità; analisi post-ottimale; analisi parametrica. Problemi a struttura speciale: metodo del trasporto. Programmazione interna: metodi dei piani secanti (Gomory); branch and bound; additivo di Balas. Programmazione multi obiettivi: M.O.S.H. di Zeleny; 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. Hillier - G. Lieberman, *Introduzione alla R.O.*, Franco Angeli Editore, 1973.

IN361 SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

Prof. Alberto CARPINTERI

DIP. di Ingegneria Strutturale

V ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	56	56	10
Settimanale (ore)	4	4	—

Il corso intende fornire agli allievi elettronici i fondamenti della teoria dell'elasticità e della teoria delle travi, unitamente all'illustrazione di taluni aspetti applicativi al fine di far conoscere notizie nella problematica tecnica legata alla Scienza delle costruzioni con particolare riguardo di temi connessi con il calcolo automatico delle strutture, alla metrologia strutturale, alle strutture di sostegno per impianti di telecomunicazioni.

Il corso si svolge con lezioni, esercitazioni, laboratori ed eventuali brevi seminari. Nozioni propedeutiche: nozioni di Statica e di Fisica.

PROGRAMMA

Richiami di statica e di geometria delle aree.
 Elementi strutturali. Azioni delle strutture.
 Equilibrio di forze e coppie. Caratteristiche sollecitazione.
 Deformazioni di travi inflesse.
 Principio lavori virtuali. Strutture iperstatiche. Analisi della deformazione e dello stato di tensione. Problema di de Saint Venant.
 Casi semplici di sollecitazione: trazione, flessione. Problema della sezione parzializzata.
 Il cemento armato. Cenni di precompresso.
 La torsione. Molle. Alberi di trasmissione.
 Teoria approssimata del taglio.
 Problemi di instabilità per carico di punta.
 Tensioni composte.
 Tensioni ideali e limiti di resistenza.
 Teorie recenti sulla rottura di materiali e strutture.
 Deformazioni elastiche ed anelastiche. Prove di laboratorio.
 Seminari su calcolo automatico, struttura portante, metrologia.

ESERCITAZIONI

Applicazioni anche numeriche; accertamenti; sviluppo di seminari con applicazioni grafiche e analitiche.

LABORATORI

Presentazione prove meccaniche e strumentazione di misura.

TESTI CONSIGLIATI

Per le lezioni si suggeriscono i seguenti testi:

- M. Capurso, *Lezioni di Scienza delle costruzioni*, Pitagora Bologna, 1971.
 A. Di Tommaso, *Fondamenti di Scienza delle costruzioni*, Patron, Bologna, 1981.
 F. Levi - P. Marro, *Scienza delle costruzioni*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1986.
 A. Carpinteri, *La geometria delle masse*, Pitagora, Bologna, 1983.
 Per le esercitazioni sarà utile il testo:
 E. Viola, *Esercitazioni di Scienza delle costruzioni*, Volumi 1 e 2, Pitagora, Bologna, 1985.

IN367 SINTESI DELLE RETI ELETTRICHE

Prof. Claudio BECCARI

DIP. di Elettronica

V ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Circuiti a microonde -
Elettronica circuitale -
Apparati di telecomunicazioni -
Microonde e tecnologie elettroniche -
Apparati di telefonia

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	60	40	—
Settimanale (ore)	5	3	—

Il corso si propone di insegnare le metodologie di progetto per realizzare, mediante circuiti lineari sia analogici sia numerici, le varie funzioni di trasferimento richieste dalla teoria svolta in altri corsi. Si suppone che lo studente conosca già i vari componenti attivi e passivi, analogici e numerici. Viene dato adeguato rilievo agli algoritmi di ottimizzazione.

Il corso si svolgerà mediante lezioni ed esercitazioni numeriche in aula ed esercitazioni pratiche al calcolatore.

Nozioni propedeutiche: Teoria delle reti elettriche. Elettronica applicata I e possibilmente Elettronica applicata II. Utile ma non indispensabile Teoria e progetto dei circuiti logici.

PROGRAMMA

Teoria dei filtri ideali; problema generale dell'approssimazione mediante funzioni realizzabili. Sintesi dei doppi bipoli reattivi come reti aperte, come reti caricate da un solo lato, come reti caricate da entrambi i lati. Sintesi dei doppi bipoli composti solamente di resistori e condensatori, con applicazione particolare nelle reti di reazione per i filtri RC attivi. Cenni alla sintesi dei circuiti RC a tre o più porte. Sintesi dei doppi bipoli RC attivi: sintesi mediante celle disaccoppiate, mediante la simulazione di filtri reattivi con uso di giratori e/o di convertitori di impedenza. Approssimazione numerico e/o analitica delle caratteristiche filtranti. Metodi di ottimizzazione. Procedimenti minimax e maxmin. Metodi analitici basati sulle proprietà delle sequenze di funzioni ortogonali. Approssimazione di filtri con banda passante massimamente piatta o a ondulazione costante e bande attenuate soddisfacenti a specifiche arbitrarie. Cenni alla sintesi di circuiti a parametri distribuiti (guide d'onda, linee a striscia e microstrip). Procedimenti per la realizzazione di filtri numerici con particolare riguardo a quelli che si possono ottenere mediante la simulazione dei filtri analogici.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono prevalentemente in applicazioni numeriche della teoria svolta a lezione. Compatibilmente con il numero degli studenti e con la disponibilità delle risorse potranno essere svolte anche esercitazioni al calcolatore.

TESTI CONSIGLIATI

Hasler - Neiryneck, *Filtres électriques (vol. XIX del Traité d'électricité)*, Ed. Giorgi, St. Saphorin, 1981.

Daryanani, *Principles of active network synthesis and design*, J. Wiley & Sons, 1976.

Beccari, *Appunti del corso*.

IN368 SISTEMI DI ELABORAZIONE DELL'INFORMAZIONE

Docenti da nominare

DIP. di Automatica e Informatica

I ANNO

1° e 2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	60	40	20
Settimanale (ore)	5	3	—

Il corso intende fornire agli allievi i fondamenti dell'informatica, sia sotto l'aspetto hardware sia software. Particolare importanza sarà data ai principi della programmazione mediante l'uso del linguaggio evoluto Pascal.

Verranno inoltre fornite nozioni introduttive sulla struttura di un elaboratore e sulla rappresentazione dell'informazione al suo interno.

PROGRAMMA

I principali componenti di un elaboratore numerico: l'unità centrale, la memoria centrale, la memoria di massa, le unità di ingresso/uscita. Il caso del P.C. come esemplificazione.

I principali componenti software di un elaboratore: il sistema operativo, il compilatore, i programmi di servizio, i programmi applicativi. Il caso del P.C., come esemplificazione.

Il linguaggio Pascal e l'esecuzione su P.C. di programmi in Pascal (generalità).

Principi di programmazione strutturata, diagrammi a blocchi.

Concetti elementari di logica di circuiti, transistori, circuiti integrati.

Descrizione della struttura hardware di un elaboratore: cosa è un microprocessore e come pilota la memoria e le periferiche. Il caso dell'8088 dell'Intel.

Il sistema operativo DOS: cenni alla sua organizzazione interna. I comandi di sistema e l'organizzazione del file system.

L'organizzazione dell'informazione su disco flessibile.

ESERCITAZIONI E LABORATORIO

Sono previste esercitazioni di programmazione in Pascal sugli elaboratori del Laib.

TESTI CONSIGLIATI

Da definire.

IN369 SISTEMI DI ELABORAZIONE DELL'INFORMAZIONE II

Prof. Elio PICCOLO

DIP. di Automatica e Informatica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Informatica

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

Lab.

80

25

20

6

2

—

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 e laboratorio.

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 Z8.000 e sistema IAPX432. 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. Cenni sul linguaggio di simulazione discreta GPSS.

ESERCITAZIONI

Progetto di interfacce per sistemi mono e multiprocessore. Progetto di protocolli per reti di calcolatori. Simulazione di sistemi distribuiti.

LABORATORI

Nella 2ª parte del semestre gli studenti sono seguiti nello svolgimento di attività progettuali avanzate, organizzate in gruppi di lavoro utilizzando il calcolatore VAX 11/750 e il sistema multiprocessore MODIAC.

TESTI CONSIGLIATI

D.J. Kuck, *The Structure of Computers and Computations*, vol. 1, J. Wiley & Sons, 1978.
B.A. Bowen - R.J.A. Buhr, *The Logical Design of Multiple Microprocessor Systems*, Prentice Hall, 1980.

IN370 SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONI

Docente da nominare

DIP. di Elettronica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Sistemi di telecomunicazioni -
Telefonia

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

Lab.

90

20

—

7

2

—

Il corso ha l'obiettivo di presentare i metodi di valutazione delle prestazioni dei sistemi di telecomunicazioni in vista di un progetto di massima degli stessi; a tale scopo si fa riferimento ad una descrizione funzionale, con particolare riferimento ai sistemi utilizzanti il mezzo radio (Ponti radio, Satelliti). I sistemi vengono considerati nel più ampio contesto di rete, in modo da evidenziare tutti gli aspetti. Il corso può essere integrato da corsi integrativi relativi ai Sistemi di aiuto alla Radionavigazione e ai nuovi servizi di telematica.

Il corso è articolato in lezioni ed esercitazioni di carattere numerico. Al corso possono essere associati due seminari integrativi a scelta.

Nozioni propedeutiche: è richiesta la conoscenza delle nozioni di comunicazioni elettriche e di trasmissione telefonica insegnate nei rispettivi corsi.

PROGRAMMA

Generalità sulle reti di telecomunicazioni, trasmissione e commutazione. Generalità sulle reti trasmissive, mezzi, topologie, gerarchie qualità di servizio (traffico, perdite, gestione, qualità del segnale).

Sistemi di trasmissione su portante hertziano; descrizione dei problemi fondamentali: problemi di propagazione, evanescenze, antenne.

Sistemi in ponte radio. Qualità del segnale nei sistemi in ponte radio. Rumore, intermodulazione, interferenze. Normative e calcoli di progetto.

Sistemi via satellite: caratteristiche generali. Propagazione, copertura, antenne. Accesso multiplo: a divisione di frequenza e di tempo. Qualità del segnale: rumore, intermodulazione, interferenze. Progetto di sistemi di comunicazione via satellite.

ESERCITAZIONI

Durante il corso verranno effettuate esercitazioni di tipo numerico sul dimensionamento di rete e di sistemi in ponte radio e di comunicazioni via satellite.

TESTI CONSIGLIATI

Appunti del Corso preparati negli anni precedenti, messi a disposizione degli studenti.

P. Panter, *Communication system Design*, McGraw Hill, 1972.

Spilker, *Digital Communication satellite*, Prentice Hall, 1977.

IN372 SISTEMI OPERATIVI

Prof. Piero LAFACE

DIP. di Automatica e Informatica

III ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Informatica -

Informatica per l'automazione

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

Lab.

78

26

20

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 S.O. rispetto alle prestazioni richieste;

indicare criteri di progetto.

Il corso comprende lezioni, esercitazioni, laboratorio (VAX 11-750, IBM PC e HP 64.000-Z 8.000) per pochi gruppi.

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 del nucleo di un Sistema operativo distribuito per multimicroprocessori.

LABORATORI

Simulazione di sistemi multiprocessori su VAX 11-750. Elaborazione concorrente su IBM-PC.

TESTI CONSIGLIATI

J. Peterson - A. Silbershtz, *Operating System Concepts*, Addison-Wesley Pub. Co, 1982.

H.M. Deitel, *An Introduction to Operating Systems*, Addison-Wesley Pub. Co, 1983.

TESTI CONSIGLIATI

D.J. Nuck, *The Structure of Computers and Communications*, vol. 1, J. Wiley & Sons, 1983.

B.A. Bowen - R.J.A. Bain, *The Logical Design of Multiple Microprocessor Systems*, Prentice Hall, 1980.

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.

65

4

Es.

12

2

Lab.

4

—

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.

IN385 STRUTTURE INFORMATIVE

(Ex IN490 SISTEMI DI ELABORAZIONE DELL'INFORMAZIONE (Gen))

Prof. Aldo LAURENTINI

DIP. di Automatica e Informatica

III ANNO
2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	42	42	20
Settimanale (ore)	3	3	—

Il corso intende fornire agli allievi conoscenze di tipo generale sui sistemi di elaborazione delle informazioni, sia sotto l'aspetto dell'hardware sia per quanto concerne il software, in modo da dare agli interessati nozioni che consentano loro non solo di impiegare un sistema di elaborazione ma, conoscendone con un certo dettaglio le modalità operative dei componenti, diano per quanto possibile una caratteristica di ottimalità a detto impiego. Allo scopo, esaminate in apertura di corso le principali nozioni sui sistemi di numerazione non convenzionali (binario, a virgola mobile), e richiamati i concetti elementari sui circuiti logici, il corso tratta in una prima parte i componenti hardware, inseriti nell'architettura del sistema, ed in una seconda parte i principali elementi che compongono il corredo di software convenzionale di un sistema.

Il corso si svolgerà attraverso 6 ore settimanali distribuite orientativamente così: lezioni 2 o 3 ore, esercitazioni all'elaboratore 2 ore (da aprile in avanti), esercitazioni in aula.

Nozioni propedeutiche: Sistemi di elaborazione dell'informazione.

PROGRAMMA

Generalità sulla composizione di un sistema di elaborazione. Richiami sulle principali funzioni booleane e realizzazione dei relativi circuiti. Sistemi di numerazione; notazioni a virgola fissa e mobile; trattamento dei caratteri non numerici. Organi di calcolo: principali componenti e loro funzionamento di massima; loro funzioni e modalità di impiego. Organi di memoria: livelli gerarchici, caratteristiche funzionali e specifiche dei principali tipi presenti sui sistemi attuali; modalità di impiego ed indirizzabilità del loro contenuto; circuiti di selezione. Organi di ingresso e uscita: unità per impiego batch, time-sharing ed interattivo; descrizione dei principali tipi, e modalità di collegamento con il sistema; terminali remoti e loro connessione. L'unità centrale di controllo e le unità di governo dedicate (alle periferiche ecc.). Organo di comando e suo funzionamento: l'istruzione di macchina e le modalità della sua attuazione; principali tipi di istruzioni presenti su tutti i sistemi. Registri - indice ed eventuali dispositivi per la gestione delle subroutine. Sovrapposizione delle fasi operative delle istruzioni; microprogrammazione. Software: linguaggi simbolici. Assemblatori, compilatori e linguaggi ad alto livello, simulatori ed interpretativi. Sistema operativo e suoi componenti principali; librerie di sistema. Memorie virtuali.

ESERCITAZIONI

Approccio alla soluzione di problemi sull'elaboratore: stesura di flow-chart a livelli diversi di complessità. Studio del linguaggio Fortran 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.

TESTI CONSIGLIATI

Reviglio, *Sistemi di elaborazione dell'informazione*, Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1978.

IN393 TECNICA DELLA REGOLAZIONE

Prof. Gustavo BELFORTE

DIP. di Automatica e Informatica

V ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Automazione industriale

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

60

6

Es.

20

2

Lab.

—

—

Il corso è di carattere essenzialmente teorico e si propone di sviluppare lo studio dei sistemi non lineari, i quali costituiscono un argomento non trattato, o appena accennato, negli insegnamenti di teoria dei sistemi e di controllo automatici e che tuttavia rivestono notevole importanza formativa e concettuale anche per i loro frequenti riflessi sulla realtà applicativa.

Nozioni propedeutiche: è richiesta la precedenza del corso di Teoria dei sistemi e di Controlli automatici.

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 piano delle fasi con lo studio delle traiettorie e dei cicli limite. Applicazioni ai sistemi con relè e alle equazioni della evoluzione della specie.

La funzione descrittiva ed il suo uso per la analisi della stabilità dei sistemi reazionati.

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 e i metodi per la scelta della funzione di Liapunov. La regione di asintotica stabilità e i metodi per determinarla.

La stabilità assoluta e il criterio di Popov. Sintesi del controllo di sistemi non lineari.

ESERCITAZIONI

Non si prevede una rigida suddivisione fra lezioni ed esercitazioni. Queste dovrebbero comunque sviluppare una serie di applicazioni delle teorie svolte per l'analisi e per la sintesi dei sistemi non lineari.

TESTI CONSIGLIATI

Possibili testi, essenzialmente in lingua inglese, verranno indicati durante lo svolgimento del corso.

IN403 TECNICA DELLE IPERFREQUENZE

Prof. Gian Paolo BAVA

DIP. di Elettronica

IV ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Propagazione e antenne -

Microonde e tecnologie elettroniche -

Radiotecnica -

Apparati di telecomunicazioni -

Comunicazioni ottiche

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

Lab.

60 20 15

5 2 —

Scopo del corso è di fornire metodi di studio dei componenti, dispositivi e circuiti di interesse nel campo delle microonde, con un'apertura verso le frequenze ancora più elevate, tenuto conto degli importanti sviluppi recenti dell'ottica nelle telecomunicazioni. Ove possibile verranno anche sviluppate tecniche di progetto, soprattutto allo scopo di analizzare criticamente il gioco dei vari parametri che intervengono. La scelta degli argomenti specifici da sviluppare potrà anche venire influenzata da particolari interessi che si manifestassero di anno in anno.

Il corso comprende lezioni ed esercitazioni di calcolo strettamente interconnesse, esercitazioni sperimentali; probabile qualche visita a laboratori.

Nozioni propedeutiche: Propagazione elettromagnetica guidata; Matrice di diffusione, Dispositivi semplice a semiconduttore, Basi di comunicazioni.

PROGRAMMA

Caratteristiche generali della risposta dei mezzi materiali ai campi elettromagnetici. Sviluppo di esempi di particolare interesse per le applicazioni alle frequenze molto elevate: effetti magnetici (ioni paramagnetici e maser, ferriti), effetto di cariche mobili nel vuoto (tubi per microonde) e nei solidi (in particolare per dispositivi a semiconduttore), interazioni nei mezzi piezoelettrici ed elastici, fenomeni non lineari.

Propagazione guidata: problemi di eccitazione dei modi disadattamenti e distorsioni nella propagazione in sistemi a microonde ed in fibre ottiche. Sistemi con due modi guidati ed applicazioni; accoppiamento modale uniforme di due onde diverse, esempi di dispositivi.

Strutture guidanti elettromagnetiche periodiche: caratteristiche ed esempi di utilizzazione.

Rivelazione e mescolazione di segnali nel campo delle microonde e dell'ottica; considerazioni sul rumore. Applicazioni sistematiche.

Rappresentazione mediante la matrice di diffusione. Componenti semplici e complessi con esempi di utilizzazione. Dispositivi attivi, amplificatori ed oscillatori per microonde. Componenti non reciproci. Esempi di sistemi.

Risonatori elettromagnetici: cavità metalliche, risonatori aperti e dielettrici, elementi risonanti in linee di trasmissione. Rappresentazioni circuitali, applicazioni, cenni sui filtri.

Fenomeni parametrici: caratteristiche peculiari ed esempi, utilizzazioni. Analisi dell'amplificatore a resistenza negativa con varactor. Effetti parametri spuri.

LABORATORI

Hanno luogo esercitazioni sperimentali, con squadre comprendenti 4×6 studenti, sui seguenti argomenti: analisi di componenti, caratterizzazione di rivelatori, misura di parametri di diffusione su componenti di particolare interesse, banchi automatici di misura, rilievi su risonatori, oscillatori agganciati mediante iniezione.

TESTI CONSIGLIATI

Sono disponibili appunti delle lezioni.

IN423 TECNOLOGIE ELETTRONICHE

Docente da nominare

DIP. di Elettronica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Circuiti e tecnologie elettroniche

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

Lab.

80

—

—

6

—

—

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: nessun prerequisito è indispensabile; sono tuttavia consigliate le frequenze dei corsi di Componenti elettronici e di Dispositivi elettronici allo stato solido.

PROGRAMMA

Tecnologia dei semiconduttori.

Tecnologia dei materiali di base: richiami di cristallografia, crescita dei monocristalli, crescita epitassiali, drogaggi, ossidazioni, tecniche fotolitografiche.

Sistemi di caratterizzazione dei materiali: microscopia elettronica, microanalisi, diffrattometria x, misure elettro-fisiche.

Tecnologia dei semiconduttori in silicio: tecnologia planare, circuiti integrati, celle solari, rivelatori optoelettronici.

Tecnologia dei semiconduttori composti dei gruppi III-V: componenti optoelettronici (LED, laser, rivelatori), circuiti integrati per alte frequenze.

Affidabilità dei componenti elettronici.

Tecnologia dei circuiti integrati ibridi a film sottile e spesso.

Tecnologia dei circuiti a materiali superconduttori.

Tecnologia dei circuiti a bolle magnetiche.

Tecnologia delle fibre ottiche.

Tecnologia dei display a cristalli liquidi.

Tecnologia dei dispositivi ad onde acustiche superficiali.

Tecnologia delle tecniche di interconnessione: circuiti stampati.

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.

Maisel - Glang, *Handbook of thin film technology*, McGraw Hill, 1979.

Rikosky, *Hybrid microelectronic circuits*, Wiley & Sons, 1976.

IN435 TEORIA DEI SEGNALI

Docente da nominare

DIP. di Elettronica

III ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Apparatii di telecomunicazioni -

Apparatii di telefonia -

Sistemi di telecomunicazioni -

Telefonia -

Trasmissione numerica -

Comunicazioni ottiche -

Circuiti a microonde -

Microonde e tecnologie elettroniche

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

Lab.

70

50

6

4

—

—

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 che 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 industriale -
 Controllo dei processi -
 Automazione dei servizi -
 Informatica per l'automazione -

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

Lab.

96

32

32

6

2

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 è 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 calcolatore 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 asintotica stabilità, criterio di Lasalle; controllabilità, matrice di controllabilità, forma canonica di Kalman, sottospazio di controllabilità, legge del controllo $u(t) = k^T y(t)$, posizionamento dei poli per sistemi 1 ingresso/1 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 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 pseudoinversa 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 calcolatore.

LABORATORI

I laboratori consistono nello sviluppo al calcolatore (VAX 750) 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.

INDICAZIONI

ESERCITAZIONI

TESTI CONSIGLIATI

LABORATORI

Laboratori condotti nella versione di software VAX 11/780 di progetto di Rinaldi, Clup, Milano, 1979.

5. Sontano - E. Sklyari, *Teoria dei sistemi, Quaderni di Elettronica*, Boringhieri, Torino, 1980.

IN440 TEORIA DELLE RETI ELETTRICHE

Docenti da nominare

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 di base per il progetto di circuiti attivi e passivi con specificate caratteristiche nel dominio della frequenza.

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. Reti lineari passive a parametri concentrati e loro proprietà fondamentali. Diagrammi di Bode. Condizioni di attuabilità delle immettenze; sintesi delle immettenze; sintesi delle immettenze LC, RC ed RL; 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 RC attivi; convertitore generalizzato di impedenza. Celle RC 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 - M. Biey - M. Soldi, *Teoria delle reti elettriche*, Torino, 1986.

ESERCITAZIONI

Scritte in aula, consistono in esemplificazioni pratiche e in applicazioni di tipo teorico e grafico degli argomenti trattati in lezione. Sono completate da esempi di trattamenti statistici di dati di misura mediante elaboratore.

LABORATORI

Viste e interpretati metrologici, in particolare quelli dell'EN e INOC.

IN594 TEORIA DELL'INFORMAZIONE
(Ex IN445 TEORIA STATISTICA DELL'INFORMAZIONE)

Prof. Michele ELIA

DIP. di Elettronica

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Trasmissione numerica

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez. Es. Lab.

84 28 —

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, funzioni di affidabilità di canali con rumore. Codici lineari a blocco e convoluzionali. Complessità computazionale dei codificatori e dei decodificatori. Criptografia nella trasmissione dell'informazione.

ESERCITAZIONI

Sono di carattere puramente teorico.

TESTI CONSIGLIATI

McEliece, *The theory of information and coding*, Addison-Wesley, 1977.

Viterbi - Omura, *Digital communication and coding*, McGraw Hill, 1978.

MacWilliams - Sloane, *The theory of error-correcting codes*, North-Holland, 1977.

Longo, *Teoria dell'informazione*, Boringhieri, 1980.

IN570 TEORIA E PRATICA DELLE MISURE

Docente da nominare

DIP. di Automatica e Informatica

III ANNO
1° PERIODO DIDATTICO
INDIRIZZO: Misure elettroniche

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	60	30	—
Settimanale (ore)	4	2	—

Il corso è propedeutico sia ai corsi di Misure specialistiche sia, in particolare, agli indirizzi di Misure elettroniche, di Automazione industriale e di Controllo dei processi. 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 confronti 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.). Misurando. Segnale, rumore, interfaccia, interazione in una m.r.. Grandezza d'influenza. Metodi per m.r.: diretti, indiretti, a lettura ripetute. Metodi diretti: per indicazione e per confronto (per opposizione e per sostituzione, differenziali e per azzeramento). 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. Inferenza statistica. Stime dei parametri di una popolazione: livello fiduciario, indice di significatività. Test statistici: parametrici (t, F) e non (χ^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: Informatica -

Elettronica circuitale -

Circuiti e tecnologie elettroniche -

Telefonia -

Trasmissione numerica -

Informatica per l'automazione

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 RTS1a installato su un elaboratore IBM 370. 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, temporizzazione 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 RTS1a. Progetto di macchine asincrone, sincrone, special purpose.

LABORATORI

Esercitazioni pratiche sul linguaggio di simulazione RTS1a.

TESTI CONSIGLIATI

A. Frisiani - L. Gilli, *Introduzione alle reti logiche*, Franco Angeli Editore, Milano, 1981.

P. Prinetto, *Progetto di sistemi numerici di elaborazione ed impiego dei relativi strumenti CAD*, Cusl P.G. Frassati, Torino, 1980.

P. Prinetto - I. Visintin, *RTS1a. user manual*, Cusl P.G. Frassati, Torino, 1981.

P. Prinetto, *TPCL*, Cusl P.G. Frassati, Torino, 1981.

IN452 TRASMISSIONE DI DATI

Prof. Sergio BENEDETTO

DIP. di Elettronica

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	80	30	10
Settimanale (ore)	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, di tipo generale, consente di utilizzare i risultati ottenuti nelle diverse situazioni che si incontrano nella pratica: trasmissione di dati su linea telefonica, su ponte radio, su cavo e via satellite.

Il corso prevede lezioni, esercitazioni analitiche e al calcolatore, lo svolgimento di un progetto e misure sperimentali su «modern».

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.

LABORATORI

Misure su «modem» commerciali.

IN453 TRASMISSIONE TELEFONICA

Prof. Ezio BIGLIERI

DIP. di Elettronica

V ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Telefonia -

Apparati di 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.

Segnali e sistemi a tempo discreto: trasformata z , trasformata di Fourier discreta, grandezze statistiche definite a breve termine per segnali non stazionari.

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, multiploazione, 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, 1978.

N.S. Jayant - P. Noll, *Digital coding of waveforms*, Prentice Hall, 1984.

PROGRAMMA

Il corso è diviso in tre parti: la prima tratta della teoria dei segnali, la seconda della teoria dei sistemi e la terza della teoria delle comunicazioni. Le lezioni sono tenute da professori esperti nel loro campo e sono accompagnate da esercitazioni pratiche. Il corso è tenuto in italiano e la lingua di insegnamento è l'italiano.

TEMA *Teoria dei segnali, Teoria dei sistemi, Teoria delle comunicazioni*

PROGRAMMA

Modelli matematici di generazione del segnale vocale. Segnali e sistemi a tempo discreto. Trasformata di Fourier discreta. Analisi e sintesi a primo ordine dei segnali non periodici. Codifica predittiva lineare per l'analisi e la sintesi dei segnali a tempo discreto. Analisi e sintesi dei segnali a tempo continuo. Modelli matematici di generazione del segnale vocale. Segnali e sistemi a tempo continuo. Trasformata di Fourier continua. Analisi e sintesi a primo ordine dei segnali non periodici. Codifica predittiva lineare per l'analisi e la sintesi dei segnali a tempo continuo. Modelli matematici di generazione del segnale vocale. Segnali e sistemi a tempo continuo. Trasformata di Fourier continua. Analisi e sintesi a primo ordine dei segnali non periodici. Codifica predittiva lineare per l'analisi e la sintesi dei segnali a tempo continuo.

ESERCITAZIONI

Sono di tipo teorico, con calcoli di verifica e in parte di tipo pratico, con calcoli di verifica e in parte di tipo pratico. Sono di tipo teorico, con calcoli di verifica e in parte di tipo pratico, con calcoli di verifica e in parte di tipo pratico.

TESTI CONSIGLIATI

N.S. Jayant - P. Noll, Digital coding of waveforms, Prentice Hall, 1968.
 E.K. Rabiner - R.W. Schaefer, Digital processing of speech signals, Prentice Hall, 1978.