

**Guide ai corsi di diploma universitario**

**Politecnico di Torino 1993/94**



**Ingegneria elettronica  
Ingegneria informatica**  
(Sede di Ivrea)

**Ingegneria delle  
telecomunicazioni**  
(Sede di Aosta)

Le *Guide* sono predisposte sulla base dei testi forniti dai Consigli di Corso di Diploma.

Edito a cura del CIDEM  
Centro Interdipartimentale di  
Documentazione e Museo del  
Politecnico di Torino

Supplemento al n. 3, giugno 1993 di *Linee : bollettino di informazione e cultura del Politecnico di Torino / a cura del CIDEM.* Autorizzazione Tribunale di Torino n. 3570 del 29/10/85.

Corso Duca degli Abruzzi 24 - 10129 Torino  
Tel. 011.564'6601 - Fax 011.564'6609

Stampato nel mese di agosto 1993 dalla Tipolitografia AGAT  
Via San G.B. Cottolengo 19 - 10152 Torino

## **Indice**

### Presentazioni :

- 5 Ingegneria elettronica
- 7 Ingegneria informatica
- 9 Ingegneria delle telecomunicazioni

### Programmi degli insegnamenti :

- 11 primo anno
- 23 secondo anno, Elettronica e Informatica
- 32 terzo anno, Elettronica
- 39 terzo anno, Informatica
- 44 secondo e terzo anno, Telecomunicazioni
- 59 Indice alfabetico degli insegnamenti

Corso di diploma universitario in

# Ingegneria elettronica

(Sede di Ivrea)

Questo corso di diploma ha il compito di preparare, in ambito universitario, personale con competenze professionali tecnico-industriali nei settori dell'elettronica e della telematica. Il tipo di formazione tiene conto delle particolari esigenze dell'industria elettronica, che richiede quadri tecnici superiori con preparazione professionale mirata al settore specifico e contemporaneamente aperta alla sua continua evoluzione. Obiettivo di questo corso è preparare ingegneri diplomati ai quali possano essere affidate responsabilità di tipo tecnico ed organizzativo.

Il piano degli studi prevede insegnamenti formativi di base seguiti da corsi di specializzazione nel campo della progettazione di circuiti e sistemi elettronici. Sono ampiamente utilizzati laboratori di tipo informatico ed elettronico. I 30 insegnamenti presenti nel piano degli studi sono ripartiti su tre anni accademici. Ogni insegnamento richiede un impegno di circa 60 ore fra lezioni ed esercitazioni, con frequenza obbligatoria. Durante l'ultimo anno è possibile sostituire due insegnamenti con un periodo di tirocinio presso aziende del settore, italiane o straniere.

I corsi si svolgono a Ivrea, presso la sede staccata del Politecnico (via Dora Baltea 13).

**Quadro riassuntivo degli insegnamenti****1:1** (1. anno, 1. periodo didattico)

		Corso propedeutico
4 335 L		Matematica 1
4 340 L		Matematica 2
4 245 L		Fondamenti di informatica 1
4 250 L		Fondamenti di informatica 2
4 065 L		Chimica

1:2	4 040 L	Calcolo numerico
	4 355 L	Metodi matematici per l'ingegneria
	4 215 L	Fisica
	4 460 L	Struttura della materia
	4 200 L	Elettrotecnica 1
	4 205 L	Elettrotecnica 2

2:1	4 030 L	Calcolatori elettronici 1
	4 035 L	Calcolatori elettronici 2
	4 525 L	Teoria dei sistemi
	4 095 L	Controlli automatici
	4 170 L	Elettronica dei sistemi digitali
	4 160 L	Elettronica applicata 1

2:2	4 520 L	Teoria dei segnali
	4 530 L	Trasmissione numerica
	4 415 L	Reti logiche
	4 455 L	Strumentazione elettronica di misura
	4 375 L	Misure elettroniche

3:1	4 490 L	Tecnologie e materiali per l'elettronica
	4 165 L	Elettronica applicata 2
	4 050 L	Campi elettromagnetici
	4 080 L	Compatibilità elettromagnetica
	4 110 L	Costi di produzione e gestione aziendale

3:2	4 360 L	Microelettronica
	4 010 L	Architetture dei sistemi integrati
	4 450 L	Sistemi operativi
	4 410 L	Reti di telecomunicazione

Quella indicata è la disposizione degli insegnamenti a regime: è possibile qualche variante nella pratica attuazione per l'anno accademico 1993/94.

Corso di diploma universitario in

# Ingegneria informatica

(Sede di Ivrea)

Il diplomato in *Ingegneria informatica* dovrà essere qualificato per affrontare problemi dell'area tecnica relativa ai servizi e all'industria con una buona preparazione nelle discipline scientifiche di base, rivolta più agli aspetti applicativi che a quelli teorico- astratti, accompagnata da una formazione ingegneristica ad ampio spettro e da una formazione professionale nell'area dell'informatica e delle sue applicazioni.

In particolare dovrà essere qualificato per impostare, sviluppare ed attuare progetti esecutivi di sistemi di elaborazione, impianti informatici e sistemi informativi, da solo od in gruppo, secondo metodologie ben definite e consolidate. In generale dovrà essere in grado di contribuire alla realizzazione ed alla gestione di sistemi informativi con varie finalità ed in vari contesti produttivi, sia nell'ambito industriale sia in quello dei servizi.

Tenuto conto dell'ampio spettro di contesti applicativi e della necessaria diffusione sul territorio nazionale dei servizi informativi nel settore pubblico e privato, potrà rendersi opportuna la specificazione di indirizzi formativi in sede locale anche in relazione agli sbocchi professionali ed alle realtà produttive caratteristiche delle singole aree.

Le figure professionali attualmente presenti nel mercato del lavoro riconducibili al ruolo dell'ingegnere diplomato, possono risultare, ad esempio, le seguenti:

- analista-programmatore
- analista di applicazioni telematiche
- analista di basi di dati
- progettista *hardware* di sistemi
- progettista di *software* di base
- sistemista di *software* applicativo
- sistemista di *software* di reti
- gestore di sistemi informatici
- manutentore *hardware* di sistemi
- manutentore di *software* di base o applicativo.

L'ingegnere diplomato avrà la capacità di adattarsi ai vari strumenti per la realizzazione di sistemi informatici, a vari tipi di ambienti di sviluppo applicativo, sia tradizionali sia innovativi, e pertanto ricoprire, nel settore delle applicazioni informatiche, nuove figure professionali create dall'evoluzione delle tecnologie.

Le previsioni occupazionali i portano ad una stima di assorbimento di circa 1500 diplomati in Ingegneria informatica all'anno.

**Quadro riassuntivo degli insegnamenti****1:1** (1. anno, 1. periodo didattico)

		Corso propedeutico
4 335 N		Matematica 1
4 340 N		Matematica 2
4 245 N		Fondamenti di informatica 1
4 250 N		Fondamenti di informatica 2
4 065 N		Chimica

1:2	4 040 N	Calcolo numerico
	4 355 N	Metodi matematici per l'ingegneria
	4 215 N	Fisica
	4 460 N	Struttura della materia
	4 200 N	Elettrotecnica
	4 255 N	Fondamenti di informatica 3

2:1	4 030 N	Calcolatori elettronici 1
	4 035 N	Calcolatori elettronici 2
	4 525 N	Teoria dei sistemi
	4 095 N	Controlli automatici
	4 170 N	Elettronica dei sistemi digitali
	4 160 N	Elettronica applicata

2:2	4 520 N	Teoria dei segnali
	4 530 N	Trasmissione numerica
	4 415 N	Reti logiche
	4 xxx N	Calcolatori elettronici 3
	4 375 N	Misure elettroniche

3:1	4 400 N	Reti di calcolatori
	4 450 N	Sistemi operativi
	4 xxx N	Basi di dati
	4 305 N	Ingegneria del software
	4 110 N	Costi di produzione e gestione aziendale

3:2	4 265 N	Identificazione dei modelli e analisi dei dati
	4 420 N	Ricerca operativa
	4 410 N	Reti di telecomunicazione

Quella indicata è la disposizione degli insegnamenti a regime: è possibile qualche variante nella pratica attuazione per l'anno accademico 1993/94.

Corso di diploma universitario in

# Ingegneria delle telecomunicazioni

(Sede di Aosta)

I sistemi di telecomunicazione subiscono, in questi anni, una rapida evoluzione, per effetto dell'innovazione tecnologica e del suo trasferimento nella sfera applicativa. Questa evoluzione tocca i sistemi tradizionali, mutandone in modo anche radicale le diverse forme di attuazione, e introduce progressivamente sistemi nuovi, capaci di trasmettere volumi di informazione di ordini di grandezza superiori a quelli esistenti.

Naturale che le forze necessarie per gestire l'innovazione, traducendone i concetti sul piano attuativo, siano di gran lunga superiori a quelle richieste per la creazione di concezioni nuove. Ciò è tanto più vero nei Paesi che non occupano posizioni di punta nella creazione di tecnologie avanzate, ma che hanno ugualmente raggiunto un livello di sviluppo tale da consentire un uso su ampia scala dei prodotti industriali che da quelle conseguono.

Il diploma universitario in *Ingegneria delle telecomunicazioni* è mirato a formare una figura di ingegnere dotato sia della cultura necessaria per applicare nel progetto e nell'impianto di sistemi di telecomunicazioni i prodotti delle nuove tecnologie, sia della flessibilità mentale occorrente per seguirne gli sviluppi durante l'intera carriera professionale.

Pertanto al futuro ingegnere diplomato vengono impartiti corsi fondamentali di matematica, di fisica e di chimica, ponendo l'accento più sugli aspetti operativi e strumentali che non sull'apparato concettuale. Lo stesso spirito informa i corsi di elettronica, di elettrotecnica, di informatica, di campi elettromagnetici, nei quali è riservato ampio spazio all'attività di laboratorio. Rispetto al corrispondente corso di laurea, la cultura di base viene impartita non nella prospettiva di fornire gli strumenti per fare avanzare un settore disciplinare, ma di provvedere le basi per applicare nella professione, in modo immediato, le conoscenze tecnologiche più avanzate del momento. Per gli stessi motivi, l'insieme delle conoscenze impartite ha un carattere settoriale, specifico dell'ambito applicativo nel quale il diplomato dovrà prestare la propria attività.

La figura di ingegnere che ne risulta è pertanto adatta ad un impiego immediato sul mercato del lavoro. La flessibilità di apprendimento acquisita lo garantisce contro una rapida usura professionale, oggi inevitabile in chi non sia disposto, o non abbia i mezzi concettuali, per un continuo aggiornamento.

In prospettiva, la figura dell'ingegnere diplomato dovrebbe diventare l'asse portante dell'ingegneria di industria, riservandosi ai laureati solo quelle attività che richiedano una cultura scientifica ampia ed approfondita, diretta più allo sviluppo delle tecnologie del futuro che alla gestione delle risorse presenti. Il corso di diploma è attivato nella sede di Aosta.

## Quadro riassuntivo degli insegnamenti

1:1 (1. anno, 1. periodo didattico)

		Corso propedeutico
2 335 F		Matematica 1
2 340 F		Matematica 2
2 245 F		Fondamenti di informatica 1
2 250 F		Fondamenti di informatica 2
2 065 F		Chimica

1:2	2 040 F	Calcolo numerico
	2 355 F	Metodi matematici per l'ingegneria
	2 215 F	Fisica
	2 460 F	Struttura della materia
	2 200 F	Elettrotecnica 1
	2 205 F	Elettrotecnica 2
	2 255 F	Fondamenti di informatica 3

2:1	2 515 F	Teoria dei fenomeni aleatori
	2 520 F	Teoria dei segnali
	2 155 F	Elettronica applicata
	2 170 F	Elettronica dei sistemi digitali
	2 375 F	Misure su sistemi di trasmissione e telemisure

2:2	2 055 F	Campi elettromagnetici 1
	2 365 F	Microonde
	2 090 F	Comunicazioni elettriche
	2 140 F	Elaborazione numerica dei segnali
	2 175 F	Elettronica delle telecomunicazioni

3:1	2 410 F	Reti di telecomunicazione
	2 075 F	Commutazione
	2 005 F	Antenne
	2 095 F	Controlli automatici
	2 445 F	Sistemi informativi

3:2	2 510 F	Telematica
	2 435 F	Sistemi di telecomunicazione
	2 060 F	Campi elettromagnetici 2
	2 110 F	Costi di produzione e gestione aziendale

# Programmi degli insegnamenti

*I programmi sono riportati in ordine di anno e periodo didattico (l'ordine in cui compaiono nei quadri riassuntivi che accompagnano la presentazione di ciascun corso). Al termine del volume è l'indice alfabetico generale, per titoli degli insegnamenti. I programmi del primo anno (con molti moduli comuni ai tre corsi) sono riportati insieme; seguono (a p. 23) il secondo anno per Elettronica e Informatica, (a p. 32) il terzo anno per Elettronica e (a p. 39) per Informatica; infine (a p. 44) il secondo e terzo anno per Telecomunicazioni.*

*Ciascun modulo didattico ha la durata di circa 60 ore (complessivamente, per lezioni, esercitazioni e laboratori): in alcuni casi il programma indica dettagliatamente l'impegno dedicato a ciascun argomento.*

*Nelle sigle che precedono i titoli, la prima cifra indica la sede dei corsi (2 per Aosta, 4 per Ivrea); la lettera finale indica il corso di diploma cui l'insegnamento appartiene (L elettronica, N informatica, F telecomunicazioni): così, usando come esempio il caso più complesso, 2/4 335 F/L/N significa che il programma del corso Matematica 1 è appropriato a tutti e tre i corsi di diploma, e corrisponde alle sigle 2335F, 4335L e 4335N.*

*La presente Guida è andata in stampa il 1993-08-20, e quanto riportato è da ritenersi aggiornato a quella data. La ristrettezza dei tempi di edizione non ha permesso di sottoporre all'attenzione dei singoli docenti i testi che seguono per una finale revisione: il CIDEM si scusa con docenti e studenti per eventuali sviste ed errori residui, assumendosene la responsabilità, e ringrazia anticipatamente coloro che vorranno segnalarli.*

## Corso propedeutico

Omogeneizzazione del linguaggio matematico di base, ripasso delle nozioni di base di algebra e di geometria analitica, comprensione del concetto di funzione, conoscenza delle funzioni elementari, capacità di tracciare grafici di funzioni elementari e di sottoporli alle trasformazioni fondamentali (traslazioni, simmetrie, dilatazioni, ...), capacità di interpretare geometricamente (oltre che di risolvere algebricamente) equazioni, disequazioni e sistemi.

Richiami su logica e insiemi. [2 ore]

Richiami di geometria analitica. [2 ore]

Il concetto di funzione. Grafici delle funzioni elementari: retta, parabola, iperbole. Trasformazioni del piano e grafici. [4 ore]

Complementi di geometria analitica: coniche e trasformazioni del piano. [4 ore]

Equazioni, disequazioni e sistemi algebrici: soluzione algebrica e interpretazione geometrica. [6 ore]  
 Funzioni esponenziali. [2 ore]  
 Elementi di trigonometria e funzioni trigonometriche. [6 ore]  
 Funzione composta e funzione inversa. Logaritmo e funzioni trigonometriche inverse. [6 ore]  
 Equazioni e disequazioni esponenziali, logaritmiche e trigonometriche. [4 ore]  
 Numeri complessi. [8 ore]  
 Polinomi. [6 ore]

ESERCITAZIONI. Esercitazioni al calcolatore sulla grafica di funzioni elementari.

## 2/4 335 F/L/N **Matematica 1**

Anno:periodo 1:1

Il corso studia i concetti di base del calcolo per funzioni in una variabile e capacità di utilizzare limiti, derivate, integrali e sviluppi di Taylor in semplici problemi matematici e applicativi.

### PROGRAMMA

Limiti e continuità. [6 ore]  
 Derivabilità e calcolo di derivate. [8 ore]  
 Proprietà delle funzioni continue e delle funzioni derivabili in un intervallo. [4 ore]  
 Ordini di infinito e di infinitesimo. Sviluppi di Taylor. [6 ore]  
 Applicazioni: studio di funzione, soluzione di equazioni. [10 ore]  
 Integrale definito e primitive, integrazione delle funzioni elementari. [12 ore]  
 Integrali impropri. [4 ore]

ESERCITAZIONI. Esercitazioni al calcolatore sulla grafica di funzioni.

## 2/4 340 F/L/N **Matematica 2**

Anno:periodo 1:1

Il corso presenta i principali strumenti del calcolo differenziale e integrale in più variabili e dell'algebra lineare.

### PROGRAMMA

Algebra lineare: vettori, matrici e relative operazioni elementari, soluzione di sistemi lineari. Autovalori e autovettori. [25 ore]  
 Elementi di geometria analitica nello spazio. [10 ore]  
 Funzioni di più variabili: calcolo differenziale per funzioni di più variabili, integrali multipli. [15 ore]

ESERCITAZIONI. Esercitazioni di algebra lineare.

## 2/4 245 F/L/N Fondamenti di informatica 1

Anno:periodo 1:1

Il corso, congiuntamente al corso di *Fondamenti di informatica 2*, intende fornire i concetti fondamentali degli elaboratori elettronici, descriverne i principi di funzionamento, introdurre le nozioni fondamentali per la loro programmazione al fine di dare una corretta e precisa impostazione al loro studio e al loro uso.

### PROGRAMMA

Concetti generali, *hardware*, *software*.

Struttura dell'elaboratore.

Rappresentazione dell'informazione negli elaboratori.

Aritmetica degli elaboratori.

Logica di Boole e circuiti logici.

Linguaggi di programmazione (parte I).

Il linguaggio C.

Il *personal computer* (parte I).

L'ambiente MS-DOS.

ESERCITAZIONI. Esercizi illustrativi degli argomenti mediante l'uso del PC.

### BIBLIOGRAFIA

B.W. Kernighan, D.M. Ritchie, *Linguaggio C*, Jackson, 1992.

Bishop, *L'informatica*, Jackson, 1992.

## 2/4 250 F/L/N Fondamenti di informatica 2

Anno:periodo 1:1

Il corso, congiuntamente al corso di *Fondamenti di informatica 1*, intende fornire i concetti fondamentali degli elaboratori elettronici, descriverne i principi di funzionamento, introdurre le nozioni fondamentali per la loro programmazione al fine di dare una corretta e precisa impostazione al loro studio e al loro uso.

### PROGRAMMA

Architettura e funzionamento del processore.

Unità periferiche (tipologia e gestione).

Sistemi operativi.

Linguaggi di programmazione (parte II).

Il linguaggio C (parte II).

Compilatori e interpreti.

Il *personal computer* (parte II).

Trasmissione di dati e reti di calcolatori.

Sistemi di produttività individuale.

LABORATORI. Esercitazioni su elaboratori del tipo *personal computer*.

### BIBLIOGRAFIA

B.W. Kernighan, D.M. Ritchie, *The C programming language*, 2nd ed., Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1988.

Bishop, *L'informatica*, Jackson, 1992.

## 2/4 065 F/L/N **Chimica**

Anno:periodo 1:1

Il corso si propone di fornire le basi teoriche necessarie per la comprensione e l'interpretazione dei fenomeni chimici e del comportamento dei materiali di interesse elettronico, con particolare riferimento alle tematiche che verranno sviluppate successivamente nei corsi sui componenti e sui dispositivi elettronici.

### PROGRAMMA

#### *Chimica generale.*

La struttura dell'atomo. Teoria atomica. Configurazione elettronica. Sistema periodico degli elementi. [6 ore]

Il nucleo. Radiazioni elettromagnetiche: caratterizzazione e meccanismo di emissione. [4 ore]

Legame chimico. [6 ore]

Sistemi chimico-fisici e stati di aggregazione della materia. Stato gassoso: leggi dei gas, teoria cinetica, gas ideali e gas reali. [6 ore]

Stato liquido: tensione di vapore, soluzione di elettroliti. [4 ore]

Stato solido: reticolo cristallino e cella elementare, cristallografia geometrica e strutturale, cristallografia fisica. Difetti reticolari, soluzioni solide. Stato vetroso. [6 ore]

Correlazioni fra configurazioni elettroniche, legame chimico, microstruttura e proprietà con specifico riferimento alle proprietà termiche ed elettriche; materiali conduttori, isolanti, semiconduttori. [6 ore]

Equilibri omogenei ed eterogenei. Legge dell'azione di massa e regola delle fasi. [6 ore]

#### *Chimica organica.*

Cenni su idrocarburi e gruppi funzionali. Fenomeni di polimerizzazione. [6 ore]

**BIBLIOGRAFIA.** Appunti o dispense preparate dai docenti.

## 2/4 040 F/L/N **Calcolo numerico**

Anno:periodo 1:2

Breve illustrazione di alcuni metodi numerici di base, allo scopo di mettere gli studenti in condizione di utilizzare librerie scientifiche (NAG, IMSL, MATLAB) per la risoluzione di problemi numerici. La parte iniziale del corso tratta le equazioni differenziali ordinarie, a completamento dei moduli precedenti.

### PROGRAMMA

Equazioni differenziali ordinarie. [12 ore]

Conseguenze dell'aritmetica del calcolatore sul calcolo numerico.

Concetti di condizionamento di un problema e di stabilità di un algoritmo. [3 ore]

Metodi numerici dell'algebra lineare. [17 ore]

Approssimazione di funzioni e di dati sperimentali. [10 ore]

Equazioni e sistemi non lineari. [4 ore]

Calcolo di integrali. [4 ore]

Metodi numerici per le equazioni differenziali ordinarie. [5 ore]

### ESERCITAZIONI

Le esercitazioni sono dedicate prevalentemente all'utilizzo del pacchetto MATLAB per la sperimentazione dei metodi presentati nelle lezioni e per la risoluzione di problemi di calcolo numerico.

### BIBLIOGRAFIA

Appunti preparati dal docente.

G. Monegato, *Elementi di calcolo numerico*, Levrotto e Bella, Torino, 1990.

## 2/4 355 F/L/N **Metodi matematici per l'ingegneria**

Anno:periodo 1:2

Il corso presenta le idee di base e la capacità di utilizzo pratico di serie di potenze, serie di Fourier, trasformate di Laplace e di Fourier.

### PROGRAMMA

Approssimazione di funzioni: serie numeriche, serie di funzioni e di potenze, serie di Fourier. [15 ore]

Funzioni di variabile complessa: proprietà generali delle funzioni analitiche, serie di potenze nel campo complesso. [15 ore]

Definizione, proprietà fondamentali e utilizzo delle trasformate di Fourier e di Laplace. [20 ore]

## 2/4 215 F/L/N **Fisica**

Anno: periodo 1:2

Il corso fornisce le basi generali per la comprensione dei più importanti fenomeni che caratterizzano il comportamento dei sistemi e dispositivi per l'elettronica e le telecomunicazioni.

### PROGRAMMA

Concetto di misura fisica ed analisi dell'errore. [4 ore]

Principi fisici della meccanica dei corpi puntiformi e dei sistemi: conservazione dell'energia meccanica, della quantità di moto e del momento angolare; oscillazioni e concetto di risonanza. [16 ore]

Leggi fondamentali dell'elettromagnetismo nel vuoto e nella materia, e loro compendio nelle equazioni di Maxwell. Comportamento dei materiali in campi elettrici e magnetici. [20 ore]

Concetto di onda. Studio delle proprietà dell'onda elettromagnetica. Ottica ondulatoria. [12 ore]

Concetto di calore. Generazione, trasporto e dissipazione del calore. [6 ore]

### ESERCITAZIONI

Misure di luce polarizzata (potere rotatorio, angolo di Brewster, intensità). [4 ore]

Misure di indice di rifrazione con il metodo del prisma e di lunghezza d'onda con il reticolo di diffrazione. [4 ore]

Conduzione del calore in corpi solidi. [4 ore]

### BIBLIOGRAFIA

J. Orear, *Fisica*, Grasso, Bologna, 1984 (o testi analoghi).

## 2/4 460 F/L/N **Struttura della materia**

Anno: periodo 1:2

Il corso studia gli aspetti microscopici e quantistici dei fenomeni di conduzione elettrica nella materia condensata.

### PROGRAMMA

Aspetti corpuscolari della radiazione elettromagnetica. Dualismo onda-particella. [10 ore]

Applicazione delle leggi della meccanica quantistica allo studio del moto elettronico unidimensionale in semplici profili di potenziale: buca di potenziale a pareti infinite; effetto *tunnel*; potenziale periodico (propedeutico allo studio delle bande di energia nei solidi). [20 ore]

Cenni di fisica dei materiali: principio di Pauli, energia di Fermi. Classificazione dei solidi in: isolanti, semiconduttori, conduttori, superconduttori. Introduzione alle proprietà di trasporto in solidi metallici e semiconduttori. [12 ore]

### ESERCITAZIONI

Osservazione di spettri di emissione ed assorbimento. [4 ore]

Proprietà spettrali dell'emissione di laser multimodali. [4 ore]

### BIBLIOGRAFIA

J. Orear, *Fisica quantistica*, Grasso, Bologna 1984.

Appunti o dispense preparate dai docenti.

**4 200 N Elettrotecnica**

Anno:periodo 1:2

Corso propedeutico di teoria dei circuiti a parametri concentrati. Il corso intende fornire le metodologie per l'analisi lineare (anche automatica) dei circuiti elettrici attraverso.

a) studio di reti con elementi resistivi in regime temporale qualsiasi.

b) studio in transitorio di reti del primo ordine.

Lo studente, al termine del corso, dovrebbe essere in grado di risolvere manualmente circuiti semplici ed affrontare circuiti più complessi con SPICE, limitatamente all'analisi di tipo *a* e *b*.

Il metodo didattico privilegia l'induzione e l'utilizzazione di esempi. Non è prevista una netta suddivisione fra lezioni ed esercitazioni, ma lo sviluppo di ogni argomento integra la trattazione con diversi esercizi, anche di calcolo. L'impegno attivo dell'allievo è sollecitato proponendo esercizi da svolgere ed effettuandone la verifica.

**PROGRAMMA**

Definizioni e leggi fondamentali. [10 ore]

Tecniche elementari di analisi applicate a circuiti senza memoria. [15 ore]

Tecniche per l'analisi sistematica applicate a circuiti senza memoria. [10 ore]

Elementi con memoria e risposta di circuiti del primo ordine. [15 ore]

**ESERCITAZIONI**

Esercitazioni sperimentali ed a calcolatore: SPICE, applicazioni a circuiti resistivi con segnali qualsiasi e transienti in circuiti del primo ordine.

**BIBLIOGRAFIA**

C.R. Paul, *Analysis of linear circuits*, McGraw-Hill, 1989.

**4 200 L Elettrotecnica 1**

Anno:periodo 1:2

Corso propedeutico di teoria dei circuiti a parametri concentrati. Il corso intende fornire le metodologie per l'analisi lineare (anche automatica) dei circuiti elettrici attraverso

a) studio di reti con elementi resistivi in regime temporale qualsiasi

b) studio in transitorio di reti del primo ordine.

Lo studente, al termine del corso, dovrebbe essere in grado di risolvere manualmente circuiti semplici ed affrontare circuiti più complessi con SPICE, limitatamente all'analisi di tipo *a* e *b*.

Il metodo didattico privilegia l'induzione e l'utilizzazione di esempi. Non è prevista una netta suddivisione fra lezioni ed esercitazioni, ma lo sviluppo di ogni argomento integra la trattazione con diversi esercizi, anche di calcolo. L'impegno attivo dell'allievo è sollecitato proponendo esercizi da svolgere ed effettuandone la verifica.

**REQUISITI**

Conoscenze di matematica (studio di funzioni, matrici, equazione differenziale del primo ordine a coefficienti costanti con termine forzante), di fisica (nozioni di elettrologia, potenziale, induzione).

**PROGRAMMA***Definizioni e leggi fondamentali.* [10 ore]

- definizioni di tensione, corrente, potenza, energia,
- leggi di Kirchhoff per i circuiti,
- modelli ideali di elementi circuitali fondamentali (generatori indipendenti, resistori, generatori controllati, operazionale),
- descrizione di forme d'onda d'uso comune (costante, sinusoidale, gradino, impulso, rampa).

*Tecniche elementari di analisi applicate a circuiti senza memoria.* [15 ore]

- serie e paralleli,
- partitori,
- linearità e sovrapposizione,
- teorema di Millman,
- teoremi di Thévenin e Norton.

*Tecniche per l'analisi sistematica applicate a circuiti senza memoria.* [10 ore]

- metodo dei nodi,
- metodo delle maglie,
- introduzione all'uso di SPICE.

*Elementi con memoria e risposta di circuiti del primo ordine.* [15 ore]

- modello ideale di condensatore e induttore;
- transitori in circuiti RL e RC (cenni all'equazione differenziale; formula risolutiva; costante di tempo; condizioni iniziali; metodo di calcolo del termine di regime);
- risposta di circuiti del primo ordine al gradino e all'impulso.

**ESERCITAZIONI.** Uso di SPICE per applicazioni a circuiti resistivi con segnali qualsiasi e transitori in circuiti del primo ordine.

**BIBLIOGRAFIA**

C.R. Paul, *Analysis of linear circuits*, McGraw-Hill, 1989.

**2 200 F****Elettrotecnica 1**

Anno:periodo 1:2

**PROGRAMMA***Circuiti resistivi.*

Introduzione. Legge di Ohm. Legge delle tensioni. Legge delle correnti. Resistori in serie. Resistori in parallelo. Partizione di tensione. Partizione di corrente. Reti resistive a scala. Equazioni ai nodi. Equazioni agli anelli ed alle maglie. Conclusione.

*Gli strumenti fondamentali dell'analisi circuitale.*

Introduzione. Sovrapposizione. Teoremi di Thévenin e di Norton. Applicazioni dei circuiti equivalenti di Thévenin e di Norton. Massimo trasferimento di potenza. Trasformazioni stella-triangolo e triangolo-stella. Conclusione.

*Segnali.*

Introduzione. La funzione a gradino unitaria. La funzione impulsiva unitaria. L'esponenziale. Sinusoidi. Forme d'onda periodiche. Altri tipi di segnali. Conclusioni.

*Elementi accumulatori di energia.*

Introduzione. Condensatore. Induttore. Induttori accoppiati. Conclusione.

*Equazioni di sistema.*

Introduzione. Notazione operazionale. Impedenze generalizzate. Circuiti di Thévenin e di Norton con l'operatore  $p$ . Dualità. Conclusione.

*Sistemi del primo ordine.*

Introduzione. Risposta naturale dei sistemi del primo ordine. Condizioni iniziali. Risposta completa dei sistemi del primo ordine. Risposte allo stato zero e all'ingresso zero dei sistemi del primo ordine. Risposte al gradino unitario e all'impulso unitario dei sistemi del primo ordine. Conclusione.

## BIBLIOGRAFIA

D.E. Scott, *An introduction to circuit analysis : a system approach*, McGraw-Hill, New York, 1987.

4 205 L

**Elettrotecnica 2**

Anno:periodo 1:2

Corso di teoria dei circuiti complementare al modulo *Elettronica 1*. Il corso intende fornire le metodologie per l'analisi lineare (anche automatica)

a) in regime sinusoidale

b) in regime qualsiasi con operatore simbolico (Laplace).

Lo studente, al termine del corso, dovrebbe essere in grado di risolvere manualmente circuiti semplici. SPICE, introdotto nel primo modulo, verrà adottato per affrontare circuiti più complessi.

Il metodo didattico privilegia l'induzione e l'utilizzazione di esempi. Non è prevista una netta suddivisione fra lezioni ed esercitazioni, ma lo sviluppo di ogni argomento integra la trattazione con diversi esercizi, anche di calcolo. L'impegno attivo dell'allievo è sollecitato proponendo esercizi da svolgere ed effettuandone la verifica.

REQUISITI. Conoscenze di matematica (algebra dei numeri complessi, trasformata di Laplace e cenni di trasformata di Fourier)

## PROGRAMMA

*Regime sinusoidale.* [15 ore]

- fasori,
- soluzione dei circuiti con fasori,
- potenza,
- adattamento.

*Analisi simbolica generalizzata.* [12 ore]

- richiami di trasformata di Laplace ed inversione con tabelle,
- circuiti nel dominio di Laplace ed inclusione delle condizioni iniziali,
- applicazione alla soluzione di transitori nei circuiti.

*Risposta in frequenza dei circuiti.* [15 ore]

- funzione di trasferimento,
- analisi in frequenza (cenni alla rappresentazione di Fourier dei segnali),
- diagramma di Bode,
- circuiti risonanti.

*Doppi bipoli.* [8 ore]

- rappresentazione con matrice impedenza, ammettenza, ibrida,
- relazioni fra diverse rappresentazioni e connessioni di doppi bipoli.

**ESERCITAZIONI**

SPICE [utilizzazione libera da parte degli allievi; già introdotto nel modulo *Elettrotecnica 1*], applicazioni a circuiti in regime sinusoidale, transitori, analisi in frequenza.

**BIBLIOGRAFIA**

C.R. Paul, *Analysis of linear circuits*, McGraw-Hill, 1989.

**2 205 F****Elettrotecnica 2**

Anno:periodo 1:2

**PROGRAMMA**

*Sistemi del secondo ordine.*

Introduzione. Risposta naturale; caso sovrasmorzato, caso sottosmorzato, caso critico. La geometria del piano  $p$ . Risposte complete di sistemi di ordine superiore. Due casi speciali. Risposte allo stato zero e all'ingresso zero. Risposte al gradino unitario e all'impulso unitario. Convoluzione. Potenza istantanea. Conclusione.

*Amplificatori operazionali.*

Introduzione. Amplificatori. Integratore-derivatore. Considerazioni pratiche. Diagrammi a blocchi. Simulazione. Conclusione.

*Sistemi con ingressi sinusoidali.*

Introduzione. Numeri complessi. Fasori. Sistemi lineari con ingressi sinusoidali. Impedenza e ammettenza sinusoidale. Luoghi di immetenza. Potenza nei sistemi con eccitazione sinusoidale. Conclusione.

*Sistemi con ingressi esponenziali complessi.*

Introduzione. Uso degli esponenziali complessi. Funzioni di trasferimento. Poli e zeri. Valutazione grafica di una funzione di trasferimento.  $Q$  e larghezza di banda. Diagrammi di Bode. Conclusione.

*Dueporte.*

Introduzione. Impedenze a vuoto. Ammettenze in corto circuito. Parametri ibridi. Parametri di trasmissione. Collegamenti dei dueporte.

**BIBLIOGRAFIA**

D.E. Scott, *An introduction to circuit analysis : a system approach*, McGraw-Hill, New York, 1987.

## 2 255 F      **Fondamenti di informatica 3**

Anno:periodo 1:2

Il corso intende fornire agli allievi sia le nozioni di base dell'architettura e della programmazione di sistemi numerici basato su microprocessore di tipo DSP (*digital signal processor*) sia renderli in grado di utilizzare tali sistemi per la soluzioni di progetti di apparati per telecomunicazioni in banda fonica.

Gli allievi, utilizzando sia ambienti di simulazione rivolti ai sistemi di telecomunicazione, sia ambienti di sviluppo per DSP, progetteranno algoritmi e programmi per la realizzazione di sistemi per la trasmissione numerica di dati ad alta velocità in banda fonica (*modem*) e per l'elaborazione numerica del segnale vocale.

REQUISITI. Programmazione in linguaggio evoluto (meglio se in C).

### PROGRAMMA

1. Architettura e linguaggio macchina di un sistema di elaborazione basato su microprocessore di tipo DSP.  
 Organizzazione interna della CPU (tipo e numero di ALU e unità funzionali, registri, memoria interna).  
 Modalità di interazione con l'esterno (tipo e numero di *bus*, protocolli logici ed elettrici per le trasmissione delle informazioni).  
 Gestione della memoria programma e della memoria dati.  
 Gestione dei dispositivi periferici (interruzioni, DMA).  
 Interfacciamento con *host computer* di tipo generale.  
 Formato e tipi delle istruzioni macchina. Modalità di esecuzione delle istruzioni.  
 Formato e tipi dei dati supportati dall'architettura.  
 Analisi comparata di microprocessori e *microcomputer* di tipo DSP sia *fixed point* che *floating point* di costruttori diversi (es.: Motorola, Texas, Analog Devices).
2. Linguaggio *assembler*. Processo di generazione del codice macchina.  
 Interfaccia *software C-assembler*.  
 Sistema di sviluppo per la generazione del linguaggio macchina e per il *debugging* sia a livello simulatore (su PC) che di emulazione in tempo reale.  
 Ripasso del linguaggio C (se necessario).
3. Complementi di aritmetica in *fixed point*, in *floating point* e in *block floating point* in precisione semplice o multipla: operazioni aritmetiche fondamentali e calcolo di funzioni elementari.
4. Progetto di algoritmi e programmi in C e *assembler* su un'architettura DSP prescelta riguardanti:
  - filtri digitali a coefficienti costanti FIR e IIR,
  - trasformata rapida di Fourier FFT,
  - predittore lineare,
  - trasmettitore e ricevitore di dati ad alta velocità (*modem*) in banda fonica, completo di estrattore adattivo del *timing*, e di equalizzatore adattivo del canale di trasmissione.

### ESERCITAZIONI

Le esercitazioni si svolgeranno sia su PC che su sistemi *target* e/o emulatori in tempo reale di micro DSP. Esse saranno rivolte sia all'applicazione pratica dei concetti acquisiti nelle lezioni, sia alla progettazione di parti di apparati di telecomunicazioni in banda fonica in collaborazione con i docenti degli altri corsi interessati.

### BIBLIOGRAFIA

*Analog devices : digital signal processing applications using the ADSP-2100 family*, Prentice Hall, 1992.

Manuali dei calcolatori DSP presentati. Dispense preparate dai docenti.

4 255 N

**Fondamenti di informatica 3**

Anno:periodo 1:2

Il corso inizia con la descrizione fisica dei componenti più semplici (diodi). Si passa successivamente al modello elettrico per piccoli e per grandi segnali. La parte restante è dedicata all'analisi ed al progetto di circuiti elettronici attivi destinati all'elaborazione del piccolo segnale, basati essenzialmente sull'amplificatore operazionale ideale. Sono trattati anche i principi base dei sistemi di conversione analogico-digitale.

**PROGRAMMA**

Giunzione PN e metallo-semiconduttore. Circuiti a diodi.

Modelli di polarizzazione e di piccolo segnale.

Amplificatore operazionale ideale. Circuiti base. Retroazione.

Amplificatore operazionale non ideale (*offset, derive, slew rate*).

Dispositivi ad effetto di campo (JFET, MOSFET) e bipolari (BJT); struttura, caratteristiche, modelli.

Alimentatori stabilizzati lineari.

Comparatori di tensione, oscillatori.

Conversione A/D, D/A, circuiti di S/H, *multiplexer* analogici.

**ESERCITAZIONI.** Sperimentali in laboratorio.

**REQUISITI.** *Fisica, Elettrotecnica, Chimica.*

**BIBLIOGRAFIA**

J. Millman, A. Grabel, *Microelectronics*, McGraw-Hill (ed. italiana: Boringhieri).

S. Franco, *Amplificatori operazionali e circuiti integrati analogici*, Hoepli.

Appunti o dispense preparate dai docenti.

## 4 030 L/N      **Calcolatori elettronici 1**

Anno:periodo 2:1

Scopo del corso è di fornire informazioni generali sulla struttura dei calcolatori presentando una panoramica delle diverse architetture.

### PROGRAMMA

Analisi dell'architettura di un sistema di elaborazione dal punto di vista dell'organizzazione logica: [25 ore]

- unità operativa, di memoria, di controllo, di ingresso/uscita;
- organi periferici: video, stampante, nastri e dischi magnetici.

Architettura del PC. [5 ore]

Architetture dei mini e dei *mainframes* (VAX). [5 ore]

Architetture RISC. [3 ore]

ESERCITAZIONI. Esercitazioni su elaboratori del tipo *personal computer*. [8 ore]

## 4 035 L/N      **Calcolatori elettronici 2**

Anno:periodo 2:1

Scopo del corso è di fornire informazioni approfondite sulla programmazione in linguaggio *assembler* per le CPU della famiglia Intel.

### PROGRAMMA

La CPU Intel 8086: linguaggio *assembler*. [30 ore]

ESERCITAZIONI. Esercitazioni su elaboratori del tipo *personal computer*. [20 ore]

### BIBLIOGRAFIA

L.J. Scanlon, *IBM PC & XT Assembly language : a guide for programmers, enhanced and enlarged*, Brady, 1985.

P. Prinetto, M. Sonza Reorda, *Esercizi di programmazione in Assembler 8086/8088*, Levrotto & Bella, Torino, 1990.

## 4 525 L/N Teoria dei sistemi

Anno:periodo 2:1

Scopo: dare agli studenti la capacità di costruire modelli di semplici sistemi fisici, di analizzare le proprietà di stabilità di tali modelli, e di sviluppare l'analisi di sistemi lineari, invarianti, a parametri concentrati.

### REQUISITI

Conoscenze di matematica e fisica ricevute nei corsi del primo anno. In particolare: trasformate di Laplace e di Fourier, funzioni di variabile complessa. Algebra delle matrici. Algebra lineare. Leggi elementari della fisica.

### PROGRAMMA

Introduzione ai vari tipi di sistemi (lineari, non lineari, invarianti, varianti, continui, discreti, ...).

Modellistica dei sistemi dinamici: modelli "dall'interno" e "black box".

Rappresentazione in variabili di stato, con schemi a blocchi e mediante funzione di trasferimento.

Stabilità alla Lyapunov: cenni in generale e in dettaglio per sistemi lineari, invarianti, a parametri concentrati, continui e discreti.

Controllabilità e osservabilità, forme canoniche di rappresentazione.

Relazione tra funzione di trasferimento e rappresentazione in variabili di stato.

Stima asintotica dello stato.

[In totale 30 ore di lezione.]

### ESERCITAZIONI

Esercitazioni al calcolatore con l'uso di pacchi *software* specifici per lo studio di sistemi e per il controllo (MATLAB, ACSL, Program CC, ecc. ).

Simulazione di sistemi dinamici lineari e non lineari.

Analisi di stabilità.

Analisi di controllabilità e osservabilità.

Forme matriciali di rappresentazione e funzioni di trasferimento.

Stima asintotica dello stato.

[In totale 30 ore di esercitazione.]

## 4 095 L/N Controlli automatici

Anno:periodo 2:1

Dare agli studenti la capacità di:

- comprendere le proprietà ed i vantaggi del controllo in catena chiusa;
- progettare semplici compensatori per il controllo dei sistemi continui ad un ingresso ed una uscita.

### PROGRAMMA

Compendio degli effetti principali del controllo in catena chiusa.

Analisi di sensitività.

Retroazione dagli stati misurati ed osservati.

Diagramma di Bode.

Diagramma di Nyquist.

Luogo delle radici.

Specifiche tecniche nel dominio del tempo e della frequenza: stabilità relativa, rapidità di risposta, errori di posizione e velocità.

Progetto di compensatori in cascata (integrativo e derivativo).

#### ESERCITAZIONI

Esercitazioni al calcolatore con l'uso di pacchi *software* specifici per lo studio di sistemi e per il controllo (MATLAB, ACSL, Program CC, ecc.) su tutti i punti delle lezioni.

#### REQUISITI

Conoscenze di matematica e fisica ricevute nei corsi del primo anno. In particolare: trasformate di Laplace e di Fourier, funzioni di variabile complessa. Algebra delle matrici. Algebra lineare. Leggi elementari della fisica.

BIBLIOGRAFIA. Dispense realizzate dal Docente.

## 4 170 L/N **Elettronica dei sistemi digitali**

Anno:periodo 2:1

Il corso tratta i circuiti elettronici di tipo digitale. Sono esaminati gli aspetti tecnologici e le varie soluzioni circuitali. Sono analizzate alcune problematiche tipiche, a livello di circuito e di componenti.

#### PROGRAMMA

Transistore in commutazione.

Famiglie logiche, caratteristiche.

Invertitore logico.

Porte logiche: circuiti interni, tecnologie.

Circuiti logici combinatori, sequenziali.

Logiche programmabili, aspetti tecnologici e circuitali.

Elementi e circuiti di memoria (RAM, DRAM, ROM, EPROM, EEPROM).

Generatori di *clock*. Distribuzione dei segnali, della alimentazione.

Interfacciamento tra circuiti logici ed altri dispositivi.

ESERCITAZIONI. Sperimentali in laboratorio.

REQUISITI. *Fisica, Elettrotecnica, Chimica.*

#### BIBLIOGRAFIA

J.D. Nicoud, *Circuits numériques pour interfaces microprocesseur*, Masson (ed. italiana: Masson - Wesley).

Appunti o dispense preparate dai docenti.



**4 160 L      Elettronica applicata 1****4 160 N      Elettronica applicata**

Anno:periodo 2:1

Il corso inizia con la descrizione fisica dei componenti più semplici (diodi). Si passa successivamente al modello elettrico per piccoli e per grandi segnali. La parte restante è dedicata all'analisi ed al progetto di circuiti elettronici attivi destinati all'elaborazione del piccolo segnale, basati essenzialmente sull'amplificatore operazionale ideale. Sono trattati anche i principi base dei sistemi di conversione analogico-digitale.

**PROGRAMMA**

Giunzione PN e metallo-semiconduttore. Circuiti a diodi.

Modelli di polarizzazione e di piccolo segnale.

Amplificatore operazionale ideale. Circuiti base. Retroazione.

Amplificatore operazionale non ideale (*offset, derive, slew rate*).

Dispositivi ad effetto di campo (JFET, MOSFET) e bipolari (BJT); struttura, caratteristiche, modelli.

Alimentatori stabilizzati lineari.

Comparatori di tensione, oscillatori.

Conversione A/D, D/A, circuiti di S/H, *multiplexer* analogici.

ESERCITAZIONI. Sperimentali in laboratorio.

REQUISITI. *Fisica, Elettrotecnica, Chimica.***BIBLIOGRAFIA**J. Millman, A. Grabel, *Microelectronics*, McGraw-Hill (ed. italiana: Boringhieri).S. Franco, *Amplificatori operazionali e circuiti integrati analogici*, Hoepli.

Appunti o dispense preparate dai docenti.

## 4 520 L/N Teoria dei segnali

Anno:periodo 2:2

Il corso si propone di fornire gli strumenti di base dell'analisi dei segnali di natura deterministica e aleatoria.

### PROGRAMMA

*Elementi di teoria della probabilità.* [12 ore]

Specificazione di un esperimento casuale: spazio campione, eventi. Gli assiomi della probabilità. Il calcolo della probabilità con i metodi di conteggio. Probabilità condizionata. Il teorema di Bayes. Indipendenza statistica. Esperimenti sequenziali: esperimenti indipendenti e dipendenti.

*Variabili aleatorie e processi aleatori gaussiani.* [12 ore]

Il concetto di variabile casuale. La funzione distribuzione cumulativa. La funzione densità di probabilità. Variabili casuali discrete, continue e miste. Variabili casuali Gaussiane. Le  $n$ -uple di variabili casuali gaussiane. Il concetto di processo aleatorio. I processi aleatori gaussiani. Processi aleatori stazionari.

*Segnali determinati.* [12 ore]

Teoria dei segnali determinati a energia e potenza media finita; spettri di ampiezza, di energia e di potenza. Sistemi lineari; risposta all'impulso e convoluzione; funzione di trasferimento; condizioni di fisica realizzabilità. Richiami sul teorema del campionamento; criterio di Nyquist; larghezza di banda di un segnale.

*Segnali aleatori.* [8 ore]

Processi aleatori gaussiani: funzione di autocorrelazione; analisi spettrale; rumore bianco e rumore filtrato.

**ESERCITAZIONI.** Il corso prevede esercitazioni di calcolo scritte e la simulazione di segnali e sistemi lineari mediante TOPSIM.

### BIBLIOGRAFIA

S. Benedetto, E. Biglieri, *Teoria delle probabilità e variabili casuali*, Boringhieri.

S. Benedetto, E. Biglieri, *Teoria dei segnali determinati*, Boringhieri.

A. Leon Garcia, *Probability and random processes*, Addison-Wesley.

## 4 530 L/N Trasmissione numerica

Anno:periodo 2:2

Questo modulo è dedicato alla descrizione dei principali sistemi di trasmissione numerica e ad un inquadramento della teoria dell'informazione, con cenni ai codici per la correzione e rivelazione degli errori.

### PROGRAMMA

*Elementi di teoria dell'informazione.* [20 ore]

Le sorgenti di informazione: caratteristiche e descrizione delle principali sorgenti di informazione.

I canali di trasmissione discreti.

Descrizione dei principali mezzi trasmissivi (cavo, fibra, radio).

*Codici per la correzione e rivelazione degli errori.* [18 ore]

Il problema della codificazione di canale.

I codici a blocco e i codici convoluzionali.

Le prestazioni dei sistemi codificati.

Le tecniche FEC e ARQ. Applicazioni alla trasmissione tra calcolatori.

*I sistemi di trasmissione numerica.* [22 ore]

La trasmissione numerica in banda base e banda traslata.

I principali sistemi di modulazione.

Gli standard CCITT per la trasmissione numerica.

#### ESERCITAZIONI

Simulazione al calcolatore di sistemi di trasmissione e di codifica mediante TOPSIM.

#### REQUISITI

Si richiede una familiarità con gli argomenti del corso di *Teoria dei segnali*.

#### BIBLIOGRAFIA

S. Benedetto [et al.], *Teoria della trasmissione numerica*, Jackson.

## 4 415 L/N Reti logiche

Anno:periodo 2:2

Il corso ha lo scopo di analizzare le architetture, i mezzi trasmissivi, i protocolli e i servizi nelle reti di calcolatori.

#### PROGRAMMA

Generalità sulle reti di calcolatori:

- obiettivi.
- struttura generale e nomenclatura.
- tipi di reti e caratteristiche.

Il modello ISO-OSI:

- Architettura a livelli.
- Protocolli e interfacce.
- Nodi, *repeater*, *bridge*, *router* e *gateway*.
- Applicazioni di rete.

La trasmissione dei dati e il livello fisico.

Il livello *data link*.

I protocolli del livello di rete.

#### ESERCITAZIONI

Verranno svolti progetti relativi alla realizzazione di protocolli per reti di calcolatori.

#### BIBLIOGRAFIA

Andrew S. Tanenbaum, *Computer networks*, 2nd ed., Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1988.

Fred Halsall, *Data communications, computer networks and OSI*, 2nd ed., Addison-Wesley, Workingham, 1988.

## 4 xxx N      **Calcolatori elettronici 3**

Anno:periodo 2:2

Il corso ha lo scopo di presentare una panoramica accurata sui periferici e sui *driver* principali che completano l'architettura dell'elaboratore.

### PROGRAMMA

Analisi del BIOS.

I periferici della famiglia Intel.

ESERCITAZIONI. Verranno svolte esercitazioni su piastre Intel 80x86.

## 4 455 L      **Strumentazione elettronica di misura**

Anno:periodo 2:2

Il corso si propone di illustrare non tanto i principi di funzionamento, ma soprattutto le modalità d'uso degli strumenti elettronici più diffusi nell'ingegneria elettronica e di presentare le disposizioni circuitali usate per la misura di alcune grandezze elettriche. Saranno inoltre brevemente presentati i sistemi automatici per la prova di piastre elettroniche (ATE) e saranno introdotti i principali trasduttori utilizzati nel controllo dei processi.

REQUISITI. Gli allievi, oltre alle conoscenze previste per il corso *Misure elettroniche*, devono avere una buona conoscenza delle basi dell'elettronica.

### PROGRAMMA

Strumenti analogici per la misurazione. Oscilloscopio a raggi catodici. Voltmetri e amperometri per grandezze continue e alternate (valore efficace, medio e di cresta). [10 ore]

Strumenti numerici per la misurazione. Convertitori analogico-numeriche e numerico-analogici. Multimetro. Misuratori di frequenze e di intervalli di tempo. Misure di fase. Oscilloscopio digitale. Analizzatore di stati logici. Analizzatore di spettro. [10 ore]

Generatori di stimoli: oscillatori sinusoidali, generatori di impulsi, generatori di forme d'onda. [2 ore]

Misure di impedenza con metodi a ponte e metodi volt-amperometrici (impedenzometro vettoriale). [2 ore]

Sistemi di misura a microprocessore: strumenti intelligenti, sistemi di acquisizione automatica dei dati, sistemi automatici di prova (ATE). [6 ore]

Sensori e trasduttori. Modello di un sensore, caratterizzazione, taratura e correzioni. I principali sensori per misure di temperatura, lunghezza e posizione. Cenni a sensori per altri tipi di misure. [6 ore]

### ESERCITAZIONI

Le esercitazioni, svolte dagli studenti suddivisi in gruppi, hanno lo scopo di far acquisire familiarità con gli strumenti e i metodi di misura illustrati a lezione. [24 ore]

### BIBLIOGRAFIA

L. Benetazzo, *Misure elettroniche. Strumentazione analogica*, CLEUP, Padova, 1990.

L. Benetazzo, *Misure elettroniche. Strumentazione numerica*, CLEUP, Padova, 1990.

E. Doebelin, *Measurement systems*, McGraw-Hill, Singapore, 1983.

Appunti e monografie indicati a lezione dall'insegnante.

4 375 L

## Misure elettroniche

Anno:periodo 2:2

Sono fornite le nozioni di base sui fondamenti pratici della moderna scienza della misura ed è fatta acquisire familiarità con i metodi di misura delle grandezze elettriche. È trattato nei dettagli il problema normativo sia spiegando gli scopi ed i modi di funzionamento degli enti preposti sia illustrando l'importanza della certificazione. Sono infine introdotti i principali metodi di elaborazione dei dati per l'estrazione dell'informazione di interesse.

### PROGRAMMA

I fondamenti di teoria della misurazione. Grandezza fisica, informazione e incertezza. Il procedimento logico operativo di una misurazione. [6 ore]

L'organizzazione metrologica e normativa internazionale, europea, comunitaria e nazionale. Le unità di misura. Il Sistema Internazionale (SI). I campioni. La disseminazione delle unità e i servizi di taratura. [6 ore]

I principali metodi di misura. Confronto diretto e indiretto. Gli scambi di energia. I ponti in c.c. e in c.a.. Il potenziometro. [6 ore]

I sistemi di misura. Il modello di un sistema di misura. La taratura. I sistemi elettronici di misura analogici, digitali e a microprocessore. I sistemi di acquisizione dei dati. [4 ore]

Generalità sui metodi di estrazione dell'informazione di misura dai dati acquisiti. Segnali e rumore. I processi analogici di condizionamento. Il campionamento dei segnali analogici. Gli algoritmi numerici di elaborazione e di correzione. I metodi statistici di analisi dei dati. [6 ore]

### ESERCITAZIONI

Uso e applicazione a casi concreti dei principali metodi per la misura di grandezze elettriche. [20 ore]

Sviluppo e risoluzione di problemi di elaborazione numerica dei segnali e di propagazione dell'incertezza. [10 ore]

### REQUISITI

Gli allievi debbono avere conoscenze sui metodi di calcolo infinitesimale, sul trattamento statistico dei dati e sull'uso del calcolatore numerico. È necessaria una buona conoscenza dell'elettrotecnica ed è opportuna la conoscenza delle basi dell'elettronica e della fisica.

### BIBLIOGRAFIA

E. Arri, S. Sartori, *Le misure delle grandezze fisiche*, Paravia, Torino, 1984.

R. Giometti, F. Frascari, *Manuale per il laboratorio di misure elettroniche*, Calderini, Bologna, 1984.

Appunti e monografie indicati a lezione dall'insegnante.

4 375 N

## Misure elettroniche

Anno:periodo 2:2

Sono fornite le nozioni di base sui fondamenti pratici della moderna scienza della misura ed è fatta acquisire familiarità con i principali metodi di misura delle grandezze elettriche. Sono fornite estese conoscenze sulle modalità d'uso dei più comuni sistemi di misura, con particolare attenzione agli strumenti elettronici a microprocessore ed ai sistemi di acquisizione e distribuzione automatica dei dati. Sono ampiamente illustrati i principali sensori ed attuatori presenti sul mercato, al fine di fornire le conoscenze per la loro scelta in base alle specifiche di controllo.

### PROGRAMMA

I fondamenti di teoria della misurazione. Grandezza fisica, informazione e incertezza. I principali metodi di misura. Confronto diretto e indiretto. Gli scambi di energia. Strumenti per la misurazione. Oscilloscopio. Voltmetri e amperometri per grandezze continue e alternate. Convertitori analogico-numeriche e numerico-analogici. Sensori e trasduttori. Modello di un sensore, caratterizzazione, taratura e correzioni. I principali sensori di temperatura, di lunghezza, di posizione, di velocità, di accelerazione. Attuatori.

### ESERCITAZIONI

Esercitazioni sperimentali di laboratorio.  
Esercitazioni al calcolatore.

### REQUISITI

Gli allievi debbono avere conoscenze sui metodi di calcolo infinitesimale, sulle trasformate di Laplace e Fourier, sull'algebra delle matrici e sull'uso del calcolatore numerico.

### BIBLIOGRAFIA

E. Arri, S. Sartori, *Le misure delle grandezze fisiche*, Paravia, Torino, 1984.  
E. Doebelin, *Measurement systems*, McGraw-Hill, Singapore, 1983.  
Appunti e monografie indicati a lezione dall'insegnante.

## 4 490 L      **Tecnologie e materiali per l'elettronica**

Anno:periodo 3:1

Il corso è rivolto verso i componenti e le tecnologie elettroniche. Vengono descritti i dispositivi a semiconduttore fondamentali, con nozioni di base sulla tecnologia dei circuiti integrati. Sono presentate le tecnologie realizzative di supporti (circuiti stampati), interconnessioni e *packaging*.

REQUISITI. *Elettronica applicata 1 e 2, Elettronica dei sistemi digitali.*

### PROGRAMMA

Resistori, condensatori, induttori reali, modelli.  
Tecnologia del *film* sottile e del *film* spesso, circuiti ibridi.  
Materiali semiconduttori.  
Tecnologia dei circuiti stampati.  
*Packaging* e interconnessioni.  
Dissipazione di potenza, modelli.  
Processi di fabbricazione per dispositivi su silicio.

### ESERCITAZIONI

Verranno svolte esercitazioni numeriche sui modelli dei componenti e misure delle caratteristiche in laboratorio. Uso di programmi di simulazione (SPICE).

### BIBLIOGRAFIA

C. Naldi, G. Piccinini, *Dispositivi elettronici*, CELID, Torino.  
Appunti o dispense preparate dai docenti.

## 4 165 L      **Elettronica applicata 2**

Anno:periodo 3:1

Il corso completa l'analisi dei circuiti elettronici in linearità iniziata nel corso di *Elettronica applicata 1*. Viene data maggior enfasi alle soluzioni circuitali e si inizia l'analisi di circuiti non lineari e dei sistemi di conversione analogico-digitale.

REQUISITI. *Elettronica applicata 1, Elettronica dei sistemi digitali.*

### PROGRAMMA

Modelli lineari per dispositivi ad effetto di campo (JFET, MOSFET) e bipolari (BJT).  
Stadi amplificatori a transistor (CE, CC, CB, CD, CS, Darlington, *cascode*, differenziale).  
Stadio differenziale, specchi e generatori di corrente.  
Stadi di uscita, circuiti di protezione.  
Caratteristiche e stadi degli amplificatori operazionali.  
Amplificatore operazionale non ideale (*offset, derive, slew rate*).  
Circuiti lineari con amplificatori operazionali.  
Effetti della retroazione, stabilità e compensazione.

Oscillatori lineari e generatori quadro-triangolo.  
 Circuiti non lineari (*log*, *anti-log*, diodo ideale).  
 Circuiti a soglia, comparatori di tensione.  
 Conversione A/D, D/A, circuiti di S/H, *multiplexer* analogici.

#### ESERCITAZIONI

Sperimentali in laboratorio ed uso di programmi di simulazione (SPICE).

#### BIBLIOGRAFIA

S. Franco, *Amplificatori operazionali e circuiti integrati analogici*, Hoepli.  
 Appunti o dispense preparate dai docenti.

4 050 L

## Campi elettromagnetici

Anno:periodo 3:1

Il modulo intende fornire nozioni introduttive sui campi elettromagnetici variabili e sulle linee di trasmissione. Lo studente, al termine del modulo, dovrebbe possedere concetti elementari riguardanti la propagazione di segnali su linee di trasmissione ed in fibra ottica.

Il metodo didattico privilegia l'induzione e l'utilizzazione di esempi. Non è prevista una netta suddivisione fra lezioni ed esercitazioni, ma lo sviluppo di ogni argomento integra la trattazione con diversi esercizi, anche di calcolo. L'impegno attivo dell'allievo è sollecitato proponendo esercizi da svolgere ed effettuandone la verifica.

#### REQUISITI

Conoscenze di matematica: campi vettoriali, trasformata di Fourier; di fisica: elettricità, magnetismo ed elettromagnetismo fino alle equazioni di Maxwell in forma differenziale di analisi dei circuiti in regime armonico e transitorio.

#### PROGRAMMA

*Onde elettromagnetiche.* [18 ore]

- equazioni di Maxwell (forma differenziale e per campi armonici),
- onde piane (equazione d'onda e propagazione),
- vettore di Poynting e considerazioni energetiche,
- riflessione e rifrazione (mezzi dielettrici, buoni conduttori e conduttori ideali).

*Linee di trasmissione.* [20 ore]

- modello della linea bifilare ed equazioni dei telegrafisti,
- analisi nel dominio del tempo (propagazione di impulsi, riflessioni, effetto della dispersione),
- analisi nel dominio della frequenza (onde stazionarie, effetto delle perdite),
- diafonia in linee multifilari (estensione dei risultati al caso di tre conduttori e simulazioni numeriche in casi più complessi),
- cavi schermati ed intrecciati,
- modelli semplificati per bassa frequenza (separazione dell'accoppiamento per effetto induttivo e capacitivo),
- cenni su guide d'onda.

*Connessioni ottiche.* [12 ore]

- guide d'onda dielettriche,
- dimensionamento di connessioni ottiche,
- sorgenti e fotorivelatori (impostazione circuitale).

**ESERCITAZIONI**

Simulazioni numeriche della propagazione di segnali su linee di trasmissione. [2 ore]

Misura della diafonia sui cavi [4 ore]: prove con diverse coppie di cavi; confronto con simulazioni.

**BIBLIOGRAFIA**

L.C. Shen, J.A. Kong, *Applied electromagnetism*, Brooks-Cole, 1983.

C.R. Paul, *Introduction to electromagnetic compatibility*, Wiley, 1992.

**4 080 L****Compatibilità elettromagnetica**

Anno: periodo 3:1

Il modulo intende fornire nozioni introduttive sulle antenne ed applicazioni nel settore della compatibilità elettromagnetica.

Lo studente, al termine del corso, dovrebbe possedere concetti elementari riguardanti: la propagazione libera, il funzionamento delle antenne ed il dimensionamento degli schermi elettromagnetici, la suscettibilità di componenti e sistemi, e le tecniche di riduzione.

**Antenne.** [16 ore]

- nozione elementare di irradiazione da una corrente,
- dipolo hertziano e sensore di campo elettrico,
- dipolo magnetico e sensore di campo magnetico,
- dipolo lungo e cenni sulle antenne ad apertura,
- parametri d'antenna (guadagno e direttività, area ed altezza efficace),
- equazione di Friis della trasmissione.

**Introduzione alla compatibilità elettromagnetica.** [8 ore]

- emissioni radiate e l'"ambiente" elettromagnetico,
- caratterizzazione in frequenza delle interferenze (richiami di spettro, banda, ecc. ),
- cenni sulla normativa per gli apparati commerciali.

**Schermi elettromagnetici.** [12 ore]

- l'efficacia di schermatura per sorgenti in campo vicino e lontano,
- limite di bassa frequenza e schermi magnetici,
- effetti delle aperture,
- camere schermate per prove (risonanze e modi superiori; celle TEM),
- camere anecoiche,
- prove di emissione e di suscettibilità.

**Compatibilità di componenti e sistemi.** [12 ore]

- suscettibilità dei componenti (R, C, L, circuiti attivi, ferriti, conduttori e connessioni),
- emissioni dai conduttori e circuiti stampati (modelli di emissione delle correnti differenziali e di modo comune),
- tecniche di collegamento a massa,
- configurazione dei sistemi (filtri di rete, connettori, percorsi dei cablaggi, ecc.).

### ESERCITAZIONI

Misura di caratteristiche di componenti reali [4 ore]: misura a larga banda d'impedenza o funzione di trasferimento di componenti elementari (R, L, C) e dispositivi (filtri); confronto con modelli SPICE.

### BIBLIOGRAFIA

L.C. Shen, J.A. Kong, *Applied electromagnetism*, Brooks-Cole, 1983.  
C.R. Paul, *Introduction to electromagnetic compatibility*, Wiley, 1992.

4 110 L

## Costi di produzione e gestione aziendale

Anno:periodo 3:1

Il corso presenta i fondamenti della gestione economica e finanziaria dell'impresa.

### PROGRAMMA

L'impresa: proprietà e struttura funzionale.  
Approvvigionamento, produzione e distribuzione.  
I costi aziendali ed il controllo di gestione.  
La valutazione degli investimenti.  
La qualità e la normativa attuale.  
Cenni sul bilancio di esercizio.

BIBLIOGRAFIA. Appunti o dispense preparate dai docenti.

**4 360 L      Microelettronica**

Anno:periodo 3:2

Il corso completa le nozioni di elettronica applicata integrandole con la descrizione e lo studio di circuiti e sottosistemi elettronici complessi. Particolare enfasi viene posta sui circuiti per il trattamento dei segnali analogici utilizzati sia in ambito delle telecomunicazioni che nei sistemi informatici.

REQUISITI. *Elettronica applicata 2, Tecnologie e materiali per l'elettronica.*

**PROGRAMMA**

Circuiti per il condizionamento di segnali.  
Sistemi di conversione A/D e D/A  
Transistore fuori linearità.  
Stadi selettivi.  
Filtri RC attivi, circuiti a capacità commutate.  
Moltiplicatori analogici, modulatori e demodulatori.  
Oscillatori agganciati in fase.  
Circuiti a larga scala di integrazione.  
Tecniche di interconnessione e di interfacciamento.

**ESERCITAZIONI**

Sperimentali in laboratorio ed uso di programmi di simulazione (SPICE).

**BIBLIOGRAFIA**

D. Del Corso, *Elettronica per telecomunicazioni*, Levrotto e Bella.  
Appunti o dispense preparate dai docenti.

**4 010 L      Architetture dei sistemi integrati**

Anno:periodo 3:2

Il corso completa le nozioni di elettronica applicata, con particolare riferimento ai sistemi numerici ed al loro interfacciamento verso il mondo esterno. Particolare attenzione è posta sulla parte di media potenza, sia analogica che in commutazione.

REQUISITI. *Elettronica applicata 2, Tecnologie e materiali per l'elettronica.*

**PROGRAMMA**

Dispositivi BJT, MOS di potenza.  
Classi di funzionamento, stadi.  
Stadi di potenza in linearità e in commutazione.  
Pilotaggio di carichi reattivi.  
Alimentatori stabilizzati lineari.  
Alimentatori *switching*.

Circuiti di conversione AC/DC.  
Trasduttori ed attuatori, stadi di interfaccia.  
Architetture di sistemi digitali.  
Elaborazione digitale dei segnali.

#### ESERCITAZIONI

Sperimentali in laboratorio ed uso di programmi di simulazione (SPICE).

#### BIBLIOGRAFIA

Appunti o dispense preparate dai docenti.

## 4 450 L      **Sistemi operativi**

Anno: periodo 3:2

Il corso si propone di fornire un'introduzione alle problematiche dei sistemi operativi, delle architetture *client-server* e delle interfacce grafiche a finestre.

#### PROGRAMMA

Sistema operativo come interfaccia utente.  
Sistema operativo come gestore di risorse.  
Gestione delle interruzioni e delle operazioni di I/O.  
Definizione e struttura dei processi sequenziali.  
Definizione e struttura dei processi concorrenti.  
Architetture *client-server*.  
Caratteristiche dell'interfaccia grafica.  
Interazione tra i programmi applicativi e *link* tra i dati.  
Ambienti di sviluppo in MS-Windows.

ESERCITAZIONI. Sono previste esercitazioni su *personal computer*.

#### BIBLIOGRAFIA

J.L. Peterson, A. Silbershatz, *Operating systems concepts*, 2nd ed., Addison-Wesley, Reading (Mass.), 1985.  
A.S. Tanenbaum, *Operating systems : design and implementation*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1987.

## 4 410 L Reti di telecomunicazione

Anno: periodo 3:2

Il corso si propone di illustrare i servizi, le architetture ed i protocolli delle reti di telecomunicazioni, con riferimento sia alla rete telefonica nazionale ed internazionale, sia alle sue evoluzioni verso reti intelligenti e reti integrate a banda stretta (ISDN) ed a banda larga (B-ISDN).

### PROGRAMMA

Le reti di telecomunicazioni [4 ore]: definizioni, cenni storici, servizi e suddivisione funzionale (trasmissione, segnalazione, commutazione, gestione).

I servizi di telecomunicazioni [4 ore]: la rete telefonica tradizionale, le reti dati, la rete intelligente, le reti integrate, i servizi ad alta velocità, i servizi portanti, i servizi a valore aggiunto, i servizi multimediali.

Tipi di traffico e loro requisiti prestazionali. [2 ore]

Tecniche di segnalazione in reti numeriche [4 ore]: la segnalazione su canale comune.

Commutazione di circuito e di pacchetto. Campi di applicazione. [5 ore]

Struttura di un commutatore numerico [4 ore] (interfacce, controllo e rete di connessione).

La rete telefonica numerica; le reti dati. [10 ore]

Evoluzione verso la rete numerica integrata nei servizi a banda stretta (ISDN) [8 ore]: architettura, interfacce e organizzazione interna. Implementazione di servizi di rete intelligente.

Gestione di reti numeriche [9 ore]: la rete di gestione (TMN).

**ESERCITAZIONI.** Simulazione al calcolatore di reti di telecomunicazione.

### REQUISITI

Si richiede una familiarità con gli argomenti del corso di *Trasmissione numerica*.

**BIBLIOGRAFIA.** Verranno impiegate dispense redatte dal docente.

## 4 400 N Reti di calcolatori

Anno:periodo 3:1

Il corso ha lo scopo di analizzare le architetture, i mezzi trasmissivi, i protocolli e i servizi nelle reti di calcolatori.

### PROGRAMMA

Generalità sulle reti di calcolatori:

- obiettivi.
- struttura generale e nomenclatura.
- tipi di reti e caratteristiche.

Il modello ISO-OSI:

- Architettura a livelli.
- Protocolli e interfacce.
- Nodi, *repeater*, *bridge*, *router* e *gateway*.
- Applicazioni di rete.

La trasmissione dei dati e il livello fisico.

Il livello *data link*.

I protocolli del livello di rete.

### ESERCITAZIONI

Verranno svolti progetti relativi alla realizzazione di protocolli per reti di calcolatori.

### BIBLIOGRAFIA

Andrew S. Tanenbaum, *Computer networks*, 2nd ed., Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1988.

Fred Halsall, *Data communications, computer networks and OSI*, 2nd ed., Addison-Wesley, Workingham, 1988.

## 4 450 N Sistemi operativi

Anno:periodo 3:1

Il corso si propone di: introdurre alle problematiche dei sistemi operativi, sviluppare i principi ed i metodi della programmazione concorrente e di offrire strumenti per valutare le caratteristiche dei sistemi operativi rispetto alle prestazioni richieste, con particolare riferimento ai sistemi UNIX e Windows.

### PROGRAMMA

Sistema operativo come interfaccia utente e come gestore di risorse.

Gestione delle interruzioni e delle operazioni di I/O.

Definizione e struttura dei processi sequenziali e concorrenti.

Gestione del processore, della memoria, dei periferici e degli archivi.

Casi di studio: UNIX e Windows.

ESERCITAZIONI. Sono previste esercitazioni su *personal computer*.

**BIBLIOGRAFIA**

J.L. Peterson, A. Silbershatz, *Operating systems concepts*, 2nd ed., Addison-Wesley, Reading (Mass.), 1985.

A.S. Tanenbaum, *Operating systems: design and implementation*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1987.

**4 xxx N      Basi di dati**

Anno:periodo 3:1

Il corso si prefigge l'obiettivo di introdurre i concetti fondamentali della gestione delle basi di dati. Particolare attenzione viene dedicata al linguaggio SQL e alle architetture *client-server*. Vengono inoltre introdotti i principi di progetto delle basi di dati fondati sul modello Entità-Relazione.

**PROGRAMMA**

Introduzione alle basi di dati.

Architettura di una base dati.

Il linguaggio SQL.

Progetto di una base dati: modelli.

La base dati SQLWIN (Gupta).

**ESERCITAZIONI**

Gli studenti divisi in gruppi svolgeranno dei progetti sugli argomenti trattati nel corso.

**4 305 N      Ingegneria del software**

Anno:periodo 3:1

Corso propedeutico di teoria dei circuiti a parametri concentrati. Il corso intende fornire le metodologie per l'analisi lineare (anche automatica) dei circuiti elettrici attraverso.

a) studio di reti con elementi resistivi in regime temporale qualsiasi.

b) studio in transitorio di reti del primo ordine.

Lo studente, al termine del corso, dovrebbe essere in grado di risolvere manualmente circuiti semplici ed affrontare circuiti più complessi con SPICE, limitatamente all'analisi di tipo *a* e *b*.

Il metodo didattico privilegia l'induzione e l'utilizzazione di esempi. Non è prevista una netta suddivisione fra lezioni ed esercitazioni, ma lo sviluppo di ogni argomento integra la trattazione con diversi esercizi, anche di calcolo. L'impegno attivo dell'allievo è sollecitato proponendo esercizi da svolgere ed effettuandone la verifica.

**PROGRAMMA**

Definizioni e leggi fondamentali. [10 ore]

Tecniche elementari di analisi applicate a circuiti senza memoria. [15 ore]

Tecniche per l'analisi sistematica applicate a circuiti senza memoria. [10 ore]

Elementi con memoria e risposta di circuiti del primo ordine. [15 ore]

### ESERCITAZIONI

Esercitazioni sperimentali ed a calcolatore: SPICE, applicazioni a circuiti resistivi con segnali qualsiasi e transistori in circuiti del primo ordine.

### BIBLIOGRAFIA

C.R. Paul, *Analysis of linear circuits*, McGraw-Hill, 1989.

4 110 N

## **Costi di produzione e gestione aziendale**

Anno:periodo 3:1

Il corso presenta i fondamenti della gestione economica e finanziaria dell'impresa.

### PROGRAMMA

L'impresa: proprietà e struttura funzionale.  
Approvvigionamento, produzione e distribuzione.  
I costi aziendali ed il controllo di gestione.  
La valutazione degli investimenti.  
La qualità e la normativa attuale.  
Cenni sul bilancio di esercizio.

BIBLIOGRAFIA. Appunti o dispense preparate dai docenti.

4 265 N

## Identificazione dei modelli e analisi dei dati

Anno:periodo 3:2

Scopo: fornire le conoscenze relative all'identificazione ed alla simulazione dei sistemi dinamici.

### PROGRAMMA

Il problema della stima parametrica e della stima dello stato.

Stima dei minimi quadrati.

Stima di massima verosimiglianza e stima bayesiana.

Il filtro di Kalman.

Il controllo adattativo.

Simulazione di sistemi dinamici.

Simulatori analogici e numerici.

[In totale 30 ore di lezione.]

### ESERCITAZIONI

Esercitazioni di laboratorio con l'uso di pacchi *software* specifici per lo studio di sistemi e per il controllo (MATLAB, ACSL, PROGRAM CC, ecc. ).

Identificazione di sistemi dinamici da misure simulate e da misure reali. Collaudo adattativo. Simulazione di sistemi fisici.

[In totale 30 ore di esercitazione.]

REQUISITI. Conoscenze di matematica e fisica ricevute nei corsi del primo anno.

4 420 N

## Ricerca operativa

Anno:periodo 3:2

Il corso ha l'obiettivo di dotare lo studente di adeguati strumenti per modellare e risolvere una serie di problemi propri dell'ingegneria informatica e automatica, quali: *circuit design, signal trasmission, computer vision, fault diagnosis, sequencing and scheduling, computational complexity analysis etc.*

### PROGRAMMA

*Programmazione lineare.* [20 ore]

Formulazione del problema. Metodo del simplesso. Teoria della dualità.

*Programmazione combinatoria: problemi polinomiali.* [10 ore]

Matroidi e algoritmo Greedy. Intersezione di matroidi.

*Programmazione combinatoria: problemi NP-difficili.* [5 ore]

Algoritmi di enumerazione implicita. Algoritmi poliedrali.

*Programmazione non lineare.* [5 ore]

Condizioni di ottimalità e algoritmi per problemi non vincolati e vincolati.

**ESERCITAZIONI**

Programmazione lineare. [8 ore]  
Programmazione combinatoria. [8 ore]  
Programmazione non lineare. [4 ore]

**BIBLIOGRAFIA**

F. Maffioli, *Elementi di programmazione matematica. Vol. 1 e 2*, Masson, 1991.  
M. Minoux, *Mathematical programming : theory and algorithms*, Wiley, 1986.

**4 410 N Reti di telecomunicazione**

Anno:periodo 3:2

Il corso si propone di illustrare i servizi, le architetture ed i protocolli delle reti di telecomunicazioni, con riferimento sia alla rete telefonica nazionale ed internazionale, sia alle sue evoluzioni verso reti intelligenti e reti integrate a banda stretta (ISDN) ed a banda larga (B-ISDN).

**PROGRAMMA**

Le reti di telecomunicazioni [4 ore]: definizioni, cenni storici, servizi e suddivisione funzionale (trasmissione, segnalazione, commutazione, gestione).

I servizi di telecomunicazioni [4 ore]: la rete telefonica tradizionale, le reti dati, la rete intelligente, le reti integrate, i servizi ad alta velocità, i servizi portanti, i servizi a valore aggiunto, i servizi multimediali.

Tipi di traffico e loro requisiti prestazionali. [2 ore]

Tecniche di segnalazione in reti numeriche [4 ore]: la segnalazione su canale comune.

Commutazione di circuito e di pacchetto. Campi di applicazione. [5 ore]

Struttura di un commutatore numerico [4 ore] (interfacce, controllo e rete di connessione).

La rete telefonica numerica; le reti dati. [10 ore]

Evoluzione verso la rete numerica integrata nei servizi a banda stretta (ISDN) [8 ore]: architettura, interfacce e organizzazione interna. Implementazione di servizi di rete intelligente.

Gestione di reti numeriche [9 ore]: la rete di gestione (TMN).

**ESERCITAZIONI.** Simulazione al calcolatore di reti di telecomunicazione.

**REQUISITI**

Si richiede una familiarità con gli argomenti del corso di *Trasmissione numerica*.

**BIBLIOGRAFIA.** Verranno impiegate dispense redatte dal docente.

## 2 515 F Teoria dei fenomeni aleatori

Anno: periodo 2:1

Questo modulo si propone di fornire le metodologie di natura probabilistica indispensabili per l'analisi ed il progetto dei sistemi di telecomunicazioni.

**REQUISITI.** Gli allievi devono conoscere i contenuti dei quattro moduli di matematica, e, in particolare, avere familiarità con gli strumenti di calcolo differenziale e conoscere le trasformate di Laplace e Fourier.

### PROGRAMMA

*Modelli probabilistici nelle telecomunicazioni.* [3 ore]

Modelli matematici di supporto all'analisi e al progetto. Modelli deterministici e modelli probabilistici. Regolarità statistica. Frequenza relativa. Costruzione del modello probabilistico. Esempi tratti dalle comunicazioni numeriche.

*Concetti di base della teoria della probabilità.* [12 ore]

Specificazione di un esperimento casuale: spazio campione, eventi. Gli assiomi della probabilità. Il calcolo delle probabilità con i metodi di conteggio. Probabilità condizionata. Il teorema di Bayes. Impedenza statistica. Esperimenti sequenziali: esperimenti indipendenti e dipendenti. Il canale di comunicazione discreto. Leggi di probabilità: binomiale e geometrica.

*Variabili casuali.* [15 ore]

Il concetto di variabile casuale. La funzione distribuzione cumulativa. La funzione densità di probabilità. Variabili casuali discrete, continue e miste. Esempi di variabili casuali discrete (Bernoulli, binomiale, geometrica, Poisson) e continue (uniforme, esponenziale, gaussiana, Laplace). Funzioni di variabile casuale. Il valor medio di una variabile casuale. La varianza di una variabile casuale. Media di funzioni di variabile casuale.

*Elementi di statistica.* [5 ore]

La disuguaglianza di Markov. La disuguaglianza di Chebyshev. Il teorema del limite centrale. Il test di chi-quadro.

*Processi aleatori gaussiani.* [15 ore]

Le  $n$ -uple di variabili casuali gaussiane. Il concetto di processo aleatorio. I processi aleatori gaussiani. Processi aleatori stazionari.

### ESERCITAZIONI

Il corso prevede esercitazioni di calcolo scritte e un paio di esercitazioni da svolgere al calcolatore sulla generazione di numeri con una statistica prefissata.

### BIBLIOGRAFIA

S. Benedetto, E. Biglieri, *Teoria della probabilità e variabili casuali*, Boringhieri.  
A. Leon Garcia, *Probability and random processes*, Addison Wesley.

## 2 520 F Teoria dei segnali

Anno:periodo 2:1

Il corso si propone di fornire gli strumenti essenziali per lo studio e l'analisi dei segnali che si incontrano nelle comunicazioni sia analogiche che numeriche.

### PROGRAMMA

Teoria dei segnali determinati a energia e potenza media finita; spettri di ampiezza, di energia e di potenza. [6 ore]

Sistemi lineari; risposta all'impulso e convoluzione; funzione di trasferimento; condizioni di fisica realizzabilità. [8 ore]

Richiami sul teorema del campionamento; criterio di Nyquist; larghezza di banda di un segnale. [5 ore]

Processi aleatori gaussiani: funzione di autocorrelazione; analisi spettrale; rumore bianco e rumore filtrato. [6 ore]

Modello di canale di comunicazione; sorgenti di rumore negli apparati e nei canali fisici di comunicazione; modello dal rumore gaussiano bianco additivo. [7 ore]

I segnali modulati di ampiezza. [4 ore]

Cenni sui processi markoviani. [6 ore]

ESERCITAZIONI. Simulazione di segnali e sistemi lineari e non. Il filtraggio numerico. La simulazione utilizza il *package* TOPSIM.

### BIBLIOGRAFIA

L. Lo Presti, F. Neri, *L'analisi dei segnali*.

A. Leon Garcia, *Probability and random processes*, Addison-Wesley.

## 2 155 F Elettronica applicata

Anno:periodo 2:1

Il corso è l'insegnamento fondamentale per l'orientamento rivolto verso i componenti ed i circuiti elettronici. Vengono descritti i fondamentali dispositivi a semiconduttore dei sistemi elettronici. In seguito viene sviluppata la parte di elettronica di piccolo segnale.

### PROGRAMMA

Resistori, condensatori, induttori reali, modelli.

Giunzione PN e metallo-semiconduttore, modelli.

Dispositivi ad effetto di campo (JFET, MOSFET, ...), modelli.

Dispositivi bipolari (BJT, ...), modelli.

Circuiti a diodi.

Modelli di polarizzazione e di piccolo segnale.

Reti di polarizzazione, compensazione termica.

Analisi del dominio della frequenza, diagrammi di Bode.

Stadi amplificatori a transistoro (CE, CC, CB, CD, CS, stadi Darlington, *cascode*, differenziale, ...).

Amplificatore operazionale ideale, modelli.

Caratteristiche e stadi degli amplificatori operazionali.

Circuiti base con amplificatore operazionale in linearità.

Retroazione, effetti della retroazione.

Comportamento in frequenza, stabilità, compensazione.

Circuiti non lineari, *log*, *anti-log*, diodo ideale, amplificatori non lineari, circuiti a soglia, comparatori di tensione.

Oscillatori.

#### ESERCITAZIONI

Sperimentali in laboratorio. Uso programma di simulazione SPICE.

BIBLIOGRAFIA. Appunti o dispense preparate dai docenti.

## 2 170 F **Elettronica dei sistemi digitali**

Anno:periodo 2:1

Il corso tratta la parte dei circuiti elettronici per l'elaborazione digitale del segnale. Verranno esaminati gli aspetti tecnologici e le varie soluzioni circuitali. Sono analizzate alcune problematiche tipiche e verrà accennato un metodo di sintesi di architetture di sistemi digitali.

#### PROGRAMMA

Famiglie logiche, caratteristiche.

Invertitore logico.

Porte logiche: circuiti interni, tecnologie.

Tecniche di interconnessione e di interfacciamento.

Circuiti logici combinatori, sequenziali.

Logiche programmabili, aspetti tecnologici.

Elementi e circuiti di memoria, dispositivi ed aspetti tecnologici, memorie RAM statiche e dinamiche, ROM, EPROM, E2PROM.

Circuiti a larga scala di integrazione.

Elaborazione digitale dei segnali, filtri numerici ed architettura DSP.

ESERCITAZIONI. Sperimentali in laboratorio.

BIBLIOGRAFIA. Appunti o dispense preparate dai docenti.

2 375 F

## Misure su sistemi di trasmissione e telemisure

Anno:periodo 2:1

Il tecnico delle telecomunicazioni si deve muovere in un mondo fortemente strutturato nel quale è necessario conoscere una serie di convenzioni, di norme e di documenti di normalizzazione. Pertanto, dopo aver fornito le nozioni di base sui fondamenti pratici della moderna scienza della misura, sarà trattato il problema normativo, sia spiegando gli scopi e i modi di funzionamento degli enti preposti, sia illustrando l'importanza della certificazione. Saranno poi introdotti i criteri di misura, i tipi di grandezze e gli strumenti di misura usati nel campo delle telecomunicazioni. Il corso si concluderà con una breve illustrazione dei principali metodi di elaborazione dei dati per l'estrazione dell'informazione di interesse.

### REQUISITI

Gli allievi debbono avere conoscenze sui metodi di calcolo infinitesimale, sul trattamento statistico dei dati e sull'uso del calcolatore numerico. È necessaria una buona conoscenza dell'elettrotecnica e delle basi sia dell'elettronica sia della fisica.

### PROGRAMMA

I fondamenti di teoria della misurazione. Grandezza fisica, informazione e incertezza. Il procedimento logico operativo di una misurazione. [4 ore]

I principali metodi di misura. Confronto diretto e indiretto. Gli scambi di energia. I ponti in c.a. [6 ore]

L'organizzazione metrologica e normativa internazionale, europea, comunitaria e nazionale. Le grandezze tipiche delle telecomunicazioni. Le unità di misura. Il Sistema Internazionale (SI). I campioni. La disseminazione delle unità e i servizi di taratura. [8 ore]

Strumenti per la misurazione. Oscilloscopio e raggi catodici. Voltmetri e amperometri. Misuratori di frequenze e di intervalli di tempo. Misure di fase. Analizzatore di stati logici. Analizzatore di spettro. Misure di indice di modulazione e di campo. Analizzatore di reti. [10 ore]

Generalità sui metodi di estrazione dell'informazione di misura dai dati acquisiti. Segnali e rumore. Gli algoritmi numerici di elaborazione e di correzione. I metodi statistici di analisi dei dati. [4 ore]

### ESERCITAZIONI

Le esercitazioni, svolte dagli studenti suddivisi in gruppi, hanno lo scopo di far acquisire familiarità con gli strumenti e i metodi di misura illustrati a lezione. [20 ore]

Sviluppo e risoluzione di problemi di elaborazione numerica dei segnali, di valutazione e di propagazione dell'incertezza. [8 ore]

**BIBLIOGRAFIA.** Appunti e monografie indicati a lezione dall'insegnante.

**2 055 F      Campi elettromagnetici 1**

Anno:periodo 2:2

Obiettivi del corso: fornire la conoscenza di base per una corretta comprensione ed analisi dei fenomeni di propagazione in linee di trasmissione e per onde piane.

Lo studente, al termine del modulo, dovrà essere in grado di risolvere problemi semplici di propagazione ondosa sia su linee che per onde piane. Le conoscenze acquisite permetteranno inoltre allo studente di comprendere semplici problemi di compatibilità elettromagnetica.

Il metodo didattico sarà fortemente basato su esemplificazioni ed applicazioni, senza una sostanziale differenziazione tra lezioni ed esercitazioni. Particolare enfasi verrà posta sugli aspetti pratici, includendo anche esercitazioni di laboratorio.

**REQUISITI**

Matematica: campi vettoriali, numeri complessi, equazioni differenziali, trasformata di Fourier. Fisica: elettricità, magnetismo, elettromagnetismo sino alle equazioni di Maxwell. Elettrotecnica: calcolo simbolico e suo uso nell'analisi dei circuiti.

**PROGRAMMA**

*Richiami.* [4 ore]

Richiami di fisica ed elettrotecnica. Caratteristiche dei materiali. Elaborazione sui vettori.

*Linee.* [20 ore]

Equazioni delle linee, da modello circuitale, nel dominio del tempo e della frequenza. Adattamento (coefficiente di riflessione), transitori, distorsione dei segnali. Onde stazionarie; perdite; etc. Modi TEM in configurazioni semplici e legami con le linee.

*Onde e campi.* [14 ore]

Operatori differenziali ed equazioni di Maxwell, nel dominio del tempo e della frequenza. Rappresentazione dei campi con notazione complessa. Proprietà generali dei campi elettromagnetici, teorema di Poynting, condizioni al contorno. Onde piane; polarizzazione.

*Onde e mezzi materiali.* [8 ore]

Onde piane: riflessione e trasmissione, angolo limite, etc. Onde nei metalli; effetto pelle, schermi metallici.

**ESERCITAZIONI**

*Laboratorio.* [4 ore]

Simulazione di problemi di linee di trasmissione su calcolatore.

Esercitazioni sperimentali semplici su un banco in microstriscia.

**BIBLIOGRAFIA**

L.C. Shen, J.A. Kong, *Applied electromagnetism*, Brooks-Cole, 1983.

S. Ramo, J.R. Whinnery, T. Van Duzer, *Campi e onde nell'elettronica per le comunicazioni*, Angeli, 1977.

## 2 365 F      **Microonde**

Anno:periodo 2:2

Obiettivi del corso: fornire la conoscenza di base per una corretta comprensione ed analisi dei dispositivi e dei sistemi che utilizzano le onde elettromagnetiche. Nel modulo si svilupperanno i concetti relativi alla propagazione guidata in guide metalliche e in fibre ottiche.

Lo studente, al termine del modulo, dovrà essere in grado di comprendere i principi di funzionamento dei componenti nel campo delle microonde e dell'ottica che verranno illustrati nei moduli successivi.

Il metodo didattico sarà fortemente basato su esemplificazioni ed applicazioni, senza una sostanziale differenziazione tra lezioni ed esercitazioni. Particolare enfasi verrà posta sugli aspetti pratici, includendo anche esercitazioni di laboratorio.

REQUISITI. Il modulo *Campi elettromagnetici 1*, oltre ovviamente ai suoi prerequisiti.

### PROGRAMMA

*Circuiti e componenti.* [10 ore]

Rappresentazione dei circuiti (concentrati e distribuiti) mediante parametri scattering e loro utilizzazione. Riflessioni multiple, etc. Componenti semplici.

*Guide d'onda.* [17 ore]

Guide d'onda metalliche e dielettriche, in base ad una visione per raggi integrata con una visione per onde piane in strutture planari. Esempi vari di guide; componenti semplici.

*Fibre ottiche.* [15 ore]

Fibre ottiche: esempi, materiali, caratteristiche. Cenni su sistemi in fibra e su componenti di base.

### ESERCITAZIONI

*Laboratorio* [8 ore]: esercitazioni sperimentali semplici su: banco a microonde in guida e in microstriscia; banco ottico.

*Simulazioni su calcolatore.*

### BIBLIOGRAFIA

L.C. Shen, J.A. Kong, *Applied electromagnetism*, Brooks-Cole, 1983.

S. Ramo, J.R. Whinnery, T. Van Duzer, *Campi e onde nell'elettronica per le comunicazioni*, Angeli, 1977.

## 2 090 F      **Comunicazioni elettriche**

Anno:periodo 2:2

Il corso si propone di fornire gli strumenti di analisi e di progetto dei sistemi di comunicazione numerici e, sia pure con minor dettaglio, analogici.

### PROGRAMMA

Elementi di teoria dell'informazione. [6 ore]

Trasmissione numerica in banda base; distorsione e interferenza intersimbolica; effetti del rumore e filtro adattativo; calcolo delle prestazioni; analisi spettrale. [12 ore]

Cenni ai codici di linea per la trasmissione numerica in banda base. [4 ore]

Trasmissione numerica in banda traslata: i sistemi di modulazione PAM, PSK, FSK, QAM. Analisi spettrale e calcolo delle prestazioni. La struttura dei *mo/demodulatori*. Confronti. [15 ore]

Cenni alla trasmissione analogica; modulazioni di ampiezza e d'angolo; spettri di modulazione; calcolo delle prestazioni. [8 ore]

Tecnica della moltiplicazione nel dominio del tempo e della frequenza; caratteristiche dei segnali multiplati. [5 ore]

#### ESERCITAZIONI

Simulazione di sistemi di modulazione numerici e analogici mediante il *package TOPSIM*. Prove e misure su sistemi di trasmissione numerica.

#### BIBLIOGRAFIA

S. Benedetto, E. Biglieri e V. Castellani, *Teoria della trasmissione numerica*, Jackson.

## 2 140 F Elaborazione numerica dei segnali

Anno:periodo 2:2

Questo modulo si propone di fornire i concetti e le metodologie per lo studio degli algoritmi di elaborazione dei segnali a tempo discreto. Tali concetti troveranno applicazione nell'analisi dei segnali e nel progetto di filtri numerici.

**REQUISITI.** Matematica (calcolo differenziale, trasformate di Laplace e Fourier, funzioni di variabile complessa, serie di Taylor e di Laurent, concetto di raggio di convergenza, di zeri e poli).

#### PROGRAMMA

*Segnali a tempo discreto nel dominio del tempo.* [10 ore]

Richiami sul teorema del campionamento. Rappresentazione di segnali a tempo discreto. La trasformata.

*Segnali a tempo discreto nel dominio della frequenza.* [12 ore]

La trasformata discreta di Fourier. La trasformata veloce di Fourier (FFT).

*Sistemi a tempo discreto.* [12 ore]

Sistemi lineari, stabili, invarianti. La funzione di trasferimento. La risposta in frequenza. Descrizione di un sistema mediante equazioni ricorrenti.

*I filtri numerici.* [16 ore]

Filtri con risposta all'impulso finita e infinita. Tecniche di progetto.

#### ESERCITAZIONI

Il corso prevede esercitazioni di calcolo scritte da svolgere al calcolatore sulla realizzazione di algoritmi di elaborazione dei segnali.

**BIBLIOGRAFIA.** Appunti o dispense preparate dai docenti.

2 175 F

## Elettronica delle telecomunicazioni

Anno:periodo 2:2

Il corso ha come obiettivo la descrizione e lo studio di circuiti e sottosistemi elettronici complessi. Particolare enfasi viene data ai circuiti per il trattamento dei segnali analogici tipici di impieghi nell'ambito delle telecomunicazioni.

### PROGRAMMA

Alimentatori stabilizzati lineari e *switching*, regolatori monolitici di tensione.

Elaborazione analogica dei segnali.

Conversione A/D, D/A, circuiti S/H, *multiplexer* analogici.

Filtri RC attivi.

Moltiplicatori di frequenza.

Moltiplicatori analogici.

Circuiti modulatori e demodulatori.

Circuiti a transistori fuori linearità.

Oscillatori agganciati in fase.

Convertitori sigma delta, PCM.

Circuiti a capacità commutate.

ESERCITAZIONI. Esercitazioni sperimentali.

BIBLIOGRAFIA. Appunti o dispense preparate dai docenti.

## 2 410 F Reti di telecomunicazione

Anno:periodo 3:1

Obiettivi del corso: illustrare la struttura, i servizi ed i protocolli delle reti di telecomunicazioni, con riferimento alla rete telefonica nazionale ed internazionale, alle reti dati nazionale ed alle loro evoluzioni verso la "rete intelligente", la rete radiomobile e le reti integrate a banda stretta (ISDN) ed a larga banda (B-ISDN).

### PROGRAMMA

Introduzione alle reti di telecomunicazioni: struttura delle reti i loro suddivisione funzionale (trasmissione, commutazione, segnalazione); introduzione alla commutazione automatica ed alla segnalazione. [7 ore]

La rete telefonica tradizionale e numerica: struttura e servizi; segnalazione associata; introduzione alla commutazione numerica. [10 ore]

La trasmissione dati su linea dedicata e commutata a circuito; i relativi protocolli. [4 ore]

La commutazione di pacchetto: i principi, il protocollo X.25, la rete Itapac ed i suoi servizi. [7 ore]

La segnalazione a canale comune: il CCITT n. 7; la rete di segnalazione; la segnalazione telefonica. [2 ore]

La rete ISDN: struttura, protocolli e servizi; installazioni d'utente. [3 ore]

Le reti dati ad alta velocità: terminali, servizi a larga banda; *frame relay*; le MAN. [7 ore]

La rete intelligente e la rete radiomobile: struttura, funzionamento e servizi. [6 ore]

### ESERCITAZIONI

Trattamento numerico del segnale vocale; visite ad impianti di commutazione per fonia e dati; visita ad installazioni sperimentale a larga banda. [7 ore]

BIBLIOGRAFIA. Dispense redatte dal docente.

## 2 075 F Commutazione

Anno:periodo 3:1

### PROGRAMMA

Principi di commutazione elettromeccanica; la selezione passo-passo; la selezione a registro.

Struttura di un sistema di commutazione digitale; funzionalità e modello architetturale.

Interfacce di linea. Funzioni Borsch. Linee digitali ed accessi ISDN. Interfacce di giunzione.

Il concetto di rete di connessione. Reti multistadio di Clos. Reti di tipo T-S e S-T.

Reti riarrangiabili. Teorema Slepian-Duguid. Reti di Benes e Cantor.

Elementi di commutazione a circuito. Calcolo delle probabilità di blocco in una rete a stadi.

Dal circuito *multi-rate* al *fast packet switching*. Reti di connessione banyane auto-instradanti.

Generalità sul comando a elaboratore. Sistemi elaborativi per il comando. Architetture ridondate di comando.

Il *software* di controllo. Composizione del *software* di uno *switch*. Il modello funzionale della chiamata.

Linguaggi di specifica e descrizione: SDL.

Le funzioni di manutenzione e di colloquio uomo-macchina.

Servizi di centrale e servizi di rete; localizzazione dei servizi. I servizi speciali.

Sistemi di commutazione di circuito: prodotti UT, AXE, 1240, SESS.

Sistemi di commutazione a pacchetto: prodotti BNR, Stratacom.

Principi di traffico: traffico offerto e smaltito; grado di servizio. B e C di Erlang.

Architettura funzionale dei sistemi di gestione e prestazioni di E&M.

La commutazione a larga banda. Principi ATM. Multiplazione statistica. Protocolli e segnalazione ATM. I livelli AAL.

Sistemi di commutazione ATM. Principi ed esempi.

## ESERCITAZIONI

Esercitazioni in laboratorio: misure sulle interfacce di linea; il trattamento delle chiamate in SDL.

## 2 005 F      **Antenne**

Anno:periodo 3:1

Obiettivi del corso: fornire maggiori dettagli sui sistemi irradianti ed i sottosistemi di tipo elettromagnetico e la conoscenza di base per una corretta comprensione della parte propagativa di un sistema di telecomunicazioni.

In particolare, nel modulo si tratteranno l'irradiazione, le antenne elementari e quelle di uso pratico più comune, ed i fenomeni di propagazione delle onde elettromagnetiche.

Lo studente, al termine del modulo, dovrà essere in grado di risolvere problemi semplici sulle antenne e la propagazione elettromagnetica. Il metodo didattico sarà fortemente basato su esemplificazioni ed applicazioni, senza una sostanziale differenziazione tra lezioni ed esercitazioni. Particolare enfasi verrà posta sugli aspetti pratici, includendo anche esercitazioni di laboratorio.

REQUISITI. I moduli *Campi elettromagnetici 1 e 2*, oltre ovviamente ai loro prerequisiti.

## PROGRAMMA

*Irradiazione* [10 ore]:

il problema dell'irradiazione e le antenne elementari.

*Antenne* [20 ore]:

antenne filari e ad apertura; schiere di antenne.

*Propagazione* [8 ore]:

caratteristiche della propagazione atmosferica; ionosfera.

## ESERCITAZIONI

Esercitazioni sperimentali: misure e simulazioni numeriche sulle antenne. [12 ore]

Simulazioni su calcolatore.

## BIBLIOGRAFIA

S. Ramo, J.R. Whinnery, T. Van Duzer, *Campi e onde nell'elettronica per le comunicazioni*, Angeli, 1977.

R.E. Collin, *Antennas and radiowave propagation*, McGraw-Hill, 1985.

Appunti dei docenti.

## 2 095 F      Controlli automatici

Anno: periodo 3:1

Il corso intende fornire allo studente metodologie e strumenti per l'analisi e il progetto dei processi e dei dispositivi componenti i sistemi di controllo (attuatori, trasduttori, controllori, condizionatori di segnale, ecc.). Il corso fa particolare riferimento ai sistemi dinamici continui a un comando e a un'uscita controllati in catena chiusa; ciò è giustificato dal fatto che tali sistemi sono quelli più diffusi nei vari settori tecnologici. Il corso è concettualmente suddiviso in sei parti: introduzione, modellistica, analisi nei domini del tempo e della frequenza, specifiche, progetto, sistemi a dati campionati.

### PROGRAMMA

Introduzione al corso; esempi di sistemi di controllo. Il problema del controllo e sua esistenza. Definizione di "controllo automatico"; sistemi di controllo in catena aperta e chiusa; entità componenti un sistema di controllo in catena chiusa.

Caratterizzazione dei sistemi e dei modelli. Il problema della modellistica e dell'approssimazione. Sistemi e modelli continui nel dominio del tempo: equazioni differenziali ordinarie, condizioni al contorno, condizioni iniziali. Definizione di stato; rappresentazione in variabili di stato ( $vs$ ); soluzione delle equazioni di stato. Uso della trasformata di Laplace nella costruzione di modelli nel dominio della frequenza complessa  $s$ . Soluzione delle equazioni in  $vs$ ; trasformazioni di similarità sugli stati. Modelli di sistemi lineari: passaggio dal dominio  $t$  al dominio  $s$ ; evoluzione forzata, evoluzione libera. Definizione di funzione di trasferimento ( $fdt$ ); invarianza della  $fdt$  a trasformazioni di similarità sugli stati; zeri, poli, guadagno. Passaggio da  $vs$  a  $fdt$ ; passaggio da  $fdt$  a  $vs$ , realizzazioni. Definizione di guadagno ad AF,  $K_{\infty}$ ; definizione di guadagno a BF: guadagno stazionario propriamente detto,  $K_{st}$ , guadagno di velocità,  $K_v$ , guadagno di accelerazione,  $K_a$ . Introduzione al concetto di stabilità. Criterio di Routh. Linearizzazione. Controllo in catena chiusa con retroazione proporzionale sugli stati. Modelli dei sistemi meccanici, dei sistemi elettromeccanici e dei sistemi termici. Analogie formali tra modelli di sistemi di diversa natura.

Risposta in frequenza e diagrammi di Bode. Controllo con retroazione dall'uscita; inseguimento e regolazione. Introduzione generale alle specifiche di controllo. Stabilità in catena chiusa: luogo delle radici. Analisi in frequenza: diagramma di Nyquist. Criterio di Nyquist per l'analisi della stabilità in catena chiusa; criterio di Bode. Carta e diagramma di Nichols. Stabilità marginale: margine di fase, margine di guadagno, margine di ritardo, picco di risonanza, smorzamento poli dominanti; *cerchi M* e *cerchi N* ( $o M'$ ) sul diagramma di Nyquist e sul diagramma di Nichols.

Le specifiche tecniche di controllo; specifiche di precisione. Relazioni tra specifiche in catena chiusa e specifiche in catena aperta. Specifiche di sensitività; specifiche di attività sul comando; relazioni tra specifiche in catena chiusa nel dominio del tempo e specifiche in catena aperta nel dominio della frequenza.

Progetto di compensatori con reti derivate e integrative a singularità reali.

Variabili e sistemi discreti. Modelli per sistemi discreti. Stabilità dei sistemi discreti. Campionamento e teorema del campionamento. Equivalente discreto di un sistema continuo campionato. Caratteristiche della risposta in frequenza di un sistema discreto. Controllo digitale di un processo continuo. Problemi numerici.

### ESERCITAZIONI

Esercizi e casi di studio relativi agli argomenti trattati nelle lezioni. Uso del *personal computer* con programmi di progetto assistito. Esercitazioni in laboratorio sperimentale: controllo analogico e/o digitale di un processo reale.

**BIBLIOGRAFIA**

Franklin, Powell [et al.], *Feedback control of dynamic systems*, Addison Wesley, 1986.

Isidori, *Sistemi di controllo*, Siderea, 1986.

Ogata, *Discrete-time control systems*, Prentice Hall, 1987.

Astrom, Wittenmark, *Computer controlled systems*, Prentice Hall, 1990.

**2 445 F****Sistemi informativi**

Anno:periodo 3:1

Il corso si prefigge di fornire una panoramica sulle architetture dei sistemi di elaborazione, sui sistemi operativi e sull'organizzazione delle basi di dati.

**PROGRAMMA**

Architettura di un sistema di elaborazione dal punto di vista dell'organizzazione logica.

[10 ore]

Sistema operativo come interfaccia utente. [10 ore]

Sistema operativo come gestione di risorse. [10 ore]

La gestione delle basi di dati. [15 ore]

Introduzione al linguaggio SQL. [5 ore]

**ESERCITAZIONI**

Gli studenti, divisi in gruppi, svolgeranno dei progetti sugli argomenti trattati nel corso.

**2 510 F Telematica**

Anno:periodo 3:2

Questo modulo è dedicato all'illustrazione dei servizi e delle architetture stratificate per reti telematiche, con particolare riferimento al modello di riferimento architeturale OSI, ed alla descrizione di alcuni protocolli e servizi di particolare rilievo per reti di calcolatori.

**PROGRAMMA**

Classificazione delle reti telematiche: LAN, MAN, WAN. [2 ore]

Descrizione delle caratteristiche di un'architettura a strati per reti telematiche e illustrazione del modello di riferimento OSI. [3 ore]

Descrizione delle funzioni, dei servizi e delle primitive dei livelli che compongono il modello di riferimento dell'architettura OSI [10 ore]:

- livello fisico;
- livello collegamento;
- livello rete;
- livello trasporto;
- livello sessione;
- livello presentazione;
- livello applicazione;
- il piano di gestione.

I protocolli d'accesso al mezzo trasmissivo [8 ore]:

- i protocolli d'accesso IEEE 802.3 ed 802.5 per LAN;
- i protocolli d'accesso IEEE 802.6, FDDI per MAN.

Lo standard di interfacciamento X.25. [2 ore]

I protocolli di trasporto: OSI-TP4 e TCP-IP. [6 ore]

Cenni ai protocolli di livello sessione: ASN.1. [2 ore]

Cenni ai protocolli di livello di presentazione: compressione e cifratura dei dati. [3 ore]

Cenni ai protocolli di livello applicazione: CASE, SASE, ROSE, X.400, VTAM, FTAM. [5 ore]

Descrizione delle problematiche relative alla gestione della rete. [5 ore]

Le reti ad alta velocità in studio e sperimentazione. [4 ore]

**ESERCITAZIONI.** Simulazioni al calcolatore di protocolli per reti di calcolatori. Esercizi di utilizzazione di applicativi su rete locale.

**BIBLIOGRAFIA.** Appunti o dispense preparate dai docenti.

## 2 435 F Sistemi di telecomunicazione

Anno:periodo 3:2

### PROGRAMMA

I primi sistemi radiomobili: servizi, utenza, modulazioni, accesso multiplo a divisione di frequenza, caratteristiche generali dei sistemi.

Il concetto di sistema cellulare: tecniche di copertura, riuso di frequenza, interferenza cocanale, dimensionamento e suddivisione delle celle, *handover*.

Gli effetti della propagazione sul canale radiomobile: dipendenza del segnale dai parametri radioelettrici e geometrici, influenza del terreno, fluttuazioni lente, previsione delle aree di copertura, percorsi multipli e fluttuazioni rapide, effetto Doppler, rumore *man-made*, caratteristiche complessive a larga banda.

I sistemi radiomobili della seconda generazione: caratteristiche generali dei sistemi italiani RTMS 450 ed RTMS 900.

Sviluppo e limiti dei sistemi della seconda generazione: utenza, costi, prestazioni, efficienza d'uso dello spettro.

La trasmissione numerica: campionamento e quantizzazione, codifica della voce, modulazioni numeriche, moltiplicazione e divisione di tempo, vantaggi.

Il sistema GSM: servizi, architettura, copertura, accesso, canali di traffico, canali di segnalazione, struttura di trama, codifica della voce, codifica di canale, interallacciamento, modulazione, sincronizzazione, equalizzazione, *handover*.

I telefoni senza cordone: propagazione in ambienti interni, caratteristiche generali dei sistemi CT1 e CT2, il sistema DECT.

Le comunicazioni personali: esigenze dell'utenza, servizi personalizzati, copertura, il sistema DCS 1800, verso il futuro;

BIBLIOGRAFIA. Appunti preparati dai docenti.

## 2 060 F Campi elettromagnetici 2

Anno:periodo 3:2

Obiettivi del corso: fornire maggiori dettagli sulla componentistica a microonde ed optoelettronica, e sulla parte sistemistica dei collegamenti di telecomunicazioni. In particolare, nel modulo verranno illustrati metodi di calcolo delle prestazioni di sistemi di telecomunicazione a RF e in fibra.

Lo studente, al termine del modulo, dovrà essere in grado di comprendere schemi e di risolvere problemi semplici di sistemi di telecomunicazione, e di valutarne le prestazioni essenziali.

Il metodo didattico sarà fortemente basato su esemplificazioni ed applicazioni, senza una sostanziale differenziazione tra lezioni ed esercitazioni. Particolare enfasi verrà posta sugli aspetti pratici, includendo anche esercitazioni di laboratorio.

**PROGRAMMA***Componenti.* [10 ore]

Componenti a microonde ed optoelettronici di interesse per i sistemi di telecomunicazioni

*Dispositivi.* [15 ore]

Dispositivi allo stato solido per microonde e per optoelettronica. Risonatori. Tubi per microonde.

*Aspetti sistemistici.* [20 ore]

Modelli semplici di calcolo delle caratteristiche:

- collegamento in fibra ottica; ponte radio terrestre e con satellite;
- diffusione TV, anche da satellite, misura su collegamenti tra antenne; misura su collegamenti in fibra ottica.
- radar.

**ESERCITAZIONI**

Esercitazioni sperimentali: antenne, ponti radio. [5 ore]

Simulazioni su calcolatore.

**BIBLIOGRAFIA**S. Ramo; J.R. Whinnery, T. Van Duzer, *Campi e onde nell'elettronica per le comunicazioni*, Angeli, 1977.R.E. Collin, *Antennas and radiowave propagation*, McGraw-Hill, 1985.

Appunti dei docenti.

**2 110 F****Costi di produzione e gestione aziendale**

Anno:periodo 3:2

Il corso presenta i fondamenti della gestione economica e finanziaria dell'impresa.

**PROGRAMMA**

L'impresa: proprietà e struttura funzionale.

Approvvigionamento, produzione e distribuzione.

I costi aziendali ed il controllo di gestione.

La valutazione degli investimenti.

La qualità e la normativa attuale.

Cenni sul bilancio di esercizio.

**BIBLIOGRAFIA.** Appunti o dispense preparate dai docenti.

## Indice alfabetico degli insegnamenti

<i>pag.</i>	<i>corso</i>	<i>[anno:periodo]</i>
53	2 005 F	Antenne [3:1]
36	4 010 L	Architetture dei sistemi integrati [3:2]
40	4 xxx N	Basi di dati [3:1]
23	4 030 L/N	Calcolatori elettronici 1 [2:1]
23	4 035 L/N	Calcolatori elettronici 2 [2:1]
29	4 xxx N	Calcolatori elettronici 3 [2:2]
15	2/4 040 F/L/N	Calcolo numerico [1:2]
33	4 050 L	Campi elettromagnetici [3:1]
48	2 055 F	Campi elettromagnetici 1 [2:2]
57	2 060 F	Campi elettromagnetici 2 [3:2]
14	2/4 065 F/L/N	Chimica [1:1]
52	2 075 F	Commutazione [3:1]
34	4 080 L	Compatibilità elettromagnetica [3:1]
49	2 090 F	Comunicazioni elettriche [2:2]
24	4 095 L/N	Controlli automatici [2:1]
54	2 095 F	Controlli automatici [3:1]
11		Corso propedeutico
35	4 110 L	Costi di produzione e gestione aziendale [3:1]
41	4 110 N	Costi di produzione e gestione aziendale [3:1]
58	2 110 F	Costi di produzione e gestione aziendale [3:2]
50	2 140 F	Elaborazione numerica dei segnali [2:2]
26	4 160 N	Elettronica applicata [2:1]
45	2 155 F	Elettronica applicata [2:1]
26	4 160 L	Elettronica applicata 1 [2:1]
32	4 165 L	Elettronica applicata 2 [3:1]
25	4 170 L/N	Elettronica dei sistemi digitali [2:1]
46	2 170 F	Elettronica dei sistemi digitali [2:1]
51	2 175 F	Elettronica delle telecomunicazioni [2:2]
17	4 200 N	Elettrotecnica [1:2]
17	4 200 L	Elettrotecnica 1 [1:2]
18	2 200 F	Elettrotecnica 1 [1:2]

19	4 205 L	Elettrotecnica 2 [1:2]
20	2 205 F	Elettrotecnica 2 [1:2]
16	2/4 215 F/L/N	Fisica [1:2]
13	2/4 245 F/L/N	Fondamenti di informatica 1 [1:1]
13	2/4 250 F/L/N	Fondamenti di informatica 2 [1:1]
21	2 255 F	Fondamenti di informatica 3 [1:2]
22	4 255 N	Fondamenti di informatica 3 [1:2]
42	4 265 N	Identificazione dei modelli e analisi dei dati [3:2]
40	4 305 N	Ingegneria del software [3:1]
12	2/4 335 F/L/N	Matematica 1 [1:1]
12	2/4 340 F/L/N	Matematica 2 [1:1]
15	2/4 355 F/L/N	Metodi matematici per l'ingegneria [1:2]
36	4 360 L	Microelettronica [3:2]
49	2 365 F	Microonde [2:2]
30	4 375 L	Misure elettroniche [2:2]
31	4 375 N	Misure elettroniche [2:2]
47	2 375 F	Misure su sistemi di trasmissione e telemisure [2:1]
39	4 400 N	Reti di calcolatori [3:1]
38	4 410 L	Reti di telecomunicazione [3:2]
43	4 410 N	Reti di telecomunicazione [3:2]
52	2 410 F	Reti di telecomunicazione [3:1]
28	4 415 L/N	Reti logiche [2:2]
42	4 420 N	Ricerca operativa [3:2]
57	2 435 F	Sistemi di telecomunicazione [3:2]
55	2 445 F	Sistemi informativi [3:1]
37	4 450 L	Sistemi operativi [3:2]
39	4 450 N	Sistemi operativi [3:1]
29	4 455 L	Strumentazione elettronica di misura [2:2]
16	2/4 460 F/L/N	Struttura della materia [1:2]
32	4 490 L	Tecnologie e materiali per l'elettronica [3:1]
56	2 510 F	Telematica [3:2]
44	2 515 F	Teoria dei fenomeni aleatori [2:1]
27	4 520 L/N	Teoria dei segnali [2:2]
45	2 520 F	Teoria dei segnali [2:1]
24	4 525 L/N	Teoria dei sistemi [2:1]
27	4 530 L/N	Trasmissione numerica [2:2]