

# CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRONICA

CORSO DI LAUREA

IN

INGEGNERIA

ELETTRONICA

## CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRONICA

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

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

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

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

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

- **elettronica:** questo indirizzo si propone di fornire le metodologie di studio e di progetto per la produzione di sistemi elettronici, dal semplice componente alle complesse unità funzionali. L'evoluzione tecnologica di questa area ha svolto e svolge un ruolo determinante nel rapido sviluppo di tutto il settore elettronico
- **comunicazioni:** è l'indirizzo orientato allo studio dei metodi per la comunicazione e il trasferimento di informazioni a distanza e delle tecniche di realizzazione dei relativi sistemi. Questa è una delle aree applicative più consolidate dell'ingegneria elettronica e ha tratto nuovo impulso dall'impiego dei dispositivi numerici
- **automatica:** è l'indirizzo che si propone di fornire le metodologie per l'analisi dei sistemi e per il progetto e la realizzazione del loro controllo. I settori applicativi di questa area culturale vanno estendendosi dai molti processi di tipo industriale a processi di natura diversa, anche non tecnici (biologici, economici, gestionali ... ecc.)
- **elettromagnetico:** questo indirizzo vuole fornire le metodologie di studio e di progetto di strutture per il coinvolgimento e l'irradiazione di onde elettro-

magnetiche (sistemi di telecomunicazioni, radar, sistemi ottici). E' un'area che presenta parti ampiamente consolidate accanto ad applicazioni avanzate di notevole sviluppo scientifico e tecnologico

- **informatica**: è l'indirizzo orientato a fornire metodologie per i progetti di sistemi per il trattamento delle informazioni e per la loro programmazione. E' una delle aree più recenti, ma anche di più rapida crescita del settore elettronico grazie al continuo ampliamento dei suoi campi di applicazione.

**PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DI CORSO DI LAUREA**

Roberto GENESIO

Dip. di Automatica ed Informatica - Ist. Elettrotecnica generale

**COMMISSIONE PER L'ESAME DEI PIANI DI STUDIO INDIVIDUALE**

<u>Luigi GILLI</u>	Dip. di Automatica e Informatica Ist. di Elettrotecnica generale
Marco Ajmone MARSAN	Dip. di Elettronica Ist. di Elettronica e Telecomunicazioni
Giuseppe MENGA	Dip. di Automatica e Informatica Ist. di Elettrotecnica generale
Franco MUSSINO	Dip. di Elettronica Ist. di Elettronica e Telecomunicazioni
Giovanni PERONA	Dip. di Elettronica Ist. di Elettronica e Telecomunicazioni

**COMMISSIONE PROVE DI SINTESI**

<u>Claudio BECCARI</u>	Dip. di Elettronica Ist. di Elettronica e Telecomunicazioni
Basilio BONA	Dip. di Automatica e Informatica Ist. di Elettrotecnica generale
Pietro LAFACE	Dip. di Automatica e Informatica Ist. di Elettrotecnica generale
Ermanno NANO	Dip. di Elettronica Ist. di Elettronica e Telecomunicazioni
Mario OREFICE	Dip. di Elettronica Ist. di Elettronica e Telecomunicazioni

**PIANO UFFICIALE DEGLI STUDI  
DEL CORSO DI LAUREA IN  
INGEGNERIA ELETTRONICA**

<i>Anno</i>	<i>1° periodo didattico</i>	<i>2° periodo didattico</i>
I	IN457 Analisi matematica I IN463 Chimica IN467 Disegno (1/2 corso)	IN475 Geometria I IN471 Fisica I IN467 Disegno (1/2 corso)
II	IN014 Analisi matematica II IN165 Fisica II IN279 Meccanica razionale	IN071 Complementi di matematica (*). IN151 Elettrotecnica (**) IN079 Componenti elettronici (*)
III	IN140 Elettronica applicata I IN440 Teoria delle reti elettriche $X_1$	IN490 opp. IN491 Sistemi di elaborazione dell'informazione IN043 Campi elettromagnetici e circuiti $X_2$
IV	IN141 Elettronica applicata II IN478 opp. IN479 Comunicazioni elettriche $Y$	IN488 opp. IN489 Controlli automatici IN296 Misure elettriche $Z$
V	IN176 Fisica tecnica IN361 Scienza delle costruzioni IN347 Radiotecnica $W_1$	IN271 Meccanica delle macchine e macchine $U$ $V$ $W_2$

(\*) *insegnamento anticipato del triennio*

(\*\*) *insegnamento sostituito di Geometria II*

$X_1$ ,  $X_2$ ,  $Y$ ,  $Z$ ,  $U$ ,  $V$ ,  $W_1$ ,  $W_2$  costituiscono sei materie di indirizzo. Gli indirizzi attuati nell'a.a. 1982-83 sono di seguito elencati (il primo numero che precede ogni insegnamento indica il rispettivo periodo didattico).

**Indirizzo AUTOMATICA APPLICATA**(Vincolo **IN489** Controlli automatici)

$X_1$	1°	<b>IN436</b>	Teoria dei sistemi
$X_2$	2°	<b>IN355</b>	Ricerca operativa
$Z$	2°	<b>IN306</b>	Modellistica ed identificazione
$U$	2°	<b>IN032</b>	Automazione
$V$	2°	<b>IN065</b>	Complementi di Controlli automatici
$W_1$	1°	<b>IN382</b>	Strumentazione per l'automazione

**Indirizzo AUTOMATICA TEORICA**(Vincolo **IN489** Controlli automatici)

$X_1$	1°	<b>IN436</b>	Teoria dei sistemi
$X_2$	2°	<b>IN041</b>	Calcolo numerico e programmazione
$Z$	2°	<b>IN306</b>	Modellistica ed identificazione
$U$	2°	<b>IN089</b>	Controllo ottimale
$V$	2°	<b>IN087</b>	Controllo dei processi
$W_1$	1°	<b>IN393</b>	Tecnica della regolazione

**Indirizzo INFORMATICA**(Vincolo **IN491** Sistemi di elaborazione dell'informazione)

$X_1$	1°	<b>IN036</b>	Calcolatori e programmazione
$Y$	1°	<b>IN442</b>	Teoria e progetto dei circuiti logici
$Z$	2°	<b>IN372</b>	Sistemi operativi
$U$	2°	<b>IN369</b>	Sistemi di elaborazione dell'informazione II
$V$	2°	<b>IN385</b>	Strutture informative
$W_1$	1°	<b>IN314</b>	Organizzazione delle macchine numeriche

**Indirizzo INFORMATICA SISTEMISTICA**(Vincoli **IN491** Sistemi di elaborazione dell'informazione - **IN489** Controlli automatici)

$X_1$	1°	<b>IN036</b>	Calcolatori e programmazione
$Y$	1°	<b>IN436</b>	Teoria dei sistemi
$Z$	2°	<b>IN306</b>	Modellistica ed identificazione
$U$	2°	<b>IN032</b>	Automazione
$V$	2°	<b>IN372</b>	Sistemi operativi
$W_1$	1°	<b>IN442</b>	Teoria e progetto dei circuiti logici

**Indirizzo ELETTRONICA CIRCUITALE**

$X_2$	2°	<b>IN121</b>	Dispositivi elettronici allo stato solido
$Y$	1°	<b>IN442</b>	Teoria e progetto dei circuiti logici
$U$	2°	<b>IN146</b>	Elettronica per telecomunicazioni
$Z$	2°	<b>IN300</b>	Misure elettroniche
$V$	2°	<b>IN409</b>	Tecnica impulsiva
$W_1$	1°	<b>IN367</b>	Sintesi delle reti elettriche

**Indirizzo CIRCUITI E TECNOLOGIE ELETTRICHE**

$X_2$	2°	<b>IN121</b>	Dispositivi elettronici allo stato solido
$Y$	1°	<b>IN422</b>	Teoria e progetto dei circuiti logici
$U$	2°	<b>IN146</b>	Elettronica per telecomunicazioni
$Z$	2°	<b>IN300</b>	Misure elettroniche
$V$	2°	<b>IN423</b>	Tecnologie elettroniche
$W_1$	1°	<b>IN367</b>	Sintesi delle reti elettriche

**Indirizzo ELETTRONICA FISICA**

$X_2$	1°	<b>IN167</b>	Fisica atomica
$Y$	2°	<b>IN170</b>	Fisica dello stato solido
$U$	2°	<b>IN121</b>	Dispositivi elettronici allo stato solido
$Z$	2°	<b>IN300</b>	Misure elettroniche
$V$	2°	<b>IN498</b>	Applicazioni matematiche per l'elettronica
$W_1$	1°	<b>IN172</b>	Fisica matematica

**Indirizzo ELETTRONICA INDUSTRIALE**

$X_2$	2°	<b>IN121</b>	Dispositivi elettronici allo stato solido
$W_1$	1°	<b>IN382</b>	Strumentazione per l'automazione
$Y$	1°	<b>IN254</b>	Macchine e impianti elettrici
$Z$	2°	<b>IN300</b>	Misure elettroniche
$V$	2°	<b>IN409</b>	Tecnica impulsiva
$U$	2°	<b>IN032</b>	Automazione

**Indirizzo PROPAGAZIONE E ANTENNE**

$X_2$	2°	<b>IN121</b>	Dispositivi elettronici allo stato solido
$Y$	1°	<b>IN403</b>	Tecnica delle iperfrequenze
$U$	2°	<b>IN018</b>	Antenne
$Z$	2°	<b>IN300</b>	Misure elettroniche
$V$	2°	<b>IN064</b>	Complementi di campi elettromagnetici
$W_1$	1°	<b>IN341</b>	Propagazione di onde elettromagnetiche

**Indirizzo CIRCUITI A MICROONDE**(Vincolo **IN479** Comunicazioni elettriche)

$X_2$	2°	<b>IN435</b>	Teoria dei segnali
$Y$	1°	<b>IN403</b>	Tecnica delle iperfrequenze
$U$	2°	<b>IN121</b>	Dispositivi elettronici allo stato solido
$Z$	2°	<b>IN300</b>	Misure elettroniche
$V$	2°	<b>IN370</b>	Sistemi di telecomunicazioni
$W_1$	1°	<b>IN367</b>	Sintesi delle reti elettriche

**Indirizzo MICROONDE E TECNOLOGIE ELETTRICHE**

(Vincolo IN479 Comunicazioni elettriche)

$X_2$	2°	IN435	Teoria dei segnali
$Y$	1°	IN403	Tecnica delle iperfrequenze
$U$	2°	IN121	Dispositivi elettronici allo stato solido
$Z$	2°	IN300	Misure elettroniche
$W_1$	1°	IN367	Sintesi delle reti elettriche
$V$	2°	IN423	Tecnologie elettroniche

**Indirizzo MISURE ELETTRICHE**

(Vincolo IN491 Sistemi di elaborazione dell'informazione)

$X_1$	1°	IN036	Calcolatori e programmazione
$Y$	1°	IN382	Strumentazione per l'automazione
$U$	2°	IN034	Automazione delle misure elettroniche e telemisure
$Z$	2°	IN300	Misure elettroniche
$V$	2°	IN290	Metrologia del tempo e della frequenza
$W_2$	2°	IN381	Strumentazione per bioingegneria

**Indirizzo RADIOTECNICA**

$X_2$	2°	IN121	Dispositivi elettronici allo stato solido
$Y$	1°	IN403	Tecnica delle iperfrequenze
$U$	2°	IN146	Elettronica per telecomunicazioni
$Z$	2°	IN300	Misure elettroniche
$V$	2°	IN290	Metrologia del tempo e della frequenza
$W_1$	1°	IN341	Propagazione di onde elettromagnetiche

**Indirizzo APPARATI DI TELECOMUNICAZIONI**

(Vincolo IN479 Comunicazioni elettriche)

$X_2$	2°	IN435	Teoria dei segnali
$Y$	1°	IN403	Tecnica delle iperfrequenze
$U$	2°	IN146	Elettronica per telecomunicazioni
$Z$	2°	IN300	Misure elettroniche
$V$	2°	IN370	Sistemi di telecomunicazioni
$W_1$	1°	IN367	Sintesi delle reti elettriche

**Indirizzo APPARATI DI TELEFONIA**

$X_2$	2°	IN435	Teoria dei segnali
$Y$	1°	IN367	Sintesi delle reti elettriche
$U$	2°	IN146	Elettronica per telecomunicazioni
$Z$	2°	IN300	Misure elettroniche
$V$	2°	IN370	Sistemi di telecomunicazioni
$W_1$	1°	IN453	Trasmissione telefonica

**Indirizzo SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONI**(Vincolo **IN479** Comunicazioni elettriche)

$X_2$	2°	<b>IN435</b>	Teoria dei segnali
$Y$	1°	<b>IN341</b>	Propagazione di onde elettromagnetiche
$U$	2°	<b>IN061</b>	Commutazione e traffico telefonico
$Z$	2°	<b>IN300</b>	Misure elettroniche
$V$	2°	<b>IN370</b>	Sistemi di telecomunicazioni
$W_2$	2°	<b>IN452</b>	Trasmissione di dati

**Indirizzo TELEFONIA**(Vincolo **IN479** Comunicazioni elettriche)

$X_2$	2°	<b>IN435</b>	Teoria dei segnali
$Y$	1°	<b>IN442</b>	Teoria e progetto dei circuiti logici
$U$	2°	<b>IN061</b>	Commutazione e traffico telefonico
$Z$	2°	<b>IN300</b>	Misure elettroniche
$V$	2°	<b>IN370</b>	Sistemi di telecomunicazioni
$W_1$	1°	<b>IN453</b>	Trasmissione telefonica

**Indirizzo TRASMISSIONE NUMERICA**(Vincolo **IN479** Comunicazioni elettriche)

$X_2$	2°	<b>IN435</b>	Teoria dei segnali
$Y$	1°	<b>IN442</b>	Teoria e progetto dei circuiti logici
$U$	2°	<b>IN452</b>	Trasmissione di dati
$V$	2°	<b>IN445</b>	Teoria statistica dell'informazione
$W_2$	2°	<b>IN061</b>	Commutazione e traffico telefonico
$Z$	2°	<b>IN300</b>	Misure elettroniche

Considerata l'eventualità che alcuni degli insegnamenti previsti per i vari indirizzi non possano essere svolti nell'a.a. 1982/83, si considerino, in tal caso, operanti le seguenti sostituzioni:

**Indirizzo INFORMATICA**

In luogo di:

 $V$  2° **IN385** Strutture informative

la materia:

 $V$  2° **IN041** Calcolo numerico e programmazione**Indirizzo ELETTRONICA FISICA**

In luogo di:

 $V$  2° **IN498** Applicazioni matematiche per l'elettronica

la materia:

 $V$  2° **IN069** Complementi di campi elettromagnetici**Indirizzo MISURE ELETTRONICHE**

In luogo di:

 $U$  2° **IN034** Automazione delle misure elettroniche e telemisure

la materia:

 $U$  2° **IN409** Tecnica impulsiva

## CRITERI DI APPROVAZIONE DEI PIANI DI STUDIO INDIVIDUALI DEL CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRONICA

Saranno approvati i piani di studio comprendenti complessivamente almeno 29 materie tra le quali:

a) Le seguenti 18 materie obbligatorie:

- |    |              |   |  |
|----|--------------|---|--|
| 1° | <b>IN457</b> | Analisi matematica I  |  |
| 2° | <b>IN467</b> | Disegno   |  |
| 1° | <b>IN463</b> | Chimica   |  |
| 2° | <b>IN475</b> | Geometria I   |  |
| 2° | <b>IN471</b> | Fisica I  |  |
| 1° | <b>IN014</b> | Analisi matematica II   |  |
| 1° | <b>IN165</b> | Fisica II   |  |
| 2° | <b>IN151</b> | Elettrotecnica  |  |
| 2° | <b>IN071</b> | Complementi di matematica oppure                                  |  |
| 2° | <b>IN498</b> | Applicazioni matematiche per l'elettronica (1)                    |  |
| 2° | <b>IN079</b> | Componenti elettronici oppure                                     |  |
| 2° | <b>IN258</b> | Materiali per l'elettronica (2)                                   |  |
| 2° | <b>IN043</b> | Campi elettromagnetici e circuiti                                 |  |
| 1° | <b>IN440</b> | Teoria delle reti elettriche                                      |  |
| 1° | <b>IN140</b> | Elettronica applicata I   |  |
| 1° | <b>IN478</b> | Comunicazioni elettriche (gen.) oppure                            |  |
| 1° | <b>IN479</b> | Comunicazioni elettriche (spec.) se preceduto da                  |  |
| 2° | <b>IN435</b> | Teoria dei segnali  |  |
| 2° | <b>IN488</b> | Controlli automatici (gen.) oppure                                |  |
| 2° | <b>IN489</b> | Controlli automatici (spec.) se preceduto da                      |  |
| 1° | <b>IN436</b> | Teoria dei sistemi  |  |
| 1° | <b>IN141</b> | Elettronica applicata II  |  |
| 2° | <b>IN490</b> | Sistemi di elaborazione dell'informazione (gen.) oppure           |  |
| 2° | <b>IN491</b> | Sistemi di elaborazione dell'informazione (spec.) se preceduto da |  |
| 1° | <b>IN036</b> | Calcolatori e programmazione                                      |  |
| 2° | <b>IN300</b> | Misure elettroniche   |  |

b) almeno 5 delle seguenti materie:

- |    |              |                                       | Precedenza           |
|----|--------------|---------------------------------------|----------------------|
| 1° | <b>IN347</b> | Radiotecnica                          | <b>IN141</b>         |
| 1° | <b>IN403</b> | Tecnica delle iperfrequenze           | <b>IN043</b>         |
| 1° | <b>IN393</b> | Tecnica della regolazione             | <b>IN489</b>         |
| 1° | <b>IN442</b> | Teoria e progetto dei circuiti logici | <b>IN490 o IN491</b> |
| 1° | <b>IN453</b> | Trasmissione telefonica               | <b>IN479</b>         |
| 2° | <b>IN032</b> | Automazione                           | <b>IN488 o IN489</b> |
| 1° | <b>IN436</b> | Teoria dei sistemi (3)                | —                    |
| 2° | <b>IN061</b> | Commutazione e traffico telefonico    | <b>IN478 o IN479</b> |
| 2° | <b>IN064</b> | Complementi di campi elettromagnetici | <b>IN403</b>         |
| 2° | <b>IN370</b> | Sistemi di telecomunicazioni          | <b>IN478 o IN479</b> |
| 2° | <b>IN445</b> | Teoria statistica dell'informazione   | <b>IN479</b>         |
| 2° | <b>IN409</b> | Tecnica impulsiva                     | <b>IN141</b>         |

2°	<b>IN290</b>	Metrologia del tempo e della frequenza	<b>IN300</b>
1°	<b>IN367</b>	Sintesi delle reti elettriche	<b>IN440</b>
1°	<b>IN144</b>	Elettronica industriale (6)	<b>IN140</b>
1°	<b>IN036</b>	Calcolatori e programmazione (4)	—
2°	<b>IN121</b>	Dispositivi elettronici allo stato solido	<b>IN079</b> o <b>IN258</b>
2°	<b>IN435</b>	Teoria dei segnali (5)	—
1°	<b>IN341</b>	Propagazione di onde elettromagnetiche	<b>IN043</b>
2°	<b>IN306</b>	Modellistica ed identificazione	<b>IN436</b>
1°	<b>IN314</b>	Organizzazione delle macchine numeriche	<b>IN442</b>
1°	<b>IN382</b>	Strumentazione per l'automazione	<b>IN488</b> o <b>IN489</b>
2°	<b>IN089</b>	Controllo ottimale	<b>IN489</b>
2°	<b>IN146</b>	Elettronica per telecomunicazioni	<b>IN141</b>
2°	<b>IN018</b>	Antenne	<b>IN043</b>
2°	<b>IN372</b>	Sistemi operativi	<b>IN491</b>
2°	<b>IN369</b>	Sistemi di elaborazione dell'informazione II	<b>IN314</b>
2°	<b>IN452</b>	Trasmissione di dati	<b>IN479</b>
2°	<b>IN087</b>	Controllo dei processi	<b>IN489</b>
2°	<b>IN423</b>	Tecnologie elettroniche	<b>IN079</b>
2°	<b>IN381</b>	Strumentazione per bioingegneria	<b>IN140</b>
2°	<b>IN385</b>	Strutture informative (1)	<b>IN491</b>
2°	<b>IN065</b>	Complementi di controlli automatici	<b>IN488</b> o <b>IN489</b>
2°	<b>IN034</b>	Automazione delle misure elettroniche e telemisure (1)	<b>IN300</b>

c) almeno 2 delle seguenti 4 materie:

- 1° **IN176** Fisica tecnica
- 1° **IN361** Scienza delle costruzioni
- 1° **IN279** Meccanica razionale
- 2° **IN271** Meccanica delle macchine e macchine

d) altre materie fino al raggiungimento di un minimo di 29 materie tratte dagli elenchi b) e c) oltre che dal seguente elenco di corsi:

- 2° **IN355** Ricerca operativa
- 2° **IN041** Calcolo numerico e programmazione
- 2° **IN167** Fisica atomica
- 1° **IN170** Fisica dello stato solido
- 2° **IN296** Misure elettriche
- 1° **IN172** Fisica matematica
- 1° **IN254** Macchine e impianti elettrici

*N.B. - Lo studente può inserire nel suo piano individuale degli studi non più di due materie non comprese negli elenchi a), b) c) e d) e dovrà farne esplicita menzione nella domanda motivando la sua scelta, la quale dovrà risultare congruente con l'indirizzo culturale e professionale prescelto.*

**AVVERTENZA: GLI STUDENTI DEL 2° ANNO SONO VIVAMENTE PREGATI DI PRESENTARE UN PIANO DI STUDIO INDIVIDUALE.**

#### NOTE

- (1) Gli studenti che intendessero inserire questo corso nel loro piano degli studi sono pregati di informarsi preventivamente presso la commissione piani di studio o presso la Presidenza, se il corso sarà svolto nell'a.a. 1982/83.
- (2) Questo corso non sarà svolto nell'a.a. 1982/83. Coloro che hanno già ottenuto l'iscrizione e la frequenza, potranno ancora sostenere l'esame. Per coloro, invece, che non hanno ottenuto l'iscrizione e la frequenza, il corso dovrà essere sostituito nel piano di studi con quello di Componenti Elettronici (**IN079**).
- (3) Deve prevedere **IN489** Controlli automatici (speciale) e non può essere scelto insieme a **IN488** Controlli automatici (generale).
- (4) Deve precedere **IN491** Sistemi di elaborazione dell'informazione (speciale) e non può essere scelto insieme a **IN490** Sistemi di elaborazione dell'informazione (generale).
- (5) Deve precedere **IN479** Comunicazioni elettriche (speciale) e non può essere scelto insieme a **IN478** Comunicazioni elettriche (generale).
- (6) Questo corso non sarà svolto nell'a.a. 1982/83. Coloro che hanno già ottenuto l'iscrizione e la frequenza potranno ancora sostenere l'esame. Per coloro, invece, che non hanno ottenuto l'iscrizione e la frequenza, il corso dovrà essere sostituito nel piano di studi con quello di Macchine elettriche statiche (**IN528**).

## PROGRAMMI

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

Degli insegnamenti ufficiali di altro Corso di Laurea, ma previsti nel piano individuale, è riportato il solo elenco alfabetico con i relativi riferimenti:

**IN528** Macchine elettriche statiche  
vedi Corso di laurea in Ingegneria Elettrotecnica

## IN018 ANTENNE

Prof. Mario OREFICE

DIP. di Elettronica			
IST. di Elettronica e Telecomunicazioni			
Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	80	—	8
Settimanale (ore)	6	—	—

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Propagazione e antenne

*Il corso intende approfondire la teoria e i criteri di progetto delle antenne, con particolare risalto per gli aspetti applicativi e pratici. Esempi specifici ed esercizi verranno man mano svolti durante il corso senza distinzione tra lezione ed esercitazione.*

*Il corso si svolgerà con 6 ore di lezione settimanali durante le quali saranno anche svolti esercizi; sono inoltre previste 2-4 ore in laboratorio e 1-2 visite ad aziende. Esame propedeutico è "Campi Elettromagnetici e Circuiti"; è inoltre utile la conoscenza delle tecniche di programmazione su calcolatori (FORTRAN) per lo svolgimento di lavori individuali o di gruppo.*

## PROGRAMMA

Concetti fondamentali sull'irradiazione. Irradiazione da sorgenti semplici. Diagramma d'irradiazione e resistenza di irradiazione. Accoppiamento tra antenne: mutua impedenza in varie configurazioni.

Radiazione da sorgenti filiformi: tecniche di calcolo.

Irradiazione da aperture. Tipi di antenne.

Trattazione di problemi elettromagnetici con metodi ottici. Metodi di calcolo del campo diffratto: metodo delle aperture, metodo dell'ottica fisica. Teoria geometrica della diffrazione. Confronto tra i metodi. Schiere: vari tipi di distribuzione, progetto di vari diagrammi di irradiazione. Schiere a scansione elettronica: criteri generali di progetto, vari tipi di realizzazione, loro applicazioni.

Antenne per VLF, LF, MF: criteri generali ed esempi. Antenne a elementi filiformi: Yagi-Uda, etc..

Antenne a larga banda: spirali, log-periodic, etc..

Antenne a onda progressiva: elica, leaky wave antenna, etc..

Antenne ad apertura: antenne a fessura e sue applicazioni per le schiere a microonde. Antenne biconiche e derivati. Trombino. Antenne a riflettore. Paraboloide, cassegrain, riflettori piani, etc.. Lenti.

Misure su antenne: guadagno, diagramma d'irradiazione, misure di fase e di polarizzazione. Vari metodi utilizzati.

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni sono integrate con le lezioni.

## LABORATORI

2 esercitazioni di laboratorio, presso il laboratorio di iperfrequenze e/o di antenne.

## TESTI CONSIGLIATI

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

Jasik - Antenna engineering handbook -.

Silver - Microwave antenna theory and design -.

Kraus - Antennas -.

Rusch - Reflector Antennas -.

## IN498 APPLICAZIONI MATEMATICHE PER L'ELETTRONICA

Docente da nominare

V ANNO	Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
2° PERIODO DIDATTICO	Annuale (ore)	90	30	—
INDIRIZZO: Elettronica fisica	Settimanale (ore)	8	4	—

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

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

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

## PROGRAMMA

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

## ESERCITAZIONI

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

## TESTI CONSIGLIATI

G. Teppati - Complementi di matematica - Volume I - Funzioni analitiche - Volume II - Distribuzioni, sistemi, trasformate di Fourier e di Laplace - Volume III - Spazi di Funzioni - Levrotto & Bella, Torino, 1982.

## IN032 AUTOMAZIONE

Prof. Roberto GENESIO

DIP. di Automatica e Informatica  
IST. di Elettrotecnica Generale

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Automatica Applicata

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

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

*Il corso si svolgerà attraverso lezioni ed esercitazioni.*

*E' richiesta la conoscenza degli argomenti trattati nei corsi di Controlli automatici e di Sistemi di elaborazione dell'informazione.*

## PROGRAMMA

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

Descrizione del funzionamento e delle caratteristiche generali dei sottosistemi impiegati nel controllo dei processi: sensori, strutture di interfaccia verso il calcolatore (multiplexers, convertitori A/D, ecc.), minielaboratori e microprocessori, controllori e attuatori.

Sviluppo di tecniche per la costruzione del modello matematico dell'impianto. Esempi di sistemi che coinvolgono processi idraulici, termici, chimici, ecc..

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

Introduzione agli aspetti principali del problema della ottimizzazione stazionaria.

Analisi di alcuni metodi per il controllo di sistemi dinamici multivariabili, con particolare riferimento alle tecniche del controllo ottimo e della programmazione dinamica, e con esempi di applicazioni.

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni saranno dedicate per una metà ai sottosistemi impiegati nel controllo dei processi, mentre per l'altra metà verranno impiegate per lo sviluppo, da parte degli studenti divisi in gruppi, di esempi completi di controllo di processi industriali.

## TESTI CONSIGLIATI

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

G. Quazza - Controllo dei processi - Vol. I - CLUP, Milano, 1979.

## IN034 AUTOMAZIONE DELLE MISURE ELETTRONICHE E TELEMISURE

Prof. Umberto PISANI

DIP. di Elettronica

IST. di Elettronica e Telecomunicazioni

V ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 70 30 —

INDIRIZZO: Misure Elettroniche

Settimanale (ore) 6 2 —

*Il corso ha lo scopo di familiarizzare gli allievi con tali sistemi di misura controllati da un elaboratore elettronico: attualmente sono molto diffusi sia nell'ambito industriale sia nei laboratori di ricerca o metrologici.*

## PROGRAMMA

*Richiami sul trattamento statistico dei dati sperimentali.*

*Sistemi automatici di misura:* apparecchiature per test automatici ad uso industriale; sistemi di misura riconfigurabili.

*Standardizzazione di un sistema di misura riconfigurabile:* principali tipi di standard esistenti.

*Hardware di un sistema di misura automatico:* il controllore del processo; la strumentazione.

*Software di un sistema di misure automatico:* software di utilità; software di applicazione (struttura dei programmi, scelta degli algoritmi di elaborazione, presentazione dei risultati).

*Analisi dettagliata di un sistema di misura automatico per l'analisi delle reti elettriche dalla RF alle Microonde:* struttura del banco; procedura automatica di calibrazione degli errori; gestione del processo di misura; elaborazione dei dati sperimentali.

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni verteranno sull'implementazione di banchi automatici di misura da parte di gruppi di allievi, che redigeranno una relazione completa sotto forma di tesina.

## IN036 CALCOLATORI E PROGRAMMAZIONE

Prof. Angelo SERRA

III ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Informatica -

Informatica Sistemistica -

Misure Elettroniche

DIP. di Automatica e Informatica

IST. di Elettrotecnica Generale

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

*E' il primo corso dell'indirizzo di Informatica per ingegneri elettronici ed è propedeutico a tutti gli altri corsi di questo indirizzo. Lo scopo del corso è quello di fornire informazioni introduttive sulla struttura del calcolatore, sulla rappresentazione dell'informazione al suo interno, sull'aritmetica binaria, le basi della programmazione in linguaggio assembler, i fondamenti della programmazione strutturata in un linguaggio evoluto quale il FORTRAN.*

*Durante le lezioni saranno svolti numerosi esercizi esemplificativi inoltre gli allievi potranno svolgere esercizi pratici di programmazione sia in FORTRAN che in assembler sul PDP-11/34 della sala terminali.*

*Nozioni propedeutiche: Nozioni di elettrotecnica ed elettronica.*

## PROGRAMMA

Principi della programmazione strutturata, diagrammi a blocchi, procedura, algoritmi sulla matematica elementare e sull'ordinamento di vettori.

Fortran IV: il linguaggio e numerosi esempi applicativi sul calcolatore PDP-11/34.

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

Algebra di Boole, analisi e sintesi di circuiti con porte elementari e con blocchi complessi (full-adder e multiplexer). Cenni sui circuiti sequenziali e sugli elementi di memoria (RAM e ROM).

Struttura dei calcolatori: unità di calcolo, di memoria, di controllo, unità di ingresso/uscita. L'indirizzamento della memoria; uso del contatore di programma; le fasi di esecuzione dell'istruzione; le istruzioni del PDP/11 con esempi applicativi.

Organi periferici di un calcolatore: principi di funzionamento e dati caratteristici della telescrivente, lettore e perforatore di nastro, stampante, nastri e dischi magnetici.

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

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

Software di base. Cenni sul sistema operativo RSX11.

## ESERCITAZIONI

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

## TESTI CONSIGLIATI

Frisiana, Gilli - Circuiti Logici - Franco Angeli.

A. Siciliano - Il linguaggio Fortran - Ed. Zanichelli, 1974.

R.H. Eckhouse - Minicomputer System: Organization and Programming (PDP11) - McGraw Hill.

Gay - Appunti delle lezioni - Ed. CELID.

Clerici - Introduzione al Sistema Operativo RSX11M - Ed. CELID.

## IN041 CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE

Prof. Catterina DAGNINO

DIP. di Matematica

IST. Matematico

III ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 80 50 -

INDIRIZZO: Informatica -

Settimanale (ore) 6 4 -

Informatica Sistemistica -  
Misure Elettroniche

*Il corso ha lo scopo di fornire agli allievi le conoscenze di base sui principali metodi numerici relativi a problemi diversi. Vengono inoltre analizzati i corrispondenti algoritmi, di alcuni dei quali è presentato il programma in Fortran. Il corso comprenderà lezioni, esercitazioni in aula, esercitazioni al calcolatore.*

## PROGRAMMA

Aspetti di base dei calcoli numerici.  
Aritmetica del calcolatore.  
Interpolazione e approssimazione di funzioni.  
Differenziazione e integrazione numerica.  
Equazioni non lineari e sistemi di equazioni non lineari.  
Sistemi di equazioni lineari.  
Autovalori e autovettori di matrici.  
Equazioni differenziali ordinarie.  
Programmazione in linguaggio Fortran.

## ESERCITAZIONI

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

## TESTI CONSIGLIATI

A. Ralston, P. Rabinowitz - A first course in numerical analysis - II ed. - McGraw Hill, 1978.  
F. Lerda - Il Fortran IV - Etas Kompass.

## IN043 CAMPI ELETTROMAGNETICI E CIRCUITI

Prof. Rodolfo ZICH (1° corso)  
 Prof. Vito DANIELE (2° corso)

DIP. di Elettronica  
 IST. di Elettronica e Telecomunicazioni

III ANNO  
 2° PERIODO DIDATTICO

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

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

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

*Nozioni propedeutiche: oltre i corsi del biennio di matematica e fisica sono indispensabili Elettrotecnica e Complementi di matematica. Si consiglia anche di aver seguito il corso di Teoria delle reti.*

## PROGRAMMA

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

## ESERCITAZIONI

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

## LABORATORI

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

## TESTI CONSIGLIATI

Sono disponibili dispense che coprono quasi tutto il corso.

## IN061 COMMUTAZIONE E TRAFFICO TELEFONICO

Prof. Sergio TREVES

DIP. di Elettronica

IST. di Elettronica e Telecomunicazioni

V ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 60 10 -

INDIRIZZO: Sistemi di telecomunicazioni -

Settimanale (ore) 6 - -

Telefonia -

Trasmissione numerica

*Il corso ha carattere sistemistico per allievi che intendono specializzarsi in telecomunicazioni oppure nel campo degli elaboratori in tempo reale.*

*Non esiste una suddivisione rigida tra lezioni ed esercitazioni in quanto esempi pratici sono introdotti contemporaneamente.*

*Nozioni propedeutiche: Elettronica applicata, Sistemi di elaborazione, Circuiti logici.*

## PROGRAMMA

- Reti di telecomunicazioni teleselettive.
- Fondamenti di commutazione.
- Cenni di traffico telefonico.
- Principi di commutazione elettromeccanica.
- Principi di commutazione elettronica.
- Elaboratori in tempo reale a controllo centrale o distribuito.
- Centrali numeriche di commutazione.
- Commutazione di circuito e di pacchetto in reti dati.

## ESERCITAZIONI

- Schemi di centrali elettromeccaniche. Esempi di traffico.

## IN064 COMPLEMENTI DI CAMPI ELETTROMAGNETICI

Prof. Ivo MONTROSSET

DIP. di Elettronica

IST. di Elettronica e telecomunicazioni

V ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 70 10 4

INDIRIZZO: Propagazione e antenne

Settimanale (ore) 5 1

*Il corso intende sviluppare alcuni argomenti legati alla comunicazione con portante ottica non presi in esame negli altri corsi di orientamento elettromagnetico, ma di notevole importanza ed interesse per certi campi di applicazione che sono attualmente in considerevole fermento.*

*Il corso si svolgerà in sei ore settimanali comprendenti anche esercitazioni di calcolo.*

*Nozioni propedeutiche: Campi elettromagnetici e circuiti; consigliato: Tecnica delle iperfrequenze.*

## PROGRAMMA

*Strutture elettromagnetiche aperte:* Guide planari usate nella realizzazione di circuiti ottici integrati e a microonde. Caratteristiche modali (spettro discreto e continuo, modi leaky, perdite) per strutture con indice di rifrazione costante a tratti e non uniformi (metodo WKB e delle funzioni di confronto) guide accoppiate e guide realizzate con materiali anisotropi. Fibre ottiche: caratteristiche modali (modi  $te$ ,  $tm$ , ibridi, leaky), velocità di fase e di gruppo, dispersione modale e dei materiali per strutture mono e multimodali. *Teoria dell'accoppiamento modale:* per guide dielettriche aperte e metalliche, accoppiamento fra modi (equiversi e/o controversi) dello spettro discreto, e fra modi discreti e continui. *Ottica integrata:* Dispositivi semplici planari (lenti convenzionari e geodetiche, prismi, deflettori di fascio elettro ed acusto-ottici) dispositivi sfruttanti l'accoppiamento modale (filtri, riflettori, accoppiatori direzionali, etc.), altri dispositivi quali modulatori ed interruttori. Circuiti O.I. quali: matrici di commutazione, porte ottiche veloci, bistabili, convertitore A/D, analizzatore di spettro. *Micro-ottica per sistemi in fibra ottica multimodale:* dispositivi elementari, giunzioni, filtri interferenziali e reticoli per la moltiplicazione di lunghezza d'onda. *Cenni di ottica di Fourier ed olografia sui sistemi di lenti e sui risuonatori aperti.*

## ESERCITAZIONI

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

## LABORATORI

Propagazione in strutture guidanti planari, accoppiamento fascio laser-guida planare, esperimenti semplici di ottica di diffrazione.

## TESTI CONSIGLIATI

Sono forniti agli studenti appunti delle lezioni.

## IN065 COMPLEMENTI DI CONTROLLI AUTOMATICI

Prof. Maurizio VALLAURI

DIP. di Automatica e Informatica

IST. di Fisica Sperimentale

V ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 70 24 —

INDIRIZZO: Automatica Applicata

Settimanale (ore) 6 2 —

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

*Il corso si svolgerà con sei ore di lezioni e due ore di esercitazioni per settimana. Nozioni propedeutiche: Controlli automatici.*

## PROGRAMMA

*Introduzione al controllo mediante calcolatori digitali.*

*I sistemi discreti nel tempo.* Nozioni generali, segnali discreti, teorema del campionamento, trasformazione Z, rappresentazione con variabili di stato di sistemi mono e multi-variabili. Definizione delle caratteristiche dinamiche dei trasduttori e attuatori in relazione agli obiettivi del controllo. I filtri digitali nei sistemi di controllo.

*Controllo di sistemi deterministici.* Tipi di controllori, controllori dello stato, criteri di controllo ottimo, osservatori.

*Principi di controllo di sistemi stocastici.*

*Controllo di sistemi incerti.* Approssimazione dei modelli, criteri di valutazione del modello e del controllo, progetto dell'osservatore e del controllo.

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consisteranno nella impostazione, risoluzione e discussione di problemi e si concluderanno con lo studio di un "caso" di progetto di controllo digitale legato a una realizzazione pratica.

## TESTI CONSIGLIATI

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

## IN071 COMPLEMENTI DI MATEMATICA

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

DIP. di Matematica  
 IST. Matematico

II ANNO (\*)

2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	90	50	—
Settimanale (ore)	7	4	—

*Il corso si propone di fornire la parte di presupposti matematici ritenuta più urgente per la partecipazione agli insegnamenti di ingegneria elettronica: i temi generali trattati sono: Funzioni analitiche, Matematica dei sistemi lineari. Funzioni speciali. Il corso comprenderà lezioni, esercitazioni alla lavagna, esercitazioni svolte dagli allievi ai tavoli.*

*Nozioni propedeutiche: contenuto dei corsi di Analisi I, Analisi II, Geometria; raccomandati anche Fisica e Meccanica Razionale.*

## PROGRAMMA

Derivabilità, condizioni di Cauchy-Riemann, integrabilità. Teorema integrale di Cauchy, teorema dei residui, calcolo di integrali con il metodo dei residui, lemma di Jordan. Applicazioni del calcolo dei residui alla decomposizione in fratti semplici. Formule integrali di Cauchy. Comportamento locale e comportamento globale di funzioni analitiche. Classificazione delle singolarità isolate. Principi di identità. Funzioni polidrome: punti di diramazione, superfici di Riemann, tagli. Funzioni armoniche: funzioni analitiche e trasformazioni di funzioni armoniche, esempi di applicazione all'elettrostatica piana. Distribuzioni: funzioni di prova, distribuzione  $\sigma$ , le funzioni ordinarie come distribuzioni, limiti generalizzati. Operazioni lineari sulle distribuzioni. Distribuzione "1/t". Supporto, equazione  $tF(t) = G(t)$ . Convoluzione di distribuzioni e proprietà. Uso della convoluzione nei problemi lineari. Trasformazione di Fourier e di Laplace: introduzione agli integrali di Fourier e di Laplace e dell'inversione, con esempi. Trasformazione di Fourier di distribuzioni, trasformate di  $\sigma$  e di 1. Inversione della trasformazione di Fourier. Definizione della trasformazione di Laplace di distribuzioni, dominio di definizione, analiticità. Proprietà delle trasformate di Fourier e di Laplace. Uso delle trasformate nei problemi lineari per il calcolo della convoluzione. Uso delle trasformate nei problemi lineari differenziali, calcolo di risposte forzate, trasformate di  $u(t)$   $f^{(n)}(t)$  e risoluzione di problemi con date condizioni iniziali, applicazione alle reti elettriche. Inversione della trasformata di Laplace. Trasformata del gradino unitario  $u(t)$ . Relazione tra trasformate di Laplace e di Fourier. Fenomeno di Gibbs, smoothing. Trasformata di Fourier di un treno di impulsi, formula di Poisson, teorema del campionamento. Funzioni di Bessel, vibrazioni di una membrana circolare, equazione di Bessel.

## ESERCITAZIONI

Esercizi relativi agli argomenti trattati in lezione, svolti per due ore settimanali alla lavagna, per altre due dagli allievi ai tavoli.

## TESTI CONSIGLIATI

Per le funzioni analitiche:

G. Teppati - Complementi di Matematica - Vol. I - Funzioni analitiche - Levrotto & Bella, Torino, 1981.

Per gli argomenti rimanenti:

R. Ascoli - Complementi di Matematica - CLUT, Torino.

(\*) Insegnamento del triennio anticipato al biennio.

## IN079 COMPONENTI ELETTRONICI Ex IN258 MATERIALI PER L'ELETTRONICA

Prof. Anna Maria RIETTO (1° corso)  
Prof. Gianni CONTE (2° corso)

DIP. di Elettronica  
IST. di Elettronica e Telecomunicazioni

II ANNO (*)	Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
2° PERIODO DIDATTICO	Annuale (ore)	80	—	—
	Settimanale (ore)	6	—	—

*Il corso di Componenti elettronici è il primo insegnamento di tipo elettronico del corso di laurea. Sono inizialmente presi in esame i concetti fondamentali della fisica dei solidi e a partire da questi sono derivate le principali caratteristiche (dal punto di vista elettronici) dei materiali magnetici, degli isolanti, dei conduttori e dei semiconduttori. Sono successivamente analizzati i comportamenti dei componenti passivi e dei dispositivi a semiconduttore fondamentali nei sistemi elettronici. Vengono inoltre fornite alcune nozioni di base sulla tecnologia dei circuiti integrati. Il corso si svolge su 6-8 ore di lezione settimanali.*

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

### PROGRAMMA

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

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

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

### ESERCITAZIONI

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

### TESTI CONSIGLIATI

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

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

Riello - Materiali per elettronica - Levrotto & Bella, Torino.

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

---

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

## IN478 COMUNICAZIONI ELETTRICHE (Gen.)

Prof. Valentino CASTELLANI

DIP, di Elettronica			
IST. di Elettronica e Telecomunicazioni			
Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	80	50	—
Settimanale (ore)	6	4	—

IV ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

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

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

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

### PROGRAMMA

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

Cenni descrittivi al sistema di trasmissione del segnale telefonico.

Viene poi studiato il rumore nei sistemi di comunicazione.

Si passa poi allo studio della trasmissione di tipo PCN.

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

### ESERCITAZIONI

Esercitazioni di calcolo sugli argomenti del corso.

### TESTI CONSIGLIATI

Carlson - Communication Systems - McGraw Hill.

Shannigan - Analog and Digital Communication Systems - McGraw Hill.

## IN479 COMUNICAZIONI ELETTRICHE (spec.)

Prof. Mario PENT

IV ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Telecomunicazioni

DIP. di Elettronica

IST. di Elettronica e Telecomunicazioni

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

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

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

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

## PROGRAMMA

Descrizione di un sistema di comunicazione. Caratteristiche dei segnali. Canale di comunicazione. Distorsioni di ampiezza e fase. Rumore nei canali di comunicazione.

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

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

Trasmissione di segnali numerici in banda base. Interferenza intersimbolica e probabilità di errore. Trasmissione di segnali numerici con modulazione. Modulazioni numeriche.

PCM - Multiplazione FDM e TDM.

## ESERCITAZIONI

Esercitazioni di calcolo sui principali argomenti del corso.

## TESTI CONSIGLIATI

Le indicazioni bibliografiche saranno fornite dal docente.

## IN488 CONTROLLI AUTOMATICI (gen.)

Prof. Franco FERRARIS

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

DIP. di Automatica e Informatica

IST. di Elettrotecnica Generale

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

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

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

## PROGRAMMA

Descrizione dei sistemi dinamici ed elementi di modellistica. Schemi a blocchi, algebra dei blocchi, riduzione di uno schema in forma canonica. Esempi di applicazione dei principi di modellistica a semplici sistemi elettrici, meccanici, elettromeccanici, termici, idraulici, fluidici.

Descrizione dei sistemi dinamici mediante equazioni di stato. Equazioni di stato di sistemi in catena aperta e in catena chiusa. Compendio dei principali effetti della retroazione. Richiami sulla risposta nel tempo di sistemi dinamici lineari. Effetto dei disturbi, del comando e del riferimento sull'uscita di sistemi dinamici con una variabile controllata.

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

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

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

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

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

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

Progetto di reti integrative derivate e integro-derivate. Esempi e studi particolari.

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

### ESERCITAZIONI

Esercizi sugli argomenti trattati a lezione.

### TESTI CONSIGLIATI

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

J.L. Melsa, D.G. Schutz - Linear Control Systems - McGraw Hill, N.Y.

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

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

## IN489 CONTROLLI AUTOMATICI (Spec.)

Prof. Giuseppe MENGA

DIP. di Automatica e Informatica

IST. di Elettrotecnica Generale

IV ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 90 30 30

Settimanale (ore) 6 2 2

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

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

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

## PROGRAMMA

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

## ESERCITAZIONI

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

## LABORATORI

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

## TESTI CONSIGLIATI

G. Fiorio - Sistemi lineari di controllo - Vol. I e II - Ed. CLUT.

A. Isidori - Sistemi di controllo - Ed. Siderea.

C. Greco - Manuale di uso dei programmi di progetto di controllo - Ed. CELID.

Di Stefano, Stubberud - Feedback and Control Systems - Ed. McGraw Hill, Book Company.

## IN087 CONTROLLO DEI PROCESSI

Prof. Donato CARLUCCI

DIP. di Automatica e Informatica

IST. di Elettrotecnica Generale

V ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 60 20 20

INDIRIZZO: Automatica

Settimanale (ore) 4 4 -

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

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

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

## PROGRAMMA

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

Descrizione delle tecniche di progetto del controllo per sistemi multivariabili nel dominio della frequenza: sistemi diagonali dominanti ed uso delle bande di Gershgorin; sistemi non dominanti ed uso del teorema di Nyquist; sistemi incerti ed uso combinato delle tecniche conosciute.

Descrizione delle tecniche di progetto del controllo per sistemi multivariabili nel dominio del tempo: tecniche di piazzamento dei poli del sistema in catena chiusa attraverso retroazione delle variabili di stato, algoritmi relativi; tecniche di piazzamento dei poli del sistema in catena chiusa attraverso la retroazione statica e dinamica dell'uscita, algoritmi relativi; trattamento dell'incertezza e modifiche delle specifiche del controllo per tenere in conto dell'incertezza con cui è noto il processo.

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

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

## ESERCITAZIONI

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

## LABORATORI

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

## TESTI CONSIGLIATI

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

## IN089 CONTROLLO OTTIMALE

Prof. Enrico CANUTO

V. ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Automatica

DIP. di Automatica e Informatica

IST. di Elettrotecnica Generale

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

*Il corso si propone di illustrare i metodi per il progetto dei moderni sistemi di controllo. Questi si vanno sempre più diffondendo sia nei sistemi di produzione (processi industriali, linee di lavorazione flessibili, manipolatori) sia nei sistemi di trasporto (controllo centralizzato del traffico urbano) dopo il loro primo sviluppo nell'ambito dei sistemi aerospaziali. Lo sviluppo di questi metodi, che si avvalgono degli algoritmi della programmazione matematica, richiede l'ausilio del calcolatore. Il corso si articola in lezioni, esercitazioni in aula ed esercitazione al calcolatore. Nozioni propedeutiche: gli argomenti trattati nel corso richiedono una buona conoscenza di Teoria dei sistemi e di Controlli automatici.*

## PROGRAMMA

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

## ESERCITAZIONI

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

## TESTI CONSIGLIATI

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

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

Altri testi verranno consigliati durante il corso.

## IN121 DISPOSITIVI ELETTRONICI ALLO STATO SOLIDO

Prof. Carlo NALDI

III ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Elettronica Circuitale -  
 Elettronica Industriale -  
 Circuiti e tecnologie elettroniche -  
 Elettronica Fisica -  
 Propagazione e antenne -  
 Circuiti a microonde -  
 Microonde e tecnologie elettroniche -  
 Radiotecnica

DIP. di Elettronica

IST. di Elettronica e Telecomunicazioni

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	120	—	—
Settimanale (ore)	8	—	—

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

*Nozioni propedeutiche: si richiede unicamente una buona conoscenza della teoria della giunzione p - n e del funzionamento dei transistori (corso di Componenti elettronici) ed i concetti elementari sulla propagazione ondosa (corso di Fisica II e Campi elettromagnetici).*

## PROGRAMMA

*Cenni di meccanica quantistica e di fisica dello stato solido.*

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

*Proprietà fisiche dei semiconduttori.*

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

*Dispositivi a giunzione.*

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

**Dispositivi metallo-semiconduttore.**

Effetto Schottky. Diodo Schottky e transistor bloccato. Transistore MESFET e circuiti integrati all'arseniuro di gallio.

**Dispositivi metallo-isolante-semiconduttore.**

Diodo MIS. Fenomeni di superficie. Transistori MOSFET, Circuiti integrati a MOS. Problemi di integrazione su larga scala (VLSI). Cenni sui metodi di progetto.

**Dispositivi ottici.**

Sorgenti di luce LED e LASER a giunzione e a eterogiunzione. Fotodiodi. Celle solari.

**Dispositivi a effetto di volume.**

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

**ESERCITAZIONI**

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

**LABORATORI**

Alcune dimostrazioni di laboratorio.

**TESTI CONSIGLIATI**

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

Sze - Fisica dei dispositivi a semiconduttore - Tamburini Ed.

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

Mea, Conway - Introduction to VLSI Systems - Eddison, Wesley.

## IN140 ELETTRONICA APPLICATA I

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

DIP. di Elettronica  
 IST. di Elettronica e Telecomunicazioni

III ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

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

*Il corso è orientato ad iniziare l'allievo al progetto di circuiti elettronici sia analogici sia digitali (logici). Il corso presuppone la conoscenza delle caratteristiche fondamentali dei dispositivi elettronici (transistori bipolari JFET e MOS) e sviluppa: 1) lo studio dei circuiti amplificatori, sia di quelli elementari, sia di quelli con reazione; 2) l'aspetto circuitale e funzione dei circuiti logici fondamentali (famiglie logiche, circuiti combinatori, circuiti sequenziali). Per la comprensione di alcuni argomenti relativi alla risposta in frequenza degli amplificatori e dei circuiti con reazione è necessario seguire in parallelo il corso di Teoria delle Reti elettriche.*

*Il corso è articolato in lezioni ed esercitazioni di carattere numerico (non sperimentale).*

*Sono nozioni propedeutiche quelle acquisite nei corsi di Elettrotecnica e Componenti elettronici.*

## PROGRAMMA

Circuiti elementari a diodi.

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

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

Circuiti amplificatori con più stadi in cascata.

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

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

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

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

Raddrizzatori alimentatori stabilizzati.

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

## ESERCITAZIONI

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

## TESTI CONSIGLIATI

Jacob Millman - Microelectronics - McGraw Hill.

V. Pozzolo - Caratteristiche di componenti elettronici - CELID.

## IN141 ELETTRONICA APPLICATA II

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

DIP. di Elettronica  
 IST. di Elettronica e Telecomunicazioni

IV ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	58	44	14
Settimanale (ore)	4	4	

*Il corso ha lo scopo di completare la formazione degli allievi sull'Elettronica applicata, proseguendo il lavoro iniziato in "Componenti elettronici" e "Elettronica Applicata I".*

*Il corso comprende lezioni, esercitazioni riguardanti progetti, verifica dei circuiti progettati in laboratorio.*

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

## PROGRAMMA

Amplificatori per grandezze continue: proprietà e requisiti; studio e progetto di stadi differenziali di ingresso, degli stadi intermedi, di quelli finali; realizzazione nei circuiti integrati; amplificatori operazionali, controeazione, errori e derive; stabilità e banda passante; progetto di circuiti con operazionali.

Amplificatori non lineari, logaritmici, moltiplicatori e divisori analogici.

Circuiti con semiconduttori per applicazioni logiche: rassegna delle principali famiglie logiche integrate; problemi di interfaccia; flip-flop; circuiti sequenziali statici e dinamici; logiche cablate e logiche programmate, cenni all'organizzazione dei sistemi a microprocessore.

Elementi di tecnica delle forme d'onda: comparatori di soglia; generatori astabili di onde quadre e triangolari; V.C.O.; generatori di onde quadre a nucleo saturabile; convertitori dc-dc; circuiti monostabili.

Regolatori di tensione e alimentari stabilizzati; regolatori di tipo dissipativo e regolatori "switching"; regolatori integrati; progetto di alimentatori stabilizzati.

## ESERCITAZIONI

Riguardano soprattutto semplici progetti di circuiti.

## LABORATORI

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

## TESTI CONSIGLIATI

V. Pozzolo - Elettronica Applicata II - CELID.

V. Pozzolo - Caratteristiche di componenti elettronici - CELID.

## IN146 ELETTRICA PER TELECOMUNICAZIONI

Prof. Dante DEL CORSO

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Apparatì di Telecomunicazione -  
 Elettronica circuitale -  
 Circuiti e tecnologie elettroniche -  
 Radiotecnica -  
 Apparatì di telefonia

DIP. di Elettronica

DIP. di Elettronica e Telecomunicazioni

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

*Il corso è dedicato allo studio ed al progetto dei circuiti elettronici usati specificamente nei sistemi di telecomunicazione. Vengono per questo utilizzati sia componenti discreti, sia moduli a vario livello di integrazione. Nel caso in cui si usino dei moduli funzionali se ne analizzano le specifiche (comportamento esterno) e, in un secondo tempo, la realizzazione circuitale.*

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

## PROGRAMMA

Transistori fuori linearità, limitatori, moltiplicatori di frequenza.  
 Amplificatori per ampio segnale, a larga banda ed accordati.  
 Oscillatori sinusoidali.  
 Filtri attivi realizzati con amplificatori operazionali (classificazione ed uso di tabelle per il progetto).  
 Circuiti con funzione di trasferimento non-lineare basati su amplificatori operazionali.  
 Anelli ad aggancio di fase (PLL).  
 Conversione analogico/digitale e digitale/analogico.  
 Circuiti campionatori (sample/hold).  
 Convertitori A/D e D/A per uso telefonico: PCM e delta.  
 Cenni su modulatori e demodulatori per informazioni numeriche (MODEM).  
 Strutture per trasferimenti di informazione di tipo parallelo e seriale, sincrone ed asincrone.  
 Tecniche e circuiti di sincronizzazione per trasmissione seriali. Standard di collegamento seriali.  
 Cenni su protocolli per reti locali multipunto.

## ESERCITAZIONI

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

## LABORATORI

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

## TESTI CONSIGLIATI

Dispense - Elettronica per telecomunicazioni - CLUT.  
 Clark, Hesse - Communication circuits analysis and design - Addison Wesley, 1971.  
 Tobey, Graeme - Operational amplifiers: design and applications - McGraw Hill, 1971.  
 M. Gardner - Phase lock techniques - J. Wiley & Sons.

## IN167 FISICA ATOMICA

Docente da nominare

III ANNO	Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
2° PERIODO DIDATTICO	Annuale (ore)	80	30	10
INDIRIZZO: Elettronica Fisica	Settimanale (ore)	6	3	—

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

*Il corso comprende lezioni, esercitazioni, laboratori.*

*Nozioni propedeutiche: Complementi di matematica.*

## PROGRAMMA

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

## ESERCITAZIONI

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

## LABORATORI

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

## TESTI CONSIGLIATI

R. Malvano, D. Barbero - Introduzione alla Fisica atomica e molecolare -.

L. Schiff - Meccanica quantistica -.

R. Resnick - Introduzione alla relatività ristretta.

## IN170 FISICA DELLO STATO SOLIDO

Docente da nominare

IV ANNO	Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
1° PERIODO DIDATTICO	Annuale (ore)	70	50	—
INDIRIZZO: Elettronica Fisica	Settimanale (ore)	6	—	—

*Il corso ha carattere introduttivo allo studio di diversi problemi della fisica dello stato solido.*

*Il corso comprende lezioni, esercitazioni teoriche.*

*Nozioni propedeutiche: è consigliabile che gli studenti che prevedono nel loro piano di studi gli esami di fisica atomica e meccanica statistica sostengano questi ultimi in precedenza.*

## PROGRAMMA

Strutture cristalline. Diffrazione dei cristalli e reticolo reciproco. Legame dei cristalli. Costanti elastiche e onde elastiche. Fenomeni e vibrazioni reticolari. Proprietà termiche degli isolanti. Gas di elettroni liberi o di Fermi. Bande di energia. Cristalli semiconduttori. Proprietà dielettriche. Diamagnetismo e paramagnetismo. Ferromagnetismo e antiferromagnetismo. Fenomeni ottici negli isolanti e semiconduttori.

## LABORATORI

Esercitazioni teoriche (tesine monografiche riguardanti il corso e attribuite a ciascun studente).

## TESTI CONSIGLIATI

C. Kittel - Introduzione alla fisica dello stato solido -.

## IN172 FISICA MATEMATICA

Prof. Guido RIZZI

DIP. di Matematica

IST. di Meccanica Razionale

V ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

1° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 100 — —

INDIRIZZO: Elettronica Fisica

Settimanale (ore) 6 — —

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

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

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

## PROGRAMMA

*Calcolo tensoriale.* Vengono introdotte le tecniche matematiche adatte allo studio dei campi e della relatività speciale. Tali tecniche saranno utilizzate sistematicamente in tutto il corso.

*Meccanica relativistica.* Si introduce lo spaziotempo pseudoeuclideo. In tale contesto si studia la meccanica della particella, sia con massa propria costante che con massa propria variabile. Tale studio viene poi esteso ai sistemi di particelle e ai continui incoerenti. Particolare attenzione è rivolta ai teoremi di conservazione.

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

*Seminario 1:* Formulazione variazionale delle equazioni fondamentali dell'elettrodinamica relativistica, o eventualmente delle leggi fisiche in generale (se richiesto).

*Seminario 2:* introduzione alla meccanica statistica. Teoremi fondamentali nello spazio delle fasi. Ergodicità. Irreversibilità e approccio all'equilibrio. Equazione di Boltzmann. Teorema H. Processi markoffiani. Master equation. Equazione di Fokker-Planck.

*Nota.* Il programma d'esame potrà essere concordato col docente nell'ambito del programma complessivo delle lezioni e dei seminari.

## ESERCITAZIONI

Gli argomenti delle esercitazioni sono inserite nel corso delle lezioni

## TESTI CONSIGLIATI

C. Rizzi - Appunti dal corso - Vol. I - Meccanica relativistica, CLUT - Vol. II - Elettrodinamica relativistica nel vuoto, CLUT.

G. Rizzi, R. Monaco - Introduzione alla Meccanica statistica (in stampa) -

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

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

## IN176 FISICA TECNICA

Prof. Carla LOMBARDI

V ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

DIP. di Energetica

IST. di Fisica Tecnica e Impianti Nucleari

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	60	60	10
Settimanale (ore)	4	4	—

*Il corso si propone l'obiettivo di passare in rassegna le leggi della fisica sviluppandone i risvolti applicativi sia per quanto concerne i calcoli di progettazione ingegneristica sia per quanto concerne la strumentazione che è stata approntata per i rilevamenti sperimentali con la metodologia di misura relativa delle molteplici applicazioni. Vengono particolarmente sviluppate quelle in cui potrà essere coinvolto un futuro ingegnere elettronico.*

*Il corso comprende lezioni, esercitazioni di calcolo e progetto, esercitazioni di laboratorio, visite a laboratori di ricerca.*

*Nozioni propedeutiche: Analisi I, Analisi II, Complementi di matematica, Fisica I, Fisica II, Elettrotecnica.*

## PROGRAMMA

*Illuminazione:* viene svolta la teoria del funzionamento dei laser; se ne descrivono i tipi principali, si esaminano le applicazioni. Fatto cenno ai tipi principali di sorgenti luminose, con relativi metodi di calcolo, viene sviluppato il tema della colorimetria.

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

*Termodinamica:* ripresi i principi della termodinamica, prese in considerazione le principali funzioni di stato, vengono esaminati i cicli diretti ed inversi per gas e vapori, la termodinamica dei fenomeni termoelettrici, la conversione diretta di energia.

*Termocinetica e fluidodinamica:* si analizzano i fenomeni di trasmissione termica per conduzione, convezione, irraggiamento con esempi di calcolo in particolare su scambiatori con superfici alettate. Sono dati i concetti principali di moto dei fluidi con applicazioni.

## ESERCITAZIONI

Calcolo illuminazione strade e ambienti. Dimensionamento di una cassetta acustica. Cicli termodinamici. Macchine termiche. Progetto refrigeratore termoelettrico. Calcolo alette di raffreddamento.

## LABORATORI

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

## TESTI CONSIGLIATI

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

## IN254 MACCHINE E IMPIANTI ELETTRICI

Docente da nominare

IV ANNO	Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
1° PERIODO DIDATTICO	Annuale (ore)	50	20	10
INDIRIZZO: Elettronica Industriale	Settimanale (ore)	4	6	—

*Il corso ha lo scopo di fornire le nozioni fondamentali elementari sul funzionamento delle macchine elettriche e sulla costruzione degli impianti di utenza industriale. Il corso comprende lezioni, esercitazioni e laboratori.*

*Nozioni propedeutiche: si richiede la precedenza del corso di Elettrotecnica.*

## PROGRAMMA

Schema fondamentale degli impianti di produzione, trasporto e distribuzione dell'energia elettrica. Linee elettriche; perdite e rendimenti; variazione di tensione. Diagrammi di carico, parametri caratteristici: potenza massima e media, ore di utilizzazione, fattore di utilizzazione, fattore di potenza media. Tariffe. Schemi e apparecchiature di cabina. Prese di terra. Rifasamento e regolazione della tensione.

Circuiti magnetici. Eccitazione in corrente continua di strutture ferromagnetiche. Proprietà dei materiali magnetici. Circuiti approssimati di strutture magnetiche. Influenza del traferro in circuiti ferromagnetici. Determinazione del flusso dovuto a una f.m.m. data.

Eccitazione in corrente alternata di strutture ferromagnetiche. Legge di Faraday. Relazione tra grandezze periodiche: tensione, f.e.m. indotta e flusso in circuito magnetico eccitato da una singola sorgente. Forme d'onda della corrente di eccitazione in un circuito ferromagnetico con flusso sinusoidale. Energia immagazzinata. Perdita di energia in circuiti ferromagnetici.

Trasformatore: trasformatore ideale. Trasformatore non ideale con nucleo magnetico lineare. Flussi dispersi e circuito equivalente parziale. Corrente di magnetizzazione e circuito equivalente completo. Concetto di auto e mutua induttanza. Circuito equivalente di un trasformatore con nucleo ferromagnetico. Funzionamento in parallelo. Autotrasformatore.

Alternatori. Struttura e funzionamento; reazione di indotto: caratteristica a vuoto e corto circuito. Diagrammi di tensioni e f.m.m.. Diagramma di Potier. Diagramma dell'unica reattanza. Curva di coppia. Stabilità. Motori sincroni.

Motori e generatori asincroni. Struttura e funzionamento; circuito equivalente: diagramma circolare; caratteristica meccanica. Avviamento; motori con gabbia semplice, doppia e con cave profonde. Motori monofasi.

Macchine a corrente continua. Struttura e funzionamento. Generatori; caratteristiche esterne; regolazione della tensione. Motori; caratteristiche meccaniche; regolazione di velocità.

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni svolgono applicazioni concrete di progetto di piccoli trasformatori; calcolo di caratteristiche di motori. Elaborazione dei dati di rilievi sperimentali di trasformatori e motori.

## LABORATORI

Rilievi sperimentali e dati di collaudo di piccole macchine.

## TESTI CONSIGLIATI

S. Crepaz - Macchine Elettriche -

E. Giuffrida - Applicazioni industriali dell'Elettrotecnica - CLUT.

## IN271 MECCANICA DELLE MACCHINE E MACCHINE

Docente da nominare

V ANNO	Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
2° PERIODO DIDATTICO	Annuale (ore)	84	56	—
	Settimanale (ore)	6	4	—

*Scopo del corso è lo studio dei fondamenti della meccanica applicata alle Macchine e delle macchine a fluido (operatrici e motrici). Esso intende fornire allo studente oltre a nozioni più propriamente descrittive dei sistemi meccanici, i mezzi per potere interpretare ed utilizzare i modelli elementari dei fenomeni e dei sistemi analizzati.*

*Alcune lezioni sono pure dedicate ai primi rudimenti di progettazione di organi meccanici.*

*Nozioni propedeutiche: tutte le materie del biennio più elementari nozioni di programmazione.*

## PROGRAMMA

Introduzione.

Equilibrio statico e dinamico.

Fenomeni di attrito.

Elementi di meccanismi (vite/madrevite, freni, frizioni, cinghie, funi, paranchi, ruote dentate, volani, cuscinetti, organi di collegamento).

Cenni sulla lubrificazione.

Analisi dinamica dei sistemi meccanici.

Sistemi vibranti.

Termodinamica delle trasformazioni di energia (bilanci energetici, cicli termodinamici).

Classificazione e descrizione delle macchine motrici ed operatrici (turbine a vapore, a gas, idrauliche, motori endotermici, compressori e pompe).

Cenni su componenti e sistemi oleodinamici.

Accoppiamento di macchine motrici ed operatrici.

Cenni sul dimensionamento di organi meccanici (resistenza dei materiali, fenomeni di fatica, effetti di intaglio).

## ESERCITAZIONI

Esercizi applicativi sugli argomenti del corso. Pratica sulla costruzione di modelli numerici di sistemi meccanici.

## TESTI CONSIGLIATI

Dispense (in fase di preparazione).

## IN290 METROLOGIA DEL TEMPO E DELLA FREQUENZA

Prof. Claudio EGIDI

DIP. di Elettronica

IST. di Elettronica e Telecomunicazioni

V ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 56 30 --

INDIRIZZO: Misure elettroniche -  
Radiotecnica

Settimanale (ore) 6 -- --

*Il corso introduce innanzitutto le nozioni di base del sistema internazionale di unità (SI), nell'inquadramento fornito dalla CGPM. Successivamente, studiate alcune costanti universali (in particolare la  $c_0$ ), si affronta ed approfondisce la metrologia del tempo e della frequenza. Formano oggetto di questa parte i generatori "naturali" (atomici ed astronomici) e quelli artificiali (in particolare, gli oscillatori a quarzo), i metodi per la generazione e la disseminazione delle scale di tempo e delle frequenze campione e i metodi e i mezzi per i confronti a distanza fra i campioni di frequenza e di tempo.*

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

*Nozioni propedeutiche. Preparazione misuristica acquisita dopo avere frequentato i corsi di Misure elettriche e di Misure elettroniche.*

## PROGRAMMA

Introduzione generale e organizzazioni metrologiche internazionali (CGPM/CIPM, BIPM, OIML). Le sette unità fondamentali, le due supplementari e le oltre cento derivate del Sistema Internazionale (SI). Alcune costanti universali (in particolare la  $c_0$ ) e naturali (ad esempio la  $g$ ). Il campione di lunghezza collegato con quello di tempo. Il campione artificiale di massa. Le unità elettriche e, in particolare, il collegamento tensione-frequenza (effetto Josephson). La scala internazionale pratica della temperatura. La mole. Le unità luminose. Gli Istituti Metrologici primari in Italia, in Europa e negli altri continenti. La disseminazione delle unità, l'organizzazione europea e i Servizi di Taratura. Le scale di tempo; tempo rotazionale e tempo uniforme, le variazioni stagionali e annuali. La vigente scala di tempo atomica. I campioni artificiali (piezo oscillatori a quarzo, con i tagli di maggior interesse). I campioni atomici primari e secondari, attivi e passivi. Il campione al cesio, i campioni all'idrogeno e al rubidio. Disseminazione delle frequenze e dei tempi campione. I servizi disimpegnati dall' IEN e il loro inquadramento nazionale e internazionale.

## ESERCITAZIONI

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

## LABORATORI

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

## TESTI CONSIGLIATI

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

## IN296 MISURE ELETTRICHE

Prof. Sergio SARTORI (1° corso)  
 Prof. Italo GORINI (2° corso)

DIP. di Automatica e Informatica  
 IST. di Elettronica e Telecomunicazioni

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

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

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

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

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

## PROGRAMMA

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

## ESERCITAZIONI

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

## LABORATORI

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

## TESTI CONSIGLIATI

- G. Zingales - Metodi e strumenti per le misure elettriche - UTET.  
 S. Sartori - Le misure nella scienza, nella tecnica, nella società - Paravia.

## IN300 MISURE ELETTRONICHE

Prof. Giulio GREGORETTI (1° corso)  
 Prof. Sigfrido LESCHIUTTA (2° corso)

DIP. di Elettronica  
 IST. di Elettronica e Telecomunicazioni

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Tutti, esclusi quelli di Automatica  
 e Informatica

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

Lab.

60

—

36

4

—

4

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

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

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

## PROGRAMMA

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

## LABORATORI

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

## TESTI CONSIGLIATI

Appunti di Misure Elettroniche - CELID.

Oliver-Cage - Electronic measurements and Instrumentation -

## IN306 MODELLISTICA E IDENTIFICAZIONE

Prof. Vito MAURO

DIP. di Automatica e Informatica

IST. di Elettrotecnica Generale

IV ANNO

Impegno didattico    Lez.    Es.    Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore)        80    20    -

INDIRIZZO: Automatica

Settimanale (ore)    6     2     -

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

*Il corso comprende lezioni ed esercitazioni.*

*Nozioni propedeutiche: Teoria dei sistemi.*

## PROGRAMMA

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

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

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

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

## ESERCITAZIONI

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

## TESTI CONSIGLIATI

Appunti di modellistica e identificazione (G. Menga).

Appunti distribuiti a lezione.

## IN314 ORGANIZZAZIONE DELLE MACCHINE NUMERICHE

Prof. Marco MEZZALAMA

V ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Informatica

DIP. di Automatica e Informatica

IST. di Elettrotecnica Generale

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	80	20	30
Settimanale (ore)	6	2	—

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

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

## PROGRAMMA

Il programma si articola in quattro parti.

**Architettura di sistemi a microprocessore.** Vengono analizzati i tipi fondamentali di strutture e la loro organizzazione con particolare riferimento ai sistemi basati su CPU 8080/8085 e Z80. In particolare vengono analizzate le modalità per il progetto hardware e software delle memorie (statiche e dinamiche) e dei dispositivi di I/O. In quest'ultimo caso si studiano i criteri di progetto di interfacce verso diverse classi di dispositivi, le metodologie di gestione (polling, interrupt, DMA) in relazione ai diversi dispositivi disponibili sul mercato.

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

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

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

## ESERCITAZIONI

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

## LABORATORI

Le esercitazioni di laboratorio sono orientate allo sviluppo di hardware e software per microprocessori.

## TESTI CONSIGLIATI

Hill, Peterson - Digital systems hardware organization and design - J. Wiley & Sons Inc., 1978.

M. Mezzalama - Algoritmi e reti logiche per la moltiplicazione e divisione dei numeri binari - CELID.

Peatman - Microcomputer-based design - McGraw Hill.

J. Myers - Digital system design with ISI BIT-SLICE LOGIC - J. Wiley & Sons, 1980.

## IN341 PROPAGAZIONE DI ONDE ELETTROMAGNETICHE

Prof. Giovanni Emilio PERONA

DIP. di Elettronica

IST. di Elettronica e Telecomunicazioni

V ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

1° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 90 50 -

INDIRIZZO: Propagazione e antenne -

Settimanale (ore) 6 4 -

Radiotecnica -

Sistemi di telecomunicazioni

*Il corso intende descrivere i fenomeni fisici che determinano le caratteristiche della propagazione delle onde elettromagnetiche; l'utilizzazione della propagazione stessa per la trasmissione e il reperimento di informazioni (ponti radio, radiodiffusioni, radar, remote sensing) e i vincoli imposti dalla propagazione delle radio onde sulle specifiche tecniche degli apparati e dei sistemi usati.*

*Il corso è articolato in lezioni ed esercitazioni' anche di carattere numerico, e visite ad alcuni laboratori.*

*Nozioni propedeutiche: è richiesta la conoscenza delle nozioni di elettromagnetismo insegnate nel corso di Campi elettromagnetici e circuiti.*

## PROGRAMMA

*Parte descrittiva.*

Bande di frequenza e loro utilizzazione: gli usi delle varie bande di frequenza e i fenomeni fisici che ne influenzano la propagazione sono esaminati a partire da frequenze di qualche Hz fino a frequenze ottiche.

Elementi sulle antenne: in breve ed in forma semplice sono descritti vari tipi di antenne, loro caratterizzazione ed uso, circuiti equivalenti, guadagno, area equivalente.

*Parte applicativa.*

Propagazione troposferica (indice di rifrazione nella atmosfera terrestre, equazioni dell'ottica geometrica, ducting troposferico, propagazione in presenza di pioggia e nebbia, ecc.); propagazione ionosferica (indice di rifrazione nei plasmi, la ionosfera terrestre, ecc...); remote sensing (irraggiamento termico e non termico, trasporto della radiazione, scattering, ecc.); luce coerente (fasci gaussiani, loro generazione e propagazione, ecc.).

Ponti radio nelle applicazioni telefoniche (ponti analogici e numerici, bande usate, antenne, specchi metallici, interferenze, ecc...); radiodiffusioni (canali impiegati, sistemi d'antenne, interferenze, rete di diffusione dei programmi), radar (diversi tipi di radar, specifiche tecniche per alcuni sistemi particolari, esempi di applicazione, ecc.); sistemi di remote-sensing.

## ESERCITAZIONI

Durante il corso potranno essere effettuate esercitazioni abbastanza complesse di analisi di sistemi specifici (ponti radio, radar) con applicazioni di tipo numerico.

## TESTI CONSIGLIATI

Verranno posti a disposizione degli allievi gli appunti di lezione del docente.

Libri di utile consultazione sono:

Livingstone - The Physics of Microwave propagation -

Ratcliffe - Magnetoionic theory -

Skolnik - Introduzione ai sistemi radar -

## IN347 RADIOTECNICA

Prof. Ermanno NANO

V ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

DIP. di Elettronica

IST. di Elettronica e Telecomunicazioni

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	56	52	4
Settimanale (ore)	4	4	—

*Il corso, di carattere applicativo, ha la finalità di trattare i problemi delle radiocomunicazioni ed in particolare di ricezione della radiodiffusione sonora e televisiva. Dopo la presentazione dei vari sistemi di trasmissione usati, vengono esaminati i ricevitori sonori e televisivi dal punto di vista del funzionamento e della progettazione. Vengono infine date alcune nozioni sui trasmettitori, sui problemi di pianificazione delle reti di radiodiffusione, sugli impianti d'antenna centralizzati, sulla ricezione televisiva diretta da satellite e sulle protezioni della radiodiffusione dai radiodisturbi.*

*Alle lezioni fanno seguito esercitazioni di illustrazioni di schemi di ricevitori e di calcolo di progetto e di verifica con alcune dimostrazioni e visite.*

*Nozioni propedeutiche: si consiglia di aver seguito i corsi di Comunicazioni elettriche ed Elettronica applicata I.*

## PROGRAMMA

Richiami sulle principali modulazioni usati per la radiodiffusione. Sistemi di trasmissioni sonore monofoniche e stereofoniche. La filodiffusione. I ricevitori sonori: schema a blocchi, principi di funzionamento e di progetto. Principi di trasmissione e ricezione di immagini in bianco e nero. Norme televisive; schema a blocchi e principi di progetto di un televisore in bianco e nero. Richiami di colorimetria e principi di trasmissione e ricezione di immagini a colori; il televisore a colori. Tubi da presa e cinescopi. Gli impianti centralizzati d'antenna. Cenni sulla ricezione televisiva diretta da satellite. Cenni sui trasmettitori e sui problemi di pianificazione. Il problema della compatibilità elettromagnetica e della protezione dei servizi radio contro i radiodisturbi. Misure sui ricevitori.

## ESERCITAZIONI

Illustrazioni delle parti principali di ricevitori sonori e televisivi. Calcoli di progetto e verifica di alcuni circuiti tipici dei ricevitori. Esempi di progetto di impianti d'antenna.

## LABORATORI

Alcune dimostrazioni sulle forme d'onda e sugli spettri dei principali segnali di radiodiffusione e misure delle caratteristiche dei ricevitori in cabina schemata.

## TESTI CONSIGLIATI

Dispense (in preparazione).

## IN355 RICERCA OPERATIVA

Prof. Anna Maria OSTANELLO

DIP. di Automatica e Informatica  
IST. Matematico

III ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 80 42 —

INDIRIZZO: Automatica Applicata

Settimanale (ore) 6 4 —

*Il corso intende introdurre alla complessità dei processi reali di decisione. Nell'ambito di una rappresentazione del processo che individua variabili, quali: contesto organizzativo, attori e loro relazioni, azioni e obiettivi, dati e informazione, vengono analizzati possibilità e margini di intervento del tecnico della R.O. attraverso la discussione di casi reali. Si affronta il problema della modellizzazione formale e delle sue fasi; si analizzano i concetti di: problematica, percezione di azioni possibili, loro rappresentazione e valutazione, modellizzazione delle preferenze. Si propongono metodi di soluzione, di modelli con diversi livelli di formalizzazione, adatti a diverse problematiche; scelta ottimale, cernita con o senza profili di riferimento, classificazione.*

*Le lezioni sono strettamente integrate con le esercitazioni. Sono proposti seminari per gruppi di studenti interessati e conferenze di esperti-tecnici da ambienti aziendali e accademici.*

*Nozioni propedeutiche: Corsi del biennio.*

## PROGRAMMA

Introduzione ai processi di decisione e modelli. Analisi multicriteri e metodi di aiuto alla decisione: relazioni di surclassamento (definito e fuzzy); metodi electre I, II, III; metodi di segmentazione tricotomica; metodo delle permutazioni; teoria del "punto di mira". Programmazione lineare e estensioni: metodi del simplesso, simplesso revisionato, simplesso duale; teoria della dualità; analisi post-ottimale; analisi parametrica. Problemi a struttura speciale: metodo del trasporto. Programmazione interna: metodi dei piani secanti (Gomory); branch and bound; additivo di Balas. Programmazione multiobiettivi: M.O.S.H. di Zeleny; metodi interattivi. Elementi di programmazione non lineare. Grafi e reticoli di trasporto: algoritmi di percorsi ottimali; flussi ottimi e tensioni; dualità; metodo del cammino critico. Analisi tempi e costi.

## ESERCITAZIONI

Complementi teorici (parte prima). Discussione di problemi reali. Costruzione di modelli. Risoluzione di esercizi numerici.

## SEMINARI

Sono proposti seminari per gruppi di studenti interessati.

## TESTI CONSIGLIATI

- A. Ostanello - Processi decisionali e modelli - Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1981.
- A. Ostanello - Elementi di analisi multicriteri e teoria di aiuto alla decisione - Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1977.
- L. Ermini - Programmazione lineare - Ed. ISEDI, 1972.
- A. Siciliano (Ed.) - Ricerca operativa - Ed. Zanichelli, 1975.
- F. Hillier, G. Lieberman - Introduzione alla R.O. - Ed. F. Angeli, 1973.

## IN361 SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

Prof. Ugo ROSSETTI

IST. di Scienza delle Costruzioni

V ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

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

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

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

## PROGRAMMA

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

## ESERCITAZIONI

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

## LABORATORI

Presentazione prove meccaniche e strumentazione di misura.

## TESTI CONSIGLIATI

Dispensa delle lezioni con esercizi (a cura dell'Istituto).  
 Testi di Scienza delle Costruzioni tra cui si segnala:  
 P. Cicala - Ed. Levrotto & Bella, Torino.

## IN367 SINTESI DELLE RETI ELETTRICHE

Prof. Claudio BECCARI

V ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Circuiti e microonde -

Elettronica circuitale -

Apparati di telecomunicazioni -

Microonde e tecnologie elettroniche -

Apparati di telefonia

DIP. di Elettronica

IST. di Elettronica e Telecomunicazioni

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

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

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

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

## PROGRAMMA

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

## ESERCITAZIONI

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

## TESTI CONSIGLIATI

Hesler, Neiryck - Filtrés électriques (Vol. XIX del Traité d'électricité) - Ed. Giorgi.

Daryanani - Principles of active network synthesis and design - J. Wiley &amp; Sons.

Beccari - Appunti del corso.

## IN490 SISTEMI DI ELABORAZIONE DELL'INFORMAZIONE (gen.)

Prof. Giuseppe REVIGLIO

III ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

DIP. di Automatica e Informatica

IST. di Elettrotecnica Generale

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

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

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

*Nozioni propedeutiche: Elementi di elettronica e di calcolo numerico.*

## PROGRAMMA

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

## ESERCITAZIONI

Approccio alla soluzione di problemi sull'elaboratore: stesura di flow-chart a livelli diversi di complessità. Studio del linguaggio Fortran e sviluppo, con prove sull'elaboratore, di un certo numero di problemi di vario tipo (tecnico e non).

## LABORATORI

Se considerabile come tale, l'impiego dell'elaboratore IBM 370/125 del S.E.D. per la soluzione di problemi batch in Fortran = V. esercitazioni.

TESTI CONSIGLIATI

Reviglio - Sistemi di elaborazione dell'informazione - Levrotto & Bella, Torino.

Reviglio - Appunti sul Fortran IV - Cooperativa Libreria Studenti.

Ridolfi - Il Fortran; teoria ed esercizi - Franco Angeli.

McCracken - Guida alla programmazione del Fortran IV - Ed. Bizzarri.

Lipschutz & Poe - Programmare in Fortran - Collana Schaum n. 45.

## IN491 SISTEMI DI ELABORAZIONE DELL'INFORMAZIONE (spec.)

Prof. Angelo Raffaele MEO

DIP. di Automatica e Informatica

IST. di Elettrotecnica Generale

III ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 60 60 45

INDIRIZZO: Informatico

Settimanale (ore) 4 4 3

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

*Il corso prevede, oltre alle lezioni teoriche ed alle esercitazioni in aula, esercitazioni pratiche su un elaboratore del tipo PDP 11/34.*

*Nozioni propedeutiche: si suppongono note le nozioni relative alla struttura degli elaboratori.*

## PROGRAMMA

Generalità su assemblatori, compilatori, interpreti.

Grammatiche formali e linguaggi.

L'analizzatore lessicale.

Riconoscitori "top-down".

Grammatiche a precedenza e tecniche di parsificazione "bottom-up".

Organizzazione della memoria.

Tavole dei simboli.

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

L'analisi semantica.

La generazione del codice.

L'organizzazione del codice.

Interpreti.

L'implementazione delle macro.

Compilatori di compilatori e sistemi di scrittura dei traduttori.

## ESERCITAZIONI

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

## LABORATORI

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

## TESTI CONSIGLIATI

D. Gries - Compiler Construction for Digital Computers - J. Wiley &amp; Sons, New York, 1971.

versione italiana - D. Gries - Principi di progettazione dei compilatori - Collana di Informatica - F. Angeli Editore, Milano, 1978.

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

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

## IN369 SISTEMI DI ELABORAZIONE DELL'INFORMAZIONE II

Prof. Elio PICCOLO

DIP. di Automatica e Informatica  
IST. di Elettrotecnica Generale

V ANNO

Impegno didattico    Lez.    Es.    Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore)        80    25    20

INDIRIZZO: Informatica

Settimanale (ore)    6     2     -

*Il corso si propone di completare la preparazione degli studenti che seguono l'indirizzo di informatica sia per quanto riguarda l'hardware che il software dei moderni sistemi di elaborazione. Particolare enfasi è data ai sistemi distribuiti: sistemi a multiprocessori, reti locali e reti geografiche di calcolatori. L'aspetto sistematico è enfatizzato, e sono forniti strumenti di analisi per la valutazione delle prestazioni (modelli analitici basati sulle reti di code e metodi basati sulla simulazione di sistemi discreti). Esempi pratici ancorano comunque il corso della realtà progettuale moderna basata sulla microinformatica.*

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

*Nozioni propedeutiche: argomenti trattati nei corsi di Sistemi per l'Elaborazione e dell'Informazione I (spec.), Organizzazione della macchine numeriche e Sistemi Operativi.*

## PROGRAMMA

Classificazione dei sistemi distribuiti. Sistemi ad accoppiamento stretto: sistemi a multiprocessore (MIMD), sistemi con uno o con molti flussi di istruzioni (SIMD e MIMD), esempi. Modelli di computazione parallela e di massima parallelizzazione. Sistemi a multiprocessore a bus comuni: caratteristiche dei bus, arbitraggio, gestione della memoria, interazione hardware e software. Sistema con memoria "a cache". Analisi di sistemi e di componenti presenti sul mercato basati sui microprocessori a 16 e 32 bit. Microprocessori Z8.000 e sistema IAPX432. Reti di interconnessioni per sistemi multiprocessori ad alte prestazioni ed elevato numero di processori in ambiente SIMD e MIMD, valutazione della prestazione e progetto logico. Reti locali di calcolatori: reti ad anello, con contesa: Ethernet ed slotted Ethernet. Controllo di errore, di flusso e gestione delle risorse nelle reti locali. Reti geografiche di calcolatori. Architettura ISO delle reti di calcolatori (sistemi aperti). Classificazione e studio dei protocolli nelle reti di calcolatori. Modelli analitici per lo studio delle prestazioni dei sistemi di elaborazione. Cenni sul linguaggio di simulazione discreta GPSS.

## ESERCITAZIONI

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

## LABORATORI

Nella II parte del semestre gli studenti sono seguiti nello svolgimento di attività progettuali avanzate, organizzate in gruppi di lavoro utilizzando il calcolatore PDP 11 e DEC 10 ed il sistema di sviluppo a microprocessore.

## TESTI CONSIGLIATI

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

## IN370 SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONI

Prof. Renato DOGLIOTTI

DIP. di Elettronica

IST. di Elettronica e Telecomunicazioni

V ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 90 20 -

INDIRIZZO: Apparati di telefonia -

Settimanale (ore) 7 2 -

Sistemi di telecomunicazioni -

Telefonia

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

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

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

## PROGRAMMA

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

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

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

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

## ESERCITAZIONI

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

## TESTI CONSIGLIATI

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

P. Panter - Communication system Design - McGraw Hill.

Spieker - Digital Communication satellite - Prentice Hall.

## IN372 SISTEMI OPERATIVI

Prof. Piero LAFACE

DIP. di Automatica e Informatica

IST. di Elettrotecnica Generale

IV ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 78 26 52

INDIRIZZO: Informatica -

Settimanale (ore) 6 2 4

Informatica sistemistica

*Il corso si propone di: introdurre alle problematiche dei Sistemi operativi, cioè alla gestione concorrente da parte di più utenti delle risorse limitate di un sistema di elaborazione (processori, memorie, periferici, ecc.);*

*sviluppare i principi ed i metodi della programmazione concorrente;*

*offrire strumenti per valutare le caratteristiche dei S.O. rispetto alle prestazioni richieste-*

*indicare criteri di progetto.*

*Il corso comprende lezioni, esercitazioni, laboratorio (PDP 11/34 e HP 64.000 - Z 8.000) per pochi gruppi.*

*Nozioni propedeutiche: quelle fornite nei corsi di calcolatori e programmazione e di Sistemi di elaborazione dell'informazione (IN491).*

## PROGRAMMA

Introduzione ai sistemi operativi. Panoramica storica e prospettiva. Sistemi operativi come gestori di risorse. Sistemi operativi come macchine gerarchiche. Sistemi operativi come interfaccia utente-macchina. Strutture degli elaboratori. Gestione delle operazioni di Input/Output. Definizione e struttura dei processi sequenziali. Definizione e struttura dei processi concorrenti. Gestione dei processori. Gestione della memoria. Gestione dei processi. Gestione dei periferici. Gestione degli archivi di dati. Protezione delle risorse e delle informazioni. Sistemi operativi tolleranti i guasti.

## ESERCITAZIONI

Progetto del nucleo di un Sistema operativo distribuito per multimicroprocessori.

## LABORATORI

Simulazione di sistemi multiprocessori su PDP 11/34. Gestione di periferici per nucleo di sistema operativo su Z 8.000.

## TESTI CONSIGLIATI

Perbrinch Hansen - Operating System Principles - Prentice Hall.

De Mori et al. - Sistemi per l'elaborazione dell'informazione - CLUT.

## IN381 STRUMENTAZIONE PER BIOINGEGNERIA

Prof. Roberto MERLETTI

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Misure elettroniche

DIP. di Elettronica

IST. di Elettronica e Telecomunicazioni

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	65	12	4
Settimanale (ore)	4	2	—

*Il corso si propone la formazione di base di laureati in elettronica che, se inseriti nelle industrie biomediche o nelle strutture sanitarie, dispongano di sufficiente familiarità con i problemi del settore per affrontarne subito gli aspetti specifici. Il corso riguarda applicazioni della elettronica a problemi diagnostici, terapeutici e in generale a problemi di tecnologia nel settore sanitario, ma non si propone una formazione estremamente specializzata in modo da costituire una esperienza utile anche in altri settori dell'industria o dei servizi.*

*Il corso si articola in lezioni ed esercitazioni teoriche e include 1-2 esercitazioni di laboratorio, visite di istruzione e conferenze.*

*Nozioni propedeutiche: sono indispensabili buone conoscenze di elettronica (Elettronica applicata I e II) e nozioni generali di Comunicazioni elettriche.*

## PROGRAMMA

Caratteristiche generali di sistemi ed eventi fisiologici. Principi di funzionamento e caratteristiche dei trasduttori per strumentazione elettromedicale. Elettrodi per prelievo di segnali e per stimolazione. Amplificatori e circuiti analogici e digitali di uso comune. Sistemi di acquisizione, telemetria, elaborazione di dati biomedici. Applicazioni relative al sistema cardiovascolare e respiratorio: strumentazione per monitoraggio, pacemakers, controllo portatori P.M., monitoraggio respiratorio, respiratori e ventilatori. Applicazioni al sistema neuromuscolare: strumentazione EMG e EEG, stimolatori neuromuscolari, ausili elettronici. Applicazioni relative ad altri sistemi: dispositivi per emodialisi, arti artificiali a controllo mioelettrico, ausili per disabili, apparecchiature per laboratorio, ecc. Applicazioni dei microprocessori nelle apparecchiature elettromedicali. La strumentazione elettronica nelle strutture sanitarie: aspetti di sicurezza elettrica e di normativa, aspetti socio economici, servizi di bioingegneria.

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni approfondiscono gli aspetti di progetto o analisi di circuiti utilizzati in strumenti elettromedicali: vi si studiano schemi elettrici, fogli tecnici e manuali d'uso di apparecchi.

## LABORATORI

Si realizzano circuiti per la presentazione e la analisi di segnali bioelettrici (ECG, EMG).

## TESTI CONSIGLIATI

J.G. Webster - Medical Instrumentation - Houghton Mifflin, Boston, 1978.

W. Welkowitz - Biomedical Instruments: theory and design - Academic Press, 1976.

W. Tompkins, J.G. Webster - Microcomputer based medical instrumentation - Prentice Hall, 1981.

R. Merletti - Strumentazione e tecnologie elettroniche nel servizio sanitario - Nuova Italia Scientifica, 1982.

## IN382 STRUMENTAZIONE PER L'AUTOMAZIONE

Prof. Paolo SOARDO

V ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Automatica

DIP. di Automatica e Informatica

IST. di Elettrotecnica Generale

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	50	20	—
Settimanale (ore)	4	2	—

*Il corso presenta una rassegna della strumentazione impiegata nel controllo di un processo.*

*Il corso comprenderà lezioni ed esercitazioni.*

*Nozioni propedeutiche: Elettronica applicata.*

## PROGRAMMA

Alcuni esempi di sensori e trasduttori: temperatura (coppie termoelettriche, termoresistenze, pirometri), lunghezze ed angoli (potenziometri, trasformatori differenziali, rilevatori numerali incrementali ed assoluti, laser, ecc.), velocità ed accelerazione (dinamo tachimetrica, ruota fonica, accelerometro, giroscopio), forze e pressioni (celle di carico, manometri), portate (venturimetro, rotametro, turbina, misuratori volumetrici), livello (meccanici, elettrici, a radiazioni), sensori pneumatici (cenni). Il trattamento di un segnale generato da un sensore: amplificatori operazionali e per strumentazione, filtri RC, convertitori A/D, impiego del calcolatore in linea (cenni), amplificatori pneumatici (cenni). L'azionamento degli attuatori: l'impiego dei tiristori, pneumatica. Esempi di attuatori: motori in cc e passo-passo, attuatori lineari. I registratori magnetici per strumentazione. I componenti dal punto di vista dell'affidabilità.

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni vertono sugli argomenti del corso.

## TESTI CONSIGLIATI

Appunti vari distribuiti durante il corso.

## IN385 STRUTTURE INFORMATIVE

Prof. Aldo LAURENTINI

DIP. di Automatica e Informatica

IST. di Elettrotecnica Generale

V ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 60 — 30

INDIRIZZO: Informatica

Settimanale (ore) 4 — 2

*Il corso si prefigge di fornire le informazioni necessarie al progetto ed all'uso di strutture di data-base; illustrare le tecniche di trasmissione di dati digitali; fornire le principali nozioni per il corretto progetto del software di sistema e applicativo. Il corso comprende lezioni, laboratorio in dipendenza dalla disponibilità fisica di sistemi di calcolo.*

*Nozioni propedeutiche sono quelle fornite nei corsi di: Calcolatori e programmazione, Sistemi di elaborazione dell'informazione e Sistemi operativi.*

## PROGRAMMA

*Data base.* Generalità e scopi. Strutture logiche, gerarchiche e relazionali. Strutture fisiche. Le standardizzazioni. Esempi di data-base a larga diffusione. Transazioni logiche e fisiche e problemi connessi.

*Data communication.* Modalità di comunicazione digitale. I componenti fisici. I protocolli.

*Ingegneria nel software.* Metodologie. Tecniche di programmazione (strutturata, modulare, ecc.).

## LABORATORI

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

## TESTI CONSIGLIATI

Saranno definiti successivamente.

## IN393 TECNICA DELLA REGOLAZIONE

Prof. Gustavo BELFORTE

DIP. di Automatica e Informatica

IST. di Elettrotecnica Generale

V ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

1° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 60 20 —

INDIRIZZO: Automatica Teorica

Settimanale (ore) 6 2 —

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

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

## PROGRAMMA

Generalità sui sistemi non lineari.

Sistemi del 2° ordine: i diversi tipi di singolarità e le relazioni fra i comportamenti dei sistemi lineari e non lineari.

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

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

Metodi analitici per la soluzione di sistemi non lineari: in particolare, il metodo delle perturbazioni e della variazione delle costanti.

La stabilità secondo varie definizioni.

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

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

## ESERCITAZIONI

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

## TESTI CONSIGLIATI

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

## IN403 TECNICA DELLE IPERFREQUENZE

Prof. Gian Paolo BAVA

DIP. di Elettronica

IST. di Elettronica e Telecomunicazioni

IV ANNO

Impegno didattico

Lez.

Es.

Lab.

1° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore)

60

20

15

INDIRIZZO: Propagazione e antenne -

Settimanale (ore)

5

2

Microonde e tecnologie elettroniche -

Radiotecnica -

Apparati di telecomunicazioni

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

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

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

## PROGRAMMA

Richiami propagazione guidata: guide metalliche e dielettriche. Eccitazione modi-componenti semplici. Applicazioni. Richiami ed estensione trattazione matrice di diffusione. Esempi di utilizzazione. Strutture connesse. Disadattamenti e riflessioni multiple. Componenti complessi. Accoppiatori direzionali e applicazioni. Rivelazione e mescolazione di segnali nel campo delle microonde e dell'ottica. Prestazioni e valutazioni. Tipi di rumore. Risonatori elettromagnetici: cavità metalliche, risonatori aperti e dielettrici. Caratteristiche, problemi. Rappresentazioni circuitali. Applicazioni. Cenni sui filtri. Materiali magnetici, ferriti. Analisi del comportamento. Analisi di componenti non reciproci. Altre applicazioni. Maser a ioni paramagnetici. Propagazione in presenza di carica spaziale. Fasci di elettroni nel vuoto, semiconduttori. Nuove caratteristiche. Alcuni dispositivi. Accoppiamento modale nel caso di due modi. Applicazioni tipiche: interazioni di tipi di onde diverse. Alcuni tubi per microonde. Strutture elettromagnetiche periodiche: caratteristiche, applicazioni. Fenomeni parametrici. Peculiarità, esempi. Analisi dell'amplificatore parametrico a resistenza negativa.

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni di calcolo sono strettamente correlate con le lezioni; in media sono una per settimana; sono inoltre previsti esercizi più brevi a completamento di argomenti.

## LABORATORI

Hanno luogo circa  $6 \div 8$  esercitazioni sperimentali con una suddivisione in  $4 \div 5$  squadre.

## TESTI CONSIGLIATI

R.E. Collin - Foundation for microwave engineering -

K. Kurokawa - Introduction to the theory of microwave circuits -

## IN409 TECNICA IMPULSIVA

Prof. Ermanno NANO

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Elettronica circuitale -  
Elettronica industriale

DIP. di Elettronica

IST. di Elettronica e Telecomunicazioni

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

*Il corso ha lo scopo di fornire nozioni di carattere alquanto particolare, che non sono comprese nei corsi di elettronica e di misure elettroniche. Si divide in due parti: la prima di carattere elettronico, la seconda riguardante la Compatibilità elettromagnetica in generale e lo studio delle sorgenti di radiodisturbi e loro misura. Durante il corso le lezioni sono seguite da esercitazioni di calcolo e di progetto per la prima parte e di calcolo per la seconda parte, con visite e dimostrazioni. Nozioni propedeutiche: si consiglia di aver seguito i corsi di Elettronica applicata I e II per la prima parte e di Radiotecnica per la seconda parte.*

## PROGRAMMA

*Prima parte:* Diodi e transistori usati come interruttori. Tempi di commutazione. Dissipazione durante la commutazione con vari tipi di carico. Temperatura massima della giunzione raggiunta durante la commutazione. Definizione di impedenza termica. Circuiti limitatori e fissatori di livello. Generatori di impulsi brevi a linee. Linee di ritardo a costanti concentrate: alcuni metodi di calcolo. Trasformatori per impulsi.

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

## ESERCITAZIONI

Prima parte: esercizi di calcolo e di progetto dei circuiti esaminati. Seconda parte: esercizi di calcolo sulle misure dei radiodisturbi.

## LABORATORI

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

## TESTI CONSIGLIATI

Dispense Tecnica Impulsiva (per la prima parte) -

E. Nano - Compatibilità elettromagnetica (radiodisturbi) - Ed. Boringhieri (per la seconda parte).

## IN423 TECNOLOGIE ELETTRONICHE

Prof. Vittorio GHERGIA

DIP. di Elettronica

IST. di Elettronica e Telecomunicazioni

V ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 80 — —

INDIRIZZO: Circuiti e tecnologie elettroniche

Settimanale (ore) 6 — —

*Il corso ha lo scopo di fornire informazioni sulle tecnologie impiegate nella fabbricazione dei componenti elettronici. Questo studio tecnologico-costruttivo dei componenti elettronici è importante per la migliore comprensione dei dispositivi elettronici nei confronti delle loro prestazioni, per la valutazione della loro affidabilità (il cui calcolo diviene sempre più necessario con l'aumentare della complessità delle apparecchiature elettroniche) e infine per il valore economico preminente che la componentistica elettronica ha assunto nella produzione dei sistemi elettronici.*

*Il corso comprende lezioni con impiego di lavagna luminosa, seminari specialistici su alcuni temi, visite presso lo CSELT.*

*Nozioni propedeutiche: nessun prerequisito è indispensabile; sono tuttavia consigliate le frequenze dei corsi di Materiali per l'elettronica e di Dispositivi elettronici allo stato solido.*

## PROGRAMMA

*Tecnologia dei semiconduttori.*

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

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

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

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

*Affidabilità dei componenti elettronici.*

Tecnologia dei circuiti integrati ibridi a film sottile e spesso.

Tecnologia dei circuiti a materiali superconduttori.

Tecnologia dei circuiti a bolle magnetiche.

Tecnologia delle fibre ottiche.

Tecnologia dei display a cristalli liquidi.

Tecnologia dei dispositivi ad onde acustiche superficiali.

Tecnologia delle tecniche di interconnessione: circuiti stampati.

## TESTI CONSIGLIATI

Sze - Fisica dei dispositivi a semiconduttore - Tamburini.

Grove - Fisica e tecnologia dei dispositivi a semiconduttore - F. Angeli.

Guarini, Iannazzo - Circuiti integrati - Tamburini.

Maissel, Glang - Handbook of thin film technology - McGraw Hill.

Rikosky - Hybrid microelectronic circuits - Wiley & Sons.

## IN435 TEORIA DEI SEGNALI

Prof. Marco AJMONE MARSAN

DIP. di Elettronica

IST. di Elettronica e Telecomunicazioni

III ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Apparatì di telecomunicazioni -  
 Apparatì di telefonia -  
 Sistemi di telecomunicazioni -  
 Telefonia -  
 Trasmissione numerica

Impegno didattico

Lez.

Es.

Lab.

Annuale (ore)

70

50

—

Settimanale (ore)

6

4

—

*Il corso di Teoria dei segnali è propedeutico all'indirizzo di Telecomunicazioni del Corso di laurea in Ingegneria elettronica. Scopo del corso è di fornire agli allievi gli strumenti necessari per lo studio dei segnali elettrici usati per i sistemi di telecomunicazioni. E' quindi illustrata la analisi armonica dei segnali determinati che si basa sulla trasformata di Fourier, e sono presentati gli strumenti probabilistici che permettono l'analisi dei segnali di natura aleatoria.*

*Il corso comprende lezioni ed esercitazioni.*

*Nozioni propedeutiche: per poter seguire con profitto il corso, è indispensabile che gli allievi siano in possesso dei concetti fondamentali dell'elettronica e abbiano familiarità con gli argomenti dei corsi di Analisi matematica e di Complementi di matematica (in particolare: serie e trasformata di Fourier e teoria delle distribuzioni).*

## PROGRAMMA

*Teoria dei segnali determinati.* La teoria della trasformata di Fourier viene utilizzata per l'analisi spettrale di segnali il cui andamento in funzione del tempo è noto. Sono presentati i fondamenti della teoria dei sistemi lineari, con particolare riguardo al filtraggio di segnali.

*Teoria della probabilità.* La teoria della probabilità nel discreto è introdotta per prima, con particolare riguardo allo studio dei canali di comunicazione binari. Vengono poi studiate le variabili casuali e le loro trasformazioni.

*Teoria dei processi casuali.* Vengono studiati segnali per i quali è possibile solo una descrizione di tipo probabilistico; si estende a questi segnali l'analisi spettrale introdotta nella prima parte del corso e si utilizzano le nozioni introdotte nella seconda parte.

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni si propongono di mettere gli allievi in grado di risolvere i tipi di problemi fondamentali per i corsi successivi degli indirizzi riguardanti le Telecomunicazioni.

## TESTI CONSIGLIATI

E. Biglieri, S. Benedetto - Teoria dei segnali determinati - Quaderni di elettronica - Boringhieri, Torino.

S. Benedetto, E. Biglieri - Teoria della probabilità - Quaderni di elettronica, Boringhieri, Torino.

## IN436 TEORIA DEI SISTEMI

Prof. Basilio BONA (1° corso)  
 Prof. Mario MILANESE (2° corso)

DIP. di Automatica e Informatica  
 IST. di Elettrotecnica Generale

III o IV ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Automatica Applicata (III anno)

Automatica teorica (III anno)

Informatica sistemistica (IV anno)

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	96	32	32
Settimanale (ore)	6	2	2

*Le finalità del corso sono: impostare l'analisi dei sistemi dinamici continui e discreti con particolare attenzione verso gli aspetti di struttura, quali: l'analisi della stabilità in piccolo ed in grande, la controllabilità e l'osservabilità, il problema del regolatore con stima asintotica dello stato, il problema della realizzazione di sistemi ad un ingresso ed una uscita. A questi scopi è necessario un approfondimento di algebra lineare che verrà fornito nel corso stesso.*

*Il corso si articola in lezioni, esercitazioni teoriche e laboratori al computer dove vengono sviluppati dallo studente esempi applicativi.*

*Nozioni propedeutiche: Meccanica razionale e complementi di Matematica, nonché alcuni concetti di algebra lineare del corso di Geometria. Auspicabile la conoscenza di un linguaggio (Fortran o Pascal).*

## PROGRAMMA

Il corso inizia con la presentazione di esempi che introducono le problematiche sviluppate. Si trattano poi in successione: definizione teorica di sistema, sistema continuo e discreto, variante ed invariante nel tempo, nonlineare e lineare; rappresentazione con equazioni differenziali e alle differenze, rappresentazione di Lagrange per sistemi lineari; stabilità secondo Lyapunov, linearizzazione, autovalori ed autovettori, stabilità in grande, regione di asintotica stabilità, criterio di Lasalle; controllabilità, matrice di controllabilità, forma canonica di Kalman, sottospazio di controllabilità, legge del controllo  $u(t) = k^T y(t)$ , posizionamento dei poli per sistemi 1 ingresso/1 uscita, stabilizzabilità; osservabilità e matrice di osservabilità, sistemi duali, osservatore asintotico degli stati; regolatore; funzione di trasferimento, zeri, poli, guadagno, algebra dei blocchi; realizzazione minima di funzione di trasferimento razionale fratta, forme canoniche. Algebra lineare, matrici, vettori, distanze, norme, prodotti scalari, sottospazi, dimensioni, basi, rango di una trasformazione lineare, spazio nullo, trasformazione inversa e pseudoinversa e loro rappresentazioni, proiezioni. Discretizzazione di sistemi continui, campionamento, aliasing, calcolo dell'esponenziale di matrice.

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono essenzialmente nello sviluppo alla lavagna di semplici esercizi applicativi della teoria e nella preparazione del materiale per gli esempi di sistemi le cui simulazioni verranno sviluppate nei laboratori al computer.

## LABORATORI

I laboratori consistono nello sviluppo al computer (PDP 11/34) di programmi di simulazione di alcuni sistemi dinamici, diversi da un anno all'altro.

TESTI CONSIGLIATI

Rinaldi - Teoria dei sistemi - CLUP, Milano.

Luenberger - Introduction to dynamic systems - Wiley & Sons, New York.

Autori vari - Teoria dei sistemi, esempi di applicazioni - CLUP, Milano.

Rinaldi - Algebra lineare - CLUP, Milano.

## IN440 TEORIA DELLE RETI ELETTRICHE

Prof. Claudio BECCARI (1° corso)  
 Prof. Mario BIEY (2° corso)

DIP. di Elettronica  
 IST. di Elettronica e Telecomunicazioni

III ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

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

*Il corso si propone di fornire le nozioni necessarie per la comprensione e lo studio della risposta in frequenza dei circuiti elettrici, oltreché le basi fondamentali per il progetto di bipoli e doppi bipoli passivi.*

*Il corso è organizzato in lezioni ed esercitazioni teoriche, strettamente integrate con le lezioni.*

*Nozioni propedeutiche: Elettrotecnica, Complementi di matematica.*

## PROGRAMMA

Reti RCLM e loro proprietà fondamentali. Studio grafico delle funzioni di rete; diagrammi elementari di modulo e argomento. Condizioni di attuabilità dei bipoli. Sintesi di bipoli LC, RC, RL. Procedimento generale di sintesi di bipoli RCLM secondo Brune. Il problema di approssimazione: sua soluzione con il metodo grafico. Relazioni tra le componenti di una funzione di rete. Sintesi di funzioni di trasmissione con stadi amplificatori connessi in cascata. Doppi bipoli. Parametri immagine. Effetti dell'inserzione di un doppio bipolo tra generatore e carico. Formula di Zobel. Guadagno d'inserzione e suo valore massimo. Progetto di filtri passa basso con il metodo di Zobel. Attenuatori. Adattatori. Trasformazioni di frequenza. Condizioni di attuabilità del coefficiente di riflessione e di trasmissione. Sintesi di doppi bipoli a resistenza costante. Sintesi di doppi bipoli puramente reattivi, caricati da un lato solo e da due lati. Filtri passa basso alla Butterworth e alla Cebisceff. Uso dei manuali reperibili in commercio per il progetto di filtri LC.

## ESERCITAZIONI

Consistono nella soluzione da parte degli allievi di una serie di problemi di analisi e di progetto.

## TESTI CONSIGLIATI

M. Soldi - Teoria delle reti elettriche - Vol. I e II, CLUT.

C. Beccari, M. Soldi - Esercitazioni di teoria delle reti elettriche - CLUT.

## IN442 TEORIA E PROGETTO DEI CIRCUITI LOGICI

Prof. Luigi GILLI

DIP. di Automatica e Informatica  
IST. di Elettrotecnica Generale

IV ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Informatica -

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	90	60	30
Settimanale (ore)	6	4	2

Informatica sistemistica -

Elettronica circuitale -

Circuiti e tecnologie elettroniche -

Telefonia -

Trasmissione numerica

*Il corso si propone di illustrare le problematiche relative al progetto di circuiti logici e di semplici sistemi di elaborazione. Il corso è integrato da esercitazioni pratiche durante le quali lo studente può verificare la correttezza dei propri progetti tramite sistemi di elaborazione.*

*Oltre alle lezioni teoriche e alle esercitazioni in aula sono previste esercitazioni sull'uso del linguaggio di simulazione RTS1a installato su un elaboratore IBM 370. Nozioni propedeutiche: Elettronica applicata I (IN140) e da uno dei due corsi: Calcolatori e programmazione (IN036) o Sistemi di elaborazione dell'informazione generale (IN490).*

## PROGRAMMA

Rcchiami di algebra booleana e analisi di reti combinatorie. Sintesi di reti combinatorie. Analisi di reti sequenziali: reti sincrone ed asincrone. Sintesi di reti sequenziali asincrone. Sintesi di reti sequenziali sincrone. Diagnostica e collaudo di circuiti logici: simulazione di circuiti, modelli di guasti, generazione di pattern di test, fault simulation. Progetto formale di sistemi di elaborazione: organizzazione generale, unità operativa, unità di controllo, unità periferiche, memorie e registri. Possibili architetture di sistemi: hardware, microprogrammati, con uso di PLA. Sviluppo del progetto di un piccolo sistema di elaborazione. Descrizione del sistema di elaborazione INTEL 8085. Descrizione del CPU 8085: schema a blocchi, modalità di funzionamento, set di istruzioni, temporizzazione dell'esecuzione delle istruzioni. Descrizione dei periferici: configurazione memory mapped ed isolated I/O con analisi dei seguenti dispositivi: 8205, 8251, 8253, 8255, 8259. Organizzazione di banchi di memorie (8101, 8102, 2708, 2716).

## ESERCITAZIONI

Linguaggio di simulazione RTS1a. Progetto di macchine asincrone, sincrone, special purpose.

## LABORATORI

Esercitazioni pratiche sul linguaggio di simulazione RTS1a.

## TESTI CONSIGLIATI

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

- MGS 85 User's manual - INTEL CO., Santa Clara, 1977.

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

P. Prinetto, I. Visintin - RTS1a: user manual - CUSL P.G. Frassati, Torino, 1981.

P. Prinetto - TPCL - CUSL P.G. Frassati, Torino, 1981.

## IN445 TEORIA STATISTICA DELL'INFORMAZIONE

Prof. Michele ELIA

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Trasmissione numerica

DIP. di Elettronica

IST. di Elettronica e Telecomunicazioni

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

*Il corso si propone di presentare una sintesi formale dei metodi e delle problematiche connesse con la trasmissione e la elaborazione dell'informazione. Il corso consta di due parti metodologicamente diverse; una prima parte introduce e sviluppa la teoria matematica della misura di informazione, mentre la seconda parte espone la teoria dei codici algebrici.*

*Il corso consta di lezioni e di esercitazioni teoriche.*

*Nozioni propedeutiche: è indispensabile una buona conoscenza dei corsi di Teoria dei segnali e di Comunicazioni elettriche ed è previsto che gli allievi abbiano seguito il corso di Trasmissione di dati.*

## PROGRAMMA

Misura dell'informazione ed entropia. Mutua informazione, modello matematico di canale e calcolo della capacità. Sorgenti di informazione, il teorema della codifica di sorgente, particolari codici di sorgente. Teorema della codifica di canale, funzioni di affidabilità di canali con rumore. Codici lineari a blocco e convoluzionali. Complessità computazionale dei codificatori e dei decodificatori.

## ESERCITAZIONI

Sono di carattere puramente teorico.

## TESTI CONSIGLIATI

Mc Eliece - The theory of information and coding - Addison-Wesley, 1977.

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

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

## IN452 TRASMISSIONE DI DATI

Prof. Sergio BENEDETTO

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Sistemi di telecomunicazioni -

Trasmissione numerica

DIP. di Elettronica

IST. di Elettronica e Telecomunicazioni

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	80	30	10
Settimanale (ore)	6	2	

*Il corso studia i sistemi di trasmissione numerica punto-punto, offrendo metodi per l'analisi e il progetto di tali sistemi. L'impostazione, di tipo generale, consente di utilizzare i risultati ottenuti nelle diverse situazioni che si incontrano nella pratica: trasmissione di dati su linea telefonica, su ponte radio, su cavo e via satellite. Il corso prevede lezioni, esercitazioni analitiche e al calcolatore, lo svolgimento di un progetto e misure sperimentali su "modem".*

*Nozioni propedeutiche: Teoria della probabilità, variabili e processi casuali, Elementi di modulazioni numeriche.*

## PROGRAMMA

Elementi di teoria dell'informazione: entropia di sorgenti stazionarie e capacità di canali discreti. Trasmissione di forme d'onda su canale Gaussiano additivo; metodi di modulazione coerenti e incoerenti. Codici di canale: codici a blocco rivelatori e correttori di errore; generatori di sequenze pseudocasuali; codici convoluzionali. Trasmissione numerica su canali reali: calcolo della probabilità di errore in presenza di interferenza intersimbolica. L'equalizzazione adattativa. Sincronizzazione di portante e di simbolo nella trasmissione numerica. Esempi applicativi.

## ESERCITAZIONI

Esercitazioni di calcolo da svolgere a casa e in aula su argomenti del corso; un progetto da svolgere con l'ausilio dell'elaboratore elettronico.

## LABORATORI

Misure su "modem" commerciali.

## IN453 TRASMISSIONE TELEFONICA

Prof. Ezio BIGLIERI

DIP. di Elettronica

IST. di Elettronica e Telecomunicazioni

V ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

1° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 60 30 -

INDIRIZZO: Telefonia -

Settimanale (ore) 4 2 -

Apparati di telefonia

*Il corso si propone di fornire nozioni sui seguenti argomenti: modelli per il segnale vocale; elaborazione numerica dei segnali, con applicazione al segnale vocale; metodi di quantizzazione; struttura dei sistemi di trasmissione PCM.*

*Il corso comprende lezioni, esercitazioni, visite di istruzione.*

*Nozioni propedeutiche sono quelle fornite nel corso di: Comunicazioni elettriche (specialistico).*

## PROGRAMMA

Modelli matematici di generazione del segnale vocale.

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

Codifica predittiva lineare per l'identificazione dei parametri del tratto vocale e la sintesi della voce.

Caratteristiche statistiche del segnale telefonico.

Quantizzazione di segnali: quantizzazione uniforme, robusta, adattativa, predittiva. ADPCM, modulazione delta.

I sistemi di trasmissione PCM: struttura di trama del segnale, moltiplicazione, rigenerazione, codici di linea, recupero della temporizzazione.

## ESERCITAZIONI

Sono di tipo teorico, con calcoli di verifica e di progetto di sistemi per l'elaborazione del segnale vocale, di quantizzatori e di sistemi di trasmissione PCM.

## TESTI CONSIGLIATI

L.R. Rabiner, R.W. Schafer - Digital processing of speech signals - Prentice-Hall, 1978.

N.S. Jayant (Ed.) - Waveform quantization and coding - IEEE Press, 1976.

INTERNATIONAL JOURNAL OF

1975

Volume 10, Number 1, 1975  
Published by the International Association of Agricultural Economists  
The Journal is published quarterly by the International Association of Agricultural Economists, 1000 North 17th Street, Arlington, Virginia 22209, U.S.A.  
Subscription prices: Single copies \$10.00; Annual subscription \$35.00; Institutional subscription \$100.00. All prices include postage and handling charges.  
Second-class postage paid at Arlington, Virginia, and at additional mailing offices.  
Postmaster: Send address changes to International Journal of Agricultural Economics, P.O. Box 1000, Arlington, Virginia 22209.

WORLD AND DEVELOPING COUNTRIES  
The Journal is devoted to the publication of original research and policy analysis in the field of agricultural economics. It covers all aspects of the agricultural sector, including production, distribution, and consumption. The Journal is particularly interested in the role of agriculture in economic development and in the impact of agricultural policies on the welfare of the rural population. The Journal is required reading for all those concerned with agricultural economics and development.

EDITORIAL BOARD  
The Journal is edited by the International Association of Agricultural Economists. The Editorial Board consists of leading experts in the field of agricultural economics. The Board is responsible for the selection and review of manuscripts for publication. The Journal is published quarterly by the International Association of Agricultural Economists, 1000 North 17th Street, Arlington, Virginia 22209, U.S.A.

1975  
Volume 10, Number 1, 1975  
Published by the International Association of Agricultural Economists  
The Journal is published quarterly by the International Association of Agricultural Economists, 1000 North 17th Street, Arlington, Virginia 22209, U.S.A.  
Subscription prices: Single copies \$10.00; Annual subscription \$35.00; Institutional subscription \$100.00. All prices include postage and handling charges.  
Second-class postage paid at Arlington, Virginia, and at additional mailing offices.  
Postmaster: Send address changes to International Journal of Agricultural Economics, P.O. Box 1000, Arlington, Virginia 22209.

**CORSO DI LAUREA  
IN  
INGEGNERIA  
ELETTRTECNICA**

CORSO DI LAUREA  
IN  
INGEGNERIA  
ELETTROTECNICA

## CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTROTECNICA

Il corso di Laurea in Ingegneria elettrotecnica è rivolto alla formazione professionale, tecnica e scientifica, con riferimento alle esigenze produttive e industriali in cui è prevalente l'utilizzazione e la trasformazione della energia elettrica. Oltre che a competenze progettuali sulla componentistica elettrica ed elettromeccanica, il corso intende portare ad una visione sistemistica dell'impianto, che utilizza le interconnessioni di singoli elementi in funzione di una predeterminata finalità di obiettivo e di comportamento.

La programmazione del corso si articola pertanto in un curriculum di studi interdisciplinare che, pur tenendo in conto principale e preponderante le applicazioni dell'elettricità, non trascura gli aspetti fondamentali della meccanica, termotecnica, idraulica e delle costruzioni.

Su questa formazione di base comune si delineano nel seguito quattro indirizzi principali: l'indirizzo di impianti elettrici, l'indirizzo elettromeccanico, l'indirizzo di elettrotecnica industriale e infine quello di automatica.

**L'indirizzo di impianti elettrici** è diretto alla preparazione, sotto gli aspetti progettuali e di funzionamento, dei sistemi di produzione, trasporto e distribuzione dell'energia elettrica; sono evidenziati inoltre gli aspetti sulla normativa e sulla tecnica della sicurezza.

**L'indirizzo elettromeccanico** è rivolto alla utilizzazione, al progetto e alla costruzione di componenti elettromeccanici, in particolari di motori e di generatori elettrici.

**L'indirizzo di elettrotecnica industriale** studia i principali tipi di azionamenti attuati mediante motori convenzionali e speciali, con particolare riguardo alle interazioni tra componenti elettromeccanici ed apparati elettronici di potenza.

**L'indirizzo di automatica** si rivolge allo studio degli algoritmi di controllo, con metodologie che si possano adottare dalle più semplici alle più complesse realizzazioni, proponendo tecniche attuative sia di tipo analogico sia di tipo numerico.

**PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DI CORSO DI LAUREA**

Luigi PIGLIONE

Dip. di Elettrotecnica - Ist. di Macchine Elettriche

**COMMISSIONE PER L'ESAME DEI PIANI DI STUDIO INDIVIDUALI**Luigi PIGLIONEDip. di Elettrotecnica  
Ist. di Macchine elettriche

Andrea ABETE

Dip. di Elettrotecnica  
Ist. di Elettrotecnica generale

Roberto NAPOLI

Dip. di Elettrotecnica  
Ist. di Macchine elettriche

Roberto POME'

Dip. di Elettrotecnica  
Ist. di Macchine elettriche

Franco VILLATA

Dip. di Elettrotecnica  
Ist. di Macchine elettriche**COMMISSIONE PROVE DI SINTESI**Luigi PIGLIONEDip. di Elettrotecnica  
Ist. di Macchine elettriche

Andrea ABETE

Dip. di Elettrotecnica  
Ist. di Elettrotecnica generale

Franco VILLATA

Dip. di Elettrotecnica  
Ist. di Macchine elettriche

**PIANO UFFICIALE DEGLI STUDI  
DEL CORSO DI LAUREA IN  
INGEGNERIA ELETTROTECNICA**

<i>Anno</i>	<i>1° periodo didattico</i>	<i>2° periodo didattico</i>
I	<b>IN458</b> Analisi matematica I <b>IN464</b> Chimica <b>IN468</b> Disegno (1/2 corso)	<b>IN476</b> Geometria I <b>IN472</b> Fisica I <b>IN468</b> Disegno (1/2 corso)
II	<b>IN461</b> Analisi matematica II <b>IN484</b> Fisica II <b>IN565</b> Tecnica della programmazione (*) (ex <b>IN135</b> Elementi di programmazione (sem.) e <b>IN136</b> Elementi di statistica (sem.))	<b>IN486</b> Meccanica razionale <b>IN153</b> Elettrotecnica I (**) <b>IN259</b> Materiali per l'elettronica (*)
III	<b>IN360</b> Scienza delle costruzioni <b>IN072</b> Complementi di matematica <b>IN154</b> Elettrotecnica II	<b>IN263</b> Meccanica applicata alle macchine <b>IN177</b> Fisica tecnica <b>IN239</b> Istituzioni di elettromeccanica
IV	<b>IN297</b> Misure elettriche <b>IN253</b> Macchine elettriche <b>IN082</b> Controlli automatici	<b>IN248</b> Macchine <b>IN216</b> Impianti elettrici <b>IN139</b> Elettronica applicata
V	<b>IN206</b> Idraulica X Y W	W V Z Y

(\*) *insegnamento anticipato del triennio*

(\*\*) *insegnamento sostitutivo di Geometria II*

Gruppi omogenei di materie di indirizzo (X, Y, W, V, Z) per il corso di laurea.

### Indirizzo AUTOMATICA A

W	1°	IN065	Complementi di controlli automatici
X	1°	IN022	Applicazioni elettromeccaniche
Z	2°	IN087	Controllo dei processi
Y	2°	IN041	Calcolo numerico e programmazione
V	2°	IN306	Modellistica ed identificazione, oppure IN355 Ricerca operativa

### Indirizzo AUTOMATICA B

W	1°	IN065	Complementi di controlli automatici
X	1°	IN022	Applicazioni elettromeccaniche
Z	2°	IN032	Automazione
Y	1°	IN382	Strumentazione per l'automazione
V	2°	IN527	Macchine elettriche ed apparecchi elettrici di comando (ex IN019 Apparecchi elettrici di comando), oppure
	2°	IN490	Sistemi di elaborazione dell'informazione

### Indirizzo Elettrotecnica Industriale

X	1°	IN528	Macchine elettriche statiche (ex IN144 Elettronica industriale)
W	2°	IN078	Componenti elettromeccanici
Z	2°	IN413	Tecnologia meccanica
V	2°	IN527	Macchine elettriche ed apparecchi elettrici di comando (ex IN019 Apparecchi elettrici di comando)
Y	1°	IN371	Sistemi elettrici speciali

### Indirizzo IMPIANTI A

X	1°	IN218	Impianti elettrici II
Z	2°	IN219	Impianti idroelettrici
W	1°	IN227	Impianti nucleo e termoelettrici
V	2°	IN020	Apparecchiature di manovra e interruzione
Y	2°	IN394	Teoria della sicurezza nelle applicazioni elettriche

### Indirizzo IMPIANTI B

X	1°	IN218	Impianti elettrici II
Y	1°	IN496	Analisi dei sistemi elettrici di potenza, oppure -
	1°	IN302	Misure sulle macchine e sugli impianti elettrici
Z	2°	IN041	Calcolo numerico e programmazione
V	2°	IN020	Apparecchiature di manovra ed interruzione
W	2°	IN509	Disciplina giuridica delle attività tecnico-ingegneristiche (ex IN260 Materie giuridiche)

**Indirizzo MACCHINE ELETTRICHE A**

- X 1° **IN371** Sistemi elettrici speciali  
 W 2° **IN108** Costruzioni elettromeccaniche  
 Z 2° **IN413** Tecnologia meccanica  
 V 2° **IN020** Apparecchiature di manovra ed interruzione  
 Y 2° **IN041** Calcolo numerico e programmazione

**Indirizzo MACCHINE ELETTRICHE B**

- X 1° **IN371** Sistemi elettrici speciali  
 W 2° **IN108** Costruzioni elettromeccaniche  
 Z 2° **IN413** Tecnologia meccanica  
 Y 2° **IN041** Calcolo numerico e programmazione  
 V 2° **IN127** Economia e tecnica aziendale

Considerata l'eventualità che alcuni degli Insegnamenti previsti per i vari indirizzi non possano essere svolti nell'a.a. 1982/83, si considerino, in tal caso, operanti le seguenti sostituzioni:

**Indirizzo IMPIANTI B**

In luogo di:

- Y 1° **IN302** Misure sulle macchine e sugli impianti elettrici

la materia:

- Y 1° **IN227** Impianti nucleo e termoelettrici

e in luogo di:

- Y 1° **IN496** Analisi dei sistemi elettrici di potenza

la materia:

- Y 1° **IN227** Impianti nucleo e termoelettrici

### CRITERI DI APPROVAZIONE DEI PIANI DI STUDIO INDIVIDUALI DEL CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRTECNICA

Saranno approvati i piani di studio comprendenti complessivamente almeno 29 materie tra le quali:

a) Le seguenti 24 materie:

- |    |              |   |
|----|--------------|---|
| 1° | <b>IN458</b> | Analisi matematica I  |
| 1° | <b>IN464</b> | Chimica   |
| 2° | <b>IN468</b> | Disegno   |
| 2° | <b>IN476</b> | Geometria I   |
| 2° | <b>IN472</b> | Fisica I  |
| 1° | <b>IN461</b> | Analisi matematica II   |
| 1° | <b>IN484</b> | Fisica II   |
| 1° | <b>IN565</b> | Tecnica della programmazione (ex <b>IN135</b> Elementi di programmazione (sem.) e <b>IN136</b> Elementi di statistica (sem.)) |
| 2° | <b>IN486</b> | Meccanica razionale   |
| 2° | <b>IN153</b> | Elettrotecnica I  |
| 2° | <b>IN259</b> | Materiali per l'elettrotecnica  |
| 1° | <b>IN360</b> | Scienza delle costruzioni   |
| 1° | <b>IN072</b> | Complementi di matematica   |
| 1° | <b>IN154</b> | Elettrotecnica II   |
| 2° | <b>IN263</b> | Meccanica applicata alle macchine, oppure   |
| 2° | <b>IN271</b> | Meccanica delle macchine e macchine   |
| 2° | <b>IN177</b> | Fisica tecnica  |
| 2° | <b>IN239</b> | Istituzioni di elettromeccanica   |
| 1° | <b>IN297</b> | Misure elettriche   |
| 1° | <b>IN253</b> | Macchine elettriche   |
| 1° | <b>IN082</b> | Controlli automatici  |
| 2° | <b>IN248</b> | Macchine, oppure <b>IN413</b> Tecnologia meccanica, oppure  |
| 1° | <b>IN094</b> | Costruzione di macchine e tecnologie  |
| 2° | <b>IN216</b> | Impianti elettrici (ex <b>IN217</b> Impianti elettrici I)   |
| 2° | <b>IN139</b> | Elettronica applicata   |
| 1° | <b>IN206</b> | Idraulica   |

b) almeno 5 materie scelte tra gli indirizzi sottoelencati, delle quali tre comprese in uno stesso indirizzo:

#### Indirizzo AUTOMATICA A

- |   |    |              |  |
|---|----|--------------|--|
| W | 1° | <b>IN065</b> | Complementi di controlli automatici                                    |
| X | 1° | <b>IN022</b> | Applicazioni elettromeccaniche   |
| Z | 2° | <b>IN087</b> | Controllo dei processi   |
| Y | 2° | <b>IN041</b> | Calcolo numerico e programmazione                                      |
| V | 2° | <b>IN306</b> | Modellistica ed identificazione, oppure <b>IN355</b> Ricerca operativa |

**Indirizzo AUTOMATICA B**

- W** 1° **IN065** Complementi di controllo automatici  
**X** 1° **IN022** Applicazioni elettromeccaniche  
**Z** 2° **IN032** Automazione  
**Y** 1° **IN382** Strumentazione per l'automazione  
**V** 2° **IN527** Macchine elettriche ed apparecchi elettrici di comando (ex **IN019**  
 Apparecchi elettrici di comando) oppure  
 2° **IN490** Sistemi di elaborazione dell'informazione

**Indirizzo ELETTROTECNICA INDUSTRIALE**

- X** 1° **IN528** Macchine elettriche statiche (ex **IN144** Elettronica industriale)  
**W** 2° **IN078** Componenti elettromeccanici  
**Z** 2° **IN413** Tecnologia meccanica  
**V** 2° **IN527** Macchine elettriche ed apparecchi elettrici di comando (ex **IN019**  
 Apparecchi elettrici di comando)  
**Y** 1° **IN371** Sistemi elettrici speciali

**Indirizzo IMPIANTI A**

- X** 1° **IN218** Impianti elettrici II  
**Z** 2° **IN219** Impianti idroelettrici  
**W** 1° **IN227** Impianti nucleo e termoelettrici  
**V** 2° **IN020** Apparecchiature di manovra e interruzione  
**Y** 2° **IN394** Tecnica della sicurezza nelle applicazioni elettriche

**Indirizzo IMPIANTI B**

- X** 1° **IN218** Impianti elettrici II  
**Y** 1° **IN496** Analisi dei sistemi elettrici di potenza, oppure  
 1° **IN302** Misure sulle macchine e sugli impianti elettrici  
**Z** 2° **IN041** Calcolo numerico e programmazione  
**V** 2° **IN020** Apparecchiature di manovra ed interruzione  
**W** 2° **IN509** Disciplina giuridica della attività tecnico-ingegneristiche (ex  
**IN260** Materie giuridiche)

**Indirizzo MACCHINE ELETTRICHE A**

- X** 1° **IN371** Sistemi elettrici speciali  
**W** 2° **IN108** Costruzioni elettromeccaniche  
**Z** 2° **IN413** Tecnologia meccanica  
**V** 2° **IN020** Apparecchiature di manovra ed interruzione  
**Y** 2° **IN041** Calcolo numerico e programmazione

**Indirizzo MACCHINE ELETTRICHE B**

X	1°	<b>IN371</b>	Sistemi elettrici speciali
W	2°	<b>IN108</b>	Costruzioni elettromeccaniche
Z	2°	<b>IN413</b>	Tecnologia meccanica
Y	2°	<b>IN041</b>	Calcolo numerico e programmazione
V	2°	<b>IN127</b>	Economia e tecnica aziendale

I piani che non soddisfano le condizioni suddette verranno esaminati e discussi caso per caso, tenuto conto delle esigenze di formazione culturale e di preparazione professionale dello studente.

**PRECEDENZE FUNZIONALI RACCOMANDATE**

Materie del triennio: Elettrotecnica I

Macchine elettriche: Istituzioni di elettromeccanica

Impianti elettrici: Elettrotecnica II e Macchine elettriche

Materie indirizzo **IMPIANTI**: Impianti elettrici

Materie indirizzo **AUTOMATICA**: Controlli automatici

Materie indirizzo **MACCHINE ELETTRICHE**: Macchine elettriche e Misure elettriche

Materie indirizzo **ELETTROTECNICA INDUSTRIALE**: Macchine elettriche e Controlli automatici

Impianti nucleo e termoelettrici: Macchine.

**PROGRAMMI**

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

## IN496 ANALISI DEI SISTEMI ELETTRICI DI POTENZA

Docente da nominare

V ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Impianti B

Impegno didattico

Annuale (ore)

Settimanale (ore)

Lez.

Es.

Lab.

— — —

— — —

*Il corso si propone di illustrare le nozioni fondamentali per l'analisi e la gestione dei sistemi elettrici di potenza. Rinunciando ai dettagli ingegneristici sui vari componenti gli impianti elettrici vengono considerati nel loro complesso con un approccio sistemistico, nel quale appaiono di preminente interesse le interazioni fra i sottosistemi di produzione, trasmissione e distribuzione d'energia elettrica, i criteri di esercizio di una rete elettrica, i problemi di regolazione dei flussi di potenza e di controllo automatico centralizzato.*

*Nozioni propedeutiche: Macchine elettriche, Impianti elettrici.*

## PROGRAMMA

Configurazioni tipiche dei moderni sistemi elettrici di produzione, trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica.

Programmazione a lungo termine. Tipi di utenze e previsioni probabilistiche dei carichi. Affidabilità del servizio. Indice di probabilità di perdita di carico.

Programmazione a medio termine. Piani di produzione.

Programmazione a breve termine: caratteristiche dei carichi. Il sistema di potenza in regime statico. Equilibrio delle potenze attive ed effetti sulla frequenza. Equilibrio delle potenze reattive ed effetti sulla tensione. Modelli per lo studio del regime statico. Macchina sincrona. Trasformatore. Linea di trasmissione. I flussi di potenza a regime. Vincoli d'esercizio. Soluzione delle equazioni di rete. Analisi di sensitività. Strategie di gestione ottimale. Il problema del dispacciamento ottimo.

Minimizzazione dei costi d'esercizio. Sicurezza funzionale di una rete. Regime normale, d'allerta, d'emergenza. Studio probabilistico del funzionamento a regime. Modelli dinamici. Il problema del controllo. Stabilità statica e dinamica.

## TESTI CONSIGLIATI

Iliceto - Impianti elettrici - Ed. Patròn.

Eldgerd - Electric Energy System: and Introduction - Ed. McGraw-Hill.

Saccomanno - Appunti.

Stevenson - Elements of Power System Analysis - Ed. McGraw-Hill.

## IN020 APPARECCHIATURE DI MANOVRA E INTERRUZIONE

Prof. Giovanni CANTARELLA

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Impianti A e B -

Macchine Elettriche A

DIP. di Elettrotecnica

IST. di Macchine Elettriche

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	60	40	20
Settimanale (ore)	4	4	

*Il corso mira ad approfondire le conoscenze dello studente sulle apparecchiature di manovra e di protezione dei circuiti elettrici (interruttori di manovra, interruttori automatici, fusibili, contattori, avviatori, e loro combinazioni), che si riscontrano come principali componenti in tutti i circuiti e impianti elettrici. Esso è particolarmente consigliato ai futuri ingegneri che intendano operare in attività di progettazione, esercizio, manutenzione di impianti industriali elettrici, o di progettazione, costruzione, verifica di apparecchi di manovra e di protezione.*

*Nozioni propedeutiche: sono necessarie nozioni di base relative agli impianti elettrici, alla fisica tecnica e alle macchine elettriche.*

## PROGRAMMA

Ruolo funzionale degli apparecchi di interruzione. Sovracorrenti, sovraccarico e corto circuito. Transitorio di stabilimento della corrente di corto circuito. Sorgenti di correnti di corto circuito. Contributo dei motori alla corrente di corto circuito. Riscaldamento degli apparecchi elettrici: limiti di temperatura. Trasmissione del calore per conducibilità, convezione e radiazione. Corrente ammissibile in un conduttore. Riscaldamento di conduttori isolati e delle bobine degli apparecchi. Riscaldamento di conduttori in condizioni di corto circuito, " $I^2 t$ " o integrale di Joule. Applicazioni della grandezza " $I^2 t$ ". Riscaldamento delle apparecchiature con carico intermittente. Forze elettrodinamiche: tra conduttori complanari e in una spira. L'arco elettrico negli interruttori: caratteristica statica e dinamica. L'arco in regime transitorio. Modello di Mayr. Interruzione di corrente continua in circuiti induttivi. Interruttori rapidi per corrente continua. Energia trasformata nell'arco. Interruzione di corrente alternata. Tensione transitoria di ritorno. Frequenza propria. Resistenza critica. Fattore di ampiezza. Normativa tecnica del CEI e della IEC. Interruzione di corrente di corto circuito in circuiti trifase. Metodi per l'estinzione dell'arco elettrico. Interruttori in olio, aria compressa, esafluoruro di zolfo, magnetici, nel vuoto. Interruzione di piccole correnti induttive, di correnti capacitive, in discordanza di fase, di guasto in linea. Resistori in parallelo all'arco negli interruttori. Interruttori di bassa tensione per impianti elettrici in edifici industriali e residenziali. Protezione contro sovraccarico dei conduttori. Potere di chiusura nominale e potere di interruzione nominale di interruttori automatici. Prove per la loro verifica. Sganciatori termici per sovraccarico. Fusibili. Caratteristiche di prearco e di funzionamento, di limitazione e di " $I^2 t$ ". Fusibili per uso generale e per uso combinato. Correnti critiche. Contattori. Categorie di impiego. Funzionamento ordinario e occasionale. Protezione dei contattori contro le correnti di corto circuito. Elettromagnete di comando. Apparecchi limitatori della corrente di corto circuito.

## ESERCITAZIONI

Il corso comprende esercitazioni di calcolo relative agli argomenti trattati nelle lezioni e esercitazioni pratiche svolte nel laboratorio di corto circuito dell'I.E.N. "Galileo Ferraris".

## LABORATORI

Laboratorio di corto circuito dell'Istituto Elettrotecnico Nazionale "Galileo Ferraris".

## TESTI CONSIGLIATI

Appunti delle lezioni sono messi a disposizione degli studenti.

## IN022 APPLICAZIONI ELETTROMECCANICHE

Prof. Francesco DONATI

DIP. di Automatica e Informatica

IST. di Macchine Elettriche

V ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

1° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 60 60 —

INDIRIZZO: Automatica A e B

Settimanale (ore) 4 4 —

*Il corso inquadra lo studio dei sistemi elettromeccanici in generale e delle macchine elettriche in particolare dal punto di vista della moderna teoria dei sistemi. Tende quindi ad introdurre l'allievo all'uso dei calcolatori analogico e numerico nello studio di specifici problemi elettromeccanici.*

*Esami propedeutici: Macchine elettriche, Controlli automatici, Elementi di programmazione.*

## PROGRAMMA

Funzionamento in condizioni transitorie di circuiti elettrici lineari e non lineari. Impostazione matematica del problema attraverso l'uso delle variabili di stato in generale e l'uso delle funzioni di trasferimento nel caso particolare di sistemi lineari. Simulazione numerica di sistemi elettromeccanici. Modelli matematici per lo studio dei fenomeni transitori nelle macchine elettriche rotanti. Controllo numerico di velocità e posizione applicato a motori a corrente continua - e - asincroni. Problemi di stabilità e controllo degli alternatori.

## ESERCITAZIONI

Analisi di transitori tipici nei circuiti elettrici. Analisi di particolari sistemi elettromeccanici. Simulazione di fenomeni transitori in una macchina a corrente continua. Simulazione di un sistema di controllo numerico.

## TESTI CONSIGLIATI

Dispense in corso di preparazione.

Meisel - Principles of Electromechanical - Energy Conversion, McGraw Hill.

## IN032 AUTOMAZIONE

Prof. Roberto GENESIO

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Automatica B

DIP. di Automatica e Informatica

IST. di Elettrotecnica Generale

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

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

*Il corso si svolgerà attraverso lezioni ed esercitazioni.*

*E' richiesta la conoscenza degli argomenti trattati nei corsi di Controlli automatici e di Sistemi di elaborazione dell'informazione.*

## PROGRAMMA

Generalità sul controllo dei processi, sul suo rapporto con i controlli automatici e sulla sua evoluzione con particolare riguardo all'uso delle strutture informatiche. Descrizione del funzionamento e delle caratteristiche generali dei sottosistemi impiegati nel controllo dei processi: sensori, strutture di interfaccia verso il calcolatore (multiplexers, convertitori A/D, ecc.), minielaboratori e microprocessori, controllori e attuatori. Sviluppo di tecniche per la costruzione del modello matematico dell'impianto. Esempi di sistemi che coinvolgono processi idraulici, termici, chimici, ecc. Introduzione ai metodi di identificazione dei parametri del modello matematico con l'uso di tecniche deterministiche e statistiche. Introduzione agli aspetti principali del problema della ottimizzazione stazionaria. Analisi di alcuni metodi per il controllo di sistemi dinamici multivariabili, con particolare riferimento alle tecniche del controllo ottimo e della programmazione dinamica, e con esempi di applicazioni.

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni saranno dedicate per una metà ai sottosistemi impiegati nel controllo dei processi, allo svolgimento del punto 2 del programma, mentre per l'altra metà verranno impiegate per lo sviluppo, da parte degli studenti divisi in gruppi, di esempi completi di controllo di processi industriali.

## TESTI CONSIGLIATI

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

G. Quazza - Controllo dei processi - Vol. I - CLUP, Milano, 1979.

## IN041 CALCOLO NUMERICO E PROGRAMMAZIONE

Prof. Catterina DAGNINO

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Automatica A -

Impianti B -

Macchine elettriche A e B

DIP. di Matematica

IST. Matematico

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

*Il corso ha lo scopo di fornire agli allievi le conoscenze di base sui principali metodi numerici relativi a problemi diversi. Vengono inoltre analizzati i corrispondenti algoritmi, di alcuni dei quali è presentato il programma in Fortran.*

*Il corso si svolgerà con lezioni, esercitazioni in aula, esercitazioni al calcolatore.*

## PROGRAMMA

Aspetti di base dei calcoli numerici.  
 Aritmetica del calcolatore.  
 Interpolazione e approssimazione di funzioni.  
 Differenziazione e integrazione numerica.  
 Equazioni non lineari e sistemi di equazioni non lineari.  
 Sistemi di equazioni lineari.  
 Autovalori e autovettori di matrici.  
 Equazioni differenziali ordinarie.  
 Programmazione in linguaggio Fortran.

## ESERCITAZIONI

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

## TESTI CONSIGLIATI

R. Alston, R.A. Binowitz - A first course in numerical analysis - II<sup>a</sup> ed. - McGraw Hill, 1978.  
 F. Lerda - Il Fortran IV - Etas Kompass.

## IN065 COMPLEMENTI DI CONTROLLI AUTOMATICI

Prof. Alfredo VAGATI

DIP. di Elettrotecnica

IST. di Macchine elettriche

V ANNO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	70	24	—
Settimanale (ore)	6	2	—

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Automatica A e B

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

*Nozioni propedeutiche: Controlli automatici.*

## PROGRAMMA

Introduzione al controllo mediante calcolatori digitali.

I sistemi discreti nel tempo. Nozioni generali, segnali discreti, teorema del campionamento, trasformazione di Laplace e trasformazione Z, poli e stabilità, rappresentazione con variabili di stato di sistemi mono e multi-variabili, controllabilità e osservabilità. Definizione delle caratteristiche dinamiche dei trasduttori e attuatori in relazione agli obiettivi del controllo. I filtri digitali nei sistemi di controllo.

Controllo di sistemi deterministici. Tipi di controllori, controllori dello stato, criteri di controllo ottimo, osservatori.

Principi di controllo di sistemi stocastici.

Controllo di sistemi incerti. Approssimazione dei modelli, criteri di valutazione del modello e del controllo, progetto dell'osservatore e del controllo.

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consisteranno nella impostazione, risoluzione e discussione di problemi e si concluderanno con lo studio di un "caso" di progetto di controllo digitale legato ad una realizzazione pratica.

## TESTI CONSIGLIATI

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

## IN072 COMPLEMENTI DI MATEMATICA

Prof. Pier Paolo CIVALLERI

DIP. di Elettronica

IST. di Elettronica e Telecomunicazioni

III ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

1° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 85 — —

Settimanale (ore) 6 — —

*Scopo del corso è di fornire i supporti matematici per l'analisi delle reti elettriche e dei campi elettromagnetici e, più in generale, dei sistemi lineari invarianti in regime comunque variabile.*

*Nozioni propedeutiche: Analisi I, Analisi II, Geometria, Fisica I, Fisica II, Meccanica razionale, Elettrotecnica I.*

## PROGRAMMA

Funzioni di variabile complessa.

Trasformazioni conformi.

Integrazione.

Sviluppi in serie, prosecuzione analitica e comportamento di funzioni analitiche.

Applicazioni al calcolo integrale.

Funzione gamma e funzioni di Bessel.

Distribuzioni.

Convoluzione.

Introduzione alla teoria dei sistemi.

Trasformazione di Fourier di funzioni.

Trasformazione di Fourier di distribuzioni.

Trasformata di Laplace di funzioni.

Trasformata di Laplace di distribuzioni.

Applicazioni e uso delle trasformate.

Equazioni alle derivate parziali.

## TESTI CONSIGLIATI

G.C. Teppati - Complementi di matematica - 2 Voll., Torino, 1982.

## IN078 COMPONENTI ELETTROMECCANICI

Prof. Alfredo VAGATI

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Elettrotecnica Industriale

DIP. di Elettrotecnica

IST. di Macchine elettriche

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

*Il corso si propone di descrivere i principali tipi di azionamenti elettrici, con particolare riguardo alla interazione tra componente elettromeccanico ed apparato elettronico di potenza. Per quest'ultimo verranno analizzate le configurazioni strutturali, con indicazioni di progetto.*

## PROGRAMMA

Azionamenti per motori D.C..

Azionamenti per motori a passo.

Azionamenti per motori Brushless.

Azionamenti per motori A.C..

## IN082 CONTROLLI AUTOMATICI

Prof. Luigi PIGLIONE

IV ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

DIP. di Elettrotecnica

IST. di Macchine Elettriche

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	72	20	—
Settimanale (ore)	6	2	—

*Il corso di Controlli automatici è rivolto all'analisi di sistemi fisici, con lo scopo principale di determinare le condizioni di funzionamento dinamiche e di rendere possibile il comando di alcune loro grandezze (ad esempio la velocità per un motore, la tensione per un generatore, ecc.) in modo automatico.*

*Il corso propone applicazioni numeriche integrate con lo svolgimento degli argomenti: sono facoltative esercitazioni di calcolo automatico.*

*Nozioni propedeutiche: Elettrotecnica, Complementi di matematica.*

## PROGRAMMA

Di tutte le possibili eventualità che si incontrano nelle pratiche applicazioni, il corso delimita il suo campo di interesse ai sistemi lineari a una sola grandezza di comando cioè quelle applicazioni, che se pure più semplici sono però di maggiore diffusione e impiego; esso rimanda ai corsi seguenti di Automazione e Tecnica della Regolazione lo studio di sistemi più complessi o con specifiche più stringenti. Anche sotto l'aspetto del futuro sviluppo nell'automatica, il corso rappresenta uno studio essenziale di base e di formazione che pone i principi fondamentali per l'approfondimento ulteriore. Indipendentemente da uno sviluppo di interesse nel campo dell'automatica; il corso accentua l'attenzione sull'analisi degli apparati fisici (siano essi di limitate dimensioni quali ad esempio un transistor oppure di complessità maggiori quali ad esempio un intero impianto elettrico) sotto l'aspetto di sistema. Questo punto di vista tende a illustrare il comportamento e le caratteristiche di un apparato in base alle relazioni esistenti tra le grandezze fisiche che agiscono sull'apparato stesso e le grandezze che da questo sono originate, in certo modo prescindendo dalla costituzione di esso. Ciò permette di costituire sistemi più complessi aventi componenti fisici di diversa natura (elettronici, elettromeccanici, fluidi, termici, ecc.) e renderli operativi in base alle loro conoscenze come sistema e non in base alla conoscenza specifica di ciascun elemento, quest'ultimo destinato ai vari specialisti dei singoli rami.

## TESTI CONSIGLIATI

D'Azzo and Honpis - Linear Control System Analysis and Design - McGraw Hill, New York.  
- Controlli automatici - CLUT (sede interna).

## IN087 CONTROLLO DEI PROCESSI

Prof. Donato CARLUCCI

DIP. di Automatica e Informatica

IST. di Elettrotecnica Generale

V ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 60 20 20

INDIRIZZO: Automatica A

Settimanale (ore) 4 4 -

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

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

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

## PROGRAMMA

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

Descrizione delle tecniche di progetto del controllo per sistemi multivariabili nel dominio della frequenza: sistemi diagonal dominanti ed uso delle bande di Gershgorin; sistemi non dominanti ed uso del teorema di Nyquist; sistemi incerti ed uso combinato delle tecniche conosciute.

Descrizione delle tecniche di progetto del controllo per sistemi multivaribili nel dominio del tempo: tecniche di piazzamento dei poli del sistema in catena chiusa attraverso retroazione delle varibili di stato, algoritmi relativi; tecniche di piazzamento dei poli del sistema in catena chiusa attraverso la retroazione statica e dinamica dell'uscita, algoritmi relativi; trattamento dell'incertezza e modifiche delle specifiche del controllo per tenere in conto dell'incertezza con cui è noto il processo.

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

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

## ESERCITAZIONI

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

## LABORATORI

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

## TESTI CONSIGLIATI

Sono disponibili gli appunti del corso scritti dal docente. Eventuali testi complementari sono consiglianti durante lo svolgimento del corso.

## IN108 COSTRUZIONI ELETTROMECCANICHE

Prof. Carlo ZIMAGLIA

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Macchine Elettriche A e B

DIP. di Elettrotecnica

IST. di Macchine Elettriche

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

*L'orientamento del corso è sostanzialmente quello di evidenziare le problematiche di base nonché quelle che lo sviluppo di settori paralleli e l'evoluzione applicativa hanno introdotto nella realizzazione progettistica e costruttiva delle macchine elettriche; e di fornire una guida al progetto di una macchina elettrica, con prevalenza di riferimenti ai settori applicativi di natura più propriamente industriale, con una tendenziale finalizzazione progettistica delle informazioni di carattere tecnologico e tecnico-economico via via fornite sui vari argomenti.*

*Si prevedono 70-80 ore di lezione di cui alcune esemplificative con più diretta partecipazione degli allievi e circa 20 ore di esercitazioni o argomenti integrativi. Nozioni propedeutiche: Elettrotecnica, Meccanica applicata, Scienza delle costruzioni, Macchine elettriche.*

## PROGRAMMA

Panorama iniziale sugli sviluppi recenti o in corso nelle macchine elettriche sotto l'aspetto applicativo (estensione delle prestazioni, nuovi modi di utilizzazione) e costruttivo (materiali, tecnologie, collaudi, impostazioni produttive).

Trasformazioni di energia dissipative e reattive; perdite, rendimenti.

Normative di vario tipo e loro aree di intervento.

Dimensionamento delle macchine elettriche: individuazione degli elementi critici entro un complesso di prestazioni, e degli elementi di natura termica elettromagnetica, funzionale in genere che stabiliscono le prestazioni ideali cui il progetto può riferirsi nella pienezza delle sollecitazioni elettriche e magnetiche; configurazione del volume delle parti attive, e criteri diversi per attuarlo nelle dimensioni lineari.

Evoluzione del dimensionamento nel progetto, con riferimento prevalente alle parti attive (avvolgimenti a C.A. e C.C., circuiti magnetici, integrato da informazioni sulle parti strutturali non propriamente attive e da richiami sui sistemi di raffreddamento già introdotti nell'ambito delle questioni termiche trattate al punto precedente.

Informazioni su macchine elettriche particolari (motori sincroni a riluttanza, alternatori ad alta frequenza, motori a C.A. a collettore ecc.).

## ESERCITAZIONI

Argomenti da precisare, ma sostanzialmente inerenti il calcolo delle 4 macchine classiche nell'ottica delle modalità applicative di interesse attuale.

## TESTI CONSIGLIATI

Schuisky - Calcolo delle macchine elettriche - Ambrosiana.

Indicazioni bibliografiche specialistiche per varie decine di voci vengono normalmente fornite a fine corso per eventuali approfondimenti successivi dei diversi temi trattati. I contenuti del corso sono riassunti in note fornite agli allievi.

**IN509 DISCIPLINA GIURIDICA DELLE ATTIVITA'  
TECNICO-INGEGNERISTICHE  
Ex IN260 MATERIE GIURIDICHE**

Prof. Luciano ORUSA (1° e 2° corso)

DIP. di Ingegneria dei Sistemi Edilizi e  
Territoriali

IST. di Architettura Tecnica

V ANNO

Impegno didattico    Lez.    Es.    Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore)        52    10    —

INDIRIZZO: Impianti B

Settimanale (ore)    —    —    —

*Il corso costituisce una forma istituzionale di approccio alle materie giuridiche per i futuri ingegneri. Accanto alle nozioni istituzionali di carattere generale viene però sviluppato un complesso di nozioni specifiche relative alle attività professionali degli ingegneri, raggiungendovi da tali punti un certo approfondimento specialistico.*

**PROGRAMMA**

Il programma comprende le principali nozioni circa i concetti di diritto e di stato, nonché intorno al diritto di famiglia e a quello delle successioni; in forma più ampia ed approfondita si studiano invece i diritti reali e le obbligazioni (con particolare riferimento al contratto di appalto). In materia di Società viene esaminata con particolare cura la Società per azioni. Analoga attenzione è dedicata ai concetti di marchio, azienda, ditta, invenzione industriale. Viene altresì esaminata la tutela dei diritti, con le nozioni fondamentali circa la giurisdizione civile ordinaria, e il regime delle prose. Particolare ampiezza è dedicata alla disciplina del fallimento, e delle altre procedure concorsuali. Particolare ampiezza è altresì rivolta agli atti amministrativi, alla tutela nei confronti dell'a.p. ed all'apparato pubblico. Circa le specifiche attività professionali degli ingegneri, si esaminano le norme e i principi regolanti la redazione dei progetti edilizi, e la loro realizzazione (norme sui cementi armati, norme sulle zone sismiche) ed i principi su cui si basano le responsabilità dell'ingegneria all'interno delle grandi imprese, con particolare riferimento ai danni cagionati dal prodotto.

**ESERCITAZIONI**

Periti e perizie, responsabilità del progettista e del direttore dei lavori, responsabilità penali dell'ingegnere, norme deontologiche.

**TESTI CONSIGLIATI**

Savino - Elementi di diritto (agg. Orusa-Cicala) - Giorgio Ed.

Orusa, Cicala - Appunti di diritto - Giorgio Ed.

E' consigliato l'acquisto di un codice civile.

## IN127 ECONOMIA E TECNICA AZIENDALE

Prof. Nicola DELLE PIANE (1° corso)  
 Prof. Antonino CARIDI (2° corso)

IST. di Trasporti e Organizzazione Aziendale

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Macchine elettriche B

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

*Il corso presenta i principi e le applicazioni dell'economia aziendale e delle tecniche aziendali nel quadro delle decisioni relative sia alla gestione operativa che alla evoluzione ed allo sviluppo dell'impresa. I temi generali trattati sono: obiettivi, decisioni, strategie aziendali, la previsione e la programmazione. Il controllo del processo produttivo ed il controllo economico di gestione.*

*Il corso si svolge con lezioni ed esercitazioni.*

*Nel corso sono trattate in fase propedeutica nozioni di matematica finanziaria, di statistica e di ricerca operativa (programmazione lineare, tecniche reticolari, teoria delle code, metodi di simulazione).*

## PROGRAMMA

L'impresa; le strategie e gli obiettivi. Le decisioni aziendali e la loro integrazione sia nell'ottica gestionale che in quelle di evoluzione e sviluppo dell'impresa. Elementi di macroeconomia e microeconomia. Metodi di analisi economica per la scelta fra alternative. La pianificazione e programmazione della gestione dell'impresa. Principi e tecniche di analisi previsionale. Pianificazione e programmazione delle vendite, della produzione, degli approvvigionamenti, dei trasporti, delle risorse finanziarie correnti, e loro integrazione nel piano di gestione aziendale. Metodi di programmazione operativa: scheduling, routing, dispatching, controllo avanzamento: il diagramma di Gantt; il Pert. Metodi di programmazione delle giacenze e di calcolo dei lotti economici. Lo studio del ciclo di lavorazione, dei metodi e dei tempi di lavorazione e le tecniche statistiche di campionamento del lavoro. Il controllo di gestione. Il controllo statistico della qualità; le carte di controllo per variabili, per attributi; i piani di campionamento. Il controllo quantitativo; l'adeguamento del piano di gestione; metodi di controllo delle giacenze anche con modelli probabilistici. Il controllo economico; metodi di contabilità industriale: il costo di fabbricazione a costi reali e a costi standard; l'analisi del valore; i budget. Sistemi di informazione per la programmazione ed il controllo della gestione. Sistemi di elaborazione dei dati. La pianificazione dell'evoluzione e dello sviluppo dell'impresa. Questa parte tratta in particolare dell'individuazione, valutazione e scelta degli investimenti in relazione ai piani di evoluzione e di sviluppo. Sintesi della posizione economico-finanziaria dell'impresa e prospettive. Il bilancio: gli indici caratteristici.

## ESERCITAZIONI

Analisi previsionale. Programmazione lineare applicata ai piani integrati di gestione ed alla programmazione della produzione. Gestione delle corte. Dimensionamento di servizi con metodi di simulazione. Tempi e metodi di lavorazione; abbinamento macchine; campionamento statistico del lavoro. Controllo statistico di qualità. Scelta fra alternative, anche di investimento; il flusso di cassa scontato. Il bilancio: lo stato patrimoniale, il conto economico, il flusso dei fondi, gli indici caratteristici.

## TESTI CONSIGLIATI

- A. Caridi - Tecniche organizzative e decisionali per la gestione aziendale - Levrotto & Bella, To.  
 A. Caridi - Esercitazioni di economica e tecnica aziendale - CLUT, Torino.  
 N. Dellepiane - Metodi di analisi economica per la preparazione del piano integrato di gestione aziendale - G. Giappichelli, Torino.  
 N. Dellepiane - Documenti economico finanziari di sintesi della gestione aziendale, seconda edizione riveduta - G. Giappichelli, Torino.  
 N. Dellepiane - Metodi Bayesiani di analisi economica - Levrotto & Bella, Torino.

## IN139 ELETTRONICA APPLICATA

Prof. Umberto PISANI

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

DIP. di Elettronica

IST. di Elettronica e Telecomunicazioni

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

*Il corso ha lo scopo di fornire gli elementi di base che consentono di analizzare il funzionamento di circuiti contenenti dispositivi elettronici sia in regime statico che dinamico. Lo studio dei circuiti è impostato sulla sostituzione del dispositivo elettronico con un modello circuitale i cui parametri sono correlati (in modo approssimato ma sufficientemente orientativo) col fenomeno fisico che è alla base del funzionamento del dispositivo. Sono analizzati i più comuni circuiti a diodi, transistori, amplificatori, operazionali in applicazioni lineari e non lineari con particolare attenzione ad una corretta utilizzazione delle loro caratteristiche essenziali. Nozioni propedeutiche: essenziale la conoscenza dell'Elettrotecnica I; utile aver frequentato Complementi di Matematica e Controlli automatici.*

## PROGRAMMA

Richiami di analisi di circuiti lineari. Studio di una rete in regime generico (richiami della trasformata di Laplace). Funzioni di rete generalizzate (zeri e poli) e loro rappresentazioni grafiche (diagrammi di Bode). Cenni di elettronica dello stato solido. Meccanismi di conduzione nei semiconduttori e giunzione p-n. Modelli statici di diodi raddrizzatori e diodi zener. Modello incrementale di un diodo raddrizzatore e di un diodo zener. Esempi di applicazioni di diodi: porte a diodi, circuiti di raddrizzamento, circuiti con diodi zener. I transistori bipolari. Funzionamento e caratteristiche dei transistori. Influenza termica sulle caratteristiche: dissipazione termica, esempi di calcolo di un dissipatore. Modello statico di un transistoro funzionante in zona attiva e circuiti di polarizzazione. Modello incrementale del transistoro bipolare. Analisi circuitale dei tipi fondamentali di stadi amplificatori a transistori comportamento a bassa ed alta frequenza di un amplificatore RC monostadio. Amplificatori a più stadi. Amplificatori per larghi segnali: amplificatori di potenza in classe A, B, C. Amplificatori per grandezze continue. Amplificatore con reazione. Applicazioni della controeazione ad un amplificatore operazionale. Stabilità di un amplificatore controeazionato e metodi di compensazione.

## TESTI CONSIGLIATI

Millman, Halkias - Integrated Electronics - McGraw Hill.

Millman - Microelettronica - McGraw Hill.

A. Attisani - Elettronica applicata - CUSL.

## IN154 ELETTROTECNICA II

Prof. ROBERTO POME'

III ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

DIP. di Elettrotecnica

IST. di Macchine elettriche

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	80	40	—
Settimanale (ore)	6	2	—

*Nozioni propedeutiche: Analisi matematica I e II, Fisica I e II, Elettrotecnica I, Complementi di matematica.*

## PROGRAMMA

**Correnti alternate.** Sistema polifase simmetrico. Sistema polifase dissimmetrico. Applicazioni del procedimento di Fortescue. Campi rotanti.

**Linee a regime.** Definizioni. Linea bifilare omogenea, a regime, a corrente costante. Linea bifilare omogenea, a regime, a corrente alternata sinusoidale. Diagramma di Perryne e Baunn. Onde migranti. Onde stazionarie.

**Transistori.** Parametri distribuiti. Propagazione di onde elettromagnetiche guidate. Alimentazione con tensione costante di una linea di lunghezza finita, chiusa su impedenze di valore vario. Riflessione e rifrazione in un punto di discontinuità di una linea senza e con inclusi parametri concentrati. Considerazioni energetiche.

**Campo di corrente statico.** Richiami sulle definizioni e leggi. Sorgente puntiforme - più sorgenti puntiformi. Sorgente lineare finita. Sorgente lineare indefinita. Discontinuità del mezzo.

**Campo elettrostatico.** Richiami su definizioni e leggi. Discontinuità del mezzo. Condensatori. Relazioni fra resistenza e capacità in campi di configurazioni geometriche eguali. Carica puntiforme. Più cariche puntiformi. Cariche puntiformi e carica su sfera. Dipolo di linee. Corda di terra. Sistemi di più conduttori. Capacità parziali. Capacità di esercizio.

**Campo magnetostatico.** Richiami su definizioni e leggi. F.e.m. di induzione. Legge della circuizione. Materiali magnetici. Caratteristiche di magnetizzazione. Discontinuità del mezzo. Calcolo di elettromagneti. Calcolo di magneti permanenti. Correnti rettilinee indefinite. Più correnti rettilinee indefinite, parallele. Coefficienti di autoinduzione e di mutua induzione particolari. Potenziale vettore. Formula di Ampère e calcolo di flusso. Campi particolari in mezzi diversi.

**Tensioni, forze ed energia nei campi elettrostatici e magnetostatici.** Forze, tensioni e pressioni specifiche nel campo elettrostatico. Forze specifiche sulle superfici limite. Energia e forze nel campo elettrostatico. Energia nel campo elettromagnetico. Autoinduzione. Mutua induzione. Forze meccaniche nel campo magnetostatico.

**Tracciamento del campo.** Generalità. Divergenza ed equazioni del potenziale. Campo unidimensionale. Campo bidimensionale. Trasformazione conforme. Procedimento indiretto. Procedimento diretto con la trasformazione di Schwarz - Christoffel. Procedimento grafico di Lehmann. Procedimento basato sul principio delle immagini. Procedimento della vasca elettrolitica.

**Campo variabile rapidamente.** Equazioni di Maxwell. Discontinuità nel mezzo. Onde elettromagnetiche piane. Densità di irradiazione dell'energia elettromagnetica.

**Correnti parassite. Isteresi. Perdite nei materiali magnetici e dielettrici.** Correnti parassite in un conduttore cilindrico indefinito, in un conduttore indefinito limitato da un piano, in un fascio di conduttori inclusi in una scanalatura. Correnti parassite in una lamiera molto sottile e in un cubetto (trattazione elementare). Lamiera schermo. Isteresi. Separazione delle perdite.

## ESERCITAZIONI

Il corso è integrato con esercitazioni di calcolo sugli argomenti svolti e con proiezioni.

## TESTI CONSIGLIATI

A. Carrer - Note di Elettrotecnica - Ediz. Levrotto & Bella, Torino.

## IN177 FISICA TECNICA

Prof. Alfredo SACCHI

DIP. di Energetica

IST. di Fisica Tecnica e Impianti Nucleari

III ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 70 60 10

Settimanale (ore) 4 4

*Scopo del corso è: fornire le basi progettuali per il calcolo degli impianti di illuminazione - fornire qualche nozione di acustica -, dare le basi di termodinamica, moto dei fluidi e trasmissione del calore indispensabili per la progettazione delle macchine termiche e degli impianti termoelettrici.*

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

*Nozioni propedeutiche: Ottica, Calorimetria e termodinamica della Fisica I.*

## PROGRAMMA

illuminazione. Sorgenti di luce naturali ed artificiali. Calcolo dell'illuminamento per sorgenti puntiformi, lineari, di superficie e di volume. Calorimetria ed abbagliamento. Acustica architettonica. Definizioni. Criteri di valutazione del livello acustico di un rumore, del disturbo e del danno all'apparato uditivo. Intelligibilità. Assorbimento acustico. Proprietà acustiche degli ambienti chiusi. Isolamento acustico di locali, macchine e condotti di ventilazione. Misure acustiche. Termodinamica. Generalità. Gas ideali: leggi fondamentali, trasformazioni, cicli, gas reali. Vapori: trasformazioni, diagrammi e cicli termodinamici per impianti termoelettrici e frigoriferi. Miscele di aria e di vapore: cenni di impianti di condizionamento dell'aria. Trasmissione del calore. Conduzione, convezione, irraggiamento e miscela. Trasmissione del calore attraverso pareti piane, cilindriche ed alettate. Scambiatori di calore. Spunti di seconda approssimazione per la convezione del calore. Moto dei fluidi. Equazione generale del moto. Resistenze di attrito. Efflusso degli aeriformi. Misure di portata. Iniettori ed eiettori. Riscaldamento ad acqua calda. Camini, ventilazione. Generatori di vapore. Descrizione dei principali tipi realizzati. Resistenza organica. Moto dei fluidi. Equazione generale del moto. Resistenze d'attrito. Efflusso. Misure di portata. Camini. Generatori di vapore. Descrizione dei principali tipi.

## ESERCITAZIONI

Di calcolo. Illuminazione di una strada, campo sportivo o interno. Progetto acustico di una sala. Ciclo turbina a gas. Impianto termoelettrico a vapore e componenti degli stessi.

## LABORATORI

Misure di illuminamento, acustiche, psicometriche, di conduttanza termica di portata.

## TESTI CONSIGLIATI

Brunelli, Codegone - Corso di Fisica Tecnica -.

## IN206 IDRAULICA

Prof. Enzo BUFFA

IST. di Idraulica e Costruzioni idrauliche

V ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

1° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 50 46 8

Settimanale (ore) 4 4 -

*Il corso la cui finalità è di fornire le nozioni fondamentali sulla Meccanica dei fluidi, in particolare dei liquidi pesanti, tratta dei tre capitoli fondamentali della Meccanica: (idro) statica, cinematica, dinamica, con particolare estensione del capitolo della dinamica, relativamente ai moti permanenti, con caratteristiche cioè indipendenti dal tempo.*

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

*Nozioni propedeutiche: è richiesto il superamento degli esami di Analisi matematica I e II nonché di Meccanica razionale.*

## PROGRAMMA

Premesse. Oggetto dell'idraulica. Proprietà fisiche dei fluidi (in particolare dei liquidi). Richiami sui sistemi di misura. Richiami di meccanica.

Idrostatica. Pressioni e carichi di fluidi in quiete. Spinte. Equazioni globali dell'equilibrio idrostatico.

Moto di liquidi con sole trasformazioni di energia meccanica o con dissipazioni localizzate. Teorema di Bernoulli. Teorema della quantità di moto. Applicazioni.

Teorema dell'analisi dimensionale.

Resistenze distribuite. Moto laminare e moti turbolenti.

Moti di filtrazione.

Moto permanente nelle condotte in pressione.

Moto permanente nei canali a pelo libero.

Moto vario. Moto vario di correnti a pelo libero (cenni). Moto vario nelle condotte in pressione (colpo d'ariete). Altri problemi di moto vario. Equazioni generali del moto di fluidi (Navier-Stokes) e loro applicazioni.

## ESERCITAZIONI

Consistono in esercizi, numerici o letterali di applicazione agli argomenti trattati nelle precedenti lezioni.

## LABORATORI

Vengono fatti n. 2 laboratori durante il corso, ciascuno di 4 ore, a squadre, riassumendo i fenomeni più tipici.

## TESTI CONSIGLIATI

Ghetti - Idraulica - Ed. Libreria Cortina, Padova, 1980.

## IN216 IMPIANTI ELETTRICI

Prof. Roberto POME'

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

DIP. di Elettrotecnica

IST. di Macchine Elettriche

Impegno didattico    Lez.    Es.    Lab.

Annuale (ore)        78    —    —

Settimanale (ore)    6     —    —

*L'obiettivo del corso consiste nel rendere disponibile per gli allievi una descrizione completa e coordinata delle regole di progettazione, installazione, esercizio degli impianti di distribuzione di media e bassa tensione; una particolare attenzione è prestata ai problemi di affidabilità, economicità, sicurezza, risparmio energetico. Il corso sarà articolato in lezioni, esercitazioni, largo spazio sarà dato a visite di impianti e di aziende specializzate.*

*Nozioni propedeutiche: Elettrotecnica I, Elettrotecnica II, Complementi di matematica.*

## PROGRAMMA

Considerazioni generali sui sistemi di trasporto e distribuzione.

Reti degli enti distributori.

Strutture. Principali componenti.

Reti di utente. Strutture tipiche. Principali componenti.

Problemi impiantistici. La progettazione, la gestione.

Obiettivi generali: affidabilità, sicurezza, riduzione dei costi, risparmi energetici.

Classificazione dei componenti delle reti di distribuzione M.T., criteri di selezione e di proporzionamento.

Classificazione dei componenti delle reti di distribuzione B.T., criteri di selezione e di proporzionamento.

I sistemi di protezione. Problemi di sicurezza.

Normative.

Criteri di prova e collaudo.

## ESERCITAZIONI

Esempi di calcoli di progetto. Applicazioni. Analisi di documentazione tecnica. Visite ad impianti e laboratori di costruttori.

## IN218 IMPIANTI ELETTRICI II

Prof. Bassano COLOMBO

DIP. di Elettrotecnica

IST. di Macchine Elettriche

V ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

1° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 78 26 -

INDIRIZZO: Impianti A e B

Settimanale (ore) 6 2 -

*Finalità del corso è la formazione dell'ingegnere impiantista a cui devono essere fornite nozioni sia sullo studio dei funzionamenti stazionari e dinamici dei sistemi elettrici, sia sulla progettazione degli impianti e dei materiali. Il corso approfondirà i criteri e le tecniche sulla sicurezza per le persone e le cose.*

*Il corso si svolgerà con lezioni, esercitazioni, consultazione di materiale (progetti esecutivi), visita agli impianti.*

*Nozioni propedeutiche: Elettrotecnica, Complementi di matematica, Elettrotecnica II, Macchine elettriche, Impianti elettrici.*

## PROGRAMMA

Strutture sulle reti di trasporto, di distribuzione ad alta e media tensione e dei servizi ausiliari degli impianti di produzione. Schemi degli impianti e disposizione del materiale elettrico. Circuiti equivalenti alle macchine (sincrone, asincrone, trasformatori, compensatori statici, ecc.) alle linee, ai reattori, ai condensatori e ai carichi per gli studi del loro comportamento statico e dinamico e dei funzionamenti dei sistemi (regolazione della tensione, ripartizione dei carichi, stabilità alle piccole e grandi variazioni, sovratensioni di manovra, tensioni di ritorno, correnti di corto circuito).

I campi di corrente nel suolo: progettazione e verifica degli impianti di terra.

I campi elettrici ed elettromagnetici in aria ed al suolo: criteri per limitare e controllare le interferenze.

Le sovratensioni di lunga durata ed impulsive atmosferiche e di manovra: aspetti probabilistici del loro insorgere negli impianti, criteri di verifica degli isolamenti, problemi di dimensionamento degli isolamenti in aria e di coordinamento degli isolamenti del materiale.

I campi termici ed elettrodinamici: problemi connessi alle elettrocondutture (cavi, linee aeree, connessioni, sbarre).

Apparecchi e sistemi di manovra e protezione: loro caratteristiche funzionali, criteri di coordinamento dei loro funzionamenti.

## ESERCITAZIONI

Esempi di disposizione elettromeccanica degli impianti, calcoli di progetto e di verifica dei funzionamenti dei sistemi.

## LABORATORI

Visite a una stazione ad AT/MT e a una centrale di produzione.

## TESTI CONSIGLIATI

Iliceto - Impianti elettrici -

Colombo - Funzionamento in c.c. delle macchine sincrone -

Berno - Impianti elettrici (appunti) -

Colombo - Appunti in distribuzione -

Riviste CIGRE - Transaction IEEE.

## IN219 IMPIANTI IDROELETTRICI

Prof. Paolo MOSCA

IST. di Idraulica e Costruzioni idrauliche

V ANNO

Impegno didattico

Lez.

Es.

Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore)

60

52

2

INDIRIZZO: Impianti A

Settimanale (ore)

4

4

*Il corso di impianti idroelettrici si propone di dare allo studente gli elementi indispensabili alla individuazione delle risorse idroelettriche, alla scelta ed alla fattibilità degli impianti ed alla progettazione di massima delle varie opere che li costituiscono.*

*Il corso si svolgerà con lezioni, esercitazioni (di tipo progettuale) e visite di istruzione.*

*Sono propedeutici al corso quelli di Idraulica, Scienza delle costruzioni, Elettrotecnica I e Macchine.*

## PROGRAMMA

**Idrologia:** afflussi deflussi, rete idrografica, bacini, bilanci idrologici, elaborazioni idrologiche necessarie alla conoscenza delle disponibilità idriche per gli impianti.

**Dighe:** classificazione, tipologia, progettazione di massima degli sbarramenti e loro inserimento ambientale; opere accessorie.

**Opere di derivazione superficiali:** traverse fisse e mobili, griglie, pratoie; sghiatori, dissabbiatori, modulatori, bacini di calma.

**Opere di adduzione:** canali a cielo aperto ed in galleria; gallerie in pressione; dimensionamenti idraulici e statici.

**Pozzi piezometrici:** funzionamento; tipologie, caratteristiche, equazioni generali, oscillazioni di portata e di livello.

**Condotte forzate:** dimensionamento idraulico e statico. Fenomeni di colpo d'ariete, opere accessorie.

**Macchine idrauliche:** equazioni generali, schemi delle turbine, tipi costruttivi, rendimenti, accoppiamenti con i generatori elettrici; regimi transitori.

**Centrali:** cenni generali. Sistemazione e disposizione del macchinario.

**Opere di scarico e di restituzione:** bacini di demodulazione, canali, sistemazione degli alvei a valle degli scarichi.

## ESERCITAZIONI

Progetto di massima di un sistema di impianti idroelettrici ad alta caduta. Calcolo della producibilità di un impianto a bassa caduta.

## LABORATORI

Esame delle macchine didattiche del laboratorio dell'Istituto di Idraulica. Visite di istruzione.

## TESTI CONSIGLIATI

Evangelisti - Impianti idroelettrici - Vol. I e II.

Contessini - Impianti idroelettrici - .

R. Ginocchio - L'energie Hydraulique - .

## IN227 IMPIANTI NUCLEO E TERMOELETTRICI

Prof. Giandomenico BROSSA

DIP. di Elettrotecnica

IST. di Macchine Elettriche

V ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

1° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 60 30 -

INDIRIZZO: Impianti A

Settimanale (ore) 4 2 -

*Il corso ha lo scopo di preparare all'impostazione tecnico-economica, alla progettazione ed all'esercizio delle centrali in produzione di energia elettrica di tipo convenzionale e nucleare. Presuppone una preparazione di base sui principi teorici (fisica generale, fisica tecnica con particolare riferimento alla termodinamica, ecc.) ed applicativi (macchine termiche, caratteristiche dei materiali, ecc.). Richiede buone attitudini a trasferire le conoscenze teoriche nella soluzione dei problemi relativi all'ingegneria dei sistemi.*

*Nozioni propedeutiche: Materie del biennio, Fisica tecnica, Macchine.*

## PROGRAMMA

La produzione nucleo e termoelettrica: generalità, fabbisogni, diagrammi di carico, costi di costruzione e produzione, comparazioni tecnico-economiche. Sistematica degli impianti: generalità sull'impiantistica, tecniche interessate, analisi dei sistemi componenti, flussi energetici, materiali, tecniche progettistiche. Sviluppo dei progetti: programmazione degli impianti, tipi costruttivi, determinazione della potenza, ubicazione, caratteristiche ambientali e del terreno. Elementi esterni e strutturali: parco combustibili, sottofondazioni, fabbricati, fondazioni, basamento turboalternatore. Generatori di vapore: generalità, componenti, sistemi strutturali, combustibili-ceneri, aria-gas, acqua-vapore, rivestimenti ed isolamenti, regolazioni. Trattamento delle acque. Corrosioni: caratteristiche dei fenomeni, superfici interessate, prevenzione. Inquinamenti: dispersione degli effetti gassosi, apparecchiature di depurazione, camini. Turbine a vapore e gas: richiami fondamentali, materiali, montaggi, perdite e rendimenti, controlli e protezioni, problemi d'esercizio. Componenti dei cicli termici: condensatori, preriscaldatori, d'aspirazione, pompe di alimento, tubazioni valvole, controlli. Sistemi di dispersione del calore: torri a secco ed a umido, ecc. Elementi di fisica nucleare: fisica dell'atomo, reazioni nucleari e neutroniche, fissione nucleare, materiali fissili e fertili, stabilità nucleare, reazioni a catena. Generalità degli impianti elettronucleari: isola convenzionale ed isola nucleare, reattori termici e veloci, provati e sperimentali. Componenti del sistema nucleare: nocciolo, contenitore ed interni, controllo reattività, produzione e scambio calore. Componenti integranti il sistema nucleare: sistemi di raffreddamento, ausiliari, strumentazione, elementi strutturali ed apparecchiature di servizio. Combustibili nucleari: materiali, fabbricazione, trasporti, ritrattamento. Ubicazione e sicurezza degli impianti nucleari, controllo degli effluenti radioattivi. Caratteristiche costruttive di alcuni dei principali impianti di esercizio.

## ESERCITAZIONI

Calcoli rendimenti e dimensionamento elementi dei generatori di vapore. Dimensionamento ed ottimizzazione apparecchiature impianti convenzionali e nucleari. Confronti tecnici ed economici. Visite ad impianti.

## TESTI CONSIGLIATI

Dispense del corso - CELID, Torino.

Testi Fisica Tecnica e Macchine.

G. Willis - Nuclear power plant technology - Ed. J. Wiley.

G. Murphy - Elements of nuclear engineering - Ed. J. Wiley.

K. Schröder - Grosse thermische des usines génératrices d'énergie électrique - Ed. Dunod.

Skrotski - Electric Generation - Steam Station - Ed. McGraw Hill.

## IN239 ISTITUZIONI DI ELETTROMECCANICA

Prof. Roberto NAPOLI

III ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

DIP. di Elettrotecnica

IST. di Macchine Elettriche

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

*Il corso si propone di trattare i metodi generali per lo studio di sistemi elettromeccanici.*

*Nozioni propedeutiche: l'insegnamento presuppone la conoscenza degli argomenti dei corsi di: Elettrotecnica I, II, Complementi di matematica.*

## PROGRAMMA

Richiami di calcolo matriciale. Le equazioni di Ohm. Circuiti elementari primitivi e matrici di connessione (trasformazioni attive). Circuiti accoppiati in posizioni relativa fissa. Il trasformatore in aria e in ferro. Conversione elettromeccanica di energia. La macchina elettrica generalizzata. Equazioni di funzionamento. Determinazione dei parametri della macchina. Resistenza auto e mutue induttanze. Le principali macchine elettriche rotanti: a induzione sincrona, asincrona. Equazioni di funzionamento. Riduzione dei vari modelli matematici alla macchina elettrica generalizzata tramite trasformazioni a coefficiente reali costan (0 a  $\infty$ ). A coefficienti reali variabili nel tempo (0). Trasformazioni a coefficiente complessi (0 +  $\infty$ ). Applicazione della teoria allo studio del comportamento delle varie macchine in regime statico e dinamico.

## ESERCITAZIONI

Consistono nello svolgimento di esercizi illustrativi della teoria. Gli esercizi proposti ed assegnati agli allievi costituiranno elemento di valutazione per l'esame.

## TESTI CONSIGLIATI

Fitzgerad, Kingsley, Kusko - Electric Machinery (Traduzione italiana, Ed. Angeli).

Piglione - Istituzioni di Elettromeccanica - Levrotto & Bella.

Adkins - The General Theory of AC Machines - Academic Press.

Jevons - Electrical Machine Theory - Ed. Blackie.

O'Kelly, Simmons - Introduction to General Electrical Machine Theory - McGraw Hill Press.

## IN248 MACCHINE

Prof. Paolo CAMPANARO

IST. di Macchine e Motori per aeromobili

IV ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	84	50	—
Settimanale (ore)	6	4	—

*Nel corso vengono esposti i principi termodinamici e fluidodinamici necessari ad una corretta comprensione del funzionamento delle Macchine a fluido. Di queste viene poi sviluppata l'analisi del funzionamento nei tipi di più comune impiego (sia macchine motrici sia macchine operatrici) con l'approfondimento richiesto dall'obiettivo di far diventare l'allievo nella sua futura attività professionale un acorto utilizzatore sia nella scelta delle Macchine stesse, sia nel loro esercizio. A questo scopo viene dato ampio spazio nei problemi di scelta, di installazione, di regolazione, sia in sede di lezione sia in sede di esercitazione, dove vengono esemplificate le necessarie calcolazioni.*

*Il corso prevede periodi di lezione e di esercitazione coordinati tra loro.*

*Sono nozioni propedeutiche essenziali quelle presenti nel corso di Fisica Tecnica e, in parte, nel corso di Meccanica applicata alle Macchine (o di Meccanica delle macchine).*

## PROGRAMMA

Considerazioni generali sulle macchine a fluido motrici ed operatrici. Classificazioni. Applicazione di concetti di termodinamica e fluidodinamica alle macchine. Cicli e schemi di impianti a vapore d'acqua; mezzi per migliorare il rendimento dell'impianto. Cicli rigenerativi. Impianti con produzione combinata di energia meccanica e calore. Turbine a vapore. Triangoli di velocità. Stadi ad azione e a reazione, portate, potenze, rendimenti. Regolazione degli impianti. La condensazione degli impianti a vapore. Compressori di gas; classificazione, schemi di funzionamento. Generalità sui turbocompressori. Valutazione della caratteristica adimensionata d'un turbocompressore. Similitudine di funzionamento, instabilità per stallo e pompaggio. La regolazione dei turbocompressori. Compressori volumetrici (a stantuffo, rotativi del tipo a palette e Roots). Generalità, funzionamento, perdite caratteristiche, regolazione. Turbine a gas: considerazioni termodinamiche sul ciclo; organizzazione meccanica, funzionamento e regolazione degli impianti. Macchine idrauliche motrici e operatrici; turbine Pelton, Francis, Kaplan e loro regolazione. Le turbopompe, loro regolazione. Pompe volumetriche. La cavitazione nelle turbomacchine idrauliche. Le pompe-turbine. Motori alternativi a combustione interna: classificazione, cicli di lavoro. Perdite caratteristiche, rendimenti, prestazioni. Alimentazione e regolazione di tali motori.

## ESERCITAZIONI

Il corso delle esercitazioni prevede applicazioni specifiche di calcolo sulle macchine trattate a lezione, con particolare riguardo ad applicazioni aventi riferimenti ai corsi di laurea degli allievi.

## TESTI CONSIGLIATI

Appunti delle lezioni sono messi a disposizione degli allievi.

A.E. Catania - Complementi di esercizi di macchine - Levrotto & Bella.

A. Beccari - Macchine - Vol. 1 - CLUT.

## IN253 MACCHINE ELETTRICHE

Prof. Paolo FERRARIS

IV ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

DIP. di Elettrotecnica

IST. di Macchine Elettriche

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	60	20	15
Settimanale (ore)	4	2	

*Il corso si propone di introdurre le metodologie fondamentali utili all'analisi del funzionamento di quei dispositivi elettromeccanici statici o rotanti che possono pensarsi alla base della realizzazione delle principali macchine elettriche nella loro veste industriale. Su tali basi ci si propone di analizzare i fenomeni più elementari del funzionamento delle quattro macchine classiche e di procedere, ove possibile ad una loro descrizione quantitativa. Cenni alle tecniche realizzative delle macchine sono introdotti limitatamente a quanto necessario per formulare un modello fisico studiabile. Questo aspetto dovrebbe essere parzialmente completato da ricognizioni su macchine industriali.*

*Le nozioni propedeutiche sono quelle relative alle fenomenologie elettriche e magnetiche, ed alle tecniche elementari per la realizzazione di dispositivi elettromeccanici. Esse sono riconducibili ai contenuti dei corsi di Fisica, di Elettrotecnica I e II e di Istituzioni di Elettromeccanica.*

## PROGRAMMA

1) Trasformatori. Avvolgimento percorso da corrente, grandezze caratteristiche, circuito equivalente elettrico e magnetico, convenzioni di segno. Circuiti magneticamente accoppiati, circuito equivalente elettrico e magnetico; principio di dualità; equazioni e funzionamento. Trasformatore monofase ideale; adattatore di impedenza. Trasformatore monofase reale: corrente magnetizzante; circuiti magnetici reali; perdite nel ferro; trasformatore in regime sinusoidale; diagramma vettoriale; simulazione delle perdite nel ferro. Potenza nominale; rendimento. Funzionamento a vuoto; funzionamento in corto circuito; determinazione dei parametri caratteristici; le perdite addizionali. Funzionamento sotto carico; variazione di tensione da vuoto a carico; diagramma di Kapp. Funzionamento in parallelo di trasformatori monofasi; analisi di comportamento e condizioni di buon funzionamento. Trasformatori trifasi. Circuito magnetico equivalente; semplificazioni in caso di buona simmetria. Tipo di collegamenti, gruppi di appartenenza. Funzionamento a vuoto, effetto della saturazione. Effetto della presenza di un avvolgimento a triangolo sui flussi omopolari. Funzionamento con carichi squilibrati, a seconda del tipo di collegamento primario. Trasformatore con collegamento a zig-zag. Autotrasformatore; funzionamento e peculiarità; parametri caratteristici.

2) Macchine rotanti in c.a.. Strutture delle macchine rotanti: definizione di f.m.m. distribuita prodotta da conduttori posti al traferro, f.m.m. dovuta a una o più spire, analisi armonica delle distribuzioni spaziali di f.m.m. Effetto di un avvolgimento percorso da corrente sinusoidale. Campo rotante di tre avvolgimenti percorsi da una terna di correnti equilibrate; definizione del numero di spire equivalenti per la produzione di f.m.m.. Rappresentazione di f.m.m. al traferro mediante vettori spaziali. Flusso al traferro, riluttanza equivalente, vettore flusso. Flusso concatenato e f.e.m., in spire al traferro in regime sinusoidale. Fattori di avvolgimento, numero di spire equivalenti dal punto di vista della generazione di f.e.m.; dipendenza dal tipo di avvolgimento. Rappresentazione mediante vettori spaziali di tutte le grandezze di macchina e di avvolgimento.

3) Macchine sincrone trifasi. Tipi di strutture e definizioni. Macchina isotropa in condizioni di linearità magnetica. Equazioni elettriche e magnetiche in regime sinusoidale. Diagramma vettoriale. Determinazione della corrente di eccitazione note le condizioni elettriche di carico. Effetti della reazione di indotto. La reattanza sincrona. Circuito equivalente in linearità di una

macchina isotropa. Effetto della saturazione. Individuazione degli assi privilegiati di macchina note le condizioni di carico. Scomposizione di tutte le grandezze di macchina secondo componenti "d" e "q".. Analisi del funzionamento con carichi reattivi. Caratteristiche a corrente costante e  $\cos \varphi = 0$ ; il triangolo di Potier. Fenomeni di autoeccitazione, caratteristica di autoeccitazione. Diagramma circolare, curve a "V", la macchina sincrona come carico reattivo fittizio. Caratteristica elettromeccanica della macchina isotropa, condizioni di stabilità. Macchine anisotrope, effetti distorcenti dell'anisotropia. Scomposizione delle equazioni secondo i due assi, reattanza sincrona diretta e in quadratura. Diagramma vettoriale. Caratteristica elettromeccanica delle macchine anisotrope. Cenno ai problemi di misura di parametri delle macchine sincrone.

5) Macchine a induzione. Struttura e funzionamento qualitativo. F.e.m. indotte e f.m.m. prodotte da sistemi polifasi di avvolgimenti statorici e rotorici. Funzionamento a rotore fermo come sfasatore. Funzionamento a rotore in movimento, scorrimento. Rappresentazione con vettoriali spaziali delle grandezze statoriche e rotoriche. Interpretazione del funzionamento mediante circuito equivalente primario e secondario. Deduzione ed interpretazione del circuito equivalente completo. Rapporto di trasformazione per le correnti e per le f.e.m.. Circuito equivalente riportato al primario e sue elaborazioni. Diagramma circuitale. Potenze in gioco nella macchina a induzione e loro interdipendenza. Caratteristica elettromeccanica e sue peculiarità. Il ruolo della resistenza rotorica, e degli altri parametri fondamentali. Le rette caratteristiche sul diagramma circolare.

6) Macchine a corrente continua. Generalità, l'anello di Pacinotti, deduzioni della struttura classica per la macchina in c.c.. L'avvolgimento rotorico ed il commutatore a lamelle. F.e.m. e coppia prodotta in macchine a eccitazione indipendente. Reazione di indotto e suoi effetti, effetto dello spostamento del piano di commutazione. Il fenomeno della commutazione, gli avvolgimenti ausiliari e di compensazione. Caratteristica elettromeccanica e sua utilizzazione mediante regolazione nell'armatura e nel campo. La regolazione a potenza costante, significato delle regolazioni miste.

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni in aula mirano ad illustrare gli aspetti essenziali degli argomenti svolti a lezione con esempi dei tipi di funzionamento delle macchine e delle loro applicazioni più rilevanti dal punto di vista pratica. Particolare importanza è data alla risoluzione per via analitica e grafica, dei problemi concernenti il funzionamento e la costruzione delle macchine elettriche più importanti al fine di produrre una acquisizione diretta di notizie circa gli ordini di grandezza di parametri elettrici meccanici e tecnici che condizionano il funzionamento ed il progetto delle più comuni macchine.

## LABORATORI

Le esercitazioni di laboratorio avranno lo scopo di verificare su macchine reali i principali fenomeni descritti a lezione ed i dati ottenuti nelle esercitazioni in aula.

## TESTI CONSIGLIATI

- A. Carrer - Macchine elettriche - Voll. I, II, III, IV - Levrotto & Bella, Torino.
- S. Crepaz - Macchine elettriche - CLUP, Milano.
- G. Someda - Elementi di costruzione delle macchine elettriche - Patron, Bologna.
- C. Di Pieri - Appunti di macchine elettriche - CLEUP, Padova.
- Filtzgerald, Kingsley - Electric Machinery - McGraw Hill, New York.

## IN527 MACCHINE ELETTRICHE E APPARECCHI ELETTRICI DI COMANDO Ex IN019 APPARECCHI ELETTRICI DI COMANDO

Prof. Mario LAZZARI

DIP. di Elettrotecnica  
IST. di Macchine Elettriche

V ANNO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
-------------------	------	-----	------

1° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore)	60	20	10
Settimanale (ore)	4	2	

INDIRIZZO: Automatica B -

Elettrotecnica Industriale

*Il corso si propone di prendere in esame i principali tipi di convertitori di energia, con particolare riferimento alla loro utilizzazione per il comando di apparecchiature elettromeccaniche. Di ciascuno vengono esaminate alcune fra le possibili strutture, i circuiti tipici per la realizzazione dei blocchi da cui sono costituiti, le prestazioni ottenibili, i criteri di dimensionamento, le protezioni.*

*Nozioni propedeutiche: per seguire proficuamente il corso di Macchine Elettriche e Apparecchi elettrici di comando, sono utili gli argomenti trattati nel corso di Elettronica industriale, Macchine elettriche (per allievi elettrotecnici).*

**PROGRAMMA**

Gli argomenti principali trattati nel corso sono i seguenti:

- 1) Elementi di logica industriale: Circuiti combinatori. Circuiti sequenziali asincroni. Circuiti sequenziali sincroni. Sintesi di circuiti di comando. Schemi funzionali.
- 2) Brevi richiami sulle principali prerogative del motore a corrente continua: Metodi di avviamento. Metodi di frenatura.
- 3) La conversione DCDC: il chopper. Caratteristiche di funzionamento. Tipi di chopper. Condizionamenti sulla rete e sul carico. Strutture di commutazione, classificazione e dimensionamento.
- 4) Brevi richiami sul motore a induzione: Metodi di avviamento. Metodi di frenatura. Analisi del funzionamento a frequenza variabile. Analisi del funzionamento in regime non sinusoidale.
- 5) Cenni sulle tecniche di conversione AC-AC: il cicloconvertitore.
- 6) La conversione DC-AC: L'inverter di tensione. Analisi del funzionamento. Tecniche di comando. Condizionamenti sulla rete di alimentazione e sul carico. Principali strutture di commutazione. L'inverter di corrente, analisi del funzionamento e delle principali strutture di commutazione.

**ESERCITAZIONI**

Le esercitazioni consistono in calcoli di funzionamento e di dimensionamento delle principali strutture di convertitori trattate nel corso. Sono previste inoltre esercitazioni al calcolatore analogico e numerico per la simulazione di alcuni sistemi convertitore, macchina ed esercitazioni di laboratorio.

**TESTI CONSIGLIATI**

- H. Büehler - Electronique de reglage et de commande - Ed. Georgi, 1979.  
 H. Büehler - Electronique de puissance - Ed. Georgi, 1979.  
 Filtzgerald Kinsley - Electrical Machinery - McGraw Hill.

## IN528 MACCHINE ELETTRICHE STATICHE Ex IN144 ELETTRONICA INDUSTRIALE

Prof. Franco VILLATA

DIP. di Elettrotecnica

IST. di Macchine Elettriche

V ANNO

Impegno didattico

Lez.

Es.

Lab.

1° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore)

70

80

—

INDIRIZZO: Elettrotecnica Industriale

Settimanale (ore)

4

6

—

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

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

### PROGRAMMA

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

### ESERCITAZIONI

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

### TESTI CONSIGLIATI

J.F. Gibbs - Thyristors -.

H. Koppe - Rectifier Diodes - Philips Publications Department, Eindhoven - The Netherland.

Ryder - Ingegneria Elettronica - Liguori.

Philips, Elcoma - Introduzione ai convertitori statici di energia -.

H. Bühler - Traite d'Electricite - Vol XV - Electronique industrielle 11 - Electronique de puissance - Editions Georgi.

Möltgen - I Tiristori - Collana Tecnica Siemens 3.

G. Montessori - Elettronica di potenza - Editoriale Delfino.

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

## IN259 MATERIALI PER L'ELETTROTECNICA

Prof. Pietro APPENDINO

DIP. di Scienza dei Materiali e Ingegneria  
ChimicaIST. di Chimica Generale e Applicata e di  
Metallurgia

II ANNO (\*)

2° PERIODO DIDATTICO

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

*Il corso ha lo scopo di evidenziare le proprietà dei più comuni materiali di interesse elettrotecnico in funzione anche della loro utilizzazione in settori specifici e della previsione del loro comportamento in esercizio.*

*Sei ore di lezioni alla settimana - non sono previste esercitazioni - lungo tutto l'anno sono previste due ore settimanali per consulenze e colloqui.*

*Nozioni propedeutiche: è indispensabile la conoscenza degli argomenti di base del corso di Chimica.*

## PROGRAMMA

Richiami sulla struttura dell'atomo, sui legami chimici, sulle strutture dei solidi, sui difetti reticolari puntiformi, sulle dislocazioni e sui diagrammi di stato. Proprietà dei materiali: proprietà termiche (capacità termica, dilatazione termica, conduttività termica, resistenza agli sbalzi termici, tensione di vapore) proprietà meccaniche (diagramma carichi - allungamenti, resistenza a trazione, a compressione, a fatica, durezza, resilienza), proprietà elettriche (conduttività, semiconduttività, superconduttività, conduttività superionica, effetti termoelettrici, dielettricità, ferroelettricità piezoelettricità, proprietà magnetiche e proprietà ottiche (fluorescenza e fosforescenza). Diagramma di stato ferro - cementite, ghise ed acciai, trattamenti termici. Il rame e le sue leghe di interesse elettrotecnico: leghe bassolegate ad alta conducibilità bonificabili e non bonificabili, leghe altolegate per usi speciali. Alluminio e leghe di alluminio di interesse elettrotecnico: loro proprietà e applicazioni; conduttori misti in alluminio o sue leghe e acciaio, criteri di scelta di conduttori di potenza elettricamente equivalenti. Altri elementi di interesse elettrotecnico: Ni, W, Mo, Ta, Pb, Ag, Si, Ge, C. Materiali per resistenze, per contatti per catodi di accumulatori. Dielettrici liquidi, gassosi solidi per alte e per basse temperature. Materiali magnetici dolci e materiali per magneti permanenti.

## TESTI CONSIGLIATI

Si consiglia l'impiego delle dispense del corso. Su alcuni argomenti nel corso delle lezioni viene suggerita la consultazione di testi specializzati.

---

(\*) Insegnamento del triennio anticipato al biennio.

## IN263 MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE

Prof. Guido BELFORTE (1° corso)  
 Prof. Ario ROMITI (2° corso)

IST. di Meccanica Applicata alle Macchine,  
 Aerodinamica e Gasdinamica

III ANNO  
 2° PERIODO DIDATTICO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	70	52	—
Settimanale (ore)	6	4	—

*Scopo del corso è di esaminare: leggi fondamentali che regolano il funzionamento delle macchine; analisi funzionale dei componenti meccanici; analisi dinamica dei sistemi meccanici.*

*Il corso si svolgerà con lezioni ed esercitazioni collegate.*

*Nozioni propedeutiche: nozioni di meccanica di base.*

## PROGRAMMA

Leggi di attrito ed aderenza. Attrito radente, di rotolamento volvente. Meccanismo vite-madrevite. Freni a tamburo ed a disco. Frizioni piane e coniche. Flessibili: cinghie, funi, catene. Rigidezze. Trasmissioni con flessibili. Paranchi. Azioni di contatto (puntiforme o lineare). Cuscinetti a rotolamento. Proprietà dei lubrificanti. Teoria approssimata della lubrificazione. Pattini e perni lubrificanti. Giunti di trasmissione (cardanici ed omocinetic). Realizzazione di una data legge del moto mediante camme o mediante meccanismi articolati. Polari del moto relativo. Profili coniugati. Proprietà delle ruote cilindriche ad evolvente a denti dritti ed elicoidali. Ingranamento con assi sghembi. Ruote coniche, con denti dritti o curvi. Ingranaggi vite-ruota elicoidale. Velocità di strisciamento. Forze scambiate tra gli ingranaggi. Ruotismi semplici ed epicicloidali. Dinamica delle macchine rotanti. Equilibramento di rotori. Accoppiamento di macchine motrici ed operatrici. Funzionamento in regime periodico. Calcolo di volani. Studio dei fenomeni transitori nelle macchine. Applicazione della teoria dei sistemi. Stabilità delle condizioni di regime. Vibrazioni di sistemi a parametri concentrati. Misura delle vibrazioni. Trasmissibilità. Vibrazioni di sistemi continui. Velocità critiche flessionali e torsionali alberi rotanti. Regolazione delle macchine. Sistemi di controllo. Analisi dei sistemi a circuito aperto e chiuso. Apparecchiatura di controllo meccanico, oleodinamico, pneumatico, fluidico. Componenti e sistemi pneumatici.

## ESERCITAZIONI

Consistono nello svolgimento di esercizi e problemi riguardanti gli argomenti delle lezioni.

## TESTI CONSIGLIATI

Belforte-Quagliotti - Meccanica Applicata alle Macchine - Ed. Giorgio, Torino.  
 Jacazio-Piombo - Meccanica Applicata alle Macchine - Levrotto & Bella.

## IN297 MISURE ELETTRICHE

Prof. Andrea ABETE

DIP. di Elettrotecnica

IST. di Elettrotecnica Generale

IV ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

1° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 86 - 45

Settimanale (ore) 6 - 3

*E' un corso per la preparazione di base teorica e pratica alle misure su apparecchiature e impianti elettrici a frequenza industriale. E' diviso in tre parti e tratta argomenti di metrologia generale (P.I), strumenti elettrici di misura (P.II) e metodi di misura (P.III). L'esame verte sugli argomenti di programma con particolare riferimento alla discussione delle relazioni elaborate nelle esercitazioni sperimentali.*

*Le lezioni sono coordinate e integrate da esercitazioni svolte prevalentemente in laboratorio.*

*Sono propedeutiche approfondite cognizioni di Analisi matematica I e II, Complementi di matematica, Fisica I e II, Elettrotecnica.*

## PROGRAMMA

P.I.. Configurazione e informazione di una misura. Unità di misura. Errori e valutazioni statistiche. Caratteristiche statiche degli strumenti di misura. Comportamento dinamico degli strumenti di misura: funzione di trasferimento, caratteristiche dinamiche degli strumenti a deviazione, oscillografici, integratori, derivatori, selettivi, balistici ed a campionamento. Interferenze e grandezze d'influenza.

P.II.. Componenti e campioni. Strumenti elettrici ad azione diretta: magnetoelettrici, elettrodinamici, elettromagnetici, a induzione, elettrostatici. Apparecchi per l'elaborazione del misurando: partitori di tensione e di corrente in c.c. e in c.a., trasformatori di misura, amplificatori, convertitori analogici-numeriche e numerici-analogici. Strumenti elettronici analogici e numerici per c.c. e c.a.. Oscillografi, registratori e analizzatori. Oscilloscopio catodico. Sistemi di acquisizione automatica dei dati.

P.III.. Misure su circuiti in corrente continua. Misure di resistenze piccole e di isolamento. Misure su circuiti in c.a. monofase e trifase in regime sinusoidale e periodico qualunque. Metodi di confronto: ponti e potenziometri in c.c. e in c.a., ponti a indicazione e automatici. Misure magnetiche di induzione, permeabilità e cifra di perdita. Taratura e verifica degli strumenti di misura. Misure su impianti di messa a terra.

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni di laboratorio riguardano: rilievo dei parametri dinamici di uno strumento del secondo ordine, rilievi con l'oscilloscopio catodico, misure su circuiti in corrente continua e sugli argomenti seguenti indicati nella parte terza del programma.

## TESTI CONSIGLIATI

- A. Abete - Metrologia elettrica generale - CLUT.
- A. Abete - Metodi per misure elettriche - CLUT.
- G. Zingales - Corso di misure elettriche - CLEUP.
- A. Abete - Problemi ed esperienze di misure elettriche - CLUT.

## IN302 MISURE SULLE MACCHINE E SUGLI IMPIANTI ELETTRICI

Prof. Antonio COFFANO

DIP. di Elettrotecnica

IST. di Macchine Elettriche

V ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

1° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 56 46 40

INDIRIZZO: Impianti B

Settimanale (ore) 4 4

*Il corso si propone di: fornire una conoscenza della macchina elettrica in una prospettiva di confronto fra macchina reale e macchina ideale; far comprendere lo spirito della normativa in materia; indirizzare all'esecuzione di un collaudo.*

*Nozioni propedeutiche: Elettrotecnica, Misure elettriche, Macchine elettriche.*

## PROGRAMMA

Prove di sovrariscaldamento. Metodi con carico reale. Metodi con carico reattivo. Le prove equivalenti. I metodi a circolazione di energia. Le prove a durata ridotta. Durata delle prove di riscaldamento. Transitori termici.

Prove di isolamento e di rigidità. Prove a frequenza industriale. Prove a impulso.

Valutazione del rendimento. Metodo diretto, metodo indiretto, metodo semidiretto.

Applicazioni al trasformatore ed all'autotrasformatore. Determinazione del gruppo di appartenenza.

Applicazioni al motore asincrono.

Applicazioni agli alternatori trifase. Determinazione delle reattanze di dispersione, sincrone, transitorie e subtransitorie. Applicazioni alle macchine a corrente continua.

Cenno alla prova degli interruttori e dei fusibili.

Controlli sulle linee aeree.

## ESERCITAZIONI

Elaborazione di un oscillogramma di corto circuito di un alternatore per ricavarne le reattanze transitoria e subtransitoria.

## LABORATORI

Prova di rendimento con metodo indiretto di: trasformatore, motore asincrono, alternatore.

Prova di un motore al freno Pasqualini.

## TESTI CONSIGLIATI

Fascicoli delle norme CEI che saranno indicati.

G. Zingales - Misure sulle macchine e sugli impianti - Padova.

V. Modoni - Prove e difetti delle macchine e delle apparecchiature elettriche - Bologna.

## IN306 MODELLISTICA E IDENTIFICAZIONE

Prof. Vito MAURO

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Automatica A

DIP. di Automatica e Informatica

IST. di Elettrotecnica Generale

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

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

*Il corso comprende lezioni ed esercitazioni.*

*Nozioni propedeutiche: Teoria dei sistemi.*

## PROGRAMMA

- 1) Spazi lineari, spazi normati (richiami), spazi di Hilbert. Problemi di norma minima negli spazi di Hilbert. Applicazione a problemi di approssimazione lineari. Metodi recursivi. Procedura di Gram-Schmidt. Applicazioni a sistemi dinamici lineari. Modelli arma. Applicazioni a problemi di rappresentazione.
- 2) Introduzione alla probabilità, nozioni fondamentali. Il problema della stima. Proprietà delle stime. La stima di massima verosimiglianza. Applicazione a problemi lineari: stime di minimi quadrati, di Gauss-Markov, di Max. Verosimiglianza. Generalizzazione a modelli lineari e non lineari. Il filtro di Kalman discreto come stimatore di massima verosimiglianza. Altri stimatori recursivi.
- 3) I processi stocastici, nozioni fondamentali, correlazioni e spettri e loro stime. Relazioni tra spettri su sistemi lineari. Applicazione all'identificazione. Spazi di variabili aleatorie. Ortogonalizzazione di processi e fattorizzazioni. Relazione col filtraggio.
- 4) Illustrazione su casi pratici. Problemi di identificabilità. Problemi di complessità del modello.

## ESERCITAZIONI

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

## TESTI CONSIGLIATI

Appunti di modellistica e identificazione (G. Menga).  
Appunti distribuiti a lezione.

## IN355 RICERCA OPERATIVA

Prof. Anna Maria OSTANELLO

DIP. di Automatica e Informatica  
IST. Matematico

V ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 80 42 -

INDIRIZZO: Automatica A

Settimanale (ore) 6 4 -

*Il corso intende introdurre alla complessità dei processi reali di decisione nell'ambito di una rappresentazione del processo che individua variabili, quali: contesto organizzativo, attori e loro relazioni, azioni e obiettivi, dati e informazione, vengono analizzate possibilità e margini di intervento del tecnico della R.O. attraverso la discussione di casi reali. Si affronta il problema della modellizzazione formale e delle sue fasi, si analizzano i concetti di: problematica, percezione di azioni possibili, loro rappresentazione e valutazione, modellizzazione delle preferenze. Si propongono metodi di soluzione, di modelli con diversi livelli di formalizzazione, adatti a diverse problematiche; scelta ottimale, cernita con o senza profili di riferimento, classificazione.*

*Le lezioni sono strettamente integrate con le esercitazioni. Sono proposti seminari per gruppi di studenti interessati e conferenze di esperti-tecnici da ambienti aziendali e accademici.*

*Nozioni propedeutiche: Corsi del biennio.*

## PROGRAMMA

Introduzione ai processi di decisione e modelli. Analisi multicriteri e metodi di aiuto alla decisione: relazioni di surclassamento (definito e Fuzzy); metodi electre I, II, III; metodi di segmentazione tricotomica; metodo delle permutazioni; teoria del "punto di mira". Programmazione lineare e estensioni: metodi del simplesso, simplesso revisionato, simplesso duale; teoria della dualità; analisi post-ottimale; analisi parametrica. Problemi a struttura speciale: metodo del trasporto. Programmazione interna: metodi dei piani secanti (Gomory); branch and bound; additivo di Balas. Programmazione multi obiettivi: M.O.S.M. di Zeleny; metodi interattivi. Elementi di programmazione non lineare. Grafi e reticoli di trasporto: algoritmo di percorsi ottimali; flussi ottimi e tensioni; dualità; metodo del cammino critico. Analisi tempi e costi.

## ESERCITAZIONI

Complementi teorici (parte prima). Discussione di problemi reali. Costruzione di modelli. Risoluzione di esercizi numerici.

## LABORATORI

Sono proposti seminari per gruppi di studenti interessati.

## TESTI CONSIGLIATI

- A. Ostanello - Processi decisionali e modelli - Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1981.
- A. Ostanello - Elementi di analisi multicriteri e teoria di aiuto alla decisione - Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1977.
- L. Ermini - Programmazione lineare - Ed. ISEDI, 1972.
- A. Siciliano (Ed.) - Ricerca operativa - Ed. Zanichelli, 1975.
- F. Hillier, G. Lieberman - Introduzione alla R.O. - Franco Angeli Editore, 1973.

## IN360 SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

Prof. Franco ALGOSTINO

IST. di Scienza delle Costruzioni

III ANNO

1° PERIODO DIDATTICO

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

*La scienza delle costruzioni determina lo stato di tensione e di deformazione a cui le costruzioni sono soggette nella loro funzione di trasmissione degli sforzi. Il corso considera solo le strutture unidimensionali (travi e sistemi di travi, non le piastre e i gusci). Il corso non fornisce nozioni di progettazione, per le quali rimanda ai corsi a cui è propedeutico (tecnica delle costruzioni industriali, costruzione di macchine, ecc.).*

*Il corso è articolato in lezioni, esercitazioni in aula, esercitazioni in laboratorio. Nozioni propedeutiche: nozioni generali di Analisi Matematica, Geometria, Statica e Cinematica.*

## PROGRAMMA

Analisi dello stato di deformazione.

Analisi dello stato di tensione.

Equazione dei lavori virtuali.

Proprietà del corpo elastico e limiti relativi.

Teoria di St. Venant delle travi. Casi semplici e sollecitazioni composte.

Travature piane caricate nel piano travature piane caricate trasversalmente. Travature spaziali.

Calcolo degli sforzi e delle deformazioni negli schemi isostatici e in quelli iperstatici.

Fenomeni di instabilità elastica.

## ESERCITAZIONI

Consistono in applicazioni, fatte dall'allievo, della teoria svolta a lezione.

## LABORATORI

Misure di spostamenti su travature semplici e loro confronto con dati di calcolo.

## TESTI CONSIGLIATI

P. Cicala - Scienza delle Costruzioni - Vol. I e II, Levrotto & Bella, Torino.

A. Sassi, P. Bocca, G. Faraggiana - Esercitazioni di Scienza delle Costruzioni - Levrotto & Bella, Torino.

## IN490 SISTEMI DI ELABORAZIONE DELL'INFORMAZIONE

Prof. Giuseppe REVIGLIO

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Automatica B

DIP. di Automatica e Informatica

IST. di Elettrotecnica Generale

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

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

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

*Nozioni propedeutiche: Elementi di elettronica e di calcolo numerico.*

## PROGRAMMA

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

## ESERCITAZIONI

Approccio alla soluzione di problemi sull'elaboratore: stesura di flow-chart a livelli diversi di complessità. Studio del linguaggio Fortran e sviluppo, con prove sull'elaboratore, di un certo numero di problemi di vario tipo (tecnico e non).

## LABORATORI

Se considerabile come tale, l'impiego dell'elaboratore IBM 370/125 del S.E.D. per la soluzione di problemi batch in Fortran = V. esercitazioni.

TESTI CONSIGLIATI

Reviglio - Sistemi di elaborazione dell'informazione - Levrotto & Bella, Torino.

Reviglio - Appunti sul Fortran IV - Cooperativa Libreria Studenti.

Ridolfi - Il Fortran: teoria ed esercizi - Franco Angeli.

McCraken - Guida alla programmazione del Fortran IV - Ed. Bizzarri.

Lipschutz & Poe - Programmare in Fortran - Collana Schaum, n. 45.

## IN371 SISTEMI ELETTRICI SPECIALI

Prof. Gaetano PESSINA

DIP. di Elettrotecnica

IST. di Macchine Elettriche

V ANNO

Impegno didattico	Lez.	Es.	Lab.
Annuale (ore)	60	26	8
Settimanale (ore)	4	2	

1° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Elettrotecnica Industriale -  
Macchine Elettriche A e B

*Il corso si propone di trattare alcune importanti applicazioni industriali dell'Elettronica, conseguenti alle moderne tecniche di controllo e comando, applicate ai sistemi elettrici.*

*Nozioni propedeutiche: si consiglia la frequenza ai corsi di Macchine elettriche statiche e Macchine elettriche e Apparecchi elettrici di comando.*

## PROGRAMMA

Azionamenti industriali: Macchine elettriche impiegate; loro caratteristiche elettromeccaniche; prestazioni ottenibili; campi di applicazione. Sistemi di azionamento: elettromeccanici e statici in c.c. e c.a.; prestazioni, campi di applicazione. Azionamenti industriali in applicazioni di interesse fondamentale. Azionamenti per trazione. Piccole macchine elettriche prodotte in grande serie: Motori monofasi, bifasi, universali, sincroni, motori in c.c.a. magneti permanenti per piccoli azionamenti. Campi di impiego: prestazioni, tecniche produttive. Esame delle principali realizzazioni di interesse industriale; il problema del contenimento dei valori di rendimento a limiti accettabili. Gruppi di generazione elettrica: Diesel; turbogas; cogenerazione; principali sistemi di utilizzazione. Gruppi di continuità: elettromeccanici-statici. Sistemi di alimentazione di utenze con alta affidabilità. Affidabilità dei sistemi: Cenni sulla teoria dell'affidabilità; definizione delle grandezze fondamentali MTBF; MTTR; ridondanze; ecc. Applicazione dei concetti esposti alla valutazione dell'affidabilità di servizio di sistemi esaminati durante il corso. Valutazioni comparative.

## ESERCITAZIONI

Nelle esercitazioni si sviluppano praticamente alcuni concetti trattati nelle lezioni fino ad arrivare all'esame di sistemi elettrici anche complessi.

## LABORATORI

Sono previste almeno tre esercitazioni di laboratorio su azionamenti di macchine elettriche.

## TESTI CONSIGLIATI

- H. Bühler - Cours d'Electronique industrielle - Vol. II - Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.
- I. Bazovsky - Reliability theory au practice - Prentice Hall.

## IN382 STRUMENTAZIONE PER L'AUTOMAZIONE

Prof. Paolo SOARDO

DIP. di Automatica e Informatica

IST. di Elettrotecnica Generale

V ANNO

Impegno didattico Lez. Es. Lab.

1° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore) 50 20

INDIRIZZO: Automatica B

Settimanale (ore) 4 2 -

*Il corso presenta una rassegna della strumentazione impiegata nel controllo di un processo.*

*Il corso comprenderà lezioni ed esercitazioni.*

*Nozioni propedeutiche: Elettronica applicata.*

## PROGRAMMA

Alcuni esempi di sensori e trasduttori: temperatura (coppie termoelettriche, termoresistenze, pirometri), lunghezze ed angoli (potenziometri, trasformatori differenziali, rilevatori numerali incrementali ed assoluti, laser, ecc.), velocità ed accelerazione (dinamo tachimetrica, ruota fonica, accelerometro, giroscopio), forze e pressioni (celle di carico, manometri), portate (venturimetro, rotametro, turbina, misuratori volumetrici), livello (meccanici, elettrici, a radiazioni), sensori pneumatici (cenni). Il trattamento di un segnale generato da un sensore: amplificatori operazionali e per strumentazione, filtri RC, convertitori A/D, impiego del calcolatore in linea (cenni), amplificatori pneumatici (cenni). L'azionamento degli attuatori: l'impiego dei tiristori, pneumatica. Esempi di attuatori: motori in cc e passo-passo, attuatori lineari. I registratori magnetici per strumentazione. I componenti dal punto di vista dell'affidabilità.

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni vertono sugli argomenti del corso.

## TESTI CONSIGLIATI

Appunti vari distribuiti durante il corso.

**IN565 TECNICA DELLA PROGRAMMAZIONE**  
**Ex IN135 ELEMENTI DI PROGRAMMAZIONE (sem.) e**  
**IN136 ELEMENTI DI STATISTICA (sem.)**

Prof. Paolo LEPORA

DIP. di Matematica  
 IST. Matematico

II ANNO

Impegno didattico    Lez.    Es.    Lab.

1° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore)    70    20    —

Settimanale (ore)    6    2    —

*Il corso si propone di fornire agli allievi la possibilità di utilizzare la potenza di calcolo, di elaborazione delle informazioni, di memorizzazione e di presentazione delle informazioni che si può ottenere mediante l'uso interattivo degli elaboratori. Per raggiungere tale obiettivo, pur conservando la precedente struttura del corso di Elementi di Programmazione, verrà posto l'accento sulle tecniche da un lato della strutturazione del software e dall'altro di utilizzo delle risorse rese disponibili dalla sempre più diffusa realizzazione di reti di elaboratori. Si ritiene opportuno inoltre offrire la possibilità di apprendere l'uso di strumenti grafici semplici come plotters e digitalizzatori e videoterminali di tipo grafico; pare pure di fondamentale importanza fornire le necessarie informazioni per l'utilizzo di librerie di software scientifico.*

**PROGRAMMA**

Generalità sugli elaboratori. Basi di numerazione, operazioni in virgola fissa, operazioni in virgola mobile. Errori di troncamento, di arrotondamento. Algoritmi. Linguaggi in generale, ANSI standard per i linguaggi. Il Fortran. La programmazione strutturata. Linguaggi strutturati. Collegamenti tra elaboratori, i protocolli di linea. Reti, software nelle reti di elaboratori. Strumenti grafici. Software per la "grafica". Le librerie scientifiche. Le librerie statistiche. Programmazione con librerie.

**ESERCITAZIONI**

Vengono scelti, da gruppi di tre o quattro studenti, d'accordo con il professore, uno o più temi di esercitazione consistenti nella stesura di un programma Fortran, che verrà perforato ed eseguito sull'elaboratore del Centro di Calcolo del Politecnico.

**TESTI CONSIGLIATI**

B. Gabutti, P. Lepora, G. Merlo - Elementi di programmazione - Ed. Levrotto & Bella, Torino.  
 Andronico ed altri - Scienza degli elaboratori - Ed. Zanichelli.  
 Siciliano - Linguaggio Fortran - Ed. Zanichelli.  
 Ridolfi - Il Fortran - Ed. Angeli.  
 Manuali di Fortran IBM, Honeywell, Univac, ecc.

## IN394 TECNICA DELLA SICUREZZA NELLE APPLICAZIONI ELETTRICHE

Prof. Vito CARRESCIA

V ANNO

2° PERIODO DIDATTICO

INDIRIZZO: Impianti A

DIP. di Elettrotecnica

IST. di Elettrotecnica Generale

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

*Il corso ha lo scopo di fornire all'allievo gli elementi utili per conseguire una utilizzazione dell'energia elettrica sicura per le persone.*

*Nozioni propedeutiche: per un'attiva partecipazione è necessario che l'allievo possieda le nozioni basilari dell'elettrotecnica.*

## PROGRAMMA

Introduzione alla filosofia della sicurezza. Effetti della corrente elettrica sul corpo umano. Macroshock microshock. Limiti di sicurezza. Generalità sui sistemi di protezione. Sistemi di protezione contro i contatti indiretti sui sistemi TT, TN, IT e senza interruzione del circuito. Compatibilità di collegamento a terra delle masse in alta e bassa tensione e del neutro. Sistemi di protezione contro i contatti diretti. Interruttori differenziali: campo d'impiego, limiti protettivi. Tecnica della sicurezza nelle applicazioni elettromedicali. Protezione delle condutture contro i sovraccarichi e i cortocircuiti. Sezionamento, comando, arresto d'emergenza. Impianti elettrici nei luoghi con pericolo d'esplosione e incendio (per elettrotecnici). Elementi di protezione contro le radiazioni ionizzanti e non ionizzanti (per elettronici). Sezionamento e comando. Alimentazione di emergenza e di sicurezza. Cenni alla protezione contro le scariche atmosferiche. Collaudi e verifiche.

## ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consisteranno in applicazioni pratiche dei principi di sicurezza generali e potranno essere condotte anche al di fuori dell'area del Politecnico, direttamente sull'impianto o apparecchio oggetto dell'esercizio. I temi delle esercitazioni saranno scelti tenendo conto anche degli interessi specifici dei singoli allievi.

## TESTI CONSIGLIATI

V. Carrescia, G. De Bernardo - Impianti di messa a terra -

Norme del CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) 11 - 1; 11-8; 11-11; 12-13; 44-1; 64-2; 64-4; 64-6; 138-1.

Dispense in preparazione.

## IN413 TECNOLOGIA MECCANICA

Prof. Rosolino IPPOLITO

IST. di Tecnologia Meccanica

V ANNO

Impegno didattico

Lez.

Es.

Lab.

2° PERIODO DIDATTICO

Annuale (ore)

48

30

—

INDIRIZZO: Macchine elettriche A e B

Settimanale (ore)

4

4

—

*Obiettivi del corso sono: fornire l'insieme di nozioni necessarie a comprendere come possa essere realizzato e prodotto un particolare meccanico; analizzare i diversi elementi componenti la macchina utensile in modo da fornire di quest'ultima una visione sistematica; studiare i fondamenti teorici dei processi di lavorazione con asportazione di materiale per deformazione plastica; introdurre i primi rudimenti di gestione delle macchine utensili; presentare una panoramica delle lavorazioni non convenzionali.*

*Il corso prevede 4 ore di lezione settimanali per la parte teorica 4 ore per la parte applicativa.*

*Nozioni propedeutiche: capacità di lettura di un disegno tecnico e nozioni elementari sulle caratteristiche dei materiali metallici.*

## PROGRAMMA

La prima parte del corso ha carattere prevalentemente propedeutico e dà un'ampia panoramica dei principali elementi componenti la macchina utensile; vengono altresì sviluppati gli aspetti teorici connessi alle operazioni di taglio con asportazione di materiale. Ampio spazio viene dedicato alle macchine utensili a C.N. sviluppandone sia l'aspetto costruttivo sia l'aspetto applicativo. Vengono trattate le basi del linguaggio di programmazione. In stretta connessione con le macchine a C.N. si parla di sistemi integrati di produzione e di Computer Assisted Manufacturing (C.A.M.). Vengono ancora trattate le lavorazioni per deformazione plastica vedendole come mezzo per l'ottenimento di semilavorati per le lavorazioni ad asportazione di truciolo. In questo capitolo del corso si dà un breve cenno delle lavorazioni sulle lamiere.

La parte finale del corso è dedicata ad una panoramica delle tecnologie di lavorazione non convenzionali (EDM, ECM, Laser, etc.).

## ESERCITAZIONI

Il corso è integrato da una serie di lezioni-esercitazioni attinenti la stesura dei cicli di lavorazione e lo studio delle principali macchine universali impiegate nella produzione meccanica; torni, trapani, fresatrici, alesatrici, rettificatrici.

## TESTI CONSIGLIATI

G.F. Micheletti - Il taglio dei metalli e le macchine utensili - UTET, Torino.

R. Ippolito - Appunti di Tecnologia Meccanica - Levrotto & Bella, Torino, 1974.

R. Ottone - Macchine utensili a comando numerico - Etas Kompass.

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARY

1950  
1951  
1952  
1953  
1954  
1955  
1956  
1957  
1958  
1959  
1960

1961  
1962  
1963  
1964  
1965  
1966  
1967  
1968  
1969  
1970  
1971  
1972  
1973  
1974  
1975  
1976  
1977  
1978  
1979  
1980  
1981  
1982  
1983  
1984  
1985  
1986  
1987  
1988  
1989  
1990  
1991  
1992  
1993  
1994  
1995  
1996  
1997  
1998  
1999  
2000  
2001  
2002  
2003  
2004  
2005  
2006  
2007  
2008  
2009  
2010  
2011  
2012  
2013  
2014  
2015  
2016  
2017  
2018  
2019  
2020  
2021  
2022  
2023  
2024  
2025

2026  
2027  
2028  
2029  
2030  
2031  
2032  
2033  
2034  
2035  
2036  
2037  
2038  
2039  
2040  
2041  
2042  
2043  
2044  
2045  
2046  
2047  
2048  
2049  
2050

2051  
2052  
2053  
2054  
2055  
2056  
2057  
2058  
2059  
2060  
2061  
2062  
2063  
2064  
2065  
2066  
2067  
2068  
2069  
2070  
2071  
2072  
2073  
2074  
2075  
2076  
2077  
2078  
2079  
2080  
2081  
2082  
2083  
2084  
2085  
2086  
2087  
2088  
2089  
2090  
2091  
2092  
2093  
2094  
2095  
2096  
2097  
2098  
2099  
2100