



Corso di Laurea in Ingegneria Informatica  
Anno Accademico 2013 - 2014

INSEGNAMENTO DI ELETTROTECNICA (Cod. 77586)

Docente del corso: Nunzio Salerno

Stanza 42 - Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Elettronica e Informatica

Tel. 0957382304-2343 e-mail: nunzio.salerno@dieei.unict.it

sito web del corso: <http://www.esg.diees.unict.it/esg/didattica/elettrotecnica/inf/index.html>

Orario ricevimento durante lo svolgimento del corso: presso il laboratorio di elettrotecnica per appuntamento.

INFORMAZIONI GENERALI

<b>OBIETTIVI</b>	<p>Il corso introduce alla conoscenza dei principi dell'elettrotecnica e fornisce i metodi per lo studio dei circuiti elettrici e le conoscenze propedeutiche per i successivi corsi di elettronica e comunicazioni elettriche. Dopo un breve cenno ai campi elettrici e magnetici, utile per l'introduzione del modello a parametri concentrati, l'allievo ingegnere impara ad analizzare semplici circuiti nel dominio del tempo e in regime sinusoidale, i metodi di analisi sistematica e i teoremi fondamentali dell'analisi delle reti. Infine, viene evidenziato l'impiego usuale dei modelli e dei metodi dell'analisi dei circuiti elettrici per applicazioni di segnale e di potenza.</p>	
<b>REQUISITI</b>	<p>Conoscenza degli argomenti di base dei seguenti corsi: Algebra lineare e geometria, Analisi matematica I, Analisi matematica II, Fisica I e Fisica II.</p> <p>In particolare è richiesta la conoscenza degli argomenti di seguito elencati.</p> <p>Notazione esponenziale o scientifica. Grandezze fisiche. Sistema Internazionale (SI). Arrotondamento dei valori numerici.</p> <p>Grandezze scalari e vettoriali. Somma e scomposizione di vettori. Versori. Prodotto scalare. Prodotto vettoriale. Derivazione e integrazione di vettori.</p> <p>Lavoro. Potenza. Energia. Calore.</p> <p>Numeri reali. Operazioni con numeri reali. Potenza ad esponente razionale e reale. Logaritmo di un numero reale positivo.</p> <p>Unità immaginaria. Forma algebrica, forma trigonometrica e forma esponenziale dei numeri complessi. Notazione polare e cartesiana dei numeri complessi. Operazioni con numeri complessi. Radici nel campo complesso.</p> <p>Funzioni reali di una variabile reale. Operazioni tra funzioni. Funzione inversa e funzione composta. Estremi assoluti e relativi di una funzione.</p> <p>Limiti delle funzioni reali. Forme indeterminate. Infinitesimi e infiniti. Asintoti. Continuità per funzioni reali di una variabile reale. Punti di discontinuità</p> <p>Derivata di una funzione reale di una variabile reale. Significato geometrico della derivata. Derivabilità e continuità. Derivate delle funzioni elementari. Operazioni con le derivate. Derivata della funzione composta e inversa. Differenziale. Derivate di ordine superiore al primo. Estremi relativi. Monotonia delle funzioni derivabili. Formula di Taylor.</p> <p>Integrale di Riemann. Primitive di una funzione e integrale indefinito. Funzione integrale. Integrazione per parti e per sostituzione. Integrale curvilineo, integrali doppi, integrali tripli.</p> <p>Spazi vettoriali: sottospazi, intersezione e somma. Generatori, indipendenza lineare, basi.</p> <p>Matrici: rango, matrici ridotte, riduzione, minori. Determinante, matrici invertibili. Operazioni con matrici: trasposta, inversa, somma, prodotto.</p> <p>Sistemi lineari, risolubilità e metodi di risoluzione (anche con l'ausilio del calcolatore): sostituzione, confronto, combinazione lineare, Cramer, Gauss.</p> <p>Applicazioni lineari, proprietà e studio. Cambio di base, matrici simili. Applicazioni semplici e matrici diagonalizzabili: autovalori e autospazi.</p> <p>Sistemi lineari a coefficienti costanti: costruzione di una base dello spazio delle soluzioni nel caso di autovalori semplici.</p> <p>Derivate direzionali e parziali per funzioni scalari. Funzioni differenziabili. Teorema del differenziale totale. Derivate e differenziale primo per funzioni vettoriali. Derivabilità della funzione composta. Derivate e differenziali di ordine superiore. Teorema di Schwartz.</p> <p>Equazioni differenziali ordinarie di ordine n. Sistemi di n equazioni differenziali ordinarie del primo ordine in n funzioni incognite. Equivalenza tra equazioni e sistemi.</p>	<p><i>Fisica I</i></p> <p><i>Analisi matematica I</i></p> <p><i>Algebra lineare e geometria</i></p> <p><i>Analisi matematica II</i></p>



# Università degli Studi di Catania

## Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Elettronica e Informatica

Problema di Cauchy. Definizione di soluzione.  
Trasformata di Laplace. Linearità della Trasformata di Laplace. Prima formula fondamentale. Trasformabilità delle funzioni periodiche. Trasformata di Laplace della convoluzione. Trasformata della funzione integrale. Seconda formula fondamentale. Inversione della trasformata di Laplace. Antitrasformazione delle funzioni razionali. Applicazione alle equazioni differenziali e ai sistemi di equazioni differenziali.  
Conduttori e isolanti, elettrizzazione, carica elettrica. Legge di Coulomb. Campo e Potenziale elettrico. Teorema di Gauss.  
Capacità di un conduttore. Condensatori piani. Energia e densità di energia del campo elettrico  
Definizione della costante dielettrica relativa e assoluta. Il campo di induzione elettrica. Equazioni della elettrostatica in presenza di mezzi dielettrici. I dielettrici lineari.  
Forza elettromotrice. Intensità di corrente. Modello del moto delle cariche elettriche nei conduttori e resistenza elettrica.  
Definizione di campo magnetico. Forze su conduttori percorsi da corrente. Legge di Ampere. Corrente di spostamento. Legge di Biot-Savart. Legge di Gauss nella magnetostatica.  
Proprietà magnetiche della materia. Definizione della permeabilità magnetica relativa. Sostanze diamagnetiche, paramagnetiche e ferromagnetiche. Ciclo di Isteresi. Meccanismi di magnetizzazione microscopica. Campo magnetico e campo di Induzione magnetica. Equazioni della magnetostatica in presenza di mezzi materiali.  
Legge di induzione elettromagnetica di Faraday. Legge di Lenz. Induttanza. Energia e densità di energia.  
Equazioni di Maxwell in forma differenziale. Operatore Nabla. Definizione di gradiente di un campo scalare. Definizione di divergenza e rotore di un campo vettoriale. Teorema di Stokes. Teorema della divergenza.  
Propagazione delle onde elettromagnetiche nel vuoto.

Fisica II

**FREQUENZA LEZIONI** Libera.

**TESTI DI RIFERIMENTO** Teoria  
1) M. De Magistris, G. Miano, Circuiti. Fondamenti di circuiti per l'ingegneria, Springer Verlag Italia.  
2) C.A. Desoer, E.S. Kuh, Fondamenti di Teoria dei Circuiti, Franco Angeli Editore.  
3) V. Daniele, A. Liberatore, R. Graglia, S. Manetti, Elettrotecnica, Monduzzi Editore.  
4) G. Someda, Elementi di Elettrotecnica Generale, Pàtron Editore.  
5) P.P. Civalleri, Elettrotecnica, Levrotto&Bella.

Esercizi

- 1) A. Laurentini, A.R. Meo, R. Pomè, Esercizi di elettrotecnica, Levrotto&Bella.
- 2) J.A. Edminidter e M. Nahvi, Elettrotecnica (parte 1a e parte 2a), coll. Schaum's, McGraw-Hill.
- 3) S. Alfonzetti, C. Cavallaro, A. Consoli, S. La Maestra: "Esercizi di Elettrotecnica", DIEES, Catania.
- 4) Testi di esercizi on line
- 5) Testi dei [compiti d'esame](#)

**PROVA D'ESAME**  
**Prove in itinere** Non sono previste prove in itinere.  
**Appelli successivi all'erogazione del corso** Prova scritta (durata 2 ore). Gli allievi che superano la prova scritta possono sostenere la prova orale (durata 30 minuti circa) al termine della quale viene proposto un voto e il superamento della materia.  
**Modalità di iscrizione ad un appello d'esame** La prenotazione per ogni appello d'esame è obbligatoria e va effettuata esclusivamente via internet attraverso il [portale studenti](#) entro il periodo previsto.  
**Date d'esame** [www.ing.unict.it](http://www.ing.unict.it)

**MATERIALE DIDATTICO** Eventuale materiale didattico viene fornito direttamente agli studenti che frequentano le lezioni. Il piano delle lezioni, i testi delle prove scritte già effettuate e ulteriori informazioni sono disponibili sul sito web del corso: <http://www.esg.diees.unict.it/esg/didattica/elettrotecnica/inf/index.html>



**DESCRITTORI DI DUBLINO**

---

<b>CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE (KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING)</b>	<p>Lo studente, mediante lo studio dei metodi di soluzione e dei teoremi delle reti elettriche, acquisisce la capacità di risolvere circuiti elettrici sia in regime stazionario che sinusoidale (sia monofase che trifase), nonché circuiti magnetici e doppi bipoli.</p> <p>Ciò, unitamente alla conoscenza del legame tra il campo elettromagnetico ed il modello a parametri concentrati, consente allo studente di comprendere a fondo il funzionamento delle reti elettriche, come pure gli ambiti di applicazione ed i limiti di validità del modello circuitale.</p>
<b>CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensIONE (APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING)</b>	<p>Le conoscenze acquisite sono applicate per la soluzione di circuiti elettrici lineari e tempo-invarianti e allo studente è richiesto di individuare i metodi risolutivi più opportuni in relazione alla complessità del circuito da analizzare. A tal fine lo studente è invitato a risolvere lo stesso circuito con diversi metodi, utilizzando tutte le conoscenze acquisite e tutti gli strumenti (anche informatici) a propria disposizione. Inoltre lo studente è esortato ad approfondire gli argomenti trattati usando materiali diversi da quelli proposti, soprattutto per ciò che riguarda la fase di esercitazione, sviluppando così la capacità di applicare le conoscenze acquisite a contesti differenti da quelli presentati durante il corso.</p>
<b>AUTONOMIA DI GIUDIZIO (MAKING JUDGEMENTS)</b>	<p>Ogni volta che analizza un circuito elettrico, lo studente è chiamato a verificare la correttezza della soluzione ottenuta sia sulla base della conoscenza, anche approssimativa, della soluzione attesa che mediante il confronto di soluzioni ottenute con metodi diversi. Inoltre è invitato ad interpretare con spirito critico eventuali anomalie riscontrate nella soluzione di un circuito. In tal modo, egli acquisisce certezza del risultato acquisito e consapevolezza del funzionamento del circuito.</p>
<b>ABILITÀ COMUNICATIVE (COMMUNICATION SKILLS)</b>	<p>Lo studente apprende l'utilizzo corretto dei simboli circuitali e matematici nonché dei termini tecnici utilizzati in elettrotecnica.</p>
<b>CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO (LEARNING SKILLS)</b>	<p>Lo studio della materia migliora le capacità di classificazione dell'allievo ingegnere. In particolare,risolvendo i circuiti elettrici con i vari metodi sistematici e teoremi studiati nella teoria dei circuiti, lo studente cataloga i circuiti in diverse classi, sulla base della loro topologia e dei bipoli che li compongono, al fine di individuare il metodo più efficiente per analizzare il circuito stesso.</p>

---



## PROGRAMMA DEL CORSO

---

### Richiami sul campo elettromagnetico stazionario e quasi-stazionario

Carica elettrica. Forza elettrostatica. Concetto di campo. Campo elettrico. Corrente elettrica. Forza magnetica. Campo magnetico.

Campi nei mezzi materiali: equazioni costitutive. Equazioni di Maxwell. Campo di corrente stazionario. Calcolo di resistenze. Campo magnetostatico. Calcolo di induttanze. Campo elettrico stazionario. Calcolo di capacità. Campo elettromagnetico quasistazionario.

### Circuiti a parametri concentrati.

Dai campi ai circuiti. Modello a parametri concentrati. Limiti di validità del modello. Leggi di Kirchhoff.

### Elementi ad una porta

Resistori. Generatori indipendenti. Resistori non lineari. Diodo ideale. Condensatori. Induttori. Potenza ed energia.

### Metodi sistematici per la soluzione delle reti elettriche

Grafo. Insiemi di taglio e maglie. Analisi dei nodi. Analisi degli anelli. Dualità.

### Collegamenti di bipoli

Collegamenti serie e parallelo. Partitore di tensione e di corrente. Trasformazioni equivalenti (stella-triangolo e viceversa, Thevenin e Norton e viceversa, trasformazioni dei generatori, ecc.).

### Elementi di accoppiamento a due porte

Definizioni: doppi bipoli estrinseci e intrinseci. Generatori pilotati. Trasformatore ideale. Induttori accoppiati. Rappresentazione dei doppi bipoli. Reciprocità nei doppi bipoli. Interconnessione di doppi bipoli.

### Circuiti magnetici

Legge di Hopkinson. Legge di Gauss. Legge della circuitazione. Analogia con i circuiti resistivi. Calcolo dell'autoinduttanza. Calcolo della matrice delle induttanze.

### Teoremi delle reti elettriche

Teorema di Tellegen. Teorema di sostituzione. Teorema di sovrapposizione. Teorema di Thevenin e Norton. Teorema di Millman.

### Analisi dinamica di circuiti del primo ordine

Esempi: circuito RC serie e parallelo, circuito RL parallelo e serie (duale dell'RC). Equazione differenziale del primo ordine e condizione iniziale. Risposta ingresso zero. Risposta stato zero. Risposta completa. Applicazione del teorema di Thevenin-Norton.

### Analisi dinamica di circuiti del secondo ordine

Esempi: circuito RLC serie e parallelo. Equazione differenziale del secondo ordine e condizioni iniziali. Caso sovra smorzato, a smorzamento critico e sotto smorzato.

### Analisi dinamica di circuiti di ordine qualsiasi

Concetto di stato. Equazioni di stato. Equazione differenziale di ordine minimo. Frequenze naturali. Stabilità. Metodo simbolico basato sulla trasformata di Laplace.

### Analisi in regime sinusoidale

Teorema del regime sinusoidale. Fasori. Leggi di Kirchhoff e equazioni di lato con i fasori. Impedenza e ammettenza. Soluzione delle reti in regime sinusoidale con i fasori. Metodi sistematici e teoremi delle reti in regime sinusoidale. Circuito RC serie in regime sinusoidale: diagrammi vettoriali, diagrammi polari, filtro passa basso o passa alto. Circuito RLC parallelo in regime sinusoidale: diagrammi vettoriali, diagrammi polari, risonanza, filtro passa banda. Potenze in regime sinusoidale. Valori efficaci. Doppi bipoli di impedenze. Teorema del massimo trasferimento di potenza. Teorema di Boucherot. Rifasamento. Circuiti trifase a tre e a quattro fili. Tensioni e correnti di linea e di fase. Circuiti trifase simmetrici ed equilibrati. Circuito monofase equivalente. Potenza nei circuiti trifase.

---



### SYLLABUS

---

- Electric charge. Electrostatic force. Field concept. Electric field in vacuum. Electric current. Magnetic force. Magnetic field in vacuum.  
Constitutive equations. Boundary conditions. Maxwell's equations.  
Static current field. Resistance calculation. Static magnetic field. Inductance calculation. Static electric field.  
Capacitance calculation. Quasistatic electromagnetic field.
  - From electromagnetic fields to lumped electric circuits. Concept and limits of the electric circuits. Kirchhoff's laws.
  - Electric circuit elements: resistor, voltage and current sources, non-linear resistor, ideal diode, inductor, capacitor. Power and energy.
  - Series and parallel connections. Voltage and current dividers. Delta and star connections. Thevenin and Norton equivalent one-ports.
  - Oriented graph. Cut set and loop. Node and mesh analysis.
  - Definition of two-port component. Two-port linear resistive networks. Matrix representation. Reciprocity. Voltage and current controlled sources. Ideal transformer. Coupled inductors.
  - Magnetic circuits. Hopkinson, Gauss and Stokes laws. Analogy between magnetic networks and electric equivalent networks.
  - Tellegen theorem. SUBSTITUTION THEOREM. Superposition principle. Thevenin and Norton theorems. Millman theorem.
  - Parallel RL circuit. First order differential equation and initial condition. Transient and steady-state response. Application of Thevenin-Norton theorem for the solution of First-order dynamical circuits.
  - Parallel RLC circuit. Second order differential equation and initial conditions. Transient and steady-state response in Second-order dynamical circuits. Application of Thevenin-Norton theorem.
  - State of a dynamical circuit. Derivation of State Equations for Dynamic Circuits. Nth order ordinary differential equation. Natural frequencies. Stability. Transient analysis of high-order circuits using the Laplace transform.
  - Sinusoidal steady-state analysis: phasors and network equations. impedance and admittance. RC circuit in steady-state ac. RLC circuit in steady-state ac. Resonance. Powers in the sinusoidal steady state: instantaneous power, mean power, reactive power, complex power. RMS value. Two-ports networks of impedances. Maximum power transfer theorem. Boucherot theorem. Power factor and its correction. Three-phase system with three or four conductors. Balanced and unbalanced three-phase circuits. Elementary methods of analysis of three-phase networks. Measuring total power in three-phase AC circuits.
-