



<b>Insegnamento</b>	Elettronica
<b>Livello e corso di studio</b>	Laurea Triennale in Ingegneria Industriale (L-9)
<b>Settore scientifico disciplinare (SSD)</b>	IINF-01/A (ex ING-INF/01)
<b>Anno Accademico</b>	2025-2026
<b>Anno di corso</b>	3
<b>Numero totale di crediti</b>	12
<b>Propedeuticità</b>	Elettrotecnica
<b>Docente</b>	Stefano Salvatori Facoltà: Ingegneria Nickname: salvatori.stefano Email: <a href="mailto:stefano.salvatori@unicusano.it">stefano.salvatori@unicusano.it</a> (solo per comunicazioni interne e amministrative) Orario di ricevimento: Consultare il calendario alla pagina seguente del nostro sito verificando gli orari di Videoconferenza <a href="http://www.unicusano.it/calendario-lezioni-in-presenza/calendario-area-ingegneristica">http://www.unicusano.it/calendario-lezioni-in-presenza/calendario-area-ingegneristica</a>
<b>Presentazione</b>	<p>L'insegnamento si propone di fornire informazioni di carattere teorico e pratico sui principali sistemi e componenti elettronici, nonché sulle relative metodologie progettuali. È prevista una struttura di tipo bottom-up, partendo dai concetti di elaborazione e in generale di condizionamento dei segnali attraverso l'impiego di sistemi dispositivi semplici per poi arrivare a sistemi complessi visti però come elemento unitario, quali l'amplificatore operazionale. In questo contesto, il discente sarà in grado di apprezzare le caratteristiche essenziali che devono avere semplici e più complessi circuiti elettronici utili all'elaborazione analogica dei segnali. Particolare enfasi è posta sulla comprensione delle caratteristiche fondamentali che i sistemi elettronici devono avere per poter rispettare specifiche e requisiti di progetto assegnati. L'insegnamento si muove poi verso lo studio di componenti ed elementi che devono essere considerati fondamentali nell'elettronica dello stato solido, quali diodi, BJT e MOSFET. Le conoscenze acquisite sono poi applicate per lo studio di semplici sistemi analogici e amplificatori a singolo transistor per meglio apprezzare quanto già appreso con la prima parte dell'insegnamento.</p> <p>L'insegnamento si propone inoltre di fornire informazioni di carattere teorico e pratico sui principali sistemi digitali e quindi sulle relative metodologie di analisi e sintesi di circuiti combinatori e sequenziali. I moduli conclusivi dell'insegnamento trattano l'amplificatore operazionale, partendo dal suo modello per giungere a illustrare diverse tipologie circuitali in cui è implementato tale sistema. Le conoscenze acquisite sono applicate per lo studio di semplici sistemi analogici e digitali.</p> <p>L'insegnamento si colloca nell'ambito delle discipline dell'elettronica, sfruttando le tecniche di analisi apprese con gli insegnamenti di elettrologia e approfondendo le conoscenze e competenze sull'analisi e progetto di sistemi elettronici basati su elementi non lineari.</p>
<b>Obiettivi formativi disciplinari</b>	<p>L'insegnamento di elettronica ha i seguenti obiettivi formativi disciplinari conseguenti gli obiettivi specifici del corso di studio:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Rivedere le basi della teoria dei circuiti.</li><li>2. Descrivere la struttura e il principio di funzionamento di diodi, BJT, MOSFET e i concetti fondamentali dell'elettronica dello stato solido.</li><li>3. Descrivere il funzionamento di semplici sistemi analogici.</li><li>4. Illustrare l'implementazione di amplificatori a singolo transistor.</li><li>5. Illustrare la struttura e il funzionamento di sistemi lineari basati su amplificatore operazionale per l'elaborazione analogica dei segnali.</li><li>6. Illustrare l'implementazione di alcuni sistemi digitali fondamentali.</li></ol>
<b>Prerequisiti</b>	La frequenza all'insegnamento richiede il superamento della propedeuticità di <b>Elettrotecnica</b> . Inoltre si richiede la conoscenza dei concetti fondamentali dell'analisi matematica e della fisica. Al riguardo, si consiglia di rivedere tali nozioni, propedeutiche per l'apprendimento e l'approfondimento delle leggi dell'elettronica dello stato solido. A tal fine, si possono utilizzare i testi già consultati per la preparazione agli esami di base dell'area matematica (Analisi I e Analisi II) e fisica (Fisica generale II) sostenuti in precedenza.
<b>Risultati di apprendimento attesi</b>	<b>Conoscenza e capacità di comprensione</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Conoscere le proprietà dei materiali semiconduttori e del funzionamento dei principali dispositivi a semiconduttore;</li><li>• comprendere come le proprietà dei semiconduttori possono essere sfruttate per progettare dispositivi elettronici;</li><li>• conoscere il funzionamento dei principali dispositivi a semiconduttore quali diodi, MOSFET, BJT e amplificatori operazionali;</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• conoscere e saper comprendere la terminologia, le proprietà e le grandezze fisiche coinvolte in particolari soluzioni circuitali adottate in ambito elettronico;</li> <li>• conoscere le principali caratteristiche dei sistemi analogici basati sia su componenti discreti che integrati;</li> <li>• conoscere le principali caratteristiche dei sistemi digitali basati sia su componenti discreti che integrati;</li> <li>• conoscere le caratteristiche fondamentali dei sistemi di amplificazione e condizionamento dei segnali;</li> <li>• ricordare alcuni modelli fondamentali di componenti e circuiti;</li> <li>• memorizzare le tecniche analitiche necessarie a comprendere il funzionamento di un sistema elettronico.</li> <li>• conoscere le caratteristiche di soluzioni circuitali fondamentali.</li> </ul> <p><b>Applicazione delle conoscenze</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizzare una terminologia adeguata nella descrizione di un sistema elettronico;</li> <li>• utilizzare la conoscenza del funzionamento dei principali dispositivi elettronici per l'analisi di circuiti analogici (applicando appropriati metodi e modelli analitici);</li> <li>• utilizzare la conoscenza per progettare semplici sistemi analogici o digitali distinguendone i blocchi fondamentali che lo potranno comporre e sarà inoltre in grado di dimensionare opportunamente un circuito, a partire dalle specifiche assegnate;</li> <li>• descrivere il principio di funzionamento di alcune soluzioni circuitali.</li> </ul> <p><b>Capacità di trarre conclusioni</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Individuare i modelli più appropriati per descrivere i singoli blocchi funzionali di un sistema elettronico;</li> <li>• individuare i blocchi fondamentali utili alla sintesi di un circuito elettronico, anche di media complessità, nonché le relative interconnessioni tra i blocchi;</li> <li>• interpretare le specifiche fornite dalle case costruttrici dei dispositivi;</li> <li>• applicare metodi di verifica critica dei risultati ottenuti;</li> <li>• interpretare, con capacità critica, i risultati ottenuti durante lo svolgimento di un esercizio di analisi o di sintesi, soprattutto in termini di coerenza funzionale e fisica.</li> </ul> <p><b>Abilità comunicative</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sviluppare un linguaggio tecnico-scientifico corretto e comprensibile con cui descrivere e sostenere conversazioni sui materiali semiconduttori e relative tecnologie, sui dispositivi a semiconduttore e su semplici sistemi elettronici, individuando correttamente le grandezze fisiche rilevanti, e adoperando una terminologia adeguata;</li> <li>• sviluppare un adeguato linguaggio tecnico-scientifico corretto e comprensibile che consentirà di esprimere in modo chiaro e privo di ambiguità le conoscenze tecniche acquisite nell'ambito dei sistemi e circuiti elettronici utili all'elaborazione analogica dei segnali.</li> </ul> <p><b>Capacità di apprendere</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Applicare le conoscenze e competenze acquisite per la risoluzione di problemi non familiari che abbiano come oggetto l'analisi o la sintesi di sistemi elettronici analogici;</li> <li>• applicare le conoscenze acquisite per proseguire gli studi ingegneristici con maggiore maturità e avere le basi per poter apprendere quanto verrà proposto nei corsi specialistici di elettronica, nonché poter affrontare problemi posti sia in ambiente accademico che lavorativo.</li> </ul>
<p><b>Organizzazione dell'insegnamento</b></p>	<p><i>Attività Didattiche e Attività di Apprendimento</i></p> <p>L'insegnamento consiste in attività didattiche e in attività di apprendimento. Le attività didattiche corrispondono a lezioni preregistrate e/o lezioni sincrone in web conference. Le attività di apprendimento corrispondono anche allo studio autonomo delle dispense fornite dal docente e allo studio autonomo necessario per lo svolgimento di esercizi di autovalutazione e delle e-tivity. Gli esercizi di autovalutazione contenuti nei moduli sono necessari per verificare velocemente la comprensione dell'argomento in studio. Il loro svolgimento può essere inviato al docente tramite messaggistica in piattaforma per attestare il livello raggiunto in ogni momento e, quindi, per richiedere chiarimenti riguardo gli argomenti di cui non si è compreso pienamente il procedimento risolutivo o dubbi che sorgono nella preparazione.</p> <p>Si noti che le esercitazioni e gli esercizi proposti dal docente (attività interattive) mirano a far acquisire allo studente le capacità analitiche per risolvere i problemi di analisi e sintesi di circuiti con la dovuta proprietà di linguaggio tecnico nonché la capacità di applicare gli strumenti teorici idonei. Quindi le attività interattive consentono al discente di poter sostenere in maniera proficua l'esame. Sono altresì proposti esercizi "finali" di autovalutazione, di tipo asincrono, che consistono in tracce di esame mirate ad aiutare lo studente a capire il livello di preparazione raggiunto. Anche questa attività, che si avvale degli strumenti forniti in piattaforma, è da considerarsi interattiva e richiede ulteriori ore di studio gestite in autonomia dallo studente. Infine, la didattica si avvale di strumenti sincroni come il ricevimento in web-conference e chat disponibili in piattaforma che consentono un'interazione in tempo reale con tra studente e docente. La didattica interattiva comprende anche e-tivity che applicano le conoscenze acquisite nelle lezioni di teoria, esercizi e simulazioni, anche mediante l'utilizzo di software di simulazione di circuiti elettronici.</p>

	<p><i>Calendario di studio</i> L'insegnamento di Elettronica prevede 12 CFU (Crediti Formativi Universitari), con un carico totale di studio pari a circa 300 ore. L'insegnamento è organizzato in modo da poter essere svolto in 10-12 settimane, prevedendo un impegno settimanale di almeno 25 ore. Tuttavia, se non si riesce a seguire tale tempistica, è probabile che 2,5 mesi non siano sufficienti a consentire una preparazione adeguata.</p> <p>L'insegnamento è organizzato secondo una modalità autonoma, idonea anche per studenti lavoratori. Lo studente che si accinge allo studio dell'insegnamento deve comunicare al docente tale intenzione in modo che possa essere abilitato a seguire le videolezioni, nonché alla partecipazione della Classe Virtuale e delle e-tivity. Le e-tivity vanno svolte individualmente da ciascuno studente e consegnate al docente tramite messaggio in piattaforma almeno una settimana prima della prova d'esame cui lo studente si è prenotato. Per le e-tivity E1, E2, e E4 è concesso un massimo di 24 ore dal momento in cui lo studente vi accede (registrato dalla piattaforma), mentre per le E3 e E5 è concesso un massimo di 36 ore dal momento in cui lo studente vi accede (registrato dalla piattaforma). Il materiale da consegnare per ciascuna e-tivity deve essere un file con estensione “.pdf” contenente un report dettagliato dell'attività. Si consiglia di pianificare l'Esame di Profitto a non meno di due mesi dall'inizio dello studio.</p> <p><i>Classe Virtuale</i> L'Insegnamento è anche dotato di una classe virtuale. Le e-tivity richiedono sempre attività di discussione docente-studente e studente-studente in un forum dedicato.</p> <p><i>Carico di Studio</i> Il Carico di Studio totale dell'Insegnamento è di 300 ore suddivise in circa: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 220 ore per la visualizzazione e lo studio del materiale videoregistrato;</li> <li>• 60 ore di Didattica Interattiva per l'elaborazione e la consegna delle e-tivity;</li> <li>• 20 ore di Didattica Interattiva per l'esecuzione dei test di autovalutazione.</li> </ul> Si consiglia di distribuire lo studio della materia uniformemente in un periodo di 12 settimane dedicando tra le 20 alle 30 ore di studio a settimana.</p>
<p><b>Contenuti dell'insegnamento</b></p>	<p><b>Modulo 1 - Richiami ai metodi di analisi dei circuiti</b> [Carico di studio: 8 h - 0,3 CFU]</p> <p><i>Attività didattiche</i> Il modulo prevede l'erogazione di 2,2 ore di lezioni pre-registrate. Dato il tempo necessario per il riascolto delle lezioni videoregistrate, lo svolgimento degli esercizi proposti e le eventuali lezioni erogate in modalità sincrona, sono complessivamente richieste 6,6 ore di impegno studente per la sola fruizione delle lezioni.</p> <p><i>Risultati di Apprendimento</i> Alla fine del modulo lo studente sarà in grado di: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ricordare i principi fondamentali di Elettrotecnica: legge di Ohm, principi di Kirchhoff, principio di sovrapposizione degli effetti, partitori di tensione e corrente, circuiti equivalenti di Thevenin e Norton;</li> <li>• saper riconoscere i metodi di analisi più idonei per la risoluzione di problemi relativi a circuiti composti da elementi passivi;</li> <li>• analizzare un circuito composto da elementi passivi con i principi fondamentali appresi con l'insegnamento di Elettrotecnica.</li> </ul> </p> <p><i>Obiettivi di Apprendimento</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• saper analizzare circuiti composti da dispositivi passivi;</li> <li>• conoscere i metodi più idonei utili all'analisi di sistemi composti sia da elementi passivi che da dispositivi elettronici che saranno affrontati nei moduli successivi.</li> </ul> </p> <p><b>Modulo 2 - Introduzione all'elettronica</b> [Carico di studio: 7 h - 0,3 CFU]</p> <p><i>Attività didattiche</i> Il modulo prevede l'erogazione di 1 ora di lezioni pre-registrate. Dato il tempo necessario per il riascolto delle lezioni videoregistrate e lo svolgimento delle esercitazioni, sono complessivamente richieste 3 ore di impegno studente per la sola fruizione delle lezioni.</p> <p><i>Risultati di Apprendimento</i> Alla fine del modulo lo studente sarà in grado di: <ul style="list-style-type: none"> <li>• conoscere le tappe fondamentali relative alla storia dell'elettronica;</li> <li>• conoscere la classificazione dei segnali elettronici (segnali analogici, segnali digitali e conversione tra i due domini).</li> </ul> </p> <p><i>Obiettivi di Apprendimento</i> In questo modulo viene illustrata una breve storia dell'elettronica. È indicata la classificazione dei segnali elettronici (segnali analogici, segnali digitali e conversione tra i due domini) e sono ripresi alcuni richiami di teoria dei circuiti.</p>

### **Modulo 3 - Cenni all'elettronica dello stato solido**

[Carico di studio: 15 h – 0,6 CFU]

#### *Attività didattiche*

Il modulo prevede l'erogazione di 1,0 ore di lezioni pre-registrate. Dato il tempo necessario per il riascolto delle lezioni videoregistrate, lo svolgimento degli esercizi proposti e le eventuali lezioni erogate in modalità sincrona, sono complessivamente richieste 5 ore di impegno studente per la sola fruizione delle lezioni. Al termine di ciascuna lezione, si devono svolgere ulteriori esercizi e una e-tivity per l'autovalutazione di quanto appreso.

#### *Risultati di Apprendimento*

Alla fine del modulo lo studente sarà in grado di:

- conoscere le proprietà dei materiali conduttori, semiconduttori e isolanti;
- conoscere e illustrare il concetto di modello a bande di energia;
- conoscere il concetto di semiconduttori estrinseci e quindi di drogaggio dei semiconduttori;
- conoscere gli elementi fondamentali per la fabbricazione di dispositivi a stato solido e di circuiti integrati.

#### *Obiettivi di Apprendimento*

In questo modulo sono mostrate le proprietà dei materiali semiconduttori impiegati nell'elettronica a stato solido. I semiconduttori sono, infatti, alla base di tutti i principali dispositivi elettronici e microelettronici a stato solido quali transistor e diodi. Sono quindi illustrati il modello a legame covalente e il modello a bande di energia che possono essere utilizzati per comprendere le proprietà dei semiconduttori, con particolare riferimento al comportamento degli elettroni e delle lacune all'interno del semiconduttore. Viene inoltre introdotto il processo noto come drogaggio e saranno valutati i suoi effetti sul movimento dei portatori. Infine, sono introdotte alcune delle tecniche utilizzate nella fabbricazione dei circuiti integrati.

### **Modulo E1 - E-tivity**

[Carico di studio: 5 h – 0,2 CFU]

#### *Attività didattiche*

Il modulo non prevede l'erogazione di ore di lezione o documentazione. L'apprendimento è perseguito solo mediante lo studio autonomo necessario per le attività proposte dal docente.

#### *Risultati di Apprendimento*

Alla fine del modulo lo studente sarà in grado di:

- applicare quanto appreso circa gli elementi fondamentali di elettronica dello stato solido per risolvere problemi di analisi coinvolti prossimi a casi reali.

#### *Obiettivi di Apprendimento*

In questo modulo lo studente è impegnato nella risoluzione di due problemi relativi all'elettronica dello stato solido. L'e-tivity consiste nella produzione di un report relativo ai case-study proposti. Le e-tivity hanno una finalità di apprendimento oltre che di valutazione. Ciò significa che i Risultati di Apprendimento dichiarati nel modulo non sono raggiunti mediante la fruizione di lezioni, ma esclusivamente mediante lo studio autonomo e la risoluzione dei case-study proposti.

N.B. Le E-tivity non sono da considerarsi Esoneri.

### **Modulo 4 - Giunzione pn**

[Carico di studio: 25 h – 1,0 CFU]

#### *Attività didattiche*

Il modulo prevede l'erogazione di 1,6 ore di lezioni pre-registrate. Dato il tempo necessario per il riascolto delle lezioni videoregistrate, lo svolgimento degli esercizi proposti e le eventuali lezioni erogate in modalità sincrona, sono complessivamente richieste 6 ore di impegno studente per la sola fruizione delle lezioni. Al termine di ciascuna lezione, si devono svolgere ulteriori esercizi e una e-tivity per l'autovalutazione di quanto appreso.

#### *Risultati di Apprendimento*

Alla fine del modulo lo studente sarà in grado di:

- conoscere la struttura ed il principio di funzionamento dei diodi a stato solido;
- conoscere e illustrare le regioni di funzionamento in cui può operare un diodo;
- conoscere i modelli fisico/matematici che descrivono il funzionamento della giunzione pn;
- saper analizzare circuiti contenenti uno o più diodi;
- conoscere caratteristiche e tipologie di diodi e le relative applicazioni.

#### *Obiettivi di Apprendimento*

In questo modulo sono presentati i modelli fisici che descrivono il funzionamento della giunzione pn. Vengono illustrate le diverse tipologie di diodi e le configurazioni circuitali fondamentali che impiegano questo tipo di dispositivi.

**Modulo E2 - E-tivity**

[Carico di studio: 4 h – 0,2 CFU]

*Attività didattiche*

Il modulo non prevede l'erogazione di ore di lezione o documentazione. L'apprendimento è perseguito solo mediante lo studio autonomo necessario per le attività proposte dal docente.

*Risultati di Apprendimento*

Alla fine del modulo lo studente sarà in grado di:

- applicare quanto appreso circa la giunzione pn per risolvere problemi di analisi di circuiti a diodi anche complessi.

*Obiettivi di Apprendimento*

In questo modulo lo studente è impegnato nella risoluzione di due problemi relativi a circuiti a diodi. L'E-tivity consiste nella produzione di un report relativo al case-study proposto. Le E-tivity hanno una finalità di apprendimento oltre che di valutazione. Ciò significa che i Risultati di Apprendimento dichiarati nel modulo non sono raggiunti mediante la fruizione di lezioni, ma esclusivamente mediante lo studio autonomo e la risoluzione dei case-study proposti.

N.B. Le E-tivity non sono da considerarsi Esoneri.

**Modulo 5 - Transistore bipolare**

[Carico di studio: 25 h – 1,0 CFU]

*Attività didattiche*

Il modulo prevede l'erogazione di 1,6 ore di lezioni pre-registrate. Dato il tempo necessario per il riascolto delle lezioni videoregistrate, nonché la consultazione della documentazione correlata all'argomento e le eventuali lezioni erogate in modalità sincrona, sono complessivamente richieste 8 ore di impegno studente per la fruizione soltanto delle lezioni e le esercitazioni.

*Risultati di Apprendimento*

Alla fine del modulo lo studente sarà in grado di:

- conoscere le strutture e i modelli dei BJT di tipo npn e pnp;
- saper illustrare le caratteristiche esterna corrente-tensione dei BJT;
- saper analizzare circuiti utili alla polarizzazione dei BJT;
- saper verificare le regioni di funzionamento di un BJT in un circuito utile a stabilire il suo punto di lavoro.

*Obiettivi di Apprendimento*

L'obiettivo principale del modulo è quello di descrivere la struttura fisica e il principio di funzionamento del transistore bipolare a giunzione. Per tale motivo sono illustrate le differenti configurazioni strutturali con cui è possibile realizzare un BJT (nnp e pnp). In seguito è introdotto il modello del trasporto con cui è possibile descrivere il funzionamento del BJT e sono definite le quattro regioni di funzionamento in cui esso può operare. Infine, è analizzato il fenomeno fisico noto come effetto Early e sono analizzate le tipiche reti di polarizzazione che vengono utilizzate per stabilire il punto di lavoro del BJT.

**Modulo 6 - Transistore ad effetto di campo MOSFET**

[Carico di studio: 25 h – 1,0 CFU]

*Attività didattiche*

Il modulo prevede l'erogazione di 1,2 ore di lezioni pre-registrate. Dato il tempo necessario per il riascolto delle lezioni videoregistrate, nonché la consultazione della documentazione correlata all'argomento e le eventuali lezioni erogate in modalità sincrona, sono complessivamente richieste 8 ore di impegno studente per la fruizione soltanto delle lezioni e le esercitazioni.

*Risultati di Apprendimento*

Alla fine del modulo lo studente sarà in grado di:

- conoscere le strutture e i modelli di NMOS e PMOS;
- saper analizzare circuiti composti da uno o più MOS;
- saper verificare le regioni di funzionamento di un MOS in un circuito utile a stabilire il suo punto di lavoro.

*Obiettivi di Apprendimento*

L'obiettivo principale del modulo è quello di descrivere la struttura fisica e il principio di funzionamento del transistore ad effetto di campo MOS. Sono mostrate le differenti configurazioni strutturali con cui è possibile realizzare un MOSFET (NMOS e PMOS). Sono inoltre definite le diverse regioni di funzionamento in cui il MOSFET può operare e vengono introdotti i modelli matematici che possono essere utilizzati per descrivere le caratteristiche corrente-tensione del MOSFET. Infine, sono analizzate le tipiche reti di polarizzazione che vengono utilizzate per stabilire il suo punto di lavoro del dispositivo.

### **Modulo DIG - Sistemi combinatori e sequenziali**

[Carico di studio: 30 h – 1,2 CFU]

#### *Attività didattiche*

Il tempo necessario per lo studio delle lezioni, nonché la risoluzione degli esercizi proposti e le eventuali lezioni erogate in modalità sincrona, sono complessivamente richieste 12 ore di impegno studente per la fruizione soltanto delle lezioni.

#### *Risultati di Apprendimento*

Alla fine del modulo lo studente sarà in grado di:

- conoscere il funzionamento delle porte logiche fondamentali;
- conoscere il metodo di analisi mediante logica di Boole;
- saper analizzare circuiti combinatori mediante la logica booleana;
- saper sintetizzare circuiti combinatori mediante l'uso delle mappe di Karnaugh;
- conoscere i dispositivi fondamentali utili alla sintesi di sistemi combinatori e sequenziali.

#### *Obiettivi di Apprendimento*

L'obiettivo principale del modulo è di introdurre i concetti fondamentali che si incontrano per sistemi digitali. Quali sistemi di elaborazione, è descritto il sistema di numerazione binario, i sistemi di codifica e la conversione verso i sistemi di numerazione decimale e esadecimale. Partendo dalla logica booleana e le porte logiche fondamentali, si descrivono sistemi digitali combinatori e sequenziali di complessità maggiore. Particolare risalto è dato alla sintesi di sistemi digitali mediante metodi di minimizzazione di funzioni logiche.

### **Modulo E3 - E-tivity**

[Carico di studio: 16 h - 0,6 CFU]

#### *Attività didattiche*

Il modulo non prevede l'erogazione di ore di lezione o documentazione. L'apprendimento è perseguito solo mediante lo studio autonomo necessario per le attività proposte dal docente.

#### *Risultati di Apprendimento*

Alla fine del modulo lo studente sarà in grado di:

- verificare quanto appreso circa l'analisi e la sintesi di un sistema digitale;
- conoscere un software di simulazione con cui poter valutare le caratteristiche dinamiche di porte logiche CMOS.

#### *Obiettivi di Apprendimento*

In questo modulo lo studente è impegnato nella risoluzione di un problema di complessità non banale. Il caso viene proposto allo studente sotto forma di e-tivity (Electronic-Activity) accompagnato da una scheda descrittiva. Lo studente apprenderà, in completa autonomia, ad utilizzare un software di simulazione. L'e-tivity consiste nella produzione di un report relativo al case-study proposto. Le e-tivity hanno una finalità di apprendimento oltre che di valutazione. Ciò significa che i Risultati di Apprendimento dichiarati nel modulo non sono raggiunti mediante la fruizione di lezioni, ma esclusivamente mediante lo studio autonomo e la risoluzione dei case-study proposti. N.B. Le e-tivity non sono da considerarsi Esoneri.

### **Modulo A1 - Sistemi analogici**

[Carico di studio: 13 h - 0,5 CFU]

#### *Attività didattiche*

Il modulo prevede l'erogazione di 2,2 ore di lezioni pre-registrate. Dato il tempo necessario per il riascolto delle lezioni videoregistrate, nonché la consultazione della documentazione correlata all'argomento e le eventuali lezioni erogate in modalità sincrona, sono complessivamente richieste 8 ore di impegno studente per la fruizione soltanto delle lezioni.

#### *Risultati di Apprendimento*

Alla fine del modulo lo studente sarà in grado di:

- utilizzare una terminologia adeguata nell'ambito della descrizione di sistemi elettronici analogici;
- conoscere le caratteristiche di trasferimento degli amplificatori;
- saper individuare i limiti di amplificatori analogici: non linearità e distorsione;
- conoscere e saper descrivere i modelli due porte;
- conoscere la risposta in frequenza degli amplificatori.

#### *Obiettivi di Apprendimento*

L'obiettivo principale del modulo è di introdurre i concetti principali relativi all'amplificazione lineare. Per tale motivo, considerando un tipico esempio di sistema analogico (un ricevitore stereo FM), sono definiti alcuni dei parametri fondamentali di un sistema amplificatore (guadagno di tensione, guadagno di corrente, guadagno di potenza e distorsione armonica totale). In seguito, sono introdotti i modelli a doppio bipolo che possono essere impiegati per rappresentare i diversi tipi di amplificatori. Infine, vengono analizzati gli aspetti riguardanti la risposta in frequenza degli amplificatori, quali: funzione di trasferimento, frequenza di taglio e larghezza di banda).

### **Modulo A2 - Il transistor come amplificatore e modelli per piccoli segnali**

[Carico di studio: 25 h – 1,0 CFU]

#### *Attività didattiche*

Il modulo prevede l'erogazione di 2 ore di lezioni pre-registrate. Dato il tempo necessario per il riascolto delle lezioni videoregistrate, nonché la consultazione della documentazione correlata all'argomento e le eventuali lezioni erogate in modalità sincrona, sono complessivamente richieste 10 ore di impegno studente per la fruizione soltanto delle lezioni e le esercitazioni.

#### *Risultati di Apprendimento*

Alla fine del modulo lo studente sarà in grado di:

- conoscere i modelli del MOSFET e del BJT per piccoli segnali;
- comprendere l'importanza dell'uso delle reti di bypass;
- saper analizzare circuiti a transistor in regime continuo e armonico utilizzando i corrispondenti modelli lineari;
- conoscere le configurazioni fondamentali di amplificatori a transistor.

#### *Obiettivi di Apprendimento*

L'obiettivo principale del modulo è quello di introdurre i concetti principali legati all'utilizzo dei transistor come amplificatori lineari e all'utilizzo dei modelli per piccoli segnali di tali dispositivi a stato solido. Per questo motivo sono mostrati gli aspetti fondamentali relativi alla realizzazione di amplificatori con BJT e MOSFET, quali l'utilizzo dei circuiti equivalenti DC ed AC per l'analisi delle diverse configurazioni e l'impiego dei condensatori di accoppiamento e di bypass. Infine, sono introdotti i modelli per piccoli segnali del diodo, del BJT e del MOSFET, e vengono analizzate le configurazioni circuitali a emettitore comune e a source comune quali esempi tipici di impiego di BJT e MOSFET.

### **Modulo A3 - Amplificatori a singolo transistor**

[Carico di studio: 30 h – 1,2 CFU]

#### *Attività didattiche*

Il modulo prevede l'erogazione di 1,3 ore di lezioni pre-registrate. Dato il tempo necessario per il riascolto delle lezioni videoregistrate, nonché la consultazione della documentazione correlata all'argomento e le eventuali lezioni erogate in modalità sincrona, sono complessivamente richieste 10 ore di impegno studente per la fruizione soltanto delle lezioni e le esercitazioni.

#### *Risultati di Apprendimento*

Alla fine del modulo lo studente sarà in grado di:

- conoscere le configurazioni principali di amplificatori a singolo transistor;
- conoscere la classificazione e le caratteristiche principali degli amplificatori a singolo transistor realizzati con BJT e MOSFET;
- saper analizzare circuiti amplificatori a transistor;
- saper dimensionare i condensatori di accoppiamento e di bypass.

#### *Obiettivi di Apprendimento*

L'obiettivo principale del modulo è di introdurre le diverse configurazioni degli amplificatori a singolo transistor basate su BJT e MOSFET. Per tale motivo è mostrata la classificazione degli amplificatori a singolo transistor realizzati con BJT e MOSFET descrivendo le loro caratteristiche principali. Sono inoltre mostrati i metodi per il dimensionamento dei condensatori di accoppiamento e di bypass contenuti per le diverse configurazioni di amplificatori a singolo transistor.

### **Modulo E4 - E-tivity**

[Carico di studio: 8 h – 0,3 CFU]

#### *Attività didattiche*

Il modulo non prevede l'erogazione di ore di lezione o documentazione. L'apprendimento è perseguito solo mediante lo studio autonomo necessario per le attività proposte dal docente.

#### *Risultati di Apprendimento*

Alla fine del modulo lo studente sarà in grado di:

- applicare quanto appreso circa l'analisi di circuiti amplificatori a transistor per risolvere un problema di analisi di uno schema di amplificatore a transistor anche complesso.

#### *Obiettivi di Apprendimento*

In questo modulo lo studente è impegnato nella risoluzione di un problema relativo a un amplificatore a transistor singolo. L'e-tivity consiste nella produzione di un report relativo al case-study proposto. Le e-tivity hanno una finalità di apprendimento oltre che di valutazione. Ciò significa che i Risultati di Apprendimento dichiarati nel modulo non sono raggiunti mediante la fruizione di lezioni, ma esclusivamente mediante lo studio autonomo e la risoluzione dei case-study proposti.

N.B. Le e-tivity non sono da considerarsi Esoneri.

**Modulo A4 – Modello per l'amplificatore operativo**

[Carico di studio: 20 h - 0,8 CFU]

*Attività didattiche*

Il modulo prevede l'erogazione di 2,0 ore di lezioni pre-registrate. Dato il tempo necessario per il riascolto delle lezioni videoregistrate, lo svolgimento degli esercizi proposti e le eventuali lezioni erogate in modalità sincrona, sono complessivamente richieste 8 ore di impegno studente per la sola fruizione delle lezioni. Al termine di ciascuna lezione, si devono svolgere ulteriori esercizi per l'autovalutazione di quanto appreso.

*Risultati di Apprendimento*

Alla fine del modulo lo studente sarà in grado di:

- conoscere e saper descrivere le caratteristiche dell'amplificatore operativo ideale;
- conoscere l'importanza della controreazione negativa;
- saper analizzare le configurazioni fondamentali dell'op-amp;
- comprendere il limite di accuratezza nel caso di op-amp reale.

*Obiettivi di Apprendimento*

In questo modulo vengono illustrati il modello e le caratteristiche dell'amplificatore operativo ideale. Sono anche brevemente descritte le caratteristiche e i limiti principali dell'operazionale reale.

**Modulo A5 - Applicazioni lineari degli amplificatori operazionali**

[Carico di studio: 30 h - 1,2 CFU]

*Attività didattiche*

Il modulo prevede l'erogazione di 5,0 ore di lezioni pre-registrate. Dato il tempo necessario per il riascolto delle lezioni videoregistrate, lo svolgimento degli esercizi proposti e le eventuali lezioni erogate in modalità sincrona, sono complessivamente richieste 15 ore di impegno studente per la sola fruizione delle lezioni. Al termine di ciascuna lezione, si devono svolgere ulteriori esercizi e una e-tivity per l'autovalutazione di quanto appreso.

*Risultati di Apprendimento*

Alla fine del modulo lo studente sarà in grado di:

- riconoscere le configurazioni fondamentali con op-amp;
- saper analizzare schemi in cui siano presenti uno o più op-amp;
- saper rappresentare la risposta nel tempo di un sistema in cui siano presenti uno o più op-amp.

*Obiettivi di Apprendimento*

In questo modulo vengono illustrati diversi circuiti con amplificatori operazionali ideali, con reti di reazione composti da elementi passivi (resistori e/o condensatori). Sono presentate le caratteristiche principali dell'amplificatore operativo reale e sono indicati diversi esempi applicativi dell'op-amp per la realizzazione di sistemi elettronici utili al trattamento dei segnali.

**Modulo E5 - E-tivity**

[Carico di studio: 16 h - 0,6 CFU]

*Attività didattiche*

Il modulo non prevede l'erogazione di ore di lezione o documentazione. L'apprendimento è perseguito solo mediante lo studio autonomo necessario per le attività proposte dal docente.

*Risultati di Apprendimento*

Alla fine del modulo lo studente sarà in grado di:

- verificare quanto appreso circa le caratteristiche di un sistema basato su op-amp: saturazione e risposta in frequenza;
- verificare le caratteristiche reali nel tempo e in frequenza di un dispositivo reale ;
- conoscere un software di simulazione con cui poter lavorare anche su circuiti di elevata complessità.

*Obiettivi di Apprendimento*

In questo modulo lo studente è impegnato nella risoluzione di un problema di complessità non banale. Il caso viene proposto allo studente sotto forma di e-tivity (Electronic-Activity) accompagnato da una scheda descrittiva. Lo studente apprenderà, in completa autonomia, ad utilizzare un software di simulazione. L'e-tivity consiste nella produzione di un report relativo al case-study proposto. Le e-tivity hanno una finalità di apprendimento oltre che di valutazione. Ciò significa che i Risultati di Apprendimento dichiarati nel modulo non sono raggiunti mediante la fruizione di lezioni, ma esclusivamente mediante lo studio autonomo e la risoluzione dei case-study proposti. N.B. Le e-tivity non sono da considerarsi Esoneri.

**Materiali di studio****Materiali didattici a cura del docente**

Il materiale didattico presente in piattaforma è suddiviso in 9 moduli. Essi ricoprono interamente il programma e ciascuno di essi contiene dispense, slide e videolezioni in cui il docente commenta le slide. Tale materiale contiene tutti gli elementi necessari per affrontare lo studio della materia.

**Materiali didattici consigliati**

- Richard C. Jaeger, Travis N. Blalock, "Microelettronica: Elettronica Analogica", McGraw-Hill.

<p><b>Modalità di valutazione</b></p>	<p><b>Elementi di giudizio</b></p> <p>La verifica del raggiungimento dei Risultati di Apprendimento è svolta mediante la valutazione delle e-tivity, del lavoro in itinere testimoniato dall'invio dello svolgimento degli esercizi proposti nelle videolezioni e dell'Esame di Profitto. Le prove consentono di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verificare la capacità di saper analizzare circuiti elettronici analogici in cui siano impiegati diodi, transistor e op-amp;</li> <li>• valutare la metodologia adottata per l'analisi e sintesi di un sistema elettronico analogico o digitale;</li> <li>• giudicare la scelta di una soluzione circuitale di tipo digitale in base alle specifiche e i requisiti assegnati, unitamente all'abilità di rappresentare il sistema;</li> <li>• appurare l'uso di una terminologia adeguata alla descrizione di un sistema elettronico;</li> <li>• appurare la chiarezza espositiva in cui è necessaria una terminologia tecnica adeguata all'ambito elettronico;</li> <li>• valutare l'abilità acquisita nel risolvere un problema nuovo.</li> </ul> <p><b>Esame e valutazione</b></p> <p>L'esame consiste nello svolgimento di una prova scritta tendente ad accertare le capacità di analisi e rielaborazione, una prova orale utile ad accertare la proprietà di linguaggio dei concetti acquisiti e nello svolgimento di una serie di attività (e-tivity). Le prove scritte e orali saranno valutate in 30esimi. Nel caso di valutazione sufficiente, le e-tivity potranno permettere di incrementare il voto e, nel caso di prove particolarmente ottime, di avere la lode. I risultati di apprendimento delle conoscenze e la capacità di applicarle sono valutate dalla prova scritta, mentre le abilità comunicative, la capacità di trarre conclusioni e la capacità di autoapprendimento sono valutate con la prova orale.</p> <p>La prova scritta (della durata di 60 minuti) prevede lo svolgimento di tre esercizi di natura applicativa, di analisi o sintesi di circuiti, che riguardano argomenti del programma dell'insegnamento. Gli esercizi hanno tutti lo stesso peso, concorrendo ciascuno al 33.3% della valutazione complessiva. Lo svolgimento di esercizi di analisi o sintesi verrà invece valutato in base ai seguenti parametri: scelta dei metodi risolutivi, quantità e qualità dello svolgimento, chiarezza espositiva, capacità di rielaborare gli schemi e esattezza del calcolo. Nella valutazione della prova orale concorrono la capacità dello studente di rielaborare, applicare e presentare con proprietà di linguaggio il materiale presente in piattaforma (maturata anche a valle dello svolgimento delle attività proposte in ciascun modulo). Il colloquio sarà valutato in base ai seguenti parametri aventi pari dignità: attinenza al quesito, completezza delle informazioni, modalità di sviluppo dell'argomento. I risultati di apprendimento attesi circa le conoscenze della materia e la capacità di applicarle sono valutate dalla prova scritta, mentre le abilità comunicative, la capacità di trarre conclusioni e la capacità di autoapprendimento sono valutate proprio con la prova orale. Le e-tivity non sono obbligatorie, ma il loro svolgimento è consigliato. Le e-tivity vanno svolte individualmente da ciascuno studente e consegnate al docente tramite messaggio in piattaforma <b>almeno una settimana prima della prova d'esame</b> cui lo studente si è prenotato. Per ciascuna e-tivity è concesso un massimo di 24 ore o 36 ore come specificato nella scheda, dall'istante di tempo (registrato dalla piattaforma) in cui lo studente effettua il download del testo. Il materiale da consegnare per ciascuna e-tivity deve essere un file con estensione “.pdf” contenente un report dettagliato dell'attività.</p> <p>Lo studente che deve sostenere l'esame sull'intero programma da 12 CFU potrà scegliere, indicando in sede d'esame la sua scelta, di svolgere l'esame attraverso DUE ESAMI PARZIALI (si veda fac-simile compito caricato in piattaforma). <b>L'esame parziale 1</b> (6 CFU) riguarderà i seguenti moduli: dal Modulo 1 al Modulo 6 e comprende le e-tivity 1 e 2. <b>L'esame parziale 2</b> (6 CFU) riguarderà i seguenti moduli: dal Modulo DIG al Modulo A5 e comprende le e-tivity 3, 4 e 5. <b>Ciascun esame parziale è valutato come quello completo.</b> Il voto finale sarà pari alla media dei voti di ciascuna prova parziale.</p>
<p><b>Nota: “programma ridotto”</b></p>	<p>Gli studenti che, a seguito dell'avvenuto riconoscimento di un esame affine, sostenuto in una precedente carriera accademica, devono sostenere l'esame di Elettronica sono invitati a contattare il docente <b>inviando il programma dell'esame già sostenuto</b>. In tal modo, potranno essere definiti i moduli da assegnare per il sostenimento dell'esame in forma ridotta (e non da 12 CFU).</p>
<p><b>Criteri per l'assegnazione dell'elaborato finale</b></p>	<p>L'assegnazione dell'<b>elaborato finale</b> avverrà sulla base di un colloquio con il docente in cui lo studente manifesterà i propri specifici <b>interessi</b> in relazione a qualche argomento che intende approfondire; non esistono <b>preclusioni</b> alla richiesta di assegnazione della tesi e non è prevista una <b>media particolare</b> per poterla richiedere.</p>