



# UNIVERSITÀ DI PAVIA

Anno Accademico 2021/2022

## ELETTRONICA I

<b>Anno immatricolazione</b>	2020/2021
<b>Anno offerta</b>	2021/2022
<b>Normativa</b>	DM270
<b>Dipartimento</b>	DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE E DELL'INFORMAZIONE
<b>Corso di studio</b>	INGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA
<b>Curriculum</b>	PERCORSO COMUNE
<b>Anno di corso</b>	2°
<b>Periodo didattico</b>	Secondo Semestre (07/03/2022 - 17/06/2022)
<b>Crediti</b>	9
<b>Lingua insegnamento</b>	Italiano
<b>Prerequisiti</b>	Padronanza della matematica delle scuole secondarie (algebra, trigonometria, logaritmi). Calcolo differenziale e numeri complessi. Principi di Elettromagnetismo. Elementi di analisi dei circuiti elettrici.
<b>Obiettivi formativi</b>	<p>Il corso ha lo scopo di fornire le conoscenze di base nel campo dell'Elettronica. Partendo dalle conoscenze generali di Fisica e Matematica, è dapprima illustrato il concetto di informazione, e successivamente vengono introdotte le tecniche elettroniche di elaborazione dell'informazione. Dopo aver richiamato i concetti ed i teoremi fondamentali relativi ai circuiti lineari, si considera l'Amplificatore Operazionale e le sue applicazioni circuitali. Si introducono i componenti a semiconduttore: diodi, transistori bipolari e ad effetto di campo. Sono descritte le caratteristiche funzionali dei singoli componenti, in relazione al loro impiego, in particolare negli stadi di amplificazione e nell'invertitore logico. L'ultima parte del corso è dedicata ai circuiti digitali in tecnologia MOS ed alle memorie. Il corso ha un duplice valore formativo ed informativo; esso introduce, da un lato, alle metodologie tipiche dell'Elettronica e, dall'altro, fornisce cognizioni di analisi e progetto di circuiti elettronici aventi valore professionale. È prerequisito essenziale per tutti gli altri corsi a carattere elettronico.</p>
<b>Programma e contenuti</b>	Informazione, segnali analogici e digitali Comunicazioni, calcolatori, controllo e componenti.

### Circuiti lineari

Amplificatori, loro modelli e risposta in frequenza. Teoremi di Thevenin e di Miller. Risposta in frequenza e nel tempo di reti con una sola costante di tempo (reti STC). Rappresentazione grafica della risposta infrequenza con diagrammi di Bode.

### Amplificatori operazionali

Amplificatori operazionali ideali e relative funzioni circuitali. Configurazioni invertenti e non invertenti. Effetti del guadagno e della banda finiti.

### Diodi

Il diodo ed il suo utilizzo circuitale. Il diodo a semiconduttore; struttura e principio fisico, caratteristica corrente-tensione e comportamento con la temperatura. Diodi a valanga e Zener. Circuiti statici con diodi. Modello del diodo per ampi e piccoli segnali.

### Circuiti non lineari

Raddrizzatori a semplice e doppia semionda. Rivelatore di picco. Circuiti di aggancio. Limitatori e comparatori.

### Il FET Metallo-Ossido-Semiconduttore (MOSFET)

Il MOSFET a svuotamento; strutture, principio fisico, caratteristiche. Il MOSFET ad accumulo Polarizzazione del MOSFET ad accumulo in circuiti discreti. Amplificatori per piccoli segnali con MOSFET. Amplificatori a stadio singolo con sorgente, con gate e con drain comune. Specchio di corrente. Amplificatori MOS integrati con carichi attivi. Amplificatori con CMOS. Le porte di trasmissione lineari con MOS.

### Il transistor a giunzione (BJT)

Strutture e principio fisico di funzionamento. Simboli e modelli lineari. Caratteristiche esterne corrente-tensione. Polarizzazione di circuiti con BJT. Amplificatori; circuito equivalente per piccoli segnali. Polarizzazione ed analisi grafica per circuiti discreti; stadi con emettitore o con collettore comune. Amplificatori per circuiti integrati e confronto con il MOSFET. Il comportamento per ampi segnali.

### Circuiti digitali MOS

La caratteristica dell'invertitore. L'invertitore C-MOS. Circuiti logici con C-MOS. Il circuito bistabile. Generatori di forme d'onda. Memorie ad accesso casuale (RAM) e memorie a sola lettura (ROM).

#### Metodi didattici

Lezioni (ore/anno in aula): 68  
Esercitazioni (ore/anno in aula): 0  
Attività pratiche (ore/anno in aula): 0

#### Testi di riferimento

A. Sedra, K. Smith. Microelectronic Circuits, International Sixth Edition. Oxford University Press, New York, Toronto, (2011). Testo fondamentale. Ad esso si farà costante riferimento durante le lezioni e le esercitazioni.

F. Maloberti, G. Martini. Esercizi di Elettronica Applicata. Ed. Spiegel (1998), Milano. Testo utile per gli esercizi (disponibile in Biblioteca).

F. Maloberti. Understanding Microelectronics: A Top-Down Approach. John Wiley and Sons, Chichester (2012). Lettura utile per un approfondimento di tipo sistemistico (disponibile in Biblioteca).

Y. Tsvividis. A First Lab in Circuits and Electronics. John Wiley & Sons, Inc., New York (2002). Utile per il Laboratorio (disponibile in Biblioteca).

**Modalità verifica  
apprendimento**

L'esame finale consiste in una prova orale, preceduta da una prova scritta.

**Altre informazioni**

L'esame finale consiste in una prova orale, preceduta da una prova scritta.

**L'insegnamento è suddiviso**

502498 - **ELETTRONICA I (COGNOMI A-K)**

502498 - **ELETTRONICA I (COGNOMI L-Z)**



# UNIVERSITÀ DI PAVIA

Anno Accademico 2021/2022

## ELETTRONICA I (COGNOMI A-K)

<b>Anno immatricolazione</b>	2020/2021
<b>Anno offerta</b>	2021/2022
<b>Normativa</b>	DM270
<b>SSD</b>	ING-INF/01 (ELETTRONICA)
<b>Dipartimento</b>	DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE E DELL'INFORMAZIONE
<b>Corso di studio</b>	INGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA
<b>Curriculum</b>	PERCORSO COMUNE
<b>Anno di corso</b>	2°
<b>Periodo didattico</b>	Secondo Semestre (07/03/2022 - 17/06/2022)
<b>Crediti</b>	9
<b>Ore</b>	92 ore di attività frontale
<b>Lingua insegnamento</b>	ITALIANO
<b>Tipo esame</b>	SCRITTO E ORALE CONGIUNTI
<b>Docente</b>	BONIZZONI EDOARDO - 2 CFU MERLO SABINA GIOVANNA - 7 CFU
<b>Prerequisiti</b>	E' richiesta la conoscenza del calcolo differenziale e dei numeri complessi, dei principi dell'elettromagnetismo e dei metodi di analisi dei circuiti elettrici (leggi di Kirchhoff, teoremi di Thevenin e di Norton, principio di sovrapposizione degli effetti, concetto di impedenza di un componente elettrico lineare).
<b>Obiettivi formativi</b>	Il corso ha lo scopo di fornire le conoscenze di base nel campo dell'elettronica, utili per la comprensione del funzionamento ed il progetto di sistemi in tecnologia a componenti discreti ed integrata. Gli argomenti affrontati comprendono i circuiti analogici lineari e non lineari con amplificatori operazionali, il diodo a semiconduttore, il transistor MOSFET e gli schemi di amplificazione di base realizzati con transistori MOSFET, le porte logiche elementari, in particolare in tecnologia CMOS, ed i loro parametri caratteristici, e le memorie digitali.

Il corso ha un duplice valore, formativo ed informativo. Esso introduce lo studente, da un lato, alle metodologie tipiche dell'elettronica e fornisce, dall'altro, conoscenze indispensabili per l'analisi ed il progetto di circuiti elettronici. Al termine del corso, lo studente sarà in grado di effettuare l'analisi (in continua e in alternata, per piccoli e ampi segnali) di semplici circuiti elettronici con amplificatori operazionali, diodi e transistori MOSFET. Avrà inoltre appreso la struttura ed il principio di funzionamento degli stadi di base con amplificatori operazionali e con transistori MOSFET per l'amplificazione dei segnali e sarà in grado di riconoscere e valutare le principali specifiche dei componenti elettronici.

#### Programma e contenuti

Segnali analogici e digitali. Elaborazione e trasmissione dell'informazione.

Circuiti lineari.

Amplificatori, loro modelli e risposta in frequenza. Teoremi di Thevenin e di Norton. Risposta in frequenza e nel dominio del tempo di reti con una sola costante di tempo (reti STC). Rappresentazione grafica della risposta in frequenza con diagrammi di Bode.

Amplificatori operazionali.

Amplificatori operazionali ideali e relativi modelli circuitali. Configurazione invertente e non invertente. Amplificatore delle differenze. Non idealità dell'amplificatore operazionale.

Diodi.

Il diodo ed il suo utilizzo circuitali. Il diodo a semiconduttore; struttura e principio di funzionamento, caratteristica corrente-tensione e comportamento con la temperatura. Diodi a valanga e Zener. Circuiti statici con diodi. Modello del diodo per ampi e piccoli segnali.

Circuiti non lineari con diodi.

Raddrizzatori a semplice e doppia semionda. Rivelatore di picco. Circuiti di aggancio. Limitatori e comparatori.

Il FET Metallo-Ossido-Semiconduttore (MOSFET).

Il MOSFET a svuotamento; struttura, principio fisico, caratteristiche corrente-tensione. Il MOSFET ad accumulo (arricchimento).

Polarizzazione del MOSFET ad accumulo (arricchimento) in circuiti discreti. Amplificatori per piccoli segnali con MOSFET. Amplificatori a stadio singolo con sorgente, con gate e con drain comune. Specchio di corrente. Amplificatori MOS in tecnologia integrata con carichi attivi. Amplificatori CMOS. Porte di trasmissione lineari con transistori MOSFET.

Circuiti digitali con transistori MOSFET.

Caratteristica dell'invertitore. Invertitore CMOS. Circuiti logici in tecnologia CMOS. Circuito bistabile. Multivibratori astabili (generatori di forme d'onda) e monostabili. Memorie ad accesso casuale (RAM) e memorie a sola lettura (ROM).

#### Metodi didattici

Lezioni (ore/anno in aula): 44

Esercitazioni (ore/anno in aula): 32

Attività pratiche (ore/anno in aula): 16

Le lezioni vengono affrontate proiettando, illustrando e discutendo il contenuto di presentazioni realizzate in formato elettronico. Le presentazioni sono anche integrate con spiegazioni ed esempi numerici svolti alla lavagna.

Le esercitazioni consistono nella risoluzione di testi d'esame degli anni precedenti, adeguati al livello di preparazione mano a mano acquisito dagli studenti.

Le attività pratiche consistono nell'utilizzo della strumentazione elettronica di base per lo svolgimento di misure su semplici circuiti elettronici: le attività vengono svolte nel laboratorio didattico di elettronica circuitale del dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione.

#### Testi di riferimento

Microelectronic Circuits

Seventh International edition

Autori: Adel Sedra e Kenneth Smith

The Oxford Series in Electrical and Computer Engineering

ISBN: 9780199339143

Testo fondamentale. Ad esso si farà costante riferimento durante le lezioni e le esercitazioni.

Sul sito KIRO del corso:

<https://elearning2.unipv.it/ingegneria/course/view.php?id=214> sono rese disponibili copie delle presentazioni proiettate durante le lezioni.

F. Maloberti, G. Martini. Esercizi di Elettronica Applicata. Ed. Spiegel (1998), Milano. Testo utile per gli esercizi (disponibile in Biblioteca).

F. Maloberti. Understanding Microelectronics: A Top-Down Approach. John Wiley and Sons, Chichester (2012). Lettura utile per un approfondimento di tipo sistemistico (disponibile in Biblioteca).

Y. Tsvividis. A First Lab in Circuits and Electronics. John Wiley & Sons, Inc., New York (2002). Utile per il Laboratorio (disponibile in Biblioteca).

#### Modalità verifica apprendimento

L'esame finale consiste in una prova scritta ed una prova orale. La prova scritta è volta a valutare le conoscenze dello studente, la sua comprensione degli argomenti del corso e la sua capacità di risolvere problemi. Essa consiste in due esercizi, ciascuno con almeno 3 quesiti. Gli esercizi prevedono l'analisi di semplici circuiti con amplificatori operazionali, diodi e transistori. Durante la prova scritta, è ammessa la consultazione del libro di testo e degli appunti personali dello studente. La valutazione della prova scritta è in trentesimi. E' possibile sostenere la prova orale solo dopo il superamento della prova scritta, che si ottiene con un punteggio di almeno 18/30. La prova orale può diventare facoltativa se lo studente risponde correttamente ad alcuni quesiti della prova scritta ritenuti essenziali ed indicati esplicitamente nel testo. Se l'orale è facoltativo e lo studente decide di non sostenerlo, il voto finale massimo conseguibile è di 26/30. La prova orale può portare ad un incremento o decremento del punteggio ottenuto con la prova scritta. L'obiettivo della prova orale è quello di accertare le conoscenze dello

studente, la sua comprensione degli argomenti del corso e la sua capacità di risolvere problemi e di comunicare contenuti tecnici con linguaggio appropriato. Il voto finale viene espresso in trentesimi. La soglia di superamento dell'esame è 18/30 ed il voto massimo è 30/30 e lode.

#### Altre informazioni

L'esame finale consiste in una prova scritta ed una prova orale. La prova scritta è volta a valutare le conoscenze dello studente, la sua comprensione degli argomenti del corso e la sua capacità di risolvere problemi. Essa consiste in due esercizi, ciascuno con almeno 3 quesiti. Gli esercizi prevedono l'analisi di semplici circuiti con amplificatori operazionali, diodi e transistori. Durante la prova scritta, è ammessa la consultazione del libro di testo e degli appunti personali dello studente. La valutazione della prova scritta è in trentesimi. E' possibile sostenere la prova orale solo dopo il superamento della prova scritta, che si ottiene con un punteggio di almeno 18/30. La prova orale può diventare facoltativa se lo studente risponde correttamente ad alcuni quesiti della prova scritta ritenuti essenziali ed indicati esplicitamente nel testo. Se l'orale è facoltativo e lo studente decide di non sostenerlo, il voto finale massimo conseguibile è di 26/30. La prova orale può portare ad un incremento o decremento del punteggio ottenuto con la prova scritta. L'obiettivo della prova orale è quello di accertare le conoscenze dello studente, la sua comprensione degli argomenti del corso e la sua capacità di risolvere problemi e di comunicare contenuti tecnici con linguaggio appropriato. Il voto finale viene espresso in trentesimi. La soglia di superamento dell'esame è 18/30 ed il voto massimo è 30/30 e lode.

#### Obiettivi Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile

[\\$Ibl legenda sviluppo sostenibile](#)



# UNIVERSITÀ DI PAVIA

Anno Accademico 2021/2022

## ELETTRONICA I (COGNOMI L-Z)

<b>Anno immatricolazione</b>	2020/2021
<b>Anno offerta</b>	2021/2022
<b>Normativa</b>	DM270
<b>SSD</b>	ING-INF/01 (ELETTRONICA)
<b>Dipartimento</b>	DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE E DELL'INFORMAZIONE
<b>Corso di studio</b>	INGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA
<b>Curriculum</b>	PERCORSO COMUNE
<b>Anno di corso</b>	2°
<b>Periodo didattico</b>	Secondo Semestre (07/03/2022 - 17/06/2022)
<b>Crediti</b>	9
<b>Ore</b>	92 ore di attività frontale
<b>Lingua insegnamento</b>	Italiano
<b>Tipo esame</b>	SCRITTO E ORALE CONGIUNTI
<b>Docente</b>	MOISELLO ELISABETTA - 2 CFU RATTI LODOVICO - 7 CFU
<b>Prerequisiti</b>	E' richiesta la conoscenza del calcolo differenziale e dei numeri complessi, dei principi dell'elettromagnetismo e dei metodi di analisi dei circuiti elettrici (leggi di Kirchhoff, teoremi di Thevenin e di Norton, principio di sovrapposizione degli effetti, concetto di impedenza di un componente elettrico lineare).
<b>Obiettivi formativi</b>	Il corso ha lo scopo di fornire le conoscenze di base nel campo dell'elettronica, utili per la comprensione del funzionamento ed il progetto di sistemi in tecnologia a componenti discreti ed integrata. Gli argomenti affrontati comprendono i circuiti analogici lineari e non lineari con amplificatori operazionali, il diodo a semiconduttore, il transistor MOSFET e gli schemi di amplificazione di base realizzati con transistori MOSFET, le porte logiche elementari, in particolare in tecnologia CMOS, ed i loro parametri caratteristici, e le memorie digitali.

Il corso ha un duplice valore, formativo ed informativo. Esso introduce lo studente, da un lato, alle metodologie tipiche dell'elettronica e fornisce, dall'altro, conoscenze indispensabili per l'analisi ed il progetto di circuiti elettronici. Al termine del corso, lo studente sarà in grado di effettuare l'analisi (in continua e in alternata, per piccoli e ampi segnali) di semplici circuiti elettronici con amplificatori operazionali, diodi e transistori MOSFET. Avrà inoltre appreso la struttura ed il principio di funzionamento dei blocchi di base per l'amplificazione dei segnali e sarà in grado di riconoscere e valutare le principali specifiche dei componenti elettronici.

#### Programma e contenuti

Segnali analogici e digitali. Elaborazione e trasmissione dell'informazione.

Circuiti lineari.

Amplificatori, loro modelli e risposta in frequenza. Teoremi di Thevenin e di Norton. Risposta in frequenza e nel dominio del tempo di reti con una sola costante di tempo (reti STC). Rappresentazione grafica della risposta in frequenza con diagrammi di Bode.

Amplificatori operazionali.

Amplificatori operazionali ideali e relativi modelli circuitali. Configurazione invertente e non invertente. Amplificatore delle differenze. Non idealità dell'amplificatore operazionale.

Diodi.

Il diodo ed il suo utilizzo circuitali. Il diodo a semiconduttore: struttura e principio di funzionamento, caratteristica corrente-tensione e comportamento con la temperatura. Diodi a valanga e Zener. Circuiti statici con diodi. Modello del diodo per ampi e piccoli segnali.

Circuiti non lineari con diodi.

Raddrizzatori a semplice e doppia semionda. Rivelatore di picco. Circuiti di aggancio e limitatori.

Il FET Metallo-Ossido-Semiconduttore (MOSFET).

Il MOSFET a svuotamento: struttura, principio fisico, caratteristiche corrente-tensione. Il MOSFET ad accumulo. Polarizzazione del MOSFET ad accumulo in circuiti discreti. Amplificatori per piccoli segnali con MOSFET. Amplificatori a stadio singolo con sorgente, con gate e con drain comune. Specchio di corrente. Amplificatori MOS in tecnologia integrata con carichi attivi. Amplificatori CMOS. Porte di trasmissione lineari con transistori MOSFET.

Circuiti digitali con transistori MOSFET.

Caratteristica dell'invertitore. Invertitore CMOS. Circuiti logici in tecnologia CMOS. Circuito bistabile. Multivibratori astabili (generatori di forme d'onda) e monostabili. Memorie ad accesso casuale (RAM) e memorie a sola lettura (ROM).

#### Metodi didattici

Lezioni (ore/anno in aula): 44

Esercitazioni (ore/anno in aula): 32

Attività pratiche (ore/anno in aula): 16

Le lezioni sono tenute con l'uso della lavagna e sono integrate con esempi numerici.

Le esercitazioni consistono nella risoluzione di testi d'esame degli anni precedenti, adeguati al livello di preparazione progressivamente acquisito dagli studenti.

Le attività pratiche consistono nell'utilizzo della strumentazione elettronica di base per lo svolgimento di misure su semplici circuiti elettronici: le attività vengono svolte nel laboratorio didattico di elettronica circuitale del dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione.

#### Testi di riferimento

Microelectronic Circuits  
Seventh edition

Autori: Adel Sedra e Kenneth Smith

The Oxford Series in Electrical and Computer Engineering  
ISBN: 9780199339143

F. Maloberti, G. Martini. Esercizi di Elettronica Applicata. Ed. Spiegel (1998), Milano (disponibile in biblioteca).

F. Maloberti. Understanding Microelectronics: A Top-Down Approach. John Wiley and Sons, Chichester (2012) (disponibile in biblioteca).

Y. Tsvividis. A First Lab in Circuits and Electronics. John Wiley & Sons, Inc., New York (2002) (disponibile in biblioteca).

#### Modalità verifica apprendimento

L'esame finale consiste in una prova scritta ed una prova orale. La prova scritta è volta a valutare le conoscenze dello studente, la sua comprensione degli argomenti del corso e la sua capacità di risolvere problemi. Essa consiste in due esercizi, ciascuno con almeno 3 quesiti. Gli esercizi prevedono l'analisi di semplici circuiti con amplificatori operazionali, diodi e transistori. Durante la prova scritta, è ammessa la consultazione del libro di testo e degli appunti personali dello studente. La valutazione della prova scritta è in trentesimi. È possibile sostenere la prova orale solo dopo il superamento della prova scritta, che si ottiene con un punteggio di almeno 18/30. La prova orale può diventare facoltativa se lo studente risponde correttamente ad alcuni quesiti della prova scritta ritenuti essenziali ed indicati esplicitamente nel testo. Se l'orale è facoltativo e lo studente decide di non sostenerlo, il voto finale massimo conseguibile è di 26/30. La prova orale può portare ad un incremento o decremento del punteggio ottenuto con la prova scritta. L'obiettivo della prova orale è quello di accertare le conoscenze dello studente, la sua comprensione degli argomenti del corso e la sua capacità di risolvere problemi e di comunicare contenuti tecnici con linguaggio appropriato. Il voto finale viene espresso in trentesimi. La soglia di superamento dell'esame è 18/30 ed il voto massimo è 30/30 e lode.

#### Altre informazioni

L'esame finale consiste in una prova scritta ed una prova orale. La prova scritta è volta a valutare le conoscenze dello studente, la sua comprensione degli argomenti del corso e la sua capacità di risolvere problemi. Essa consiste in due esercizi, ciascuno con almeno 3 quesiti. Gli esercizi prevedono l'analisi di semplici circuiti con amplificatori

operazionali, diodi e transistori. Durante la prova scritta, è ammessa la consultazione del libro di testo e degli appunti personali dello studente. La valutazione della prova scritta è in trentesimi. E' possibile sostenere la prova orale solo dopo il superamento della prova scritta, che si ottiene con un punteggio di almeno 18/30. La prova orale può diventare facoltativa se lo studente risponde correttamente ad alcuni quesiti della prova scritta ritenuti essenziali ed indicati esplicitamente nel testo. Se l'orale è facoltativo e lo studente decide di non sostenerlo, il voto finale massimo conseguibile è di 26/30. La prova orale può portare ad un incremento o decremento del punteggio ottenuto con la prova scritta. L'obiettivo della prova orale è quello di accertare le conoscenze dello studente, la sua comprensione degli argomenti del corso e la sua capacità di risolvere problemi e di comunicare contenuti tecnici con linguaggio appropriato. Il voto finale viene espresso in trentesimi. La soglia di superamento dell'esame è 18/30 ed il voto massimo è 30/30 e lode.

**Obiettivi Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile**

[\\$IbI legenda sviluppo sostenibile](#)