



Università
di Catania

DIPARTIMENTO: INGEGNERIA ELETTRICA ELETTRONICA E INFORMATICA

Corso di laurea in Ingegneria industriale (L-9) A.A. 2023/2024

Programmazione didattica

Ingegneria Industriale-Elettrica

Primo anno

Primo semestre

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
9796788 - ANALISI MATEMATICA I MODULO A Canale: A - E Richiesta SSD Bando Canale: F - O CARUSO ANDREA ORAZIO Canale: P - Z FARACI FRANCESCA	A	MAT/05	6	58	AP	ITA
1000998 - ALGEBRA LINEARE E GEOMETRIA Canale: A - E FINOCCHIARO CARMELO ANTONIO Canale: F - O BONACINI PAOLA Canale: P - Z Richiesta SSD	A	MAT/03	9	87	AP	ITA
1001157 - CHIMICA Canale: A - E DI PASQUALE Giovanna Canale: F - O DI PASQUALE Giovanna Canale: P - Z FAILLA Salvatore	A	CHIM/07	9	87	AP	ITA
1004641 - VERIFICA DELLA CONOSCENZA DI UNA LINGUA STRANIERA	E		3	30	I	ENG

Secondo semestre

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
9796788 - ANALISI MATEMATICA I MODULO B Canale: A - E Richiesta SSD Canale: F - O CARUSO ANDREA ORAZIO Canale: P - Z FARACI FRANCESCA Richiesta SSD	A	MAT/05	6	58	AP	ITA
1001377 - FISICA I Canale: A - E LAMIA LIVIO Canale: F - O D'AGATA GIUSEPPE FERDINANDO Richiesta SSD Canale: P - Z PUGLISI Giuseppe Richiesta SSD	A	FIS/01	9	87	AP	ITA
1001376 - ECONOMIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA Canale: A - E GIUFFRIDA Salvatore Canale: F - O Richiesta SSD Canale: P - Z Richiesta SSD	C	ICAR/22	6	58	AP	ITA
1001000 - FONDAMENTI DI INFORMATICA Canale: A - E PATTI GAETANO Canale: F - O LEONARDI LUCA Richiesta SSD Canale: P - Z LO BELLO Lucia LEONARDI LUCA	A	ING-INF/05	9	87	AP	ITA
1002933 - ALTRE CONOSCENZE UTILI PER L'INSERIMENTO NEL MONDO DEL LAVORO	F		1	10	I	ITA

Secondo anno
Primo semestre

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
1001621 - FISICA II Canale: A - L LOMBARDO IVANO ZAPPALA' DARIO Canale: M - Z MUSUMARRA Agatino	A	FIS/01	9	87	AP	ITA
1001570 - DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE Canale: A - L SEQUENZIA GAETANO Canale: M - Z CALI' MICHELE SEQUENZIA GAETANO	B	ING-IND/15	9	87	AP	ITA

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
1000977 - INSEGNAMENTO A SCELTA	D		12	120	AP	ITA
9796789 - ANALISI MATEMATICA II Canale: A - L Richiesta SSD Canale: M - Z FARACI FRANCESCA	A	MAT/05	6	58	AP	ITA

Secondo semestre

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
1001620 - FISICA MATEMATICA Canale: A - L GIACOBBE ANDREA Canale: M - Z FALSAPERLA PAOLO	A	MAT/07	9	87	AP	ITA
1001585 - ELETTROTECNICA Canale: A - L SALERNO Nunzio Canale: M - Z AIELLO Giovanni	B	ING-IND/31	9	87	AP	ITA
1003175 - FISICA TECNICA Canale: A - L VOLPE ROSARIA Canale: M - Z PAGANO ARTURO	C	ING-IND/10	9	87	AP	ITA

Terzo anno

Primo semestre

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
1002169 - MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE Canale: A - L LACAGNINA Michele Canale: M - Z LACAGNINA Michele	B	ING-IND/13	9	87	AP	ITA
9795463 - MACCHINE E IMPIANTI ELETTRICI Canale: A - Z SCELBA GIACOMO VENTURA CRISTINA	B	ING-IND/32	12	116	AP	ITA
1001258 - ELETTRONICA Canale: A - Z RAGONESE EGIDIO GRASSO ALFIO DARIO	C	ING-INF/01	9	87	AP	ITA
9795462 - SISTEMI ENERGETICI Canale: A - Z LANZAFAME Rosario	B	ING-IND/09	6	58	AP	ITA

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
1002682 - ALTRE CONOSCENZE UTILI PER L'INSERIMENTO NEL MONDO DEL LAVORO Canale: A - Z	F		3	30	I	ITA

Secondo semestre

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
1001219 - CONTROLLI AUTOMATICI Canale: A - L FRASCA MATTIA SANALITRO DARIO Canale: M - Z Richiesta SSD	B	ING-INF/04	9	87	AP	ITA
9795455 - MISURE ELETTRICHE Canale: A - Z BAGLIO Salvatore TRIGONA CARLO	B	ING-INF/07	9	87	AP	ITA
9795463 - MACCHINE E IMPIANTI ELETTRICI Canale: A - Z SCELBA GIACOMO VENTURA CRISTINA	B	ING-IND/32	12	116	AP	ITA
1000971 - PROVA FINALE Canale: A - Z	E		3	75	AP	ITA

Ingegneria Industriale-Gestionale
Primo anno
Primo semestre

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
9796788 - ANALISI MATEMATICA I MODULO A Canale: A - E Richiesta SSD Bando Canale: F - O CARUSO ANDREA ORAZIO Canale: P - Z FARACI FRANCESCA	A	MAT/05	6	58	AP	ITA
1000998 - ALGEBRA LINEARE E GEOMETRIA Canale: A - E FINOCCHIARO CARMELO ANTONIO Canale: F - O BONACINI PAOLA Canale: P - Z Richiesta SSD	A	MAT/03	9	87	AP	ITA
1001157 - CHIMICA Canale: A - E DI PASQUALE Giovanna Canale: F - O DI PASQUALE Giovanna Canale: P - Z FAILLA Salvatore	A	CHIM/07	9	87	AP	ITA
1004641 - VERIFICA DELLA CONOSCENZA DI UNA LINGUA STRANIERA	E		3	30	I	ENG

Secondo semestre

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
9796788 - ANALISI MATEMATICA I MODULO B Canale: A - E Richiesta SSD Canale: F - O CARUSO ANDREA ORAZIO Canale: P - Z FARACI FRANCESCA Richiesta SSD	A	MAT/05	6	58	AP	ITA
1001377 - FISICA I Canale: A - E LAMIA LIVIO Canale: F - O D'AGATA GIUSEPPE FERDINANDO Richiesta SSD Canale: P - Z PUGLISI Giuseppe Richiesta SSD	A	FIS/01	9	87	AP	ITA

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
1001376 - ECONOMIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA Canale: A - E GIUFFRIDA Salvatore Canale: F - O Richiesta SSD Canale: P - Z Richiesta SSD	C	ICAR/22	6	58	AP	ITA
1001000 - FONDAMENTI DI INFORMATICA Canale: A - E PATTI GAETANO Canale: F - O LEONARDI LUCA Richiesta SSD Canale: P - Z LO BELLO Lucia LEONARDI LUCA	A	ING-INF/05	9	87	AP	ITA
1002933 - ALTRE CONOSCENZE UTILI PER L'INSERIMENTO NEL MONDO DEL LAVORO	F		1	10	I	ITA

Secondo anno

Primo semestre

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
1001621 - FISICA II Canale: A - L LOMBARDO IVANO ZAPPALA' DARIO Canale: M - Z MUSUMARRA Agatino	A	FIS/01	9	87	AP	ITA
1001570 - DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE Canale: A - L SEQUENZIA GAETANO Canale: M - Z CALI' MICHELE SEQUENZIA GAETANO	B	ING-IND/15	9	87	AP	ITA
1000977 - INSEGNAMENTO A SCELTA	D		12	120	AP	ITA
9796789 - ANALISI MATEMATICA II Canale: A - L Richiesta SSD Canale: M - Z FARACI FRANCESCA	A	MAT/05	6	58	AP	ITA

Secondo semestre

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
1001620 - FISICA MATEMATICA Canale: A - L GIACOBBE ANDREA Canale: M - Z FALSAPERLA PAOLO	A	MAT/07	9	87	AP	ITA
1001585 - ELETTROTECNICA Canale: A - L SALERNO Nunzio Canale: M - Z AIELLO Giovanni	B	ING-IND/31	9	87	AP	ITA
1003175 - FISICA TECNICA Canale: A - L VOLPE ROSARIA Canale: M - Z PAGANO ARTURO	C	ING-IND/10	9	87	AP	ITA

Terzo anno
Primo semestre

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
1002169 - MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE Canale: A - L LACAGNINA Michele Canale: M - Z LACAGNINA Michele	B	ING-IND/13	9	87	AP	ITA
9795456 - SISTEMI DI CONTROLLO E GESTIONE Canale: A - Z CANNELLA SALVATORE ANCARANI Alessandro	B	ING-IND/35	9	87	AP	ITA
9795457 - DISPOSITIVI ELETTRICI INDUSTRIALI Canale: A - Z SCIMONE TOMMASO	C	ING-IND/32	6	58	AP	ITA
1002682 - ALTRE CONOSCENZE UTILI PER L'INSERIMENTO NEL MONDO DEL LAVORO Canale: A - Z	F		3	30	I	ITA
9795459 - GESTIONE DEI SISTEMI INDUSTRIALI E LOGISTICI Canale: A - Z D'URSO DIEGO TRAPANI NATALIA	B	ING-IND/17	12	116	AP	ITA

Secondo semestre

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
1001219 - CONTROLLI AUTOMATICI Canale: A - L FRASCA MATTIA SANALITRO DARIO Canale: M - Z Richiesta SSD	B	ING-INF/04	9	87	AP	ITA
9795458 - TECNOLOGIA E SISTEMI DI PRODUZIONE Canale: A - Z CELANO GIOVANNI FICHERA Sergio	B	ING-IND/16	9	87	AP	ITA
9795459 - GESTIONE DEI SISTEMI INDUSTRIALI E LOGISTICI Canale: A - Z D'URSO DIEGO TRAPANI NATALIA	B	ING-IND/17	12	116	AP	ITA
1000971 - PROVA FINALE Canale: A - Z	E		3	75	AP	ITA

Ingegneria Industriale-Meccanica

Primo anno

Primo semestre

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
9796788 - ANALISI MATEMATICA I MODULO A Canale: A - E Richiesta SSD Bando Canale: F - O CARUSO ANDREA ORAZIO Canale: P - Z FARACI FRANCESCA	A	MAT/05	6	58	AP	ITA
1000998 - ALGEBRA LINEARE E GEOMETRIA Canale: A - E FINOCCHIARO CARMELO ANTONIO Canale: F - O BONACINI PAOLA Canale: P - Z Richiesta SSD	A	MAT/03	9	87	AP	ITA
1001157 - CHIMICA Canale: A - E DI PASQUALE Giovanna Canale: F - O DI PASQUALE Giovanna Canale: P - Z FAILLA Salvatore	A	CHIM/07	9	87	AP	ITA
1004641 - VERIFICA DELLA CONOSCENZA DI UNA LINGUA STRANIERA	E		3	30	I	ENG

Secondo semestre

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
9796788 - ANALISI MATEMATICA I MODULO B Canale: A - E Richiesta SSD Canale: F - O CARUSO ANDREA ORAZIO Canale: P - Z FARACI FRANCESCA Richiesta SSD	A	MAT/05	6	58	AP	ITA
1001377 - FISICA I Canale: A - E LAMIA LIVIO Canale: F - O D'AGATA GIUSEPPE FERDINANDO Richiesta SSD Canale: P - Z PUGLISI Giuseppe Richiesta SSD	A	FIS/01	9	87	AP	ITA

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
1001000 - FONDAMENTI DI INFORMATICA Canale: A - E PATTI GAETANO Canale: F - O LEONARDI LUCA Richiesta SSD Canale: P - Z LO BELLO Lucia LEONARDI LUCA	A	ING-INF/05	9	87	AP	ITA
1001376 - ECONOMIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA Canale: A - E GIUFFRIDA Salvatore Canale: F - O Richiesta SSD Canale: P - Z Richiesta SSD	C	ICAR/22	6	58	AP	ITA
1002933 - ALTRE CONOSCENZE UTILI PER L'INSERIMENTO NEL MONDO DEL LAVORO	F		1	10	I	ITA

Secondo anno

Primo semestre

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
9796789 - ANALISI MATEMATICA II Canale: A - L Richiesta SSD Canale: M - Z FARACI FRANCESCA	A	MAT/05	6	58	AP	ITA
1001621 - FISICA II Canale: A - L LOMBARDO IVANO ZAPPALA' DARIO Canale: M - Z MUSUMARRA Agatino	A	FIS/01	9	87	AP	ITA
1001570 - DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE Canale: A - L SEQUENZIA GAETANO Canale: M - Z CALI' MICHELE SEQUENZIA GAETANO	B	ING-IND/15	9	87	AP	ITA
1000977 - INSEGNAMENTO A SCELTA	D		12	120	AP	ITA

Secondo semestre

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
1001620 - FISICA MATEMATICA Canale: A - L GIACOBBE ANDREA Canale: M - Z FALSAPERLA PAOLO	A	MAT/07	9	87	AP	ITA
1001585 - ELETTROTECNICA Canale: A - L SALERNO Nunzio Canale: M - Z AIELLO Giovanni	B	ING-IND/31	9	87	AP	ITA
1003175 - FISICA TECNICA Canale: A - L VOLPE ROSARIA Canale: M - Z PAGANO ARTURO	C	ING-IND/10	9	87	AP	ITA

Terzo anno
Primo semestre

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
1002169 - MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE Canale: A - L LACAGNINA Michele Canale: M - Z LACAGNINA Michele	B	ING-IND/13	9	87	AP	ITA
1001288 - SCIENZA DELLE COSTRUZIONI Canale: A - L CUOMO Massimo Canale: M - Z GRECO LEOPOLDO VINCENZO	C	ICAR/08	9	87	AP	ITA
9795460 - PROGETTAZIONE INTEGRATA CAD/CAE Canale: A - Z CALI' MICHELE	B	ING-IND/15	6	58	AP	ITA
1002682 - ALTRE CONOSCENZE UTILI PER L'INSERIMENTO NEL MONDO DEL LAVORO Canale: A - Z	F		3	30	I	ITA
9795461 - MACCHINE A FLUIDO Canale: A - Z MESSINA Michele MAURO STEFANO	B	ING-IND/08	12	116	AP	ITA

Secondo semestre

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
1001219 - CONTROLLI AUTOMATICI Canale: A - L FRASCA MATTIA SANALITRO DARIO Canale: M - Z Richiesta SSD	B	ING-INF/04	9	87	AP	ITA
52049 - IMPIANTI INDUSTRIALI Canale: A - Z CHIACCHIO FERDINANDO	B	ING-IND/17	9	87	AP	ITA
9795461 - MACCHINE A FLUIDO Canale: A - Z MESSINA Michele MAURO STEFANO	B	ING-IND/08	12	116	AP	ITA
1000971 - PROVA FINALE	E		3	75	AP	ITA

Dettaglio dei gruppi opzionali

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
---------------	------------	-----	-----	-----	-----------	--------

Legenda

Tip. Att. (Tipo di attestato): **AP** (Attestazione di profitto), **AF** (Attestazione di frequenza), **I** (Idoneità)

Att. Form. (Attività formativa): **A** Attività formative di base **B** Attività formative caratterizzanti **C** Attività formative affini ed integrative **D** Attività formative a scelta dello studente (art.10, comma 5, lettera a) **E** Per la prova finale e la lingua straniera (art.10, comma 5, lettera c) **F** Ulteriori attività formative (art.10, comma 5, lettera d) **R** Affini e ambito di sede classe LMG/01 **S** Per stages e tirocini presso imprese, enti pubblici o privati, ordini professionali (art.10, comma 5, lettera e)

Obiettivi formativi

INSEGNAMENTO A SCELTA

in Ingegneria Industriale-Elettrica - Secondo anno - Primo semestre, in Ingegneria Industriale-Gestionale - Secondo anno - Primo semestre, in Ingegneria Industriale-Meccanica - Secondo anno - Primo semestre

ELETTRONICA

in Ingegneria Industriale-Elettrica - Terzo anno - Primo semestre

Docente: **GRASSO ALFIO DARIO**

1. Introduzione all'elettronica: Breve storia dell'elettronica. Classificazione dei segnali elettronici. Conversione A/D e D/A. Convenzioni sulle notazioni. Generatori dipendenti. Richiami di teoria dei circuiti (Leggi di Kirchhoff. Partitori. Circuiti equivalenti di Thevenin e Norton). Spettro di frequenza di segnali elettronici. Amplificatori. Esempio: Ricevitore FM.
2. Elettronica dello stato solido: Materiali dell'elettronica allo stato solido. Modello a legame covalente. Concentrazione intrinseca dei portatori. Legge dell'azione di massa. Correnti di deriva e mobilità nei semiconduttori. Saturazione della velocità di deriva. Resistività del silicio intrinseco. Semiconduttori drogati. Concentrazione di elettroni e lacune nei semiconduttori drogati. Corrente di diffusione. Corrente totale in un semiconduttore. Modello a bande di energia.
3. Diodi a stato solido e circuiti a diodi: Diodo a giunzione. Caratteristica I/V del diodo. Diodo in polarizzazione inversa, nulla e diretta. Coefficiente di temperatura del diodo. Breakdown e diodo Zener. Capacità del diodo in polarizzazione diretta ed inversa. Diodo in commutazione. Modello per ampio segnale. Modello SPICE del diodo. Analisi di circuiti a diodi. Analisi grafica con retta di carico. Analisi con il modello matematico del diodo ideale (resistenza di piccolo segnale). Analisi a caduta di tensione costante. Circuiti a più diodi. Raddrizzatore a semionda con carico R, C ed RC (Filtro capacitivo). Raddrizzatore a doppia semionda ed a ponte. Regolatore di tensione con diodo Zener. Fotodiodi, diodi Schottky, celle solari e diodi emettitori di luce.
4. Transistori MOS: Il condensatore MOS. Regione di accumulazione. Regione di svuotamento. Regione di inversione. MOSFET a canale n (NMOS). Analisi qualitativa del comportamento I/V del transistor NMOS. Regione di triodo del transistor NMOS. Resistenza di conduzione. Regione di saturazione del transistor NMOS. Modello matematico della regione di saturazione. Transconduttanza in saturazione. Modulazione della lunghezza di canale. Effetto body. MOSFET a canale p (PMOS). Simboli circuitali del MOSFET. Capacità del transistor NMOS nella regione di triodo. Capacità nella regione di saturazione. Capacità nella regione di interdizione. Polarizzazione del MOSFET. Polarizzazione con rete a 4 resistori. Analisi basata sul metodo della retta di carico. Modelli SPICE.
5. I circuiti digitali: Porte logiche ideali. Definizione dei livelli logici e dei margini di rumore. Livelli logici. Margini di rumore. Criteri di progetto per una porta logica. Risposta dinamica di una porta logica. Tempi di salita e di discesa. *Ritardo di propagazione. Prodotto ritardo-potenza. Richiami di algebra booleana. Circuiti logici CMOS. Caratteristiche statiche dell'invertitore CMOS. Caratteristica di trasferimento dell'invertitore CMOS. Porte logiche NOR e NAND CMOS, Porte logiche CMOS complesse. Circuiti di buffer. Ritardo di un circuito disaccoppiatore (buffer). Numero ottimo di stadi. Latch bistabile. Flip-flop SR. Flip-flop JK. Flip-flop T. Flip-Flop race condition. Il latch di tipo D a porte di trasmissione. Flip-flop master-slave. Flip-Flop edge-triggered. Registri e contatori. Memorie ad accesso casuale (RAM). La cella di memoria a sei transistori (6-T). Memorie dinamiche (DRAM). La cella di memoria a un transistor. Memorie a sola lettura (ROM). Memorie non volatili (EEPROM). Memorie flash.
6. Amplificatori operazionali: Esempio di sistema elettronico analogico. Amplificazione. Guadagni di tensione, di corrente e di potenza. Rappresentazione del guadagno in decibel. L'amplificatore differenziale. Caratteristica di trasferimento di tensione dell'amplificatore differenziale. Guadagno (di tensione) differenziale. Amplificazione dei segnali. Modello dell'amplificatore differenziale. L'amplificatore operazionale ideale. Ipotesi per l'analisi degli amplificatori operazionali ideali. L'amplificatore invertente. L'amplificatore di transresistenza. L'amplificatore non invertente. L'amplificatore a guadagno unitario o inseguitore di tensione (Buffer). Amplificatore sommatore. Amplificatore sottrattore. Integratore. Derivatore. Nonidealità. Guadagno di modo comune. CMRR. Resistenze di ingresso e di uscita. Offset. Prodotto banda-guadagno. Slew rate.
7. Modelli di piccolo segnale e amplificatori a singolo stadio: Il transistor come amplificatore. Condensatori di accoppiamento e di bypass. Utilizzo dei circuiti equivalenti DC e AC. Modello per piccolo segnale del diodo. Modello per piccolo segnale del transistor MOS. Guadagno di tensione intrinseco del MOSFET. L'amplificatore a source comune (CS) (guadagno di tensione a centro banda, resistenze di ingresso e di uscita). Dissipazione di potenza ed escursione del segnale. Classificazione degli amplificatori. Applicazione e prelievo del segnale (configurazioni CS, CD, CG). Configurazione CS con resistenza di degenerazione. Amplificatori multistadio accoppiati in AC.
8. Specchi di corrente: Analisi DC dello specchio di corrente MOS. Modifica del rapporto di riflessione per lo specchio di corrente MOS. Specchio di corrente cascode.
9. Risposta in frequenza: Risposta in frequenza degli amplificatori, guadagno a centro banda, frequenza di taglio inferiore, frequenza di taglio superiore. Stima della frequenza di taglio inferiore con il metodo delle costanti di tempo in cortocircuito. Stima della frequenza di taglio inferiore per le configurazioni di amplificatore CS, CG, CD. Modello in alta frequenza per il MOSFET. Frequenza di transizione f_T . Dipendenza di f_T dalla lunghezza di canale. Analisi ad alta frequenza dell'amplificatore source comune. L'effetto Miller. Stima della frequenza di taglio superiore con il metodo delle costanti di tempo a circuito aperto. Risposta in frequenza di un amplificatore CS.
10. Simulazione di circuiti elettronici: LTSPICE.
11. **Transistori bipolari**: Nozioni di base sul transistor bipolare.

Docente: **RAGONESE EGIDIO**

1. **Introduzione all'elettronica:** Breve storia dell'elettronica. Classificazione dei segnali elettronici. Conversione A/D e D/A. Convenzioni sulle notazioni. Generatori dipendenti. Richiami di teoria dei circuiti (Leggi di Kirchhoff. Partitori. Circuiti equivalenti di Thevenin e Norton). Spettro di frequenza di segnali elettronici. Amplificatori.
2. **Elettronica dello stato solido:** Materiali dell'elettronica allo stato solido. Modello a legame covalente. Concentrazione intrinseca dei portatori. Legge dell'azione di massa. Correnti di deriva e mobilità nei semiconduttori. Saturazione della velocità di deriva. Resistività del silicio intrinseco. Semiconduttori drogati. Concentrazione di elettroni e lacune nei semiconduttori drogati. Corrente di diffusione. Corrente totale in un semiconduttore. Modello a bande di energia.
3. **Diodi a stato solido e circuiti a diodi:** Diodo a giunzione. Caratteristica I/V del diodo. Diodo in polarizzazione inversa, nulla e diretta. Coefficiente di temperatura del diodo. Breakdown e diodo Zener. Capacità del diodo in polarizzazione diretta ed inversa. Diodo in commutazione. Modello per ampio segnale. Modello SPICE del diodo. Analisi di circuiti a diodi. Analisi grafica con retta di carico. Analisi con il modello matematico del diodo ideale (resistenza di piccolo segnale). Analisi a caduta di tensione costante. Circuiti a più diodi. Raddrizzatore a semionda con carico R, C ed RC (Filtro capacitivo). Raddrizzatore a doppia semionda ed a ponte. Regolatore di tensione con diodo Zener. Fotodiodi, diodi Schottky, celle solari e diodi emettitori di luce.
4. **Transistori MOS:** Il condensatore MOS. Regione di accumulazione. Regione di svuotamento. Regione di inversione. MOSFET a canale n (NMOS). Analisi qualitativa del comportamento I/V del transistor NMOS. Regione di triodo del transistor NMOS. Resistenza di conduzione. Regione di saturazione del transistor NMOS. Modello matematico della regione di saturazione. Transconduttanza in saturazione. Modulazione della lunghezza di canale. Effetto body. MOSFET a canale p (PMOS). Simboli circuitali del MOSFET. Capacità del transistor NMOS nella regione di triodo. Capacità nella regione di saturazione. Capacità nella regione di interdizione. Polarizzazione del MOSFET. Polarizzazione con rete a 4 resistori. Analisi basata sul metodo della retta di carico. Modelli SPICE.
5. **I circuiti digitali:** Porte logiche ideali. Definizione dei livelli logici e dei margini di rumore. Livelli logici. Margini di rumore. Criteri di progetto per una porta logica. Risposta dinamica di una porta logica. Tempi di salita e di discesa. Ritardo di propagazione. Prodotto ritardo-potenza. Richiami di algebra booleana. Circuiti logici CMOS. Caratteristiche statiche dell'invertitore CMOS. Caratteristica di trasferimento dell'invertitore CMOS. Porte logiche NOR e NAND CMOS, Porte logiche CMOS complesse. Circuiti di buffer. Ritardo di un circuito disaccoppiatore (buffer). Numero ottimo di stadi. Latch bistabile. Flip-flop SR. Flip-flop JK. Flip-flop T. Flip-Flop race condition. Il latch di tipo D a porte di trasmissione. Flip-flop master-slave. Flip-Flop edge-triggered. Registri e contatori. Memorie ad accesso casuale (RAM). La cella di memoria a sei transistori (6-T). Memorie dinamiche (DRAM). La cella di memoria a un transistor. Memorie a sola lettura (ROM). Memorie non volatili (EEPROM). Memorie flash.
6. **Amplificatori operazionali:** Esempio di sistema elettronico analogico. Amplificazione. Guadagni di tensione, di corrente e di potenza. Rappresentazione del guadagno in decibel. L'amplificatore differenziale. Caratteristica di trasferimento di tensione dell'amplificatore differenziale. Guadagno (di tensione) differenziale. Amplificazione dei segnali. Modello dell'amplificatore differenziale. L'amplificatore operazionale ideale. Ipotesi per l'analisi degli amplificatori operazionali ideali. L'amplificatore invertente. L'amplificatore di transresistenza. L'amplificatore non invertente. L'amplificatore a guadagno unitario o inseguitore di tensione (Buffer). Amplificatore sommatore. Amplificatore sottrattore. Integratore. Derivatore. Nonidealità. Guadagno di modo comune. CMRR. Resistenze di ingresso e di uscita. Offset. Prodotto banda-guadagno. Slew rate.
7. **Modelli di piccolo segnale e amplificatori a singolo stadio:** Il transistor come amplificatore. Condensatori di accoppiamento e di bypass. Utilizzo dei circuiti equivalenti DC e AC. Modello per piccolo segnale del diodo. Modello per piccolo segnale del transistor MOS. Guadagno di tensione intrinseco del MOSFET. L'amplificatore a source comune (CS) (guadagno di tensione a centro banda, resistenze di ingresso e di uscita). Dissipazione di potenza ed escursione del segnale. Classificazione degli amplificatori. Applicazione e prelievo del segnale (configurazioni CS, CD, CG). Configurazione CS con resistenza di degenerazione. Amplificatori multistadio accoppiati in AC.
8. **Risposta in frequenza:** Risposta in frequenza degli amplificatori, guadagno a centro banda, frequenza di taglio inferiore, frequenza di taglio superiore. Stima della frequenza di taglio inferiore con il metodo delle costanti di tempo in cortocircuito. Stima della frequenza di taglio inferiore per le configurazioni di amplificatore CS, CG, CD. Modello in alta frequenza per il MOSFET. Frequenza di transizione f_T . Dipendenza di f_T dalla lunghezza di canale. Analisi ad alta frequenza dell'amplificatore source comune. L'effetto Miller. Stima della frequenza di taglio superiore con il metodo delle costanti di tempo a circuito aperto. Risposta in frequenza di un amplificatore CS.
10. **Simulazione di circuiti elettronici:** LTSPICE.

PROVA FINALE

in Ingegneria Industriale-Elettrica - Terzo anno - Secondo semestre, in Ingegneria Industriale-Gestionale - Terzo anno - Secondo semestre, in Ingegneria Industriale-Meccanica - Terzo anno - Secondo semestre

ECONOMIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA

in Ingegneria Industriale-Elettrica - Primo anno - Secondo semestre, in Ingegneria Industriale-Gestionale - Primo anno - Secondo semestre, in Ingegneria Industriale-Meccanica - Primo anno - Secondo semestre