



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

### LABORATORIO 3 AVANZATO

**DONATO NICOLO'**

Anno accademico 2022/23  
CdS FISICA  
Codice 347BB  
CFU 6

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
LABORATORIO 3 A	FIS/01	LABORATORI	90	ALBERTO ANNOVI DONATO NICOLO' MATTEO RAMA CHIARA MARIA ANGELA RODA

#### Obiettivi di apprendimento

##### *Conoscenze*

Durante il corso lo studente potrà:

- Acquisire le conoscenze di base sulle basi fisiche dei dispositivi elettronici a semiconduttore e le capacità pratiche di base per progettare, montare ed analizzare semplici circuiti elettronici analogici e digitali.
- Acquisire il senso critico e la capacità di fare il debug di un apparato sperimentale.
- Approfondire le difficoltà sperimentali legati alla misura in circuiti elettronici e in esperienze di fisica fondamentale.
- Imparare a scrivere una relazione scientifica sintetica e comprensibile.

##### *Modalità di verifica delle conoscenze*

Per la verifica delle conoscenze acquisite verrà utilizzato:

- Le relazioni sulle attività di laboratorio svolte in gruppo durante l'anno
- Un elaborato scritto relativo alla prova pratica individuale svolta alla fine dell'anno
- Un colloquio sugli argomenti del corso.

##### *Capacità*

Al termine del corso lo studente avrà:

- le capacità pratiche di base per progettare, montare ed analizzare semplici circuiti elettronici analogici e digitali.
- il senso critico e la capacità per eseguire misure in circuiti elettronici e in esperienze di fisica fondamentale e di fare il debug di un apparato sperimentale.
- la capacità di scrivere una relazione scientifica sintetica e comprensibile.

##### *Modalità di verifica delle capacità*

Per la verifica delle capacità acquisite verrà utilizzato:

- Le attività pratiche di laboratorio svolte in gruppo durante l'anno
- Una prova pratica individuale svolta alla fine dell'anno
- Un colloquio sugli argomenti del corso.

##### *Comportamenti*

Durante il corso:

- Saranno acquisite accuratezza e precisione nello svolgere attività di raccolta e analisi di dati sperimentali
- Lo studente imparerà a lavorare in gruppo, anche cambiando la composizione a metà anno
- Lo studente imparerà a gestire efficacemente il tempo per la raccolta dei dati sperimentali.

##### *Modalità di verifica dei comportamenti*



## UNIVERSITÀ DI PISA

I comportamenti saranno verificati con le seguenti modalità:

- Durante le sessioni di laboratorio saranno valutati il grado di accuratezza e precisione dei dati raccolti.
- Durante le esperienze viene verificata l'effettiva distribuzione del lavoro tra i componenti del gruppo
- La tempistica dell'attività di laboratorio è definita rigidamente, forzando lo studente ad ottimizzare la gestione tempo.

### Prerequisiti (conoscenze iniziali)

Conoscenze di base di meccanica ed elettromagnetismo. Circuiti elettrici. Uso della strumentazione elettronica di base (multimetro ed oscilloscopio). Competenze di calcolo differenziale e algebra lineare.

### Indicazioni metodologiche

Il corso si svolge con le seguenti metodologie:

- lezioni frontali in aula con con occasionale ausilio di slides
- esercitazioni in laboratori dedicati equipaggiati con strumentazione elettronica e PC. Le esercitazioni si svolgono in gruppi di 2-3 studenti.
- durante le esercitazioni sono presenti codocenti e personale tecnico per supportare le attività degli studenti.
- elearning: il corso è supportato da un sito web ed da un gruppo di discussione. Il materiale presentato a lezione è scaricabile dal sito del corso. Il sito serve anche alla formazione dei gruppi e per il calendario delle attività.
- ogni settimana ogni gruppo deve consegnare una relazione che viene corretta e restituita di norma la settimana successiva e va a formare la valutazione del corso
- l'interazione con il docente fuori dalle ore di lezione avviene attraverso email oppure ricevimenti su appuntamento.

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

#### Argomenti svolti in aula

**Introduzione metodologica.** Significato della misura in fisica. Metodo di preparazione delle relazioni. Software di analisi e visualizzazione dei dati sperimentali.

**Circuiti lineari:** richiami di teoria dei circuiti. Leggi di Ohm, Kirchoff. Modello di Thevenin. Risposta di un circuito a segnali sinusoidali o impulsivi. Uso delle trasformate di Fourier e Laplace. Induttanze e capacità. Componenti ideali e reali. Resistenza serie e parallela. Resistenza di ingresso e uscita. Metodo di soluzione dei circuiti e software di simulazione.

**Dispositivi a semiconduttore:** il diodo. Cenni alla teoria dei semiconduttori. Drogaggio. Giunzioni p-n. Corrente nei semiconduttori. Diodo a giunzione. Struttura e caratteristiche di un diodo. Corrente, svuotamento, capacità. Diodi Zener. Il diodo come elemento circuitale. Circuiti limitatori e rettificatori. Filtri capacitivi. Rivelatori di picco. Duplicatore di tensione.

**Dispositivi per amplificazione:** transistor. Transistor a giunzione bipolare (BJT). Caratteristiche del transistor. Zona attiva, di saturazione ed interdizione. Implementazione di circuiti logici. Logica TTL. Modello a parametri h del transistor. Amplificatori a transistor con configurazione di collettore o emettitore comune. Transistor a giunzione ad effetto di campo (JFET) e sue caratteristiche. Transistor MOSFET di tipo p e di tipo n. Circuiti CMOS. Amplificatori differenziali.

**Circuiti con reazione (feedback).** Circuiti con feedback positivo o negativo. Feedback di tensione e di corrente. Uso del feedback negativo per migliorare le prestazioni degli amplificatori. Feedback positivo.

**Amplificatori operazionali (OpAmp).** Il feedback negli OpAmp. Principio della massa virtuale. Circuiti che effettuano operazioni matematiche: sommatore, derivatore, integratore. Impedenza di ingresso e uscita nei circuiti con OpAmp. Teorema di Miller. Filtri attivi. Usi non lineari degli OpAmp. Rivelatori di picco. Sistemi di Sample-And-Hold. Oscillatori. Trigger di Schmitt.

#### Cenni al rumore nei circuiti elettronici.

**Circuiti digitali.** Base binaria, ottale, esadecimale, decimale e conversione tra le varie basi. Rappresentazioni dei numeri binari: modulo e segno, complemento a uno e a due, codice Gray e BCD. Porte logiche a 1 e 2 ingressi. Caratteristiche fisiche dei circuiti logici: livelli logici di tensione, fan-out, ritardi. Implementazione di NAND con elementi discreti in logica TTL. Definizione di reti logiche combinatorie e sequenziali, tabella delle verità.

**Logica combinatoria.** Forme standard di funzioni logiche: somma di prodotti e prodotti di somme. Algebra di Boole e leggi di De Morgan. NOR e NAND come porte logiche universali. Mappe di Karnaugh ed esempi di applicazioni: comparatore di numeri binari e sommatore. Implementazione di circuiti per controllo del display a sette segmenti, half adder e full adder.

**Logica sequenziale.** Elementi logici sequenziali di base. Flip-flop (FF). FF Set-reset sincrono e asincrono con porte NOR e NAND. Latch di tipo D e JK. Circuito di master-slave. Ingressi sincroni e asincroni. Applicazioni dei FF: contatori asincroni e sincroni, registri a scorrimento, moltiplicatore e divisore, generatore di numeri pseudocasuali, registro ad anello, contatore decadico. Temporizzazione con FF.

**Progettazione di circuiti in logica sequenziale.** Macchina a stati finiti. (FSM). Applicazione della FSM: controllo/calcolo della parità, registro a scorrimento come FSM, macchina distributrice.

**Circuiti integrati logici complessi.** Multiplexer, demultiplexer, ROM, PAL, PLA, FPGA. Metodologie per l'implementazione di un circuito combinatorio: parti standard, look-up tables, template based logic.

**MicroControllori.** Struttura e funzionamento, porte tri-state, bus, architettura Harvard e Von Neumann, memorie, ALU, esecuzioni di una istruzione, porte in-out. Concetto e gestione di interrupt. Il sistema di sviluppo di Arduino con microcontrollore ATMEGA 328

**Circuiti per la conversione digitale/analogica e analogica/digitale (DAC e ADC):** a contatore, ad approssimazioni successive, a singola e doppia rampa.

#### Esercitazioni

Il corso include circa 15 esercitazioni di laboratorio di elettronica:

- E01 - Uso della strumentazione: misure di tensione, corrente, tempo, frequenza
- E02 - Circuito RC passabasso e passabanda



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

- E03 - Caratteristiche del transistor. Circuito NOT
- Software per simulazioni circuitali: LTSPICE
- E04 - Amplificatori con BJT - Common emitter
- E05 - Amplificatori con JFET - Source follower
- E06 - OpAmp usi lineari: amplificatore, integratore, derivatore
- E07 - Opamp usi non lineari: amplificatore di carica con TOT
- E08 - OpAmp in oscillatore a ponte di Wien
- E10 - Caratteristiche porte logiche
- E11 - Circuiti logici e multivibratori
- E12 - Flip-flop e contatori
- E13 - FSM e semaforo
- E14 - Lockin
- E15 - Boltzmann

ed alcune esperienze di fisica fondamentale tra le seguenti:

1. Misura del rapporto  $e/m$
2. Esperienza di Franck-hertz
3. Misura dell'effetto fotoelettrico
4. Righe di Balmer - costante di Rydberg
5. Misure di lunghezza d'onda, interferometro di Michelson

### Bibliografia e materiale didattico

Testi consigliati

Elettronica:

- J. Millman, "Sistemi e circuiti microelettronici", Bollati-Boringhieri
- P.Horowitz, W.Hill: "The art of electronics", II ed. (Cambridge University Press)
- V. Flaminio et al., "Introduzione all'elettronica: parte I e parte II", Edizioni ETS ([pdf Vol1](#), [pdf Vol2](#))
- R. Katz, G. Borriello, "Contemporary Logic Design", 2nd edition, Pearson Prentice Hall

Statistica e probabilità:

- [Bevington, "Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences"](#), McGraw-Hill, [highered.mcgraw-hill.com/sites/0072472278/](http://highered.mcgraw-hill.com/sites/0072472278/)
- [Frodesen-Kjeggstad, "Probability and statistics in particle physics"](#), out of print
- [Papoulis, "Probability, Random Variables, and Stochastic Processes"](#), McGraw-Hill
- [Lyons, "A Practical Guide to Data Analysis for Physical Science Students"](#), Cambridge university press
- Bohm-Zech. "Introduction to Statistics and Data Analysis for Physicists", [www-library.desy.de/preparch/books/vstatmp\\_engl.pdf?](http://www-library.desy.de/preparch/books/vstatmp_engl.pdf?)

### Indicazioni per non frequentanti

La frequenza al corso e' obbligatoria

### Modalità d'esame

L'esame finale consiste in una prova pratica di laboratorio ed un colloquio.

La valutazione finale prenderà in considerazione:

- Le relazioni sulle attività di laboratorio svolte in gruppo durante l'anno
- L'elaborato scritto relativo alla prova pratica individuale
- Il risultato del colloquio sugli argomenti del corso.

### Note

Poichè il numero di postazioni è limitato, l'iscrizione al corso deve avvenire con largo anticipo, tipicamente tra metà luglio e metà settembre, attraverso una pagina dedicata sul sito del dipartimento di fisica, in modo da poter organizzare la frequenza.

Ultimo aggiornamento 08/08/2022 15:42