



## UNIVERSITÀ DI PISA TECNOLOGIE DIGITALI

---

### STEFANO RODDARO

Anno accademico	2023/24
CdS	FISICA
Codice	042BB
CFU	12

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
TECNOLOGIE DIGITALI	FIS/01	LEZIONI	180	FEDERICA BIANCO FILIPPO FABBRI LUCA PESCE STEFANO RODDARO LEONARDO VICARELLI

#### Obiettivi di apprendimento

##### *Conoscenze*

Gli studenti che completeranno il corso apprenderanno: (i) la fisica dei dispositivi a semiconduttore; (ii) utilizzo di circuiti integrati di base quali amplificatori operazionali, porte logiche e registri; (iii) il funzionamento di microcontrollori e interfacce digitali di base; (iv) utilizzo di software per la modellizzazione, l'acquisizione e analisi dei dati durante le sessioni sperimentali.

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

La verifica si baserà su: (i) interazione con i docenti durante le sessioni sperimentali settimanali previste; (ii) presentazioni orali che verranno svolte durante il corso; (iii) i logbook e le relazioni degli esperimenti effettuati; (iv) verifica finale individuale.

##### *Capacità*

Lo studente svilupperà le seguenti capacità: (i) progettare, simulare (utilizzando programmi di simulazione SPICE-like), realizzare e controllare semplici circuiti elettronici, sia analogici che digitali; (ii) redigere un log-book di laboratorio; (iii) riferire il lavoro svolto sia in forma scritta che orale, con una presentazione pubblica con discussione.

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

La verifica si baserà su: (i) interazione con i docenti durante le sessioni sperimentali settimanali previste; (ii) presentazioni orali che verranno svolte durante il corso; (iii) i logbook degli esperimenti effettuati; (iv) verifica finale.

##### *Comportamenti*

Lo studente apprenderà come operare in un ambiente di lavoro laboratoriale basato su strumentazione elettronica ed optoelettronica.

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

La verifica si baserà su: (i) interazione con i docenti durante le sessioni sperimentali settimanali previste; (ii) presentazioni orali che verranno svolte durante il corso; (iii) i logbook degli esperimenti effettuati; (iv) esame finale.

##### *Indicazioni metodologiche*

Modalità: in presenza

Attività didattiche: lezioni, laboratorio, stesura del logbook di laboratorio, preparazione di relazioni per alcune esperienze specifiche, preparazione di seminari su esperienze specifiche.

Frequenza: obbligatoria

##### *Programma (contenuti dell'insegnamento)*

Il corso si focalizza sull'elettronica e sulla fisica dei dispositivi a semiconduttore, con l'obiettivo di introdurre gli studenti alle tecnologie alla base della strumentazione fisica utilizzata attualmente nei laboratori di ricerca e di misura. Le esperienze proposte fanno uso di diversi tipi di sensori



## UNIVERSITÀ DI PISA

e dell'elettronica analogica e digitale necessaria per il corretto condizionamento del segnale; vengono insegnate anche le prime nozioni per l'impiego di microcontrollori dedicati all'uso generale in un laboratorio di fisica.

Il programma prevede 12 esperienze (durata settimanale, due pomeriggi per esperienza), che verranno svolte in gruppi fissi di due persone. Le esperienze possono essere raggruppate nei seguenti blocchi concettuali:

1. Introduzione al laboratorio. Le esperienze mireranno a introdurre lo studenti ai nuovi strumenti hardware e software del laboratorio, cercando di dare continuità con quanto appreso nei laboratori precedenti. Oltre alla programmazione, ci si focalizzerà su acquisizione dei dati, analisi dei dati e risposta in frequenza di un sistema fisico.
2. Elettronica analogica. Le esperienze si focalizzeranno sulla teoria e sulla pratica dei circuiti elettronici costruiti con amplificatori operazionali, con una particolare attenzione alla retroazione e alla risposta in frequenza. Il blocco si concluderà con un excursus di comuni applicazioni degli opamp (esperienze non esattamente identiche ma di complessità equivalente per ogni gruppo di lavoro), che verranno poi discusse e analizzate in sede comune.
3. Elementi di optoelettronica. Mettendo a frutto quanto appreso, gli studenti verranno introdotti ad elementi optoelettronici di base quali sorgenti e detector di radiazione, sfruttandoli anche per ottenere stime di quantità fisiche di base quali la costante di Planck. Il blocco si concluderà con una esperienza di verifica della legge di Lambert-Beer, che descrive l'assorbimento ottico di un materiale.
4. Elettronica digitale. Le esperienze si focalizzeranno sulla costruzione di un circuito logico complesso (registro di shift a feedback lineare, con lunghezza fino a 64 bit), offrendo esempi di logica combinatoria e sequenziale. Inoltre, gli studenti verranno introdotti alle interfacce digitali, che verranno quindi utilizzate per comunicare con alcuni sensori digitali.
5. Esperienze conclusive. Il laboratorio si concluderà con un paio di esperienze più elaborate, a livello di circuito o di fisica, facendo leva su quanto appreso nei precedenti blocchi. Esempi: simulazione elettronica dell'attrattore strano di Lorenz, con dinamica caotica; studio della quantizzazione della conduttanza in multipli di  $e^2/h$  in giunzioni atomiche formate stocasticamente in un interruttore macroscopico.

### Bibliografia e materiale didattico

Sono consigliati i testi di riferimento tipici per i corsi di laboratorio di elettronica, ad esempio "The art of electronics", P. Horowitz – W. Hill, Cambridge U.P.; "Teoria dei segnali", M. Luise and G.M. Vitetta - McGraw Hill; "Introduzione al Progetto di Sistemi Digitali" - G. Donzellini, L. Oneto, D. Ponta, D. Anguita - Springer 2018

Durante il corso potranno essere fornite pubblicazioni su riviste scientifiche di settore, e altro materiale elettronico specialistico.

### Modalità d'esame

La valutazione si baserà su:

- \* [50%] lavoro svolto in laboratorio (interazione con i docenti, logbook)
- \* [50%] relazioni orali e scritte
- \* [bonus positivo o negativo] prova pratica finale, finalizzata a distinguere l'apporto individuale nel gruppo e per valutare l'efficacia del logbook del gruppo (a disposizione durante la prova)

Ultimo aggiornamento 25/07/2023 09:44