



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

### LABORATORIO DI STRUMENTAZIONE

#### ALICE BUFFI

Anno accademico	2018/19
CdS	INGEGNERIA ENERGETICA
Codice	338II
CFU	6

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
LABORATORIO DI STRUMENTAZIONE	ING-INF/07	LABORATORI	60	ALICE BUFFI

#### Obiettivi di apprendimento

##### *Conoscenze*

Il corso si propone di introdurre la strumentazione di base, i sensori, i trasduttori e i metodi di misura per misurazioni elettriche e termiche.

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

La verifica delle conoscenze avverrà attraverso una prova orale.

##### *Capacità*

Lo studente avrà acquisito la capacità di utilizzare alcuni strumenti di base.

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

Durante la prova d'esame saranno valutate le conoscenze dello studente sugli strumenti di misura e sulle modalità con cui effettuare le prove sperimentali.

##### *Comportamenti*

Lo studente potrà acquisire familiarità con gli strumenti di misura e i risultati sperimentali delle misurazioni.

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

Durante la prova d'esame sarà verificata la capacità dello studente di saper valutare i parametri di influenza della catena di misura.

##### *Prerequisiti (conoscenze iniziali)*

Conoscenze di analisi, fisica generale e misure.

##### *Indicazioni metodologiche*

Lezioni frontali ed esercitazioni sperimentali.

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

Introduzione alla metrologia - Sistema internazionale delle unità di misura (SI) - Campioni di misura - Taratura di uno strumento di misura - Cifre significative - Incertezza di misura - Errori casuali e sistematici - Incertezza di categoria A - Incertezza di categoria B - Incertezza composta e estesa - Teorema del limite centrale - Metodo Monte Carlo

Curva caratteristica di uno strumento di misura - Specifiche statiche e dinamiche di uno strumento di misura - Metodo minimi quadrati per la stima della curva di taratura - Catena di misura

Teorema del campionamento - Condizione di Nyquist - Trasformata discreta di Fourier - Effetto *Leakage*

Convertitore Analogico/Digitale - Quantizzazione e codifica - Risoluzione - Codifica di segnale unipolari e bipolari - Errore di offset - Errore di guadagno - Errore di non linearità integrale e differenziale - Codici mancanti - *Effective Number of Bit* (ENOB) - *Signal to Noise and Distortion Interference* (SINAD)

Multimetro digitale - Principio di funzionamento - Misure di resistenza a due e quattro fili - Metodo voltamperometrico - Valutazione e compensazione dei consumi strumentali

Oscilloscopio digitale - Circuiti di condizionamento - Accoppiamento - Attenuatore compensato - Memoria di acquisizione e circuito di trigger - Campionamento in tempo reale e in tempo equivalente - Sonda attenuatrice compensata - Misure di sfasamento tra due segnali - Figure di Lissajous



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

Misure di frequenza - Analizzatore di spettro a scansione - Sintonia fissa e variabile - Analizzatori di spettro in tempo reale - Analizzatori FFT – Analisi componenti armoniche

Misure di temperatura - Scala di temperatura - Termometri bimetallici - Termometri a colonna di liquido - Termoresistenze - Termistori - Termocoppie

Misure di deformazione - Estensimetri a resistenza elettrica - Gauge Factor - Estensimetri a filo, fotoincisi, a semiconduttore - Misure di azzeramento e di deviazione con ponte di Wheatstone - Compensazione effetti della temperatura con configurazione a mezzo ponte - Ponte intero

Misure di pressione - Manometri a colonna di liquido - Manometri a soffietto - Manometri a capsula - Manometri a membrana - Manometro Bourdon - Manometri a trasduttore elettrico

Misure di umidità – Igrometri meccanici a capello – Igrometri resistivi, capacitivi e a variazione di impedenza – Psicrometro

Problemi di compatibilità elettromagnetica nelle misure – Collegamenti a massa – Accoppiamenti induttivi e capacitivi di disturbo

Misure di corrente – Resistenza shunt - Bobina di Rogowski - Sensori di corrente ad effetto Hall

### Bibliografia e materiale didattico

- Appunti forniti dal docente
- VIM - International Vocabulary of Metrology
- Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM) – JCGM 100:2008
- Evaluation of measurement data – Supplement 1 to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" – Propagation of distributions using a Monte Carlo method – JCGM 101:200
- Kirkup, R. B. Frenkel, "An Introduction to Uncertainty in Measurement", Cambridge University Press, 2006
- Zingales, "Misure elettriche. Metodi e strumenti", Utet Università, 1992

### Modalità d'esame

Prova orale

*Ultimo aggiornamento 21/12/2018 16:54*