Laurea in Ingegneria Elettronica

Corso di Misure Elettriche (6 CFU)
Docente: prof. Emanuele Piuzzi

Anno Accademico 2024-2025

Programma delle lezioni e delle esercitazioni

Data	Orario	Argomento lezione
26 febbraio 2025	12:00 – 14:00	Presentazione del corso, vocabolario di metrologia, processo di misurazione, errore di misura
3 marzo 2025	10:00 – 13:00	Esercitazione: generalità sul processo di misurazione e regole per una buona misura, cavi di collegamento, presentazione dell'alimentatore stabilizzato e del generatore di forme d'onda
4 marzo 2025	16:00 – 18:00	Cause di incertezza, errori casuali e sistematici, modulo massimo dell'errore, regole di scrittura della misura
5 marzo 2025	12:00 – 14:00	Compatibilità metrologica tra misure, legge di propagazione degli errori, variabili aleatorie
7 marzo 2025	10:00 – 13:00	Esercitazione: presentazione del multimetro digitale, specifiche di accuratezza, misura di tensione DC e di resistenza
10 marzo 2025	10:00 – 13:00	Esercitazione: misura di corrente DC, correzione dell'effetto di carico nella misura di corrente, misura di tensione AC con multimetro digitale, generalità sul metodo volt-amperometrico di misura delle resistenze
11 marzo 2025	16:00 – 18:00	Valore atteso e varianza, stimatori di valore atteso e varianza, varianza della media, leggi di distribuzione di probabilità Incertezza tipo e sua valutazione di categoria A e di categoria B
12 marzo 2025	12:00 – 14:00	Varianza di una funzione di variabili aleatorie, legge di propagazione dell'incertezza, incertezza composta per funzioni di misura elementari, incertezza estesa
17 marzo 2025	10:00 – 13:00	Esercitazione: misure volt-amperometriche di resistenza (inserzione voltmetrica a valle e a monte), presentazione dell'oscilloscopio digitale (DSO), impostazioni dell'asse verticale (sensibilità e posizione)
18 marzo 2025	16:00 – 18:00	Importanza dei sistemi di unità di misura e della tracciabilità delle misure, grandezze fondamentali e derivate, sistemi di unità di misura, la CGPM, il Sistema Internazionale
19 marzo 2025	12:00 – 14:00	I campioni di misura, riferibilità e tracciabilità, campioni di frequenza, tensione, resistenza e corrente
24 marzo 2025	10:00 – 13:00	Esercitazione: impostazioni dell'asse verticale del DSO (accoppiamento e attenuazione sonda), specifiche di incertezza dell'asse verticale, misura del valore efficace di tensioni sinusoidali e in onda quadra
25 marzo 2025	16:00 – 18:00	Il multimetro digitale, tipi di convertitori analogico-digitale, il convertitore a doppia rampa, principio di funzionamento, schema pratico

26 marzo 2025	12:00 – 14:00	Misura per conteggio degli intervalli temporali, risoluzione, portata, incertezza ed errori dovuti alle non idealità del convertitore a doppia rampa, il convertitore a rampe multiple
31 marzo 2025	10:00 – 13:00	Esercitazione: impostazioni dell'asse orizzontale del DSO, specifiche di incertezza dell'asse orizzontale, misura di frequenza e di duty cycle, presentazione della sonda compensata, procedura di compensazione della sonda
1 aprile 2025	16:00 – 18:00	Il voltmetro e l'amperometro multi-portata, schemi pratici, effetti di carico
2 aprile 2025	12:00 – 14:00	L'ohmmetro multi-portata, misure di resistenza a 4 fili, specifiche di un multimetro digitale, modello dell'errore nel multimetro, specifiche globali di incertezza
7 aprile 2025	10:00 – 13:00	Sospensione attività didattica
8 aprile 2025	16:00 – 18:00	Cause dei disturbi nei multimetri, reiezione dei disturbi impulsivi e dei disturbi armonici Misura di grandezze alternate, valore efficace, convertitori TRMS, convertitori a valor medio
9 aprile 2025	12:00 – 14:00	Convertitori a valore di picco Generalità sull'oscilloscopio, l'oscilloscopio digitale (DSO), la conversione analogico-digitale, il teorema del campionamento
14 aprile 2025	10:00 – 13:00	Esercitazione: generalità su risposta in frequenza e risposta impulsiva di filtri, modalità di misura della risposta in frequenza, generalità sul filtro passa basso RC, visualizzazione con il DSO della risposta in frequenza di un filtro RC, misura del modulo della risposta in frequenza di un filtro passa basso RC alla frequenza di taglio
15 aprile 2025	16:00 – 18:00	La ricostruzione seno cardinale, circuito sample and hold I convertitori utilizzati negli oscilloscopi digitali Convertitori a inseguimento e ad approssimazioni successive e loro incertezza
16 aprile 2025	12:00 – 14:00	Convertitore flash e relativa incertezza, convertitori in parallelo Struttura dell'oscilloscopio digitale, il blocco di ingresso dell'oscilloscopio digitale, amplificatore, banda passante, attenuatore
23 aprile 2025	12:00 – 14:00	Partitore compensato, configurazione di ingresso single-ended La sonda dell'oscilloscopio, le sonde compensate, banda passante
28 aprile 2025	10:00 – 13:00	Esercitazione: misura con il DSO della fase della risposta in frequenza di un filtro passa basso RC alla frequenza di taglio, misura del tempo di salita della risposta al gradino di un filtro passa basso RC, generalità sul filtro RLC
29 aprile 2025	16:00 – 18:00	Tempo di salita dell'oscilloscopio, memoria di acquisizione, display dell'oscilloscopio, modalità di sincronizzazione e trigger, il circuito di trigger, modalità di campionamento in tempo reale, posizione orizzontale, pre e post-trigger
30 aprile 2025	12:00 – 14:00	Frequenza di campionamento, aliasing nell'oscilloscopio digitale, campionamento in tempo equivalente sequenziale e casuale, il circuito interpolatore fine Incertezza sull'asse verticale dell'oscilloscopio digitale

5 maggio 2025	10:00 – 13:00	Esercitazione: visualizzazione con il DSO della risposta in frequenza di un filtro RLC, misura con il DSO della pendenza in banda soppressa del modulo della risposta in frequenza di un filtro RLC, visualizzazione con il DSO della risposta al gradino di un filtro RLC, misura della frequenza e sovra-elongazione del ringing nella risposta al gradino di un filtro RLC sotto-smorzato, impostazioni del trigger
6 maggio 2025	16:00 – 18:00	Incertezza sull'asse orizzontale dell'oscilloscopio digitale Generalità sui sistemi automatici di misura, strumentazione "stand-alone" e da sistema, le schede DAQ, architetture e standard di interfacciamento dei sistemi ATE con strumentazione da banco e su scheda, il software di supporto per i sistemi ATE e gli standard software, lo strumento virtuale
7 maggio 2025	12:00 – 14:00	Analisi Monte Carlo dell'incertezza di misura Analisi spettrale dei segnali, analizzatore di spettro digitale e differenze rispetto a quello analogico, DTFT
9 maggio 2025	10:00 – 13:00	Esercitazione: Introduzione al software LabVIEW, block diagram e control panel, semplici elaborazioni sui dati, i sub-VI e le waveform in LabVIEW, generazione e visualizzazione di un segnale periodico
12 maggio 2025	10:00 – 13:00	Esercitazione: Visualizzazione, misura di frequenza e ampiezza efficace di un segnale periodico tramite LabVIEW, acquisizione di una tensione periodica da scheda DAQ, misura di frequenza e ampiezza efficace e valutazione della relativa incertezza
13 maggio 2025	16:00 – 18:00	DFT e sue proprietà, FFT, leakage nella DFT, finestra rettangolare, Hann, flat-top, specifiche di un analizzatore di spettro digitale
14 maggio 2025	12:00 – 14:00	Incertezza di misura di un analizzatore di spettro digitale, numero di bit effettivi I contatori di frequenza, misura diretta di periodo, risoluzione di misura, incertezza di misura
19 maggio 2025	10:00 – 13:00	Esercitazione: utilizzo della funzione FFT dell'oscilloscopio digitale per eseguire semplici operazioni di analisi spettrale Analisi spettrale tramite LabVIEW Esempio di valutazione Monte Carlo dell'incertezza di una misura indiretta tramite LabVIEW
20 maggio 2025	16:00 – 18:00	Misura diretta di frequenza, risoluzione di misura, incertezza di misura, contatori reciproci, misura di intervalli temporali, risoluzione di misura, il circuito interpolatore fine, misura di sfasamenti, risoluzione e incertezza di misura, misura di frequenze elevate
21 maggio 2025	12:00 – 14:00	
26 maggio 2025	10:00 – 14:00	Prova pratica