Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica

Corso di Misure Elettriche per la Biomedica (6 CFU)

Anno Accademico 2024-2025

Programma delle lezioni

Data	Orario	Argomento lezione
23 settembre 2024	16:00 – 18:00	Presentazione del corso Principali grandezze elettriche e loro unità di misura Cause di errore nella misura, effetti casuali, effetti sistematici strumentali, effetto di carico, errore massimo
24 settembre 2024	14:00 – 16:00	Distribuzioni di probabilità tipiche per un risultato di misura, incertezza tipo di categoria A e B, propagazione dell'incertezza nelle misure indirette, incertezza composta, incertezza estesa
25 settembre 2024	10:00 – 13:00	Esercitazione: generalità sul processo di misurazione e regole per una buona misura, regole di scrittura della misura, tipologie di cavi di collegamento, presentazione dell'alimentatore stabilizzato e del generatore di funzioni
30 settembre 2024	16:00 – 18:00	Esempi di calcolo dell'incertezza e scrittura per alcune semplici misure Proprietà metrologiche degli strumenti di misura Modello dell'errore nel processo di misura digitale: errore di quantizzazione, guadagno, non linearità e offset
1 ottobre 2024	14:00 – 16:00	Generalità sui sistemi ATE, strumentazione "stand-alone" e da sistema, schede DAQ, architetture e standard di interfacciamento dei sistemi ATE, il software di supporto, lo strumento virtuale Metodo "Monte Carlo" per la propagazione dell'incertezza
2 ottobre 2024	10:00 – 13:00	Esercitazione: presentazione del multimetro digitale, specifiche di accuratezza, misura di tensioni DC, di resistenze e di correnti DC, con correzione dell'effetto di carico
7 ottobre 2024	16:00 – 18:00	Impedenza e ammettenza, modelli equivalenti di resistore, condensatore e induttore, modelli equivalenti serie e parallelo
8 ottobre 2024	14:00 – 16:00	I ponti in alternata, gli LCR meter, metodo del ponte auto-bilanciante, metodo I-V, compensazione open/short e incertezza di misura negli LCR meter, carta delle reattanze
9 ottobre 2024	10:00 – 13:00	Esercitazione: presentazione dell'oscilloscopio digitale (DSO), impostazioni dell'asse verticale, specifiche di incertezza dell'asse verticale del DSO, misura dell'ampiezza efficace di una tensione sinusoidale
14 ottobre 2024	16:00 – 18:00	Modello dell'impedenza del corpo umano tra due elettrodi, modello Cole-Cole, gli elettrodi, il potenziale di mezza cella
15 ottobre 2024	14:00 – 16:00	Il modello degli elettrodi, tipi di elettrodi e problematiche nelle misure di bio-impedenza, schema a 4 elettrodi, elettrodo di guardia, applicazioni biomedicali delle misure di bio-impedenza

16 ottobre 2024	10:00 – 13:00	Esercitazione: misura dell'ampiezza efficace di una tensione in onda quadra con il DSO, impostazioni dell'asse orizzontale, specifiche di incertezza dell'asse orizzontale, misure di frequenza e di duty cycle, la sonda compensata, compensazione della sonda
21 ottobre 2024	16:00 – 18:00	Applicazioni biomedicali delle misure di bio-impedenza: pletismografia cardiaca e respiratoria
22 ottobre 2024	14:00 – 16:00	Applicazioni biomedicali delle misure di bio-impedenza: EIT, BIA e BIS Effetti della corrente sul corpo umano e relative soglie Limiti normativi sulle correnti iniettabili nel paziente
23 ottobre 2024	10:00 – 13:00	Esercitazione: introduzione al software LabVIEW, block diagram e control panel, semplici elaborazioni sui dati, i subVI, le waveform in LabVIEW
28 ottobre 2024	16:00 – 18:00	Schede di prototipazione Amplificatori operazionali: specifiche pratiche, configurazione invertente, non invertente e differenziale, derivatore e integratore Amplificatore da strumentazione: specifiche pratiche
29 ottobre 2024	14:00 – 16:00	Alimentazione bilanciata di un circuito: il "rail splitter" Filtri passivi e attivi del primo ordine Oscillatori sinusoidali (Wien) Convertitori tensione-corrente
30 ottobre 2024	10:00 – 13:00	Esercitazione: generazione, visualizzazione e misura della frequenza di un segnale periodico tramite LabVIEW, acquisizione di una tensione alternata da scheda DAQ tramite LabVIEW e misura di frequenza
4 novembre 2024	16:00 – 18:00	Versione base e "migliorata" della Howland current pump Raddrizzatori di precisione Filtri passivi del secondo ordine
5 novembre 2024	14:00 – 16:00	Filtri attivi del secondo ordine a retroazione multipla, filtro passa basso attivo del secondo ordine a retroazione multipla Possibili schemi pratici di pletismografi a impedenza elettrica
6 novembre 2024	10:00 – 13:00	Esercitazione: generalità su risposta in frequenza e risposta al gradino di filtri e loro modalità di misura, montaggio su breadboard di un filtro passa basso attivo del primo ordine, visualizzazione con il DSO della sua risposta in frequenza e misura della frequenza di taglio
11 novembre 2024	16:00 – 18:00	Realizzazione di un pletismografo a impedenza elettrica: il rail splitter Realizzazione di un pletismografo a impedenza elettrica: la sorgente sinusoidale Realizzazione di un pletismografo a impedenza elettrica: il convertitore tensione-corrente
12 novembre 2024	14:00 – 16:00	Realizzazione di un pletismografo a impedenza elettrica: l'INA e il rivelatore di inviluppo Realizzazione di un pletismografo a impedenza elettrica: filtro passa alto attivo del primo ordine e filtro passa basso attivo del secondo ordine di tipo Bessel

13 novembre 2024	10:00 – 13:00	Esercitazione: misura con il DSO del modulo e della fase della risposta in frequenza di un filtro passa basso attivo del primo ordine, visualizzazione con il DSO della risposta al gradino di un filtro passa basso attivo del primo ordine e misura del tempo di salita
18 novembre 2024	16:00 – 18:00	Bio-potenziali, applicazioni biomedicali delle misure di bio-potenziali, EMG e ENG, ECG, EEG, ERG e EOG Amplificatori per bio-potenziali, gli elettrodi Rilevazione del tracciato ECG, circuito di pilotaggio gamba destra
19 novembre 2024	14:00 – 16:00	Realizzazione di un elettrocardiografo: amplificatore per strumentazione e circuito di pilotaggio gamba destra Realizzazione di un elettrocardiografo: il banco di filtri Analisi spettrale dei segnali
20 novembre 2024	10:00 – 13:00	Esercitazione: impostazioni del trigger, visualizzazione con il DSO della risposta in frequenza e della risposta al gradino di filtri passa basso attivi del secondo ordine
25 novembre 2024	16:00 – 18:00	Analizzatore di spettro digitale, DTFT, DFT e sue proprietà, FFT, leakage nella DFT
26 novembre 2024	14:00 – 16:00	Finestre per ridurre il leakage della DFT Specifiche di un analizzatore di spettro digitale, bit effettivi Oscilloscopio digitale: caratteristiche generali, differenze con l'oscilloscopio analogico
27 novembre 2024	10:00 – 13:00	Esercitazione: utilizzo della funzione FFT dell'oscilloscopio digitale per eseguire semplici operazioni di analisi spettrale, FFT con LabVIEW, esempio di valutazione Monte Carlo dell'incertezza
2 dicembre 2024	16:00 – 18:00	Conversione analogico-digitale, il teorema del campionamento, la ricostruzione seno cardinale Struttura dell'oscilloscopio digitale, il blocco di ingresso, selettore, amplificatore e partitore compensato
3 dicembre 2024	14:00 – 16:00	Le sonde compensate, la sonda 10X Tempo di salita dell'oscilloscopio Circuito di sample and hold, convertitori analogico-digitali a valore istantaneo (a inseguimento, approssimazioni successive e flash)
4 dicembre 2024	14:30 – 17:30	Esercitazione: caratterizzazione di un instrumentation amplifier, realizzazione tramite LabVIEW di un impedenzimetro basato su tecnica IV con generatore di segnali, instrumentation amplifier e scheda DAQ
9 dicembre 2024	16:00 – 18:00	Memoria di acquisizione Schermo LCD, memoria video Modalità di sincronizzazione e circuito di trigger Impostazioni del canale orizzontale Modalità di campionamento in tempo reale e aliasing Incertezza canale verticale e orizzontale di un DSO
10 dicembre 2024	14:00 – 16:00	Esempi di prove pratiche

11 dicembre 2024	10:00 – 13:00	Esercitazione: test dei blocchi funzionali costituenti il pletismografo a impedenza elettrica e l'elettrocardiografo
?? dicembre 2024	??:?? – ??:??	Esercitazione: connessione dei blocchi funzionali e test del pletismografo a impedenza elettrica e dell'elettrocardiografo
18 dicembre 2024	10:00 – 14:00	PROVA PRATICA