

Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica

**Corso di Misure Elettriche per la Biomedica (6 CFU)**

*Anno Accademico 2023-2024*

***Programma delle lezioni***

<b>Data</b>	<b>Orario</b>	<b>Argomento lezione</b>
25 settembre 2023	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
26 settembre 2023	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
27 settembre 2023	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 forme d'onda
2 ottobre 2023	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
3 ottobre 2023	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
4 ottobre 2023	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
9 ottobre 2023	16:00 – 18:00	Impedenza e ammettenza, modelli equivalenti di resistore, condensatore e induttore, modelli equivalenti serie e parallelo
10 ottobre 2023	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
11 ottobre 2023	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
16 ottobre 2023	16:00 – 18:00	Modello dell'impedenza del corpo umano tra due elettrodi, modello Cole-Cole, gli elettrodi, il potenziale di mezza cella
17 ottobre 2023	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

18 ottobre 2023	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
23 ottobre 2023	16:00 – 18:00	Applicazioni biomedicali delle misure di bio-impedenza: pletismografia cardiaca e respiratoria
24 ottobre 2023	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
25 ottobre 2023	10:00 – 13:00	Esercitazione: introduzione al software LabVIEW, block diagram e control panel, semplici elaborazioni sui dati, i subVI, le waveform in LabVIEW
30 ottobre 2023	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
31 ottobre 2023	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 (Howland current pump)
6 novembre 2023	16:00 – 18:00	Versione "migliorata" della Howland current pump Raddrizzatori di precisione Filtri passivi del secondo ordine Filtri attivi del secondo ordine a retroazione multipla
7 novembre 2023	14:00 – 16:00	Filtro passa basso attivo del secondo ordine a retroazione multipla Possibili schemi pratici di pletismografi a impedenza elettrica Realizzazione di un pletismografo a impedenza elettrica: il rail splitter
8 novembre 2023	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
13 novembre 2023	16:00 – 18:00	Realizzazione di un pletismografo a impedenza elettrica: la sorgente sinusoidale Realizzazione di un pletismografo a impedenza elettrica: il convertitore tensione-corrente Realizzazione di un pletismografo a impedenza elettrica: l'INA e il rivelatore di involuppo
14 novembre 2023	14:00 – 16:00	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 Analisi spettrale dei segnali, analizzatore di spettro digitale, DTFT
15 novembre 2023	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

20 novembre 2023	16:00 – 18:00	DFT e sue proprietà, FFT, leakage e finestatura per la DFT, specifiche di un analizzatore di spettro digitale
21 novembre 2023	14:00 – 16:00	Distorsione armonica in un analizzatore di spettro digitale, bit effettivi Bio-potenziali, applicazioni biomedicali delle misure di bio-potenziali, EMG e ENG, ECG, EEG, ERG e EOG Amplificatori per bio-potenziali, gli elettrodi
22 novembre 2023	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
27 novembre 2023	16:00 – 18:00	Rilevazione del tracciato ECG, circuito di pilotaggio gamba destra Realizzazione di un elettrocardiografo: amplificatore per strumentazione e circuito di pilotaggio gamba destra Realizzazione di un elettrocardiografo: il banco di filtri
28 novembre 2023	14:00 – 16:00	Oscilloscopio digitale: caratteristiche generali, differenze con l'oscilloscopio analogico, conversione analogico-digitale, il teorema del campionamento, la ricostruzione seno cardinale, struttura dell'oscilloscopio digitale, il blocco di ingresso, selettore, amplificatore e partitore compensato
29 novembre 2023	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
4 dicembre 2023	16:00 – 18:00	Le sonde compensate, la sonda 10X Tempo di salita dell'oscilloscopio Circuito di sample and hold, convertitori analogico-digitali a valore istantaneo, memoria di acquisizione Schermo LCD, memoria video
5 dicembre 2023	14:00 – 16:00	Modalità di sincronizzazione e circuito di trigger Impostazioni del canale orizzontale, modalità di campionamento in tempo reale, aliasing, incertezza canale verticale e orizzontale di un DSO
6 dicembre 2023	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
13 dicembre 2023	10:00 – 13:00	Esercitazione: test dei blocchi funzionali costituenti il pletismografo a impedenza elettrica e l'elettrocardiografo
11 dicembre 2023	14:00 – 16:00	Esempi di prove pratiche
20 dicembre 2023	10:00 – 13:00	PROVA PRATICA
?? novembre 2023	10:00 – 13:00	Esercitazione: caratterizzazione di un instrumentation amplifier, realizzazione tramite LabVIEW di un impedenziometro basato su tecnica IV con generatore di segnali, instrumentation amplifier e scheda DAQ
?? dicembre 2023	10:00 – 13:00	Esercitazione: connessione dei blocchi funzionali e test del pletismografo a impedenza elettrica e dell'elettrocardiografo