



UNICUSANO

Università degli Studi Niccolò Cusano - Telematica Roma

Insegnamento	Elettronica Biomedica
Livello e corso di studio	Laura Magistrale in Ingegneria Elettronica (LM29)
Settore scientifico disciplinare (SSD)	ING-INF/06
Anno di corso	2
Numero totale di crediti	9
Propedeuticità	Per il corso di “Elettronica Biomedica”, non sono previste propedeuticità nell’ambito della Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica . Si fa presente, tuttavia, che trattando gli argomenti del corso si fa riferimento ai concetti appresi nei corsi della laurea triennale e nei corsi del primo anno della laurea magistrale.
Docente	Ivan Bernabucci <i>Facoltà:</i> Ingegneria <i>Nickname:</i> <i>Email:</i> ivan.bernabucci@unicusano.it Orario di ricevimento: Consultare calendario videoconferenze sul sito d’Ateneo.
Presentazione	Il corso è concepito per fornire allo studente gli elementi essenziali per la comprensione dei meccanismi di generazione dei principali biosegnali di diversa natura, dei principi di funzionamento dei dispositivi per l’acquisizione, e delle principali soluzioni circuitali per il condizionamento. Saranno presi in considerazione i principali biopotenziali (elettrocardiografia, elettromiografia, elettroencefalografia), descrivendone i meccanismi di generazione a livello della membrana delle cellule eccitabili, e comprendendone le caratteristiche in corrispondenza del sito di prelievo tramite elettrodi. Lo studente acquisirà le competenze per dimensionare in maniera adeguata i sistemi di acquisizione dei principali biosegnali, al fine di effettuare le opportune scelte progettuali. Il corso si conclude fornendo allo studente le conoscenze riguardanti gli effetti del passaggio di corrente elettrica nel corpo umano, illustrando le misure di sicurezza elettrica tipicamente adottate per ridurre i rischi derivanti dal contatto elettrico diretto e indiretto in ambiente sanitario.
Obiettivi formativi	Il corso di elettronica biomedica ha i seguenti obiettivi formativi: <ul style="list-style-type: none"> • Illustrare il concetto di segnale biomedico ed evidenziarne gli elementi unificanti • Illustrare i dispositivi per la misura di grandezze meccaniche in ambito biomedico • Fornire le conoscenze sui meccanismi di generazione dei più comuni biopotenziali • Fornire gli strumenti per l’adeguata acquisizione e condizionamento di segnali biomedici • Illustrare i rischi derivanti dal passaggio di corrente elettrica nel corpo umano
Prerequisiti	La frequenza al corso richiede il superamento delle propedeuticità di Elettronica Digitale e Elettronica II. Inoltre, trattando gli argomenti del corso si fa riferimento ai concetti appresi nei corsi della laurea triennale e nei corsi del primo anno della laurea magistrale, con particolare riferimento ai concetti di base appresi nei corsi di Elettronica e Teoria dei Segnali.
Risultati di apprendimento attesi	<p><i>Conoscenza e capacità di comprensione</i> (knowledge and understanding):</p> <ul style="list-style-type: none"> - comprensione delle caratteristiche delle principali grandezze biomediche - comprensione dei principi di funzionamento dei principali dispositivi per l’acquisizione di biosegnali - comprensione dei meccanismi di generazione dei principali biopotenziali e del funzionamento delle cellule eccitabili - comprensione del rischio elettrico derivante dal passaggio di corrente elettrica nel corpo umano <p><i>Conoscenze e capacità di comprensione applicate</i> (applying knowledge and understanding):</p> <ul style="list-style-type: none"> - capacità di dimensionare le diverse parti di un sistema di acquisizione per biosegnali <p><i>Autonomia di giudizio</i> (making judgements):</p> <ul style="list-style-type: none"> - capacità di scegliere i dispositivi più opportuni e le soluzioni più adeguate per il condizionamento di specifici biosegnali, in base alle loro caratteristiche <p><i>Abilità comunicative</i> (communication skills):</p>

	<p>- sviluppo di un linguaggio scientifico corretto e comprensibile che permetta di esprimere in modo chiaro le conoscenze acquisite</p> <p><i>Capacità di apprendere (learning skills):</i></p> <p>- capacità di applicare le conoscenze acquisite per la risoluzione di problemi non familiari che abbiano come oggetto l'acquisizione ed il trattamento di biosegnali.</p>
Contenuti del corso	<p>Modulo 1 – Caratteristiche della strumentazione biomedica (4 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 12ore – 0,5 CFU – 3 giorni) dove sono affrontati i seguenti argomenti: Introduzione alla bioingegneria e ruolo della strumentazione biomedica – descrizione delle principali grandezze biomediche di interesse – descrizione delle caratteristiche della strumentazione biomedica e specifiche dei sistemi di prelievo – sensori e trasduttori in ambito biomedico.</p> <p>Modulo 2 - Dispositivi per la misura di grandezze meccaniche e termiche in ambito biomedico (8 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 33ore + una Etivity per un impegno di 20 ore, per un totale di 53 ore – 2,2 CFU – 13 giorni) dove sono affrontati i seguenti argomenti: Richiami di elettronica applicata – misure di forza e pressione in ambito biomedico – misure di temperatura in ambito biomedico - Dispositivi per l'analisi cinematica e dinamica del movimento umano - cenni applicativi Etivity 1 – Piattaforme di Forza. Soluzioni per la misura selettiva delle differenti componenti di forza e momento.</p> <p>Modulo 3 – Fondamenti di Elettrofisiologia (6 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 26ore –1 CFU – 7 giorni) dove sono affrontati i seguenti argomenti: membrana cellulare, generazione del potenziale di membrana a riposo, generazione del potenziale d'azione – principi di funzionamento degli elettrodi per il prelievo di biopotenziali – modello circuitale degli elettrodi</p> <p>Modulo 4 – Trattamento di segnali in ambito biomedico (8 lezioni di teoria videoregistrata per un impegno di 33ore – 1,35 CFU – 8 giorni) dove sono affrontati i seguenti argomenti: Stadi di condizionamento – componenti frequenziali di un segnale – generalità sul filtraggio – tipi di filtri principali approssimanti – progetto di filtri attivi – richiami sul teorema del campionamento di Shannon – campionamento di un segnale – quantizzazione di un segnale</p> <p>Modulo 5 – Biopotenziali (12 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 42ore –15 giorni) dove sono affrontati i seguenti argomenti: Cenni di fisiologia – meccanismi di generazione del segnale elettrocardiografico ECG – caratteristiche del segnale ECG - strumentazione per il prelievo del segnale ECG – applicazioni - Cenni di fisiologia del muscolo – meccanismi di generazione del segnale elettromiografico EMG – caratteristiche del segnale EMG - strumentazione per il prelievo del segnale EMG – applicazioni - Cenni di fisiologia del sistema nervoso centrale – meccanismi di generazione del segnale elettroencefalografico - EEG – caratteristiche del segnale EEG - strumentazione per il prelievo del segnale EEG – applicazioni –</p> <p>Modulo 6 – Interazione tra corrente elettrica e corpo umano (8 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 33ore –1,35 CFU –8 giorni) dove sono affrontati i seguenti argomenti: Effetti della corrente elettrica sul corpo umano</p>
Materiali di studio	<p>MATERIALI DIDATTICI A CURA DEL DOCENTE Il materiale didattico presente in piattaforma è suddiviso in 6 moduli. Essi ricoprono interamente il programma e ciascuno di essi contiene dispense, slide e videolezioni in cui il docente commenta le slide. Tale materiale contiene tutti gli elementi necessari per affrontare lo studio della materia. Testi consigliati: F. P. Branca. "Fondamenti di Ingegneria Clinica, vol.1". Springer Verlag. J. D. Bronzino. "The Biomedical Engineering Handbook, vol.1". CRC Press.</p>
Metodi didattici	<p>Il corso è sviluppato attraverso le lezioni preregistrate audio-video che compongono, insieme a slide e dispense, i materiali di studio disponibili in piattaforma.</p> <p>Sono poi proposti dei test di autovalutazione, che corredano le lezioni preregistrate e consentono agli studenti di accertare sia la comprensione, sia il grado di conoscenza acquisita dei contenuti di ognuna delle lezioni.</p> <p>La didattica si avvale, inoltre, di forum (aule virtuali) disponibili in piattaforma che costituiscono uno spazio di discussione asincrono, dove il docente individua i temi e gli argomenti più significativi dei vari moduli del corso e interagisce con gli studenti iscritti proponendo esercizi ed argomenti di discussione.</p>
Modalità di verifica dell'apprendimento	<p>L'esame consiste nello svolgimento di una prova scritta tendente ad accertare le capacità di analisi e rielaborazione dei concetti acquisiti. La prova è composta da 1 domanda aperta di teoria in cui si richiede la trattazione di uno specifico argomento del corso (massimo 10 punti), 2 esercizi di carattere numerico/progettuale (massimo 10 punti), e una serie di quesiti a risposta multipla, che possono essere di carattere conoscitivo o di carattere applicativo attraverso la risoluzione di un breve esercizio numerico (massimo 12 punti). La durata dell'intera prova scritta è di 90 minuti. Il massimo punteggio ottenibile dalla somma dei punteggi è pari a 32 punti, corrispondenti ad una valutazione pari a 30 e lode. Gli argomenti delle domande d'esame possono riguardare tutti i moduli del corso. Per lo svolgimento degli esami è consentito l'utilizzo di semplici calcolatrici, ma NON è consentita la consultazione di qualsiasi tipo di materiale aggiuntivo. Tutto il materiale necessario allo svolgimento dell'esame, tra cui le informazioni necessarie allo svolgimento di esercizi di tipo numerico/progettuale, sono forniti come allegati al testo d'esame.</p>
Criteri per l'assegnazione dell'elaborato finale	<p>L'assegnazione dell'elaborato finale avverrà sulla base di un colloquio con il docente in cui lo studente manifesterà i propri specifici interessi in relazione a qualche argomento che intende approfondire; non esistono preclusioni alla richiesta di assegnazione della tesi e non è prevista una media particolare per poterla richiedere</p>
Programma esteso e materiale didattico di riferimento	
Modulo 1 - Lezione 1	<p>Introduzione alla Bioingegneria – Ruolo della Bioingegneria – Scenario del settore biomedicale – Tecnologie biomediche, Dispositivi Medici, Apparecchiature elettromedicali – Peculiarità del settore biomedicale.</p>

	Materiali didattici a cura del docente
Modulo 1 - Lezione 2	Schema generale di uno strumento biomedico – Fattori che influenzano il progetto di uno strumento biomedico – Campo di misura – Taratura e calibrazione – Sensibilità – Risoluzione – Linearità. Materiali didattici a cura del docente
Modulo 1 - Lezione 3	Precisione – Accuratezza – Incertezza – Classe di precisione – Ripetibilità e riferibilità – Errore di zero – Errore di inserzione – Rumore – Isteresi. Materiali didattici a cura del docente
Modulo 1 – Lezione 4	Sensori e Trasduttori in ambito biomedico – Biosegnali di interesse – Schema generale per il prelievo di un biosegnale – Specifiche per l’acquisizione di segnali biomedici – Condizionamento. Materiali didattici a cura del docente
Modulo 2 – Lezione 1	Misure di forza e pressione in ambito biomedico – Estensimetri a resistenza elettrica: principi di funzionamento e caratteristiche – Ponte di Wheatstone. Materiali didattici a cura del docente
Modulo 2 – Lezione 2	Misure di forza con ponte di estensimetri – Compensazione degli effetti della temperatura – Soluzioni circuitali per il condizionamento – Misure di pressione arteriosa tramite estensimetri. Materiali didattici a cura del docente
Modulo 2 – Lezione 3	Misure di temperatura in ambito biomedico – Termoresistenze – Sensori Pt100 – Termistori NTC – Soluzioni circuitali per il condizionamento. Materiali didattici a cura del docente
Modulo 2 – Lezione 4	Termocoppie: principi di funzionamento – Leggi per le termocoppie – Tipi di termocoppie. Materiali didattici a cura del docente
Modulo 2 – Lezione 5	Sensori per l’analisi del movimento umano – Cinematica del movimento umano: assunti della cinematica classica e dati cinematici di interesse – Basografi: principi di funzionamento ed esempi applicativi – Accelerometri piezoelettrici, piezoresistivi, capacitivi. Materiali didattici a cura del docente
Modulo 2 – Lezione 6	Giroscopi: principi di funzionamento e principi costruttivi – Elettrogoniometri: principi di funzionamento – Esempi applicativi. Materiali didattici a cura del docente
Modulo 2 – Lezione 7	Analisi della dinamica del movimento umano – Piattaforma dinamometrica: tipi di piattaforme e principi costruttivi – Piattaforma di forza estensimetrica a 3 componenti: realizzazione dei ponti di misura. Materiali didattici a cura del docente
Modulo 3 – Lezione 1	Fondamenti di elettrofisiologia – Bioelettricità e Biopotenziali di interesse – Origine dei biopotenziali: la membrana cellulare – Specie ioniche all’interno e all’esterno della membrana. Materiali didattici a cura del docente
Modulo 3 – Lezione 2	Generazione del potenziale di membrana a riposo – Equazione di Nernst – Equilibrio di Donnan – Pompa Sodio Potassio – Equazione di Goldman – Modello elettrico del potenziale di Membrana in condizioni di equilibrio. Materiali didattici a cura del docente
Modulo 3 – Lezione 3	Modello elettrico del potenziale di membrana in condizioni non standard – Generazione del potenziale d’azione: meccanismi elettrochimici – Potenziale d’azione di cellule nervose – Potenziale d’azione di cellule cardiache – Propagazione del potenziale d’azione. Materiali didattici a cura del docente
Modulo 3 – Lezione 4	Principali biopotenziali – Elettrodi per il prelievo di biopotenziali: principi di funzionamento generali. Materiali didattici a cura del docente
Modulo 3 – Lezione 5	Ossidoriduzione all’interfaccia elettrodo/elettrolita – Doppio strato – Potenziale di Half Cell – Elettrodi polarizzabili e non polarizzabili. Materiali didattici a cura del docente
Modulo 3 – Lezione 6	L’elettrodo in Ag/AgCl: principi costruttivi – Principi di funzionamento – Modello circuitale equivalentedell’elettrodo in Ag/AgCl – Modello circuitale del sistema elettrodo/elettrolita/tessuto – Problematiche degli elettrodi Ag/AgCl – Elettrodi esterni, elettrodi interni e microelettrodi. Materiali didattici a cura del docente
Modulo 4 – Lezione 1	Risposta impulsiva e integrale di convoluzione – Funzione di trasferimento di un filtro – Risposta in frequenza di un filtro: modulo e fase – Tipi di filtri: passa-basso, passa-alto, passa-banda, arresta-banda, equalizzatori - Filtri ideali Materiali didattici a cura del docente
Modulo 4 – Lezione 2	Filtri reali: funzione di trasferimento in forma razionale – Banda passante, banda di transizione, banda oscura – Approssimanti della funzione di trasferimento ideale – Approssimante di Besel – Approssimante di Butterworth – Approssimante di Chebyshev Materiali didattici a cura del docente
Modulo 4 – Lezione 3	Richiami su filtri passivi – Filtri attivi – Strutture del primo ordine – esempi di passa-basso, passa-alto e passabanda Materiali didattici a cura del docente
Modulo 4 – Lezione 4	Strutture del secondo ordine – funzione di trasferimento di strutture del secondo ordine – Smorzamento caratteristico e approssimanti di Bessel, Butterworth e Chebyshev – Analisi di una struttura circuitale del secondo ordine con topologia Sallen-Key Materiali didattici a cura del docente
Modulo 4 – Lezione 5	Strutture di ordine superiore – Sintesi di filtri attivi di ordine generico a partire da strutture circuitali consolidate – Sintesi di approssimanti Bessel, Butterworth e Chebyshev di ordine generico a partire da valori normalizzati –

	<p>esercizi svolti e commentati</p> <p>Materiali didattici a cura del docente</p>
Modulo 4 – Lezione 6	<p>Conversione A/D - Campionamento, teorema del campionamento e aliasing – discretizzazione e codifica delle ampiezze - Rumore di quantizzazione</p> <p>Materiali didattici a cura del docente</p>
Modulo 5 – Lezione 1	<p>Cenni di anatomia e fisiologia del sistema cardiovascolare – Potenziale d’azione di cellule cardiache – Propagazione del potenziale d’azione nel muscolo cardiaco – temporizzazione dei potenziali d’azione cardiaci</p> <p>Materiali didattici a cura del docente</p>
Modulo 5 – Lezione 2	<p>Potenziali d’azione cardiaci e segnale Elettrocardiografico (ECG) – Caratteristiche del tracciato ECG – Relazione tra fenomeno elettrico e fenomeno meccanico – Teoria del dipolo elettrico cardiaco</p> <p>Materiali didattici a cura del docente</p>
Modulo 5 – Lezione 3	<p>Proiezioni del vettore dipolo elettrico cardiaco: le derivazioni – Derivazioni bipolari di Einthoven – Derivazioni unipolari aumentate di Goldberger – Derivazioni precordiali – Derivazioni di Frank e vettorcardiogramma</p> <p>Materiali didattici a cura del docente</p>
Modulo 5 – Lezione 4	<p>Specifiche per l’acquisizione del segnale ECG – Disturbi presenti sul segnale ECG – Sistemi ECG – Holter ECG</p> <p>Materiali didattici a cura del docente</p>
Modulo 5 – Lezione 5	<p>Tecniche per l’analisi del sistema nervoso – Struttura e funzionamento dei neuroni – Generazione del segnale elettroencefalografico (EEG)</p> <p>Materiali didattici a cura del docente</p>
Modulo 5 – Lezione 6	<p>Registrazione del segnale EEG – Configurazione standard 10-20 – Elettrodi per EEG – misure bipolari e unipolari</p> <p>Materiali didattici a cura del docente</p>
Modulo 5 – Lezione 7	<p>Specifiche per un sistema di acquisizione EEG – Caratteristiche del segnale EEG – Ritmi cerebrali delta, theta, alpha, beta, gamma</p> <p>Materiali didattici a cura del docente</p>
Modulo 5 – Lezione 8	<p>Applicazioni del segnale EEG – Interfacce uomo-computer (Brain Computer Interface, BCI)</p> <p>Materiali didattici a cura del docente</p>
Modulo 5 – Lezione 9	<p>Meccanismi alla base della contrazione muscolare – Generazione del segnale EMG – Unità motorie – Modello del segnale EMG – EMG invasivo ed EMG di superficie - Schema di un elettromiografo</p> <p>Materiali didattici a cura del docente</p>
Modulo 5 – Lezione 10	<p>EMG intramuscolare: elettrodi ad ago ed elettrodi a filo – EMG di superficie – Elettrodi di superficie – Matrici di elettrodi</p> <p>Materiali didattici a cura del docente</p>
Modulo 5 – Lezione 11	<p>Specifiche per l’acquisizione di segnali EMG – Caratteristiche del segnale EMG – Distanza inter-elettroica – Sistemi EMG</p> <p>Materiali didattici a cura del docente</p>
Modulo 5 – Lezione 12	<p>Applicazioni del segnale EMG – informazioni estraibili dal segnale EMG-esempi applicativi dell’EMG nell’analisi del movimento</p> <p>Materiali didattici a cura del docente</p>
Modulo 5 – Lezione 13	<p>Dimensionamento della catena di misura per biopotenziali: esercizi svolti e commentati</p> <p>Materiali didattici a cura del docente</p>
Modulo 6 – Lezione 1	<p>Rischio elettrico: contatto diretto e indiretto – Effetti del passaggio della corrente elettrica nel corpo umano – Corrente continua e corrente alternata</p> <p>Materiali didattici a cura del docente</p>
Modulo 6 – Lezione 2	<p>Soglia di percezione e rilascio – Tetanizzazione – Fibrillazione ventricolare – Zona tempo-corrente in corrente alternata</p> <p>Materiali didattici a cura del docente</p>
Modulo 6 – Lezione 3	<p>Impedenza del corpo umano – Impedenza della pelle – Impedenza interna dell’organismo – Fattori che influenzano il valore di impedenza – Definizioni di macroschock e microschock</p> <p>Materiali didattici a cura del docente</p>
Modulo 6 – Lezione 4	<p>Macroschock: esempi numerici – Microschock: esempi numerici – Fonti di rischio elettrico derivanti dagli apparati</p> <p>Materiali didattici a cura del docente</p>
Modulo 6 – Lezione 5	<p>Messa a terra mediante conduttore di protezione – Capacità parassite e correnti di dispersione – Correnti disperse verso terra, nel paziente, nell’involucro – esempi numerici su correnti di dispersione negli apparati</p> <p>Materiali didattici a cura del docente</p>
Modulo 6 – Lezione 6	<p>Parte applicata – Norma 60601-1 – Parti applicate di tipo B, BF e CF – Massime correnti di dispersione ammesse – Classificazione del rischio elettrico: apparecchiature elettromedicali di Classe I – Massima resistenza del conduttore di protezione</p> <p>Materiali didattici a cura del docente</p>
Modulo 6 – Lezione 7	<p>Classificazione del rischio elettrico: apparecchiature elettromedicali di Classe II – Apparecchiature ad alimentazione interna – Misure di sicurezza per gli impianti – Riferimenti multipli a terra e nodo equipotenziale – esempi numerici su nodo equipotenziale</p> <p>Materiali didattici a cura del docente</p>
Modulo 6 – Lezione 8	<p>Trasformatore di isolamento – esempi numerici su trasformatore di isolamento – Effetto della capacità parassita del trasformatore – Interruttore differenziale per la protezione da macroschock</p> <p>Materiali didattici a cura del docente</p>

