



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

|                                                  |                                                                                                  |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DIPARTIMENTO                                     | Ingegneria                                                                                       |
| ANNO ACCADEMICO OFFERTA                          | 2021/2022                                                                                        |
| ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE                       | 2023/2024                                                                                        |
| CORSO DILAUREA                                   | INGEGNERIA BIOMEDICA                                                                             |
| INSEGNAMENTO                                     | SENSORI E STRUMENTAZIONE BIOMEDICA                                                               |
| TIPO DI ATTIVITA'                                | B                                                                                                |
| AMBITO                                           | 50296-Ingegneria biomedica                                                                       |
| CODICE INSEGNAMENTO                              | 18412                                                                                            |
| SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI                 | ING-INF/06                                                                                       |
| DOCENTE RESPONSABILE                             | FAES LUCA                      Professore Ordinario                      Univ. di PALERMO        |
| ALTRI DOCENTI                                    |                                                                                                  |
| CFU                                              | 9                                                                                                |
| NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE    | 144                                                                                              |
| NUMERO DI ORE RISERVATE ALLA DIDATTICA ASSISTITA | 81                                                                                               |
| PROPEDEUTICITA'                                  |                                                                                                  |
| MUTUAZIONI                                       |                                                                                                  |
| ANNO DI CORSO                                    | 3                                                                                                |
| PERIODO DELLE LEZIONI                            | 2° semestre                                                                                      |
| MODALITA' DI FREQUENZA                           | Facoltativa                                                                                      |
| TIPO DI VALUTAZIONE                              | Voto in trentesimi                                                                               |
| ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI             | FAES LUCA<br>Mercoledì 10:30 11:30 Viale delle Scienze, Edificio 9 - DEIM, Il piano (stanza 219) |

|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PREREQUISITI</b>                      | Conoscenze delle tecniche di analisi dei circuiti a parametri concentrati in regime impulsivo e sinusoidale acquisite nel corso di Elettrotecnica. Buona conoscenza del calcolo vettoriale e fasoriale. Conoscenze di base del calcolo differenziale ed integrale. Conoscenze relative ai moduli di Analisi matematica, Geometria, Fisica I e II.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</b> | <p><b>Conoscenza e capacità di comprensione</b><br/>Lo studente al termine del corso avrà padronanza delle tecnologie relative alla misura di grandezze fisiche di interesse biomedico e delle problematiche connesse, e acquisirà conoscenze generali su: a) fenomeni fisici legati alla trasduzione; b) caratteristiche statiche e dinamiche dei sistemi di sensing ; c) piattaforme di trasduzione utilizzate nei sistemi di sensing; d) semplici problemi circuitali con la finalità di ottenere specifiche prestazioni; e) progetto ed utilizzo dei principali dispositivi per la misura dei segnali biomedici quali elettrocardiografia, elettroencefalografia, misura della pressione arteriosa e dell'attività respiratoria.</p> <p><b>Capacità di applicare conoscenza e comprensione</b><br/>Lo studente sarà in grado di applicare le proprie competenze generali sul funzionamento dei sensori e dei sistemi di misura dei segnali biomedici per essere buon progettista, selezionatore ed utilizzatore di dispositivi basati sui sensori. Sarà inoltre in grado di applicare le tecniche di condizionamento del segnale (amplificazione, filtraggio) per il miglioramento del rapporto segnale rumore, nonché quelle di conversione in forma digitale per favorire l'archiviazione, trasmissione o elaborazione numerica. Sarà infine capace di predisporre l'utilizzo della strumentazione biomedica per l'acquisizione dei principali segnali vitali, conoscendo i principi di funzionamento ed individuando le caratteristiche principali e gli elementi di criticità legati al funzionamento di tale strumentazione.</p> <p><b>Autonomia di giudizio</b><br/>Lo studente sarà in grado di interpretare le specifiche di sensori e sistemi di misura; sarà in grado di raccogliere i dati necessari alla valutazione delle prestazioni e di interpretare i risultati della valutazione confrontando i parametri degli stessi; infine, sarà in grado di collezionare i dati necessari alla progettazione delle applicazioni più comuni dei sensori ed all'utilizzo degli strumenti biomedici per la misura dei più comuni parametri fisiologici.</p> <p><b>Abilità comunicative</b><br/>Lo studente acquisirà la capacità di comunicare ed esprimere problematiche inerenti l'oggetto del corso. Sarà in grado di sostenere conversazioni su tematiche riguardanti i sensori e la strumentazione biomedica, la loro scelta, i sistemi che usano sensori in base all'applicazione, evidenziando i problemi relativi ai limiti del loro funzionamento, così da offrire soluzioni.</p> <p><b>Capacità d'apprendimento</b><br/>Lo studente avrà appreso i concetti introduttivi alla strumentazione biomedica su cui potrà poi fare affidamento in specifici settori applicativi dell'Ingegneria Biomedica industriale e clinica, nonché nei corsi specialistici che seguiranno durante la Laurea Magistrale. Inoltre, lo studente avrà appreso le basi delle interazioni tra la fisica dei sensori ed il loro impiego nelle applicazioni più comuni e questo gli consentirà di proseguire gli studi ingegneristici nel settore dell'elettronica o delle telecomunicazioni con maggiore autonomia e discernimento.</p> |
| <b>VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO</b>    | <p>La valutazione dell'apprendimento verrà effettuata mediante una prova scritta negli appelli successivi al termine del corso. La prova orale è facoltativa e non sostituisce le prove scritte; lo studente vi può accedere qualora abbia superato la prova scritta (minimo 18/30) ed intenda provare a migliorare il giudizio ottenuto.</p> <p>Tutte le prove (scritte e/o orali) verteranno sugli argomenti del corso. Obiettivo della verifica consiste nel valutare se lo studente abbia una buona conoscenza dei fenomeni fisici legati alla trasduzione, della caratterizzazione statica e dinamica dei sistemi di misura, delle piattaforme di trasduzione utilizzate nei sistemi di sensing e del loro impiego nei più comuni dispositivi biomedicali per la misura dei segnali fisiologici.</p> <p>In caso di superamento dell'esame, la Commissione attribuisce allo studente un voto sulla base del livello di conoscenza degli argomenti oggetto delle prove sostenute (circa 50% del voto finale attribuito), della capacità di elaborare ed interpretare i concetti appresi e di connetterli con gli altri argomenti trattati durante il corso (circa 40% del voto finale attribuito), e del livello raggiunto nella capacità di espressione nel corretto linguaggio tecnico (circa 10% del voto finale attribuito). La verifica del raggiungimento di tali livelli di preparazione verrà favorita inserendo nella prova scritta sia domande a carattere teorico e concettuale che esercizi pratici richiedenti calcoli numerici.</p> <p>La valutazione si basa sui seguenti criteri:</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

|                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                       | <p>a) eccellente (30 - 30 e lode): ottima conoscenza degli argomenti, ottima proprietà di linguaggio, buona capacità analitica, lo studente e' in grado di applicare le conoscenze per risolvere i problemi proposti;</p> <p>b) molto buono (27 - 29): buona padronanza degli argomenti, piena proprietà di linguaggio, lo studente e' in grado di applicare le conoscenze per risolvere i problemi proposti;</p> <p>c) buono (24 - 26): conoscenza di base dei principali argomenti, discreta proprietà di linguaggio, con limitata capacità di applicare autonomamente le conoscenze alla soluzione dei problemi proposti;</p> <p>d) soddisfacente (21 - 23): non ha piena padronanza degli argomenti principali dell'insegnamento ma ne possiede le conoscenze, soddisfacente proprietà di linguaggio, scarsa capacità di applicare autonomamente le conoscenze acquisite;</p> <p>e) sufficiente (18 - 20): minima conoscenza di base degli argomenti principali dell'insegnamento e del linguaggio tecnico, scarsissima capacità di applicare autonomamente le conoscenze acquisite</p> <p>f) insufficiente: non possiede una conoscenza minima accettabile dei contenuti degli argomenti trattati nell'insegnamento.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>OBIETTIVI FORMATIVI</b>            | <p>L'obiettivo del corso è quello di fornire ai futuri ingegneri le conoscenze abilitanti che riguardano le moderne tecnologie dei sensori e dei sistemi di misura, e la loro implementazione nelle più comuni apparecchiature biomediche per la misura dei biosegnali. Il corso offre una panoramica dei fenomeni di sensing e delle classi di sistemi di misura, e fornisce gli elementi di base di elettronica, controlli automatici e analisi statistica necessari per caratterizzare le prestazioni statiche e dinamiche di tali sistemi e per progettare circuiti di condizionamento, amplificazione e digitalizzazione del segnale. Gli esempi di strumentazione biomedica trattati dal corso mirano a formare lo studente riguardo a come le moderne apparecchiature biomedicali permettono la valutazione funzionale dei principali distretti fisiologici che compongono l'organismo umano (cuore, cervello, sistema vascolare, sistema respiratorio). Il corso procede per concetti, fornendo una trattazione ragionevolmente approfondita e formalizzata, incoraggiando lo studente ad impostare razionalmente i problemi dell'analisi e del progetto dei sistemi per misure biomediche.</p> <p>Il corso comprende esercitazioni teoriche e di laboratorio. Alla fine del corso, gli studenti saranno in grado di capire quando un sensore funziona, quali sono le questioni che limitano l'utilizzo dei sensori nelle misure, come selezionare i sensori in applicazioni specifiche, nonché come utilizzare la strumentazione biomedica per la valutazione fisiologica e clinica dei sistemi cardiovascolare, cerebrale e respiratorio.</p> |
| <b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b> | <p>Lezioni frontali, esercitazioni</p> <p>Prova Scritta, Prova Orale facoltativa – voto in trentesimi</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>TESTI CONSIGLIATI</b>              | <p>Slides, dispense e materiale didattico fornito dal docente.</p> <p>Testi consigliati per consultazione e approfondimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- G. Avanzolini, E. Magosso: Strumentazione biomedica. Progetto e impiego dei sistemi di misura, Patron Editore, Bologna, 2015; ISBN: 978-88-555-3295-2</li> <li>- J.G. Webster: Medical Instrumentation: Application and Design, John Wiley &amp; Sons; 5th Edition, 2020. ISBN: 978-1-119-45733-6</li> <li>- R. Pallas-Areny and J.G. Webster: Sensors and Signal Conditioning, John Wiley &amp; Sons; 2nd Edition, 2000. ISBN: 978-0-471-33232-9</li> <li>- E. Doebelin: Measurement systems, McGraw Hill. 5th Edition, 2003. ISBN-10 : 007243886X</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

## PROGRAMMA

| <b>ORE</b> | <b>Lezioni</b>                                                                            |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4          | Generalita' sui Sistemi di Misura: architettura, descrizione funzionale, errori di misura |
| 2          | Fenomeni fisici di trasduzione                                                            |
| 15         | Prestazioni dei sistemi di misura: Caratteristiche statiche e dinamiche                   |
| 7          | Risposta in frequenza dei sistemi di misura                                               |
| 9          | Caratterizzazione dei sensori resistivi, reattivi, auto-generanti, ottici                 |
| 5          | Condizionamento dei sensori: circuiti di interfaccia, filtraggio                          |
| 4          | Amplificazione dei Biosegnali                                                             |
| 8          | Misura dei biopotenziali: elettrocardiografia, elettroencefalografia                      |
| 3          | Fotoplethysmografia e misure cardiocircolatorie                                           |
| 3          | Misura della pressione arteriosa                                                          |
| 3          | Misure di attività respiratoria                                                           |
| <b>ORE</b> | <b>Esercitazioni</b>                                                                      |
| 12         | Esercitazioni teoriche                                                                    |