



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

DIPARTIMENTO	Ingegneria		
ANNO ACCADEMICO OFFERTA	2023/2024		
ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE	2024/2025		
CORSO DILAUREA MAGISTRALE	ELECTRONICS ENGINEERING		
INSEGNAMENTO	ELECTRONICS AND IOT FOR BIOMEDICAL APPLICATIONS - C.I.		
CODICE INSEGNAMENTO	20251		
MODULI	Si		
NUMERO DI MODULI	2		
SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI	ING-INF/01, ING-INF/03		
DOCENTE RESPONSABILE	CROCE DANIELE	Ricercatore a tempo determinato	Univ. di PALERMO
ALTRI DOCENTI	CURCIO LUCIANO	Ricercatore a tempo determinato	Univ. di PALERMO
	CROCE DANIELE	Ricercatore a tempo determinato	Univ. di PALERMO
CFU	12		
PROPEDEUTICITA'			
MUTUAZIONI			
ANNO DI CORSO	2		
PERIODO DELLE LEZIONI	1° semestre		
MODALITA' DI FREQUENZA	Facoltativa		
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi		
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	CROCE DANIELE Lunedì 10:00 11:00 chiedere appuntamento via email		
	CURCIO LUCIANO Lunedì 15:00 17:00 Previo appuntamento via e-mail.		

PREREQUISITI	Il corso è auto-consistente, anche se è preferibile avere delle basi di teoria dei segnali, internet e programmazione
RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI	CONOSCENZA E CAPACITA' DI COMPrensIONE Al termine del corso lo studente sarà in grado di comprendere e approfondire i problemi alla base del progetto e delle ottimizzazioni delle tecnologie radio per realizzare sistemi IoT, in riferimento a diversi scenari applicativi (monitoraggio di parametri biomedici, sensori ambientali, etc.) e a diverse condizioni di propagazione radio (line-of-sight, multipath, etc.). In particolare, lo studente acquisterà una conoscenza approfondita delle soluzioni più diffuse per connettere oggetti intelligenti con tecnologie a corto raggio (WiFi, Bluetooth) o a lungo raggio (LoRAWAN, NB-IoT) e dei principali protocolli per applicazioni IoT. Inoltre, saranno presentate le piattaforme hardware più diffuse per integrare sensori e attuatori e supportare stack protocollari IoT. In sintesi il corso si propone di fornire allo studente una preparazione di base per la gestione professionale completa (assistenza tecnica, tecnico-commerciale, supporto agli utilizzatori) di apparecchiature mediche di elevato contenuto tecnologico. Per il raggiungimento di questo obiettivo il corso comprende: lezioni frontali; analisi e discussione di casi di studio; seminari e dibattiti guidati su temi di ricerca. Per la verifica di questo obiettivo l'esame comprende una prova scritta sugli argomenti del programma e una discussione sulla tesina preparata autonomamente su un progetto di un sistema IoT. CAPACITA' DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensIONE Lo studente sarà in grado di scegliere le tecnologie di trasmissione e le piattaforme hardware, progettare protocolli e ottimizzare sistemi IoT in base a diversi scenari applicativi. Inoltre saprà supportare la classe medica nell'apprendimento, valutazione di caratteristiche ed uso degli strumenti diagnostici, tecnologicamente avanzati, oggi disponibili; organizzare e gestire laboratori di assistenza tecnica di Strumentazione Elettromedicale Ospedalieri o Aziendali (Fornitori); assistere il management ospedaliero per gli acquisti di strumentazione medica complessa (Capitolati di gara). Per il raggiungimento di questo obiettivo il corso comprende lezioni frontali, esercitazioni guidate e esercitazioni autonome, oltre che visite in ambienti ospedalieri per osservare sul campo l'utilizzo della strumentazione oggetto del corso. Per la verifica di questo obiettivo parte della prova scritta d'esame è dedicata alla soluzione di semplici esercizi di analisi di sistemi IoT, così come parte della prova scritta del modulo di Elettronica Biomedica alla valutazione tecnica e descrizione dettagliata delle apparecchiature e loro principio di funzionamento. AUTONOMIA DI GIUDIZIO Lo studente sarà stimolato ad estrapolare gli algoritmi illustrati nel corso dal contesto specifico e ad applicare tali algoritmi (e relative considerazioni) a sistemi IoT o scenari applicativi non considerati nel programma del corso. Sarà inoltre in grado di confrontare varie soluzioni architetture e protocollari, tramite valutazione di prestazioni affidata a modelli semplificati o strumenti simulativi. Con il Modulo Elettronica Biomedica, pertanto, lo studente avrà acquisito una metodologia propria di analisi del problema per svolgere attività di gestione di apparecchiature e di impianti tecnologici ospedalieri in genere: valutazioni tecnico economiche (capitolati d'appalto), relazioni progettuali preliminari, verifiche e collaudi di impianti ed apparecchiature ospedaliere di qualunque livello tecnologico. Per il raggiungimento di questo obiettivo il corso comprende lezioni frontali, esercitazioni guidate, discussione di casi di studio e dibattiti guidati su temi di ricerca. Per la verifica di questo obiettivo parte della prova scritta d'esame è dedicata alla soluzione di semplici esercizi di progettazione di sistemi IoT o ad esempio di un capitolato tecnico di attrezzatura. Inoltre il raggiungimento dell'obiettivo è valutato attraverso la discussione di una tesina su un progetto preparato autonomamente ABILITA' COMUNICATIVE Lo studente dovrà acquisire la capacità di comunicare razionalmente le sue conoscenze sugli argomenti oggetto del corso, con padronanza del lessico specializzato del settore. In particolare, dovrà essere capace di motivare le scelte effettuate nella risoluzione dei problemi di analisi e/o sintesi. Per il raggiungimento di questo obiettivo il corso comprende: lezioni frontali, presentazioni e discussioni in aula di casi di studio e dibattiti guidati su temi di ricerca. Per la verifica di questo obiettivo l'esame comprende un esame orale sulla discussione della tesina preparato autonomamente su temi di ricerca. CAPACITA' DI APPRENDIMENTO Lo studente sarà in grado di leggere autonomamente standard e letteratura scientifica del settore, allo scopo di aggiornarsi sulle veloci evoluzioni delle tecnologie radio per sistemi IoT e di approfondire tematiche più complesse relative allo sviluppo di applicazioni per gestire una grande mole di dati.

	Sarà inoltre in grado di affrontare in autonomia qualsiasi problematica relativa alla gestione e controllo (acquisti, manutenzione, formazione applicativa, etc.) di qualsiasi apparecchiatura o impianto tecnologico ospedaliero complesso. Per il raggiungimento di questo obiettivo il corso comprende: esercitazioni guidate, dibattiti guidati su temi di ricerca. Per la verifica di questo obiettivo l'esame comprende la discussione di una tesina preparata autonomamente su temi un progetto IoT.
VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO	MODALITA' DI ESAME: Una tesina di progetto, una prova scritta obbligatoria e una prova orale facoltativa. La prova orale può essere sostenuta a richiesta dello studente (o del professore) per approfondire la valutazione e migliorare il voto della prova scritta (max 3 punti). Per sostenere la prova orale è comunque necessario superare la prova scritta. La prova scritta è valutata in trentesimi. Il voto minimo per superare la prova scritta è 18/30. Il voto finale è il voto della prova scritta, sommato al punteggio della tesina (max 5 punti) e a quello della eventuale prova orale. DESCRIZIONE DELLE PROVE La tesina consiste nel relazionare la realizzazione di un progetto sperimentale i cui contenuti verranno descritti durante il corso. La prova mira ad accertare le capacità di utilizzo delle tecnologie IoT nell'ambito biomedico e ICT. Verranno valutate anche la capacità di analisi dei dati generati dai dispositivi IoT, lo sviluppo di soluzioni innovative per la sensoristica, l'ottimizzazione delle risorse, l'eventuale utilizzo di algoritmi di intelligenza artificiale e i sistemi di comunicazione remota. La prova scritta include delle domande aperte sugli argomenti del corso e alcuni esercizi sui sistemi IoT, in cui applicare semplici considerazioni di radio-propagazione. La durata complessiva della prova è 2 ore. La prova è finalizzata ad accertare: - il grado di conoscenza e padronanza dei modelli di radio propagazione e capacità dei sistemi, con vari protocolli di accesso al mezzo; - la capacità di utilizzo dei suddetti modelli per procedere in modo autonomo a progettazione di sistemi IoT e ottimizzazioni dei protocolli; - la capacità di esporre, argomentare e analizzare le scelte effettuate. La prova orale ha una durata di circa 30 minuti e consiste in un colloquio su un progetto IoT sviluppato dallo studente. La prova è finalizzata ad accertare: - la capacità di programmare piattaforme IoT e integrare componenti hardware/software; - la proprietà di linguaggio e la chiarezza espositiva; - le capacità di rielaborazione dei concetti acquisiti e di collegamento tra essi, nell'ambito delle tematiche del corso e/o di tematiche interdisciplinari ad esso correlate. CRITERI DI VALUTAZIONE: Ai fini della valutazione, verrà stimato il livello di raggiungimento dei risultati di apprendimento previsto per il corso, come di seguito elencati. Conoscenze e comprensione: Valutazione del livello di conoscenza e padronanza degli argomenti del corso Capacità di applicare le conoscenze: valutazione della capacità di applicazione delle proprie conoscenze per l'analisi e la soluzione dei problemi proposti, del livello di autonomia, e dell'originalità delle soluzioni proposte. Autonomia di giudizio: Valutazione delle capacità logiche e analitiche per orientarsi e formulare giudizi, anche in presenza di informazioni parziali su problematiche/applicazioni riguardanti ambiti disciplinari o interdisciplinari ad essi correlati. Abilità comunicative e capacità di apprendimento: Valutazione delle capacità espositive e di argomentazione, chiarezza e proprietà di linguaggio. Valutazione delle capacità di rielaborazione delle conoscenze acquisite e di collegamento multidisciplinare. Esito del voto 30-30 e lode: Valutazione eccellente/ottimo. Ottima conoscenza degli argomenti, ottima capacità analitica anche in nuovi contesti; ottima proprietà di linguaggio e di apprendimento. 27-29: Valutazione molto buono. Buona padronanza degli argomenti, piena proprietà di linguaggio, lo studente è in grado di applicare le conoscenze per risolvere i problemi proposti. 24-26: Valutazione buono. Conoscenza di base dei principali argomenti, discreta proprietà di linguaggio, con limitata capacità di applicare autonomamente le conoscenze alla soluzione dei problemi proposti. 21-23: Soddisfacente. Parziale padronanza degli argomenti del corso, soddisfacente proprietà linguaggio, scarsa capacità di applicare autonomamente le conoscenze acquisite. 18-20: Sufficiente. Minima conoscenza degli argomenti del corso e del linguaggio tecnico, scarsissima o nulla capacità di applicare autonomamente le conoscenze acquisite.

	Insufficiente: non possiede una conoscenza accettabile dei contenuti degli argomenti trattati nell'insegnamento.
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	Lezioni frontali, esercitazioni in aula, dibattiti guidati in aula su casi di studio e temi di ricerca.

MODULO PERSONAL AREA NETWORK

Prof. DANIELE CROCE

TESTI CONSIGLIATI

- Slides e materiale fornito dal docente.
- Jamil Y. Khan, Mehmet R. Yuce - "Internet of Things (IoT): Systems and Applications", Jenny Stanford Publishing, ogni edizione a partire dal (any edition since) 2019, ISBN 9789814800297
- Adrian McEwen, Hakim Cassimally "Designing the Internet of Things", Wiley, ogni edizione (any edition), ISBN: 9781118430620
- Matthew Gast, "802.11 Wireless Networks: The Definitive Guide", O' Reilly Media, ogni edizione a partire dal (any edition starting with) 2005, ISBN: 9780596100520

TIPO DI ATTIVITA'	C
AMBITO	20925-Attività formative affini o integrative
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	102
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITA' DIDATTICHE ASSISTITE	48

OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO

Obiettivo principale del corso è presentare tutti gli elementi fondamentali per la realizzazione di sistemi di Personal Area Network in vari scenari applicativi. In particolare, obiettivo del corso è sviluppare le competenze di tecnologie wireless, stack protocollari e piattaforme hardware e software per lo sviluppo di sistemi per l'IoT. Il corso include aspetti teorici, per la progettazione di sistemi IoT, la valutazione di prestazioni anche con modelli semplificati e la scelta ottimale dei protocolli. Sono inoltre previste esercitazioni sperimentali e progetti che includono integrazione di vari componenti di sensing, attuazione e networking (su piattaforme Raspberry Pi e Arduino).

Il corso permetterà di apprendere le moderne tecniche di progettazione, implementazione e collaudo mediante prototipizzazione di piattaforme che utilizzano sensoristica di diverse tipologie, nonché di conoscere gli strumenti e le metodologie che caratterizzano il settore dell'IoT.

I laureati potranno trovare occupazione in particolare nelle aree dell'ingegneria biomedica e in generale nell'ambito ICT, nelle quali le competenze acquisite nel corso di Personal Area Network svolgono un ruolo centrale.

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
6	Introduzione alle Personal Area Networks e ai sistemi IoT; caratterizzazione delle tecnologie wireless e dei modelli di canale radio.
12	Tecnologie di comunicazione a corto e medio raggio: cenni sugli standard IEEE 802.15.1 (Bluetooth) e 802.15.4 (ZigBee), e lo standard 802.11 (WiFi): architetture di rete, modalità di connessione infrastrutturate e ad-hoc, indirizzamenti.
6	Tecnologie di comunicazione a lungo raggio: LoRaWAN e NB-IoT.
4	Cenni sul livello di rete IP e di trasporto, adattamenti per reti di sensori e protocolli di routing.
4	Web of Things (WoT) e protocolli per la comunicazione IoT, quali MQTT e REST.
4	Piattaforme per prototipizzazione di nodi sensori e cenni di data analytics.
ORE	Esercitazioni
4	Manipolazione dei segnali digitali e analogici e funzioni di acquisizione/controllo.
4	Programmazione di nodi sensori e attuatori. Utilizzo di protocolli di rete per Personal Area Networks
4	Esempi di integrazione di nodi IoT e casi di studio.

MODULO BIOMEDICAL ELECTRONICS

Prof. LUCIANO CURCIO

TESTI CONSIGLIATI

Slides, dispense e materiale didattico fornito dal docente.
Slides, handouts and teaching material provided by the teacher.

Testi consigliati per consultazione e approfondimento:

Recommended texts for consultation and further study:

- Lorenzo Rossano, Bioingegneria Elettronica, Modelli di Simulazione dei Sistemi Biomedici Vol. 1, Elettronica e Strumentazione Biomedica Vol. 2, Ed. McGraw-Hill, 2007, qualsiasi edizione a partire da (any edition since) 2007, ISBN: 8838664862;
- The Biomedical Engineering HandBook, Second Edition. Ed. Joseph D. Bronzino Boca Raton: CRC Press LLC, 2000, ISBN: 0-8493-0461-X;
- J.G. Webster: Medical Instrumentation: Application and Design, John Wiley & Sons; 5th Edition, 2020. ISBN: 978-1-119-45733-6;
- Suresh R. Devasahayam, Signals and systems in biomedical engineering - Signal processing and physiological systems modeling, Springer, 3rd edition, 2019, ISBN: 9811335303;
- Rangaraj, M. Rangayyan, Biomedical signal analysis - a case study approach, IEEE Press Series on Biomedical Engineering, John Wiley & Sons, edizioni a partire dal (any edition since) 2002, Print ISBN:9780471208112 |Online ISBN:9780470544204.

TIPO DI ATTIVITA'	B
AMBITO	50364-Ingegneria elettronica
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	102
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITA' DIDATTICHE ASSISTITE	48

OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO

Il modulo consente di approfondire le caratteristiche funzionali e tecnico elettroniche delle apparecchiature per la diagnostica medica; ciò partendo dall'approfondimento dei principi di funzionamento e circuiteria di controllo dei trasduttori più usati in medicina e da concetti e metodi di misure dei segnali fisiologici più significativi (ECG, EEG, EMG, potenziali evocati, etc.), e sviluppando nelle varie lezioni le conoscenze applicative, funzionali e circuitali delle seguenti attrezzature mediche, in ordine di complessità: sistemi di rilievo segnali fisiologici (elettrocardiografi, poligrafi, elettroencefalografi, miografi), sistemi di diagnostica per immagini (apparecchiature radiografiche, tomografia assiale computerizzata, ecografi e velocimetri ad effetto doppler, N.M.R. - risonanza magnetico nucleare, P.E.T. - tomografia ad emissione di positroni, scintigrafi, angiografi), sistemi di monitoraggio elettrofisiologico (per sala operatoria, unità di rianimazione, unità di cure intensive cardiologiche). Un'ultima sezione è dedicata alle analogie, modelli e simulazione dei sistemi biologici, con particolare riferimento all'organismo umano ed agli algoritmi d'interpretazione del segnale ECG, più in uso in campo medico. Obiettivo principale del modulo è quello di fornire allo studente una preparazione di base per la gestione (assistenza tecnica, tecnico-commerciale, supporto agli utilizzatori) di apparecchiature mediche di elevato contenuto tecnologico e di acquisire competenze per supportare la classe medica nell'apprendimento, valutazione di caratteristiche ed uso degli strumenti diagnostici, tecnologicamente avanzati (attività, questa, dei laboratori di bioingegneria, oggi previsti nelle strutture ospedaliere, dove essi da laureati potranno eventualmente lavorare). Il modulo prevede esercitazioni guidate e autonome sul funzionamento e l'utilizzo della strumentazione oggetto del corso; sulle valutazioni tecnico-economiche (capitolati d'appalto), sulle verifiche e collaudi di impianti ed apparecchiature ospedaliere e relazioni progettuali preliminari.

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
2	Elettricità e magnetismo in istologia: approccio ingegneristico delle misure su cellula, nervo, muscolo. La trasmissione sinaptica. Attività elettromeccanica dell'apparato cardiocircolatorio e respiratorio. Sistema di filtraggio dell'apparato renale. Effetti dei campi elettromagnetici sulla attività elettrica delle cellule: effetti termici, microscopici e macroscopici, effetti delle microonde, alcuni modelli fisici, matematici e circuitali d'indagine.
2	I Trasduttori: circuiti elettronici di misura e controllo. Esempi: elettromeccanici, potenziometrici, estensimetri, capacitivi, piezoelettrici, magnetici, fotoelettrici; schemi matematici (funzioni e matrici di trasferimento). Misure e controllo dei segnali fisiologici: traduzione, manipolazione elettronica, interpretazione automatica dei segnali corrispondenti.
4	Apparecchiature elettromedicali: - elettrocardiografi; - elettroencefalografi.
4	Apparecchiature elettromedicali: - poligrafi; - investigazioni emodinamiche ed angiografiche; rilievo di curve respiratorie e pressorie.
6	Sistemi di diagnostica per immagini: - ecografi; - velocimetri e flussometri ultrasonici ad effetto Doppler.
6	Apparecchiature di radiologia: - tradizionali e digitali; - T.A.C. (Tomografia assiale computerizzata).
6	R.M.N. - Risonanza Magnetico Nucleare.
4	Medicina nucleare: P.E.T. - tomografia ad emissione di positroni; scintigrafo, gamma camera, agiografo (tradizionale, digitale, a risonanza magnetica); f.M.R.I. - risonanza magnetica funzionale.

4	Analogie, modelli e simulazione dei sistemi biologici. Approccio sistemistico allo studio degli organismi; sistemi in biologia e sistemi in ingegneria; schemi anatomico – funzionali. Analogie circuitali e simulatori comportamentali dei sistemi fisiologici semplici e complessi. Esempi applicativi più diffusi: apparato cardiocircolatorio, respiratorio, digerente e renale, termoregolazione, sistema neuromuscolare, sensoriale e cerebrale.
ORE	Esercitazioni
10	Esercitazioni guidate e autonome sul funzionamento e l'utilizzo della strumentazione oggetto del corso; sulle valutazioni tecnico-economiche (capitolati d'appalto), relazioni progettuali preliminari, verifiche e collaudi di impianti ed apparecchiature ospedaliere.