



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

DIPARTIMENTO	Ingegneria
ANNO ACCADEMICO OFFERTA	2024/2025
ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE	2024/2025
CORSO DILAUREA MAGISTRALE	ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS ENGINEERING (FULLY ONLINE)
INSEGNAMENTO	DIGITAL SIGNAL PROCESSING
TIPO DI ATTIVITA'	B
AMBITO	50362-Ingegneria delle telecomunicazioni
CODICE INSEGNAMENTO	20523
SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI	ING-INF/03
DOCENTE RESPONSABILE	CROCE DANIELE Ricercatore a tempo determinato Univ. di PALERMO
ALTRI DOCENTI	
CFU	6
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	108
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLA DIDATTICA ASSISTITA	42
PROPEDEUTICITA'	
MUTUAZIONI	
ANNO DI CORSO	1
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

PREREQUISITI	Il corso è autoconsistente. Tuttavia, si raccomanda di avere alcune nozioni di base sulla teoria dei segnali e sulla trasformata di Fourier.
RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI	Conoscenza e comprensione Lo studente al termine del corso avrà acquisito le principali tecniche di elaborazione digitale dei segnali, con particolare riguardo alla trasformazione e al filtraggio dei segnali. Queste conoscenze gli permetteranno di comprendere il ruolo di ciascuno degli algoritmi di base all'interno di un sistema di elaborazione numerica. A tal fine, durante il corso verranno presentate e discusse in aula le principali operazioni di base sui segnali a tempo discreto. Ciò comporterà sia l'introduzione di alcuni strumenti di analisi teorica dei segnali a tempo discreto, sia la presentazione di algoritmi specifici, sui quali verrà condotta una discussione critica, con il contributo attivo degli studenti. Per raggiungere questo obiettivo, il corso comprende: lezioni videoregistrate, discussioni guidate dal docente su casi di studio; esercizi teorici e di progettazione di filtri. Capacità di applicare conoscenza e comprensione Lo studente sarà in grado di applicare le conoscenze acquisite per risolvere problemi di sistemi numerici, con particolare riguardo ai filtri numerici; sarà inoltre in grado di applicare tali conoscenze per realizzare valutazioni di base delle prestazioni, quali la complessità computazionale, i requisiti di memoria e la qualità dei risultati ottenuti rispetto alle specifiche desiderate. Per raggiungere questo obiettivo, nel corso sono previste alcune lezioni e applicazioni pratiche, tra cui discussioni comparative di soluzioni alternative allo stesso problema, con il contributo attivo degli studenti, nonché discussioni su argomenti precedentemente proposti loro. La verifica del raggiungimento di questo obiettivo sarà ottenuta attraverso l'esame finale, che comprenderà sia un semplice disegno di progetto sia argomenti che sono stati oggetto di esercitazioni in classe. Giudizi Lo studente sarà in grado di giudicare e confrontare più soluzioni di uno stesso problema sulla base di valutazioni quantitative delle caratteristiche principali di ciascuna soluzione. Per raggiungere questo obiettivo, il corso offre videolezioni con esempi di soluzioni di progettazione di sistemi, in cui vengono confrontate criticamente soluzioni alternative, con il contributo attivo degli studenti. In esse si discutono i punti di forza e di debolezza di ciascuna delle possibili soluzioni da diversi punti di vista, come ad esempio il costo computazionale, la memoria richiesta, la precisione ottenuta. Capacità di comunicazione Lo studente sarà in grado di comunicare con chiarezza problemi e soluzioni relativi all'elaborazione digitale dei segnali. In particolare, sarà in grado di motivare le scelte fatte nella risoluzione di problemi di progettazione o di progetto. Per raggiungere questo obiettivo, lo studente può affidarsi alle videolezioni e alle interazioni con il tutor. Capacità di apprendimento Lo studente sarà in grado di approfondire in modo indipendente questioni non affrontate direttamente nelle lezioni, attraverso lo studio personale di nuovi argomenti. Per raggiungere questo obiettivo, il corso comprende: videolezioni che illustrano problemi specifici di progettazione; letture tratte dalla letteratura scientifica; dibattiti tecnici sul forum di classe su argomenti emergenti tra gli studenti.
VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO	ORGANIZZAZIONE DEGLI ESAMI Una prova scritta e una prova orale. Per l'esame orale è necessario superare quello scritto. La prova scritta è valutata con una nota superiore a 10. Il voto minimo per superare la prova scritta è di 6/10. L'esame orale è valutato con una vot in 30-esimi. Il voto finale tiene conto del voto della prova scritta e dell'esame orale. DESCRIZIONE DELL'ESAME

	La prova scritta dura 2 ore. Il test è concepito per valutare: - Conoscenza e comprensione della trasformata z, degli algoritmi FFT e di altri strumenti DSP, con applicazioni specifiche alla progettazione di filtri; - La capacità di applicare le conoscenze acquisite per risolvere in modo autonomo problemi di progettazione e ottimizzazione; - La capacità di comunicare le conoscenze, le analisi e le conclusioni e di giustificarle le scelte progettuali. RISULTATI DI APPRENDIMENTO Al fine di fornire una valutazione complessiva, valuteremo i risultati ottenuti nei seguenti obiettivi del corso. Conoscenza e comprensione: Valutazione della conoscenza, della comprensione e della integrazione di principi, concetti, metodi e tecniche della disciplina. Applicazione delle conoscenze: Valutazione delle capacità di applicazione delle conoscenze teoriche e conoscenze tecniche per affrontare e risolvere i problemi; valutazione della livello di autonomia e originalità delle soluzioni proposte. Giudizi: Valutazione delle capacità logiche, analitiche e critiche per raggiungere giudizi e decisioni appropriati, sulla base delle informazioni disponibili e dati. Capacità di comunicazione e di apprendimento: Valutazione della capacità di comunicare le conoscenze, le analisi e le conclusioni, con un buon livello di chiarezza, scioltezza e uso corretto della lingua. VOTO 30-30 e lode: Eccellente. Piena conoscenza e comprensione dei concetti e dei metodi della disciplina, ottime capacità analitiche anche nella risoluzione di problemi originali; ottime capacità di comunicazione e di apprendimento. 27-29: Molto buono. Conoscenza e comprensione molto buone dei concetti e delle metodi della disciplina; ottime capacità di comunicazione; ottima capacità di applicazione di concetti e metodi. 24-26: Buono. Buona conoscenza dei principali concetti e metodi della disciplina; discreta capacità di comunicazione; limitata autonomia nell'applicazione di concetti e metodi per la soluzione di problemi originali. 21-23: Soddisfacente. Conoscenza parziale dei concetti e dei metodi principali della disciplina; capacità comunicative soddisfacenti; scarsa autonomia di giudizio. 18-20: Accettabile. Conoscenza minima dei concetti e dei metodi della disciplina; capacità comunicative minime; autonomia di giudizio molto scarsa o nulla. Insufficiente: Conoscenza e comprensione insufficiente dei concetti e dei metodi della disciplina. Per gli studenti con disabilità e neurodiversità saranno garantiti gli strumenti compensativi e le misure dispensative individuate, dal CeNDis - Centro di Ateneo per la disabilità e la neurodiversità, in base alle specifiche esigenze e in attuazione della normativa vigente.
OBIETTIVI FORMATIVI	Il corso implementa gli obiettivi fissati dalla SUA-CdS della Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica e delle Telecomunicazioni per quanto riguarda l'elaborazione digitale dei segnali. I laureati troveranno impiego in particolare nei settori dell'ingegneria delle telecomunicazioni e dell'ingegneria elettronica, in cui le competenze acquisite nell'ambito dell'elaborazione dei segnali digitali svolgono un ruolo centrale. In accordo con i risultati di apprendimento attesi riportati dalla SUA-CdS, il laureato in Ingegneria Elettronica e delle Telecomunicazioni avrà acquisito, attraverso il corso in oggetto, la conoscenza delle principali tecniche di Digital Signal Processing.
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	Il corso è organizzato in 4 moduli, ognuno dei quali comprende una serie di videolezioni (preregistrate) e una serie di e-tivity: Più in dettaglio, l'elenco dei moduli è il seguente: 1) Segnali a tempo discreto e trasformata di Fourier discreta; 2) la trasformata Z e le sue proprietà; 3) Trasformata rapida di Fourier (FFT) e filtri di fase lineari; 4) Progettazione di filtri digitali: invarianza all'impulso e trasformata bilineare, approssimazioni di Butterworth e Chebyshev; Per ogni modulo, proponiamo una serie di esercizi come attività di apprendimento aggiuntive, ideate anche per facilitare l'autovalutazione dei

	risultati di apprendimento. Prevediamo che ogni studente dedichi circa 21 ore a queste attività. Circa la metà delle attività sono proposte come attività da svolgere autonomamente dagli studenti, mentre un'altra metà sarà supervisionata o guidata dal tutor del corso. Più in dettaglio, le attività interattive previste per ogni modulo sono le seguenti: 1) Esempi di trasformate di Fourier, metodi di convoluzione veloce; 2) Trasformate Z e trasformate Z inverse; 3) Esempi di FFT e implementazione di filtri FIR; 4) Progettazione dei filtri Butterworth e di Chebyshev. Le attività saranno organizzate sulla piattaforma di apprendimento on-line, sfruttando anche forum di discussione e incontri interattivi per l'organizzazione delle attività laboratoriali. Il numero complessivo di ore per le singole attività di studio è stimato pari a 87 ore aggiuntive, che includono 21 ore per la riproduzione delle videolezioni.
TESTI CONSIGLIATI	Oppenheim A.V. – Schaffer R.W.: digital signal processing. Prentice Hall, 2nd Edition ISBN: 0137549202, ISBN 0132141078, ISBN 0132146355, disponibile gratuitamente nel Sistema Bibliotecario di Ateneo (free book available at UNIPA library) Lecture notes and slides

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
5	Module 1: 3h Introduction to the course. Discrete-time signals and related analysis techniques: Fourier transform of discrete-time signals, finite duration signals, DFT and its fundamental properties 2h Discrete time systems described by input-output relations, impulse response and transfer function, linear convolution and cyclic convolution.
5	Module 2: 2h z-transform and its fundamental properties. 3h inverse z-transform.
6	Module 3: 3h FIR and IIR systems, representation of a system by signal flow graph, canonical realizations, linear phase filters, design of a linear phase FIR filter using the frequency sampling method, 3h Fast Fourier transform (FFT) and fast convolution techniques: time and frequency decimation, fast convolution methods ("overlap and sum" and "overlap and save")
5	Module 4: 3h Design of IIR filters: analog filter versus numerical filter specifications, typical schemes (low-pass filter, band-pass etc.), approximation problems, methods of impulse invariance and of the bilinear transformation 2h Butterworth and Chebyshev approximations, design techniques
ORE	Esercitazioni
21	Practice (e-tivity) 5 hours, Fourier transforms, fast convolution methods 5 hours, Z-transforms and inverse Z-transforms 5 hours, FFT examples and FIR filters implementation 6 hours, Butterworth e di Chebyshev filter design