



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## DIGITAL SIGNAL PROCESSING

**GREGORIO PROCISSI**

Anno accademico

2022/23

CdS

INGEGNERIA DELLE  
TELECOMUNICAZIONI

Codice

568II

CFU

12

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
FONDAMENTI DI DSP	ING-INF/03	LEZIONI	60	GREGORIO PROCISSI
LABORATORIO DI DSP CON APPLICAZIONI AL TELERILEVAMENTO	ING-INF/03	LABORATORI	60	NICOLA ACITO

### Obiettivi di apprendimento

#### *Conoscenze*

Lo studente che completerà con successo il corso sarà in grado di dimostrare una solida conoscenza delle nozioni di base sull'elaborazione del segnale digitale. Lui o lei acquisirà la capacità di analizzare segnali e sistemi discreti sia nel dominio del tempo che della frequenza. Lui o lei sarà anche in grado di dimostrare una conoscenza avanzata dell'uso della DFT (Discrete Fourier Transform) e della sua implementazione efficiente (FFT) per l'analisi spettrale di segnali di tempo discreti e per l'effettiva implementazione di filtri digitali. Infine, lui o lei sarà a conoscenza di metodi pratici per la sintesi di filtri digitali sia FIR (Finite Impulse Response) che IIR (Infinite Impulse Response).

#### *Modalità di verifica delle conoscenze*

Durante la prova scritta (2 ore), allo studente viene chiesto di risolvere due esercizi al fine di dimostrare la capacità di mettere in pratica i principi di base dell'elaborazione del segnale digitale. Uno degli esercizi può richiedere l'uso dell'ambiente MATLAB. Durante la prova orale, lo studente sarà valutato sulla sua capacità di discutere i contenuti del corso principale con competenza, consapevolezza critica e correttezza di espressione.

#### Metodi:

Prova scritta finale

Prova orale finale

Ulteriori informazioni:

La prova finale è composta da una prova scritta seguita da una prova orale. In generale, entrambe le parti contribuiscono ugualmente al il voto finale.

#### *Capacità*

Dopo aver completato con successo il corso, lo studente sarà in grado di risolvere i problemi dell'elaborazione del segnale digitale, sia dal punto di vista analitico che in modo pratico, attraverso l'uso del linguaggio MATLAB.

In particolare, lo studente sarà in grado di eseguire analisi spettrali di segnali digitali, nonché di progettare e implementare filtri FIR e IIR di manipolazione di sequenze di dati.

#### *Modalità di verifica delle capacità*

Durante le sessioni di laboratorio informatico, agli studenti verranno assegnati piccoli problemi per capire come utilizzare le funzioni MATLAB incluse nella libreria di elaborazione del segnale.

Inoltre, agli studenti verrà chiesto di implementare ex-novo una serie di funzioni per la manipolazione di sequenze e di spettri di sequenze, nonché per la progettazione del filtro.

Verranno inoltre assegnati compiti a casa, i quali saranno discussi in sessioni specifiche per valutare la capacità degli studenti nella risoluzione di problemi pratici

#### *Comportamenti*

Il corso mira a stimolare lo studente verso un approccio progressivo alla risoluzione dei problemi. Pertanto, allo studente verrà chiesto di risolvere un insieme di problemi elementari che possono essere composti insieme per raggiungere un obiettivo complesso. Pertanto lo studente maturerà una consapevolezza verso la scomposizione dei problemi in più sottoproblemi.



## UNIVERSITÀ DI PISA

### Modalità di verifica dei comportamenti

La verifica della "modifica" dell'atteggiamento dello studente verso la complessità sarà ottenuta mediante osservazioni qualitative, in particolare durante le sessioni di laboratorio informatico.

### Prerequisiti (conoscenze iniziali)

Conoscenza di base della teoria dei segnali e dei sistemi a tempo continuo e discreto.  
Conoscenza di base di analisi reale e complesso.

### Indicazioni metodologiche

Modalità di svolgimento delle lezioni: faccia a faccia  
Attività didattiche:

- frequenza delle lezioni
- partecipazione alle discussioni
- studio individuale
- attività di laboratorio

Frequenza: consigliata  
Metodi di insegnamento:

- lezioni
- laboratorio

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

Segnali e sistemi a tempo discreto. Sistemi descritti da equazioni alle differenze lineari a coefficienti costanti. Trasformata Z. Rappresentazione dei segnali nel dominio della frequenza. Analisi di sistemi lineari e tempo invarianti nel dominio della frequenza. Sintesi di semplici filtri LTI mediante posizionamento delle singolarità della funzione di sistema sul piano complesso. Elaborazione digitale di segnali a tempo continuo. La Trasformata Discreta di Fourier (DFT). Algoritmo di Fast Fourier Transform (FFT). Applicazioni della DFT: filtraggio FIR, analisi spettrale. Progetto di filtri FIR: troncatura e finestrazione, campionamento della risposta in frequenza, metodo Minimum Weighted Least Squares (MWLS). Progetto di filtri IIR basati su prototipi di filtri analogici: Butterworth, Chebyshev, Elliptic. Tecniche dell'invarianza impulsiva e della trasformazione bilineare. Metodi per la conversione della frequenza di campionamento

### Bibliografia e materiale didattico

Materiale didattico fornito dai docenti.

I testi consigliati sono riportati di seguito. Ulteriori riferimenti bibliografici potranno essere indicati durante le lezioni.

- [1] A. V. Oppenheim, R. W. Schaffer, "Discrete time signal processing III Ed.", Prentice Hall, 2010.
- [2] Boaz Porat, "A course in digital signal processing", J. Wiley & Sons, 1997.
- [3] J. G. Proakis, D. M. Manolakis, "Digital Signal Processing: principles, algorithms and applications V Ed.". Pearson Prentice Hall, 2007.
- [4] D. Manolakis, V. Ingle, "Applied Digital Signal Processing", Cambridge University Press, 2011
- [5] M. Diani, "Lezioni di Elaborazione Numerica dei Segnali", Pisa University Press, 2014

### Indicazioni per non frequentanti

Appunti di lezioni su esercitazioni e lezioni di laboratorio sono disponibili liberamente per tutti gli studenti iscritti alla pagina web del corso. Il programma d'esame non cambia in caso di mancata frequenza.

### Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova scritta e una orale.

La prova scritta consiste in due esercizi dove viene richiesta la soluzione analitica a problemi di elaborazione dei segnali numerici. La soluzione di uno degli esercizi può richiedere l'uso dell'ambiente MATLAB.

La prova orale consiste in un colloquio tra lo studente e gli insegnanti riguardante argomenti del corso. In genere al candidato verrà chiesto di ricavare alcuni dei principali risultati presentati nel corso. Inoltre, l'interrogazione può includere l'implementazione di un piccolo progetto da svolgere in MATLAB.

Ultimo aggiornamento 01/08/2022 07:03