



## UNIVERSITÀ DI PISA

### SEGNALI DETERMINISTICI

---

**ANTONIO ALBERTO D'AMICO**

Anno accademico 2020/21  
CdS INGEGNERIA ELETTRONICA  
Codice 802II  
CFU 9

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
SEGNALI DETERMINISTICI	ING-INF/03	LEZIONI	90	ANTONIO ALBERTO D'AMICO

#### Obiettivi di apprendimento

##### *Conoscenze*

Il corso fornisce agli studenti le conoscenze di base relative al trattamento dei segnali deterministici, sia tempo-continui sia tempo-discreti, con particolare riguardo al filtraggio attraverso sistemi lineari e tempo invarianti, nonché alla rappresentazione dei segnali nel dominio del tempo e della frequenza (analisi di Fourier). Verranno considerati sistemi di elaborazione del segnale sia analogici che numerici, con l'obiettivo di mettere in evidenza le principali differenze tra i due approcci.

##### *Modalità di verifica delle conoscenze*

La verifica delle conoscenze sarà effettuata proponendo agli studenti di risolvere degli esercizi in classe con la supervisione del docente. Inoltre, all'inizio di ogni lezione il docente farà un breve riepilogo dei concetti fondamentali visti nella lezione precedente coinvolgendo gli studenti con delle domande al riguardo.

##### *Capacità*

Al termine del corso, lo studente avrà sviluppato le seguenti capacità?:

- 1) Modellizzazione di sistemi tipici dell'Ingegneria dell'Informazione;
- 2) Analisi e rappresentazione di un segnale deterministico sia nel dominio del tempo che della frequenza;
- 3) Elaborazione di segnali tempo-continui e tempo-discreti mediante specifici sistemi, con particolare riguardo ai sistemi lineari e tempo invarianti;
- 4) Uso di concetti fondamentali nell'Ingegneria dell'Informazione, quali larghezza di banda, filtraggio di segnali, campionamento di segnali tempo continui.

##### *Modalità di verifica delle capacità*

Le capacità acquisite dallo studente saranno verificate mediante esercizi che il docente con regolarità assegnerà agli studenti. La correzione di tali esercizi avverrà in aula, in modo da fornire agli studenti gli strumenti per giudicare il loro livello di preparazione e sensibilizzarli a seguire il corso in maniera attiva.

##### *Comportamenti*

Gli studenti potranno acquisire e sviluppare rigore metodologico e scientifico, insieme alla capacità di analizzare criticamente le soluzioni dei problemi mettendo in evidenza i pro e i contro dei procedimenti adottati.

##### *Modalità di verifica dei comportamenti*

La verifica dei comportamenti degli studenti avverrà in aula durante le lezioni frontali, attraverso domande a loro rivolte su temi specifici trattati durante le lezioni precedenti.

##### *Prerequisiti (conoscenze iniziali)*

È richiesta una buona conoscenza dei principi di base dell'analisi matematica, con particolare riguardo al calcolo di derivate e di integrali.

##### *Corequisiti*

È consigliabile seguire il corso di Elettrotecnica in parallelo al corso di Teoria dei Segnali, in quanto i circuiti elettrici rappresentano esempi di sistemi lineari e tempo invarianti ripetutamente richiamati durante questo insegnamento.



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

### Indicazioni metodologiche

Tipo di insegnamento: lezioni frontali

Metodi di apprendimento:

- presenza alle lezioni
- partecipazione alle discussioni
- studio individuale

Frequenza: raccomandata

Forme di insegnamento:

- lezioni

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

Richiami sui numeri complessi, forma cartesiana e forma polare di un numero complesso. Definizioni e proprietà elementari dei segnali.

Definizione di energia e potenza media di segnali a

tempo continuo. Segnali notevoli: gradino unitario, esponenziale monolatero ed esponenziale complesso. Rappresentazione fasoriale di un segnale sinusoidale, e vettori controrotanti. Proprietà della base di Fourier. Sviluppo di un segnale periodico in serie di Fourier e relativi criteri di convergenza. Serie di Fourier di segnali notevoli (onda rettangolare e onda triangolare). Proprietà della serie di Fourier di un segnale periodico reale. Teorema di Parseval e spettro di potenza. Trasformata continua di Fourier e sue proprietà. Banda di un segnale e definizione del decibel. Convoluzione e cross-correlazione tra segnali. Introduzione della delta di Dirac. Elaborazione dei segnali mediante sistemi: sistemi lineari, tempo-invarianti, con e senza memoria, causali e non, stabilità BIBO. Risposta impulsiva e risposta in frequenza di un sistema lineare e tempo-invariante (LTI), risposta di un sistema LTI ad una sinusoide in ingresso. Filtri passa basso, passa alto e passa banda. Filtraggio di un segnale mediante un sistema LTI. Sistemi non distorcenti e tipo di distorsioni. Campionamento di segnali a tempo continuo. Teorema del campionamento, frequenza minima di Nyquist, interpolazione.

Analisi di Fourier per segnali tempo-discreti aperiodici e periodici. Trasformata discreta di Fourier (DFT) e sue applicazioni. Algoritmi efficienti (FFT) per il calcolo della DFT. Applicazioni della FFT al filtraggio ed all'analisi spettrale. Sistemi tempo discreti. Filtri FIR ed IIR, e loro realizzazione mediante sistemi descritti da equazioni alle differenze lineari a coefficienti costanti. Poli e zeri di un sistema.

### Bibliografia e materiale didattico

Testi consigliati:

- [1] Marco Luise e Giorgio M. Vitetta, "Teoria dei Segnali", Mc-Graw Hill Companies, 2009.
- [2] Lucio Verrazzani, "Teoria dei Segnali: Segnali determinati", ETS Università, 1984.
- [3] Dimitris Manolakis and Vinay Ingle, "Applied Digital Signal Processing. Theory and Practice", Cambridge University Press, 2011.

### Indicazioni per non frequentanti

I temi affrontati nel corso sono ampiamenti trattati nei testi classici di teoria dei segnali e di elaborazione numerica dei segnali, e quindi facilmente reperibili anche non frequentando le lezioni frontali. Per ogni chiarimento sugli argomenti del corso, è sempre possibile contattare il docente via posta elettronica chiedendo un appuntamento.

### Modalità d'esame

L'esame è composto da una prova scritta e una prova orale. In generale, il voto finale è dato dalla media aritmetica dei voti riportati allo scritto ed all'orale.

Durante la prova scritta, che dura un'ora, lo studente deve risolvere due esercizi sugli argomenti del corso. La prova viene superata solo se lo studente acquisisce un punteggio di almeno 15/30. Una volta superata, essa rimane valida per tutta la sessione di appelli corrente.

Durante la prova orale verrà verificata la comprensione degli aspetti teorici dell'insegnamento da parte del candidato. Si potrà anche richiedere la risoluzione di problemi/esercizi scritti davanti al docente o in separata sede. La prova sarà superata solo se il candidato mostra di sapersi esprimere in modo chiaro e con la giusta terminologia, rispondendo correttamente almeno alle domande sugli argomenti basilari del corso.

Ultimo aggiornamento 22/11/2021 14:47