



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## TEORIA DEI SISTEMI E DEL CONTROLLO

### LUCIA PALLOTTINO

Anno accademico

2023/24

CdS

INGEGNERIA ROBOTICA E  
DELL'AUTOMAZIONE

Codice

281II

CFU

12

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
TEORIA DEI SISTEMI	ING-INF/04	LEZIONI	60	LUCIA PALLOTTINO
TEORIA DEL CONTROLLO	ING-INF/04	LEZIONI	60	LORENZO POLLINI

### Obiettivi di apprendimento

#### Conoscenze

Il corso si propone di fornire agli studenti:

- conoscenze di base inerenti alla teoria dei sistemi dinamici e al controllo degli stessi;
- conoscenze sulle metodologie di modellazione, analisi e progetto di sistemi di controllo per sistemi dinamici.

#### Modalità di verifica delle conoscenze

La verifica delle conoscenze avviene attraverso discussione durante l'esame orale.

#### Capacità

Lo studente al termine dell'insegnamento dovrà:

- Saper riconoscere le caratteristiche dei sistemi dinamici (lineari e non lineari), conoscere il concetto di stato e le proprietà dei sistemi lineari, conoscere i concetti di equilibri e stabilità, e saper analizzare le principali proprietà strutturali dei sistemi dinamici lineari stazionari a tempo continuo e a tempo discreto (stabilità, controllabilità, osservabilità);
- Saper analizzare l'andamento in evoluzione libera dei sistemi lineari stazionari a tempo continuo e caratterizzare lo spazio in cui è possibile far evolvere un sistema soggetto ad un ingresso;
- Caratterizzare e gestire sistemi lineari con più ingressi e più uscite,
- Saper progettare stimatori asintotici dello stato di ordine intero e ridotto, controllori con la tecnica del pole placement sia nel caso SISO che MIMO.
- Saper impostare e risolvere problemi di controllo ottimo con la tecnica del Calcolo della variazioni.

#### Modalità di verifica delle capacità

Durante lo svolgimento del corso allo studente vengono proposti test periodici con esercizi che richiedono soluzione analitica su tutte le capacità oggetto del corso. Lo stesso accade in sede di esame orale finale.

#### Comportamenti

Al termine del corso lo studente sarà in grado di analizzare le caratteristiche principali dei sistemi dinamici con particolare dettaglio per i sistemi lineari stazionari a tempo continuo. Sarà inoltre in grado di progettare un regolatore basato su osservatore che verifichi le specifiche richieste.

#### Modalità di verifica dei comportamenti

La verifica dei comportamenti avviene attraverso una approfondita discussione durante l'esame orale.

### Prerequisiti (conoscenze iniziali)

- Sistemi di equazioni differenziali lineari e non-lineari;
- Algebra delle matrici ed interpretazione geometrica degli operatori algebrici lineari;



## UNIVERSITÀ DI PISA

- Analisi e controllo di sistemi dinamici lineari nello spazio delle frequenze;

### Indicazioni metodologiche

Le lezioni e le esercitazioni vengono svolte attraverso la didattica frontale in aula con uso di lavagna standard e gessetti e occasionale proiezione di lucidi o filmati. Le attività di apprendimento avvengono seguendo le lezioni e partecipando alle discussioni in aula.

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

- Teoria dei sistemi: caratterizzazione e formalizzazione dei sistemi dinamici;
- Introduzione alla modellistica dei sistemi
- Concetto di stato, rappresentazioni implicite ed esplicite dei sistemi dinamici;
- Concetti di equilibri e stabilità per sistemi dinamici, linearizzazione;
- Caratterizzazione e proprietà dei sistemi lineari stazionari a tempo continuo;
- Caratterizzazione e formalizzazione delle proprietà di stabilità, raggiungibilità e osservabilità;
- Connessioni di sistemi dinamici e realizzazioni minime, forma di Kalman;
- Sistemi dinamici con più ingressi e più uscite;
- Realizzazione di controllori a ciclo aperto;
- Realizzazione di controllori a ciclo chiuso;
- La tecnica del pole placement;
- Realizzazione di osservatori asintotici dello stato e loro uso in feedback: il principio di separazione;
- La tecnica del calcolo delle variazioni per problemi di ottimizzazione vincolati e non;
- Il problema di controllo ottimo;
- Controllo ottimo per sistemi lineari tempo invarianti;
- L'equazione di Riccati (differenziale e algebrica) e le sue proprietà.

### Bibliografia e materiale didattico

#### Testi consigliati:

E.Fornasini, G.Marchesini, "APPUNTI DI TEORIA DEI SISTEMI", (terza edizione), pp. 539, Libreria ed. Progetto, Padova, 2003

E.Fornasini, G. Marchesini, "ESERCIZI DI TEORIA DEI SISTEMI", pp. 303, ed. Progetto, Padova, 1985

Bolzern, R. Scattolini, N. Schiavoni: "Fondamenti di controlli automatici", McGraw Hill Italia (in Italiano).

Donald E. Kirk, "Optimal Control Theory- an introduction", pp 480, Dover Books on Electrical Engineering, 2012.

### Indicazioni per non frequentanti

Nessuna

### Modalità d'esame

Nel corso dell'anno verranno proposti test di apprendimento facoltativi che, se superati positivamente, possono contribuire alla valutazione finale. L'esame per il superamento del corso è orale.

La prova orale consiste in un colloquio tra il candidato e la commissione. Al fine di una valutazione quanto più completa, durante la prova orale, viene richiesto al candidato di risolvere analiticamente problemi/esercizi e di descrivere in dettaglio e formalmente aspetti teorici e metodologici proposti dalla commissione.

La prova orale è non superata in una qualsiasi delle seguenti circostanze, valutate dalla commissione di esame:

- il candidato non è ripetutamente in grado di motivare razionalmente il proprio approccio alla soluzione di esercizi;
- il candidato non è in grado di risolvere gli esercizi proposti;
- il candidato mostra di non essere in grado di esprimersi in modo chiaro e di usare la terminologia corretta richiesta dalla materia d'esame;
- il candidato mostra ripetutamente l'incapacità di mettere in relazione parti del programma e nozioni che deve usare in modo congiunto per rispondere in modo corretto ad una domanda;
- il candidato non è in grado di definire o utilizzare correttamente le proprietà dei sistemi dinamici.

### Note

Nessuna

Ultimo aggiornamento 11/08/2023 15:38