



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## CONTROLLI AUTOMATICI

**GIORGIO GRIOLI**

Academic year	2023/24
Course	INGEGNERIA DEI VEICOLI
Code	380II
Credits	6

Modules	Area	Type	Hours	Teacher(s)
CONTROLLI AUTOMATICI	IING-INF/04,NN	LEZIONI	60	GIORGIO GRIOLI DANIELA SELVI

### Obiettivi di apprendimento

#### *Conoscenze*

Il corso si propone di fornire agli allievi le nozioni fondamentali e gli strumenti necessari per l'analisi, la progettazione e la realizzazione di sistemi di controllo per sistemi automatici, intesi nella loro più ampia accezione: sistemi fisici controllati da un processore digitale, dotati di capacità sensoriali e di interazione con l'ambiente, con caratteristiche di elevata autonomia e di facile interfacciamento con l'uomo. Al termine del corso, lo studente avrà:

- capacità di analizzare e controllare sistemi meccanici e veicoli complessi;
- valutare i limiti di applicazione delle metodologie di controllo lineare nel caso di sistemi non lineari e utilizzare correttamente gli strumenti utili a superare tali limitazioni;
- conoscenze sulle tecniche e gli algoritmi di pianificazione del moto di sistemi dinamici;
- conoscenze sulle tecniche e gli algoritmi di filtraggio delle misure e di ricostruzione dello stato di sistemi dinamici.

#### *Modalità di verifica delle conoscenze*

La verifica delle conoscenze avviene attraverso la applicazione delle stesse a casi di studio, i cui risultati sono presentati e discussi attraverso una relazione tecnica ed una presentazione con strumenti multimediali.

#### *Capacità*

Al termine dell'insegnamento lo studente saprà:

- Analizzare le caratteristiche e le proprietà strutturali della dinamica di sistemi dinamici con tecniche avanzate nello spazio di stato
- Progettare strategie di controllo per sistemi dinamici
- Implementare algoritmi di ricostruzione dello stato di sistemi dinamici a partire dalle misure
- Utilizzare software di simulazione per sistemi dinamici

#### *Modalità di verifica delle capacità*

Durante il corso le tecniche apprese di pianificazione e controllo verranno applicate su sistemi dinamici simulati e/o fisici in attività di esercitazione e laboratoriale, sotto la supervisione dei docenti e dei collaboratori alla didattica

#### *Comportamenti*

Al termine del corso gli studenti avranno sviluppato l'attitudine a riconoscere, nei problemi applicativi di diversa natura che possono essere loro proposti, le caratteristiche salienti dei sistemi dinamici in una accezione ampia del termine, di riconoscere le tecniche più adeguate per il controllo, e di applicare gli strumenti appresi.

#### *Modalità di verifica dei comportamenti*

Agli studenti verrà chiesto di svolgere un approfondimento dei temi presentati in aula. In questo modo, potranno dimostrare di saper estendere l'applicabilità dei metodi ad una classe più generale di problemi che potranno incontrare nella loro vita professionale.

### Prerequisiti (conoscenze iniziali)

- Elementi di algebra lineare;
- Modellistica cinematica e dinamica di sistemi meccanici senza e con vincoli;



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

- Teoria dei sistemi lineari;
- Tecniche di controllo dei sistemi lineari;
- Capacità di base di utilizzo di software di analisi e simulazione (e.g. Matlab, Simulink)

### Indicazioni metodologiche

Le lezioni vengono svolte alla lavagna con l'eventuale uso di supporti multimediali per la visione di immagini e video.

Modalità di apprendimento:

- Partecipazione alle lezioni
- Partecipazione a seminari
- Partecipazione alle discussioni
- Studio individuale
- Lavoro di gruppo
- Lavoro di laboratorio

Metodologia di insegnamento:

- Lezioni
- Seminari
- Tutorato

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

1. Stabilità:  
Definizioni, Teoremi e Metodi di Lyapunov, Teoremi di La Salle e Krasovskii, Regione di Asintotica Stabilità, Applicazioni ai Sistemi Lineari Tempo Invarianti - Continui e Discreti, Applicazione e sistemi non stazionari.
2. Raggiungibilità e Controllabilità:  
Controllabilità all'origine e Raggiungibilità, Lemma PBH, Forma Canonica di Controllo, Scomposizione Standard, Pianificazione Ottima su Orizzonte Finito.
3. Retroazione degli Stati:  
Stabilità, Allocazione dei Poli, Controllo LQR, Invarianza degli Zeri, Cenni su Sistemi MIMO
4. Osservabilità e Ricostruibilità:  
Indistinguibilità degli Stati Iniziali e Ricostruibilità, Forma Canonica di osservazione, forma Standard di Osservabilità, Dualità
5. Osservatori:  
Osservatore di Leuenberger, Filtro di Kalman, cenni su estensioni al filtraggio di sistemi non lineari
6. Realizzazioni e Connessione di Sistemi:  
Scomposizione Canonica o di Kalman, Realizzazioni di sistemi, Effetti della retroazione degli stati e dell'iniezione delle uscite, Grado Relativo, Raggiungibilità e Osservabilità di Sistemi Connessi in serie, parallelo e retroazione.
7. Regolazione dei sistemi:  
Montaggi di Controllore e Osservatore e Sintesi del regolatore, Principio di separazione, Specifiche di progetto, Esempi
8. Controllo e Pianificazioni di Sistemi Non Lineari:  
Modello di Uniciclo, Modello di Biciclo, Controllo alla Lyapunov di postura, movimento e traccia.

### Bibliografia e materiale didattico

- E. Fornasini, G. Marchesini: "Appunti di Teoria dei Sistemi" - Notes of the lecturer
- Paolo Giuseppe Emilio Bolzern, Riccardo Scattolini, and Nicola Luigi Schiavoni. "Fondamenti di controlli automatici". McGraw-Hill, 2008
- Giovanni Marro, "Controlli Automatici." *Zanichelli, Bologna* (2004).
- dispense fornite dai docenti

### Indicazioni per non frequentanti

Nessuna variazione.

### Modalità d'esame

Nel corso dell'esame il candidato deve dimostrare conoscenza e capacità operative in tutte le parti in cui si articola il programma. Deve inoltre dimostrare di sapere implementare le tecniche studiate nel corso in contesti applicativi, realizzando dimostratori software e/o hardware di sistemi dinamici.



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

Il candidato è incoraggiato a svolgere un approfondimento applicativo (progetto) **su temi concordati** con i docenti del corso, presentandone i risultati attraverso dimostrazione pratica e/o discussione pubblica.

Ad integrazione di tale discussione, i docenti procederanno alla eventuale verifica delle conoscenze teoriche del programma non già esplicitate nella discussione dell'approfondimento applicativo.

*Ultimo aggiornamento 31/10/2023 18:07*