



## UNIVERSITÀ DI PISA TEORIA DEI SISTEMI

---

### MATTEO BIANCHI

Anno accademico	2018/19
CdS	INGEGNERIA DELL'ENERGIA
Codice	620II
CFU	6

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
TEORIA DEI SISTEMI	ING-INF/04	LEZIONI	60	MATTEO BIANCHI

#### Obiettivi di apprendimento

##### *Conoscenze*

Al termine del corso lo studente sarà posto in grado di:

- saper interpretare semplici modelli matematici di sistemi dinamici non lineari tempo continui e determinarne le caratteristiche fondamentali, soprattutto in termini di stabilità;
- saper porre, e interpretare, le specifiche di funzionamento di un sistema dinamico nelle diverse forme in cui esse possono venir descritte (attraverso una procedura di linearizzazione);
- conoscere le tecniche di analisi dei sistemi lineari nel dominio della frequenza (trasformata di Laplace, funzioni di trasferimento, diagrammi di Bode e Nyquist, luogo delle radici);
- saper progettare un regolatore per un sistema assegnato che realizzi date specifiche di stabilità pratica, precisione, prontezza

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

La verifica delle conoscenze sarà oggetto della valutazione dell'elaborato scritto previsto all'inizio di ogni sessione d'esame. Saranno inoltre previste esercitazioni e ricevimenti collettivi per valutare il grado di acquisizione delle conoscenze.

##### *Capacità*

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

- sarà in grado di applicare le conoscenze acquisite nell'ambito del corso per determinare le condizioni di equilibrio di un sistema a partire dal suo modello dinamico, linearizzare il sistema e di condurre l'analisi rigorosa delle proprietà di un sistema dinamico lineare, di determinarne i modi e di calcolarne analiticamente la risposta libera e forzata. Determinare ed interpretare la risposta al gradino
- sarà in grado di interpretare criticamente e di esprimere specifiche statiche e dinamiche sulla risposta di un sistema in vincoli per luogo delle radici e diagramma di Bode;
- sarà in grado di progettare la funzione di trasferimento di un controllore tale da soddisfare le specifiche assegnate;
- sarà in grado di utilizzare il tool Sisotool, app del software MATLAB, come supporto per lo sviluppo del controllore di un sistema dinamico lineare di tipo SISO;
- sarà in grado di utilizzare il software MATLAB per verificare il rispetto delle specifiche assegnate simulando la risposta del sistema in anello chiuso a segnali di ingresso canonici.

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

Durante le sessioni di laboratorio informatico saranno svolti piccoli progetti tesi al comprendere l'utilizzo del software Matlab e Sisotool ed a risolvere compiti di esami precedenti

##### *Comportamenti*

Lo studente sarà in grado di considerare sistemi dinamici - specialmente elettro-meccanici - in un'ottica di controllo e soddisfacimento delle capacità. Lo studente avrà le capacità basiche per interfacciarsi in ambito industriale con specifiche date di funzionamento richieste ai sistemi dinamici.

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

Durante le sessioni di laboratorio saranno valutati il grado di accuratezza e precisione delle attività svolte



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

### Prerequisiti (conoscenze iniziali)

- Matematica: equazioni differenziali, algebra delle matrici, nozioni di geometria;
- Fisica: meccanica ed elettromagnetismo

### Corequisiti

I pre-requisiti sono sufficienti

### Prerequisiti per studi successivi

Questo corso costituisce un prerequisito per tutti gli insegnamenti delle Lauree magistrali in Ingegneria i quali fanno riferimento al settore scientifico disciplinare (SSD) ING INF/04.

### Indicazioni metodologiche

- Le lezioni si svolgono come lezioni frontali, con ausilio della lavagna per la derivazione delle equazioni e/o di lucidi
- Le esercitazioni si svolgono in laboratorio utilizzando i PC delle aule informatiche;
- Il materiale didattico, le esercitazioni, test, il registro delle lezioni sono reperibili dalla pagina del corso;
- Il personale di supporto alla didattica fornisce supporto durante le esercitazioni e lo svolgimento degli esami;
- Un gruppo email servirà per le comunicazioni tra docente e studenti che avranno a disposizione un giorno settimanale per il ricevimento con il docente

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

- Introduzione al corso e modalità di esame. L'automazione. Sistemi di controllo. Sistemi dinamici tempo continuo. Esempi: open loop vs. closed loop.
- Equazioni differenziali ordinarie e l'operatore differenziale. Sistemi dinamici tempo discreto: definizione ed esempi.
- Definizioni: forma normale e forma di stato. Definizione di ingresso, stato e uscita.
- Introduzione a Matlab ed esempi
- Proprietà dei sistemi dinamici: causalità, stazionarietà, linearità e principio di sovrapposizione degli effetti. Cambiamento di coordinate ed equivalenza di sistemi dinamici. Il concetto di equilibrio; esempio di calcolo degli equilibri.
- Sistemi SISO, SIMO, MISO, MIMO: definizione e struttura delle equazioni differenziali. La linearizzazione di sistemi di equazioni differenziali non lineari. Esempi: linearizzazione in punto di equilibrio e attorno ad una traiettoria
- Forma di stato. Esempi. Calcolo di una soluzione in forma chiusa per sistemi LTI tempo continui: l'equazione di Lagrange; integrale di convoluzione.
- Forma di Jordan e analisi modale.
- Stabilità: definizione e criteri
- Trasformata di Laplace e risposte forzate di sistemi LTI. Funzione di trasferimento.
- Analisi in frequenza: diagrammi di Bode, Nyquist
- Effetti della retroazione e specifiche. Definizione matematica delle specifiche. Criterio di Nyquist.
- Progetto del controllore per sistema stabile.
- Progetto del controllore mediante luogo delle radici. La tecnica del doppio anello di controllo.
- Progetto del controllore mediante il tool Sisotool.

### Bibliografia e materiale didattico

- A. Bicchi. "Fondamenti di Automatica - Parte I" (<http://www.centropiaggio.unipi.it/sites/default/files/fda1-text.pdf>)
- P. Bolzern, R. Scattolini, N. Schiavoni: "Fondamenti di Controlli Automatici", McGraw Hill
- G. Marro: "Controlli Automatici", Zanichelli
- Danilo Caporale, Silvia Strada, "Automatica - Raccolta di esercizi risolti, con appendice MATLAB", 2015, Pitagora, ISBN 88-371-1915-1

### Indicazioni per non frequentanti

No

### Modalità d'esame

La verifica delle conoscenze avverrà mediante una prova scritta e una orale. Nella prova scritta lo studente dovrà analizzare un sistema dinamico non lineare tempo-continuo, porlo in una opportuna descrizione matematica linearizzata, individuarne le caratteristiche funzionali, tradurre matematicamente le specifiche richieste per il suo funzionamento ideale e progettare un controllore per rispettare tali specifiche. Durante la prova lo studente avrà a disposizione un opportuno strumento di calcolo e l'uso del materiale del corso e di ogni altro materiale ritenuto utile. L'incapacità a tradurre le specifiche assegnate in vincoli sul diagramma di Bode o di determinare un controllore per il



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

soddisfacimento di tali vincoli sono considerate lacune sufficienti a determinare il non superamento dell'esame. Per gli scritti sufficienti, il giudizio complessivo è il risultato della bontà della risposta ai vari punti proposti in termini di completezza e correttezza dei risultati, rigore dell'approccio e del linguaggio utilizzato, chiarezza di spiegazione dei vari passaggi. In caso di superamento della prova scritta (valutazione  $\geq 18/30$ ), durante la prova orale, lo studente dovrà interagire con la commissione svolgendo uno o più esercizi sulle tematiche del corso e rispondendo a quesiti di carattere più strettamente teorico. Il voto complessivo sarà mediato sui risultati della prova scritta e orale.

### Stage e tirocini

No

### Pagina web del corso

<http://www.centropiaggio.unipi.it/course/teoria-dei-sistemi.html-0>

### Note

L'orario di ricevimento è aggiornato dal docente sulla pagina del corso (si suggerisce di far presente, eventualmente anche con minimo anticipo, al docente l'intenzione di presentarsi). Il docente è sempre disponibile a concordare con lo studente, tramite email, ricevimento in orario diverso da quello canonico.

*Ultimo aggiornamento 23/07/2018 16:26*