



# UNICUSANO

Università degli Studi Niccolò Cusano - Telematica Roma

---

## ***FACOLTÀ DI INGEGNERIA***

### ***CORSO DI LAUREA in Ingegneria Gestionale***

Classe L/9

#### **Insegnamento di Fondamenti di Automatica**

**9 C.F.U. – A.A. 2015-2016**

**Docente: Prof. Massimo Cefalo**

**E-mail: [massimo.cefalo@unicusano.it](mailto:massimo.cefalo@unicusano.it)  
[cefalo.m@gmail.com](mailto:cefalo.m@gmail.com)**

## **Presentazione del corso**

L'automazione è un complesso di tecniche volte a sostituire l'intervento umano, in tutto o in parte, per migliorarne l'efficienza, nell'esercizio di dispositivi e di impianti. Un importante capitolo della scienza dell'automazione è costituito dalla disciplina dei controlli automatici: tale disciplina si occupa dello studio dei dispositivi (detti "regolatori", "controllori" o più semplicemente "dispositivi di controllo") mediante i quali si fanno variare automaticamente le grandezze liberamente manipolabili di un sistema (detto sistema controllato) in modo che esso subisca l'evoluzione nel tempo considerata migliore possibile secondo opportuni criteri. Il presente corso si prefigge lo scopo di introdurre agli studenti i concetti di base del mondo del controllo automatico.

Il corso di Fondamenti di Automatica è organizzato in tre parti. La prima parte del corso è dedicata all'introduzione dei sistemi dinamici. Vengono introdotti gli strumenti matematici per ottenere un modello di un sistema dinamico che ne rappresenti i comportamenti di interesse. In particolare vengono introdotte le rappresentazioni con lo spazio di stato e le loro proprietà. La seconda parte del corso è relativa allo studio delle proprietà di stabilità di un sistema. Proprietà desiderata per ogni sistema di controllo e dunque da considerarsi come requisito minimo nei problemi di sintesi di un controllore. La terza parte del corso, infine, fornisce gli strumenti di analisi e sintesi dei controllori per i sistemi lineari tempo continuo.

Il Regolamento didattico del Corso di Laurea prevede che lo studente sia in grado di prepararsi a sostenere l'esame nell'arco di un periodo di 12 settimane.

## Propedeuticità

Il presente corso presume che lo studente abbia già acquisito conoscenza dei fondamenti del calcolo differenziale (con particolare riferimento alla teoria delle equazioni differenziali lineari), dell'algebra lineare (autovalori, autovettori, forme canoniche di operatori lineari) e della fisica (sistemi meccanici ed elettrici). Si assume inoltre che lo studente conosca già la teoria alla base della trasformata di Laplace.

L'esame di Fisica Generale I è propedeutico al sostenimento della prova d'esame del presente corso.

## Ricevimento studenti

Consultare il calendario alla pagina seguente del nostro sito verificando gli orari di Videoconferenza di Informatica:

<http://www.unicusano.it/calendario-lezioni-in-presenza/calendario-area-ingegneristica>

## Orario delle lezioni

Consultare il calendario alla pagina seguente del nostro sito verificando gli orari di Modulo di Informatica:

<http://www.unicusano.it/calendario-lezioni-in-presenza/calendario-area-ingegneristica>

## Date degli appelli

Consultare il calendario alla pagina <http://www.unicusano.it/date-appelli/appelli-ingegneria> per gli appelli presso la sede di Roma, e alla pagina <http://www.unicusano.it/date-appelli/appelli-sedi-esterne> per gli appelli presso le sedi esterne.

# Programma del corso

## PARTE I - I SISTEMI DINAMICI (moduli da 1 a 8)

### *Moduli da 1 a 4:*

Introduzione ai sistemi dinamici: rappresentazioni con lo stato e proprietà.  
Esempi di modellistica.

### *Moduli da 5 a 8:*

Matrice di transizione dello stato e analisi modale.  
Evoluzione forzata: risposta impulsiva, risposta a gradino, e risposta a regime permanente.  
Richiami sulla teoria della trasformata di Laplace e trasformate di Laplace notevoli.  
Funzioni di trasferimento.  
Sistemi interconnessi in serie, in parallelo, e in retroazione.

## PARTE II - LA STABILITÀ DEI SISTEMI (moduli da 9 a 12)

### *Moduli da 9 a 12:*

Introduzione alla stabilità dei sistemi.  
Stabilità asintotica e criterio di Routh.  
Stabilità dei sistemi a retroazione: criterio di Nyquist.  
Margini di stabilità.

## PARTE III - IL PROGETTO DI UN CONTROLLORE (moduli da 13 a 36)

### *Moduli da 13 a 16:*

Introduzione al problema del controllo.  
Il controllo a controreazione e a compensazione diretta.  
Proprietà fondamentali dei sistemi di controllo a retroazione  
Specifiche di controllo.

### *Moduli da 17 a 20:*

Progetto dei controllori nel dominio della frequenza.  
Funzioni compensatrici elementari.  
Sintesi delle funzioni compensatrici attraverso l'uso dei diagrammi di Bode della risposta in frequenza.

### *Moduli da 21 a 26:*

Progetto dei controllori nel dominio di Laplace.  
Il luogo delle radici ed il suo utilizzo nella sintesi del controllore.  
Stabilizzazione dei sistemi a fase minima mediante il luogo delle radici.  
Stabilizzazione di sistemi a fase non minima.  
Progetto mediante assegnazione dei poli.

### *Moduli da 27 a 36:*

Progetto dei controllori nel dominio del tempo.  
Proprietà strutturali: raggiungibilità e osservabilità.  
Decomposizioni strutturali secondo Kalman.  
Assegnazione degli autovalori e stabilizzazione mediante reazione dallo stato.  
Osservatore asintotico o rilevatore dello stato.  
Principio di separazione.  
Assegnazione degli autovalori e stabilizzazione mediante reazione dall'uscita.  
Criteri per la scelta degli autovalori ad anello chiuso.

## Testi di riferimento

*Principali testi di riferimento:*

- Dispense del docente
- S. Monaco: "Sistemi Lineari - Elementi di Analisi", Esculapio (Progetto Leonardo), 2000.
- Paolo Bolzern, Riccardo Scattolini, Nicola Schiavoni , "Fondamenti di controlli automatici", McGraw-Hill

*Altri testi consigliati:*

- A. Isidori: "Sistemi di Controllo", Voll. 1 e 2, Siderea, 1992.
- A. Ruberti, A. Isidori: "Teoria dei Sistemi", Boringhieri, 1979.
- A. Ruberti, A. Isidori: "Teoria della Stabilità", Siderea, 1977.
- Celentano, Celentano, "Fondamenti di Dinamica dei Sistemi", Edises
- S. Battilotti, S. Di Gennaro, C. Gori Giorgi, S. Monaco, "Teoria dei Sistemi – Complementi ed Esercizi", EUROMA, - La Goliardica.
- G. Marro, Controlli Automatici, Zanichelli

*Alcuni testi in inglese:*

- J.C. Doyle, B.A. Francis, A.R. Tannenbaum: "Feedback Control Theory", Maxwell MacMillan, 1992.
- G.F. Franklin, J.D. Powell, A. Emami-Naeini: "Feedback Control of Dynamic Systems", Addison-Wesley, 1994.
- H. K. Khalil: "Nonlinear Systems", Prentice Hall.

## Obiettivi formativi

Il corso si propone di fornire agli studenti le nozioni fondamentali alla base dei sistemi dinamici e dei sistemi di controllo automatico. In particolare, vengono presentata la teoria per rappresentazione di un sistema dinamico con lo spazio di stato e lo studio delle sue proprietà. Vengono inoltre introdotti i principali strumenti necessari per l'analisi e la sintesi di dispositivi di controllo automatico nel dominio del tempo continuo per i sistemi lineari. Durante il corso vengono proposti esempi di applicazione della teoria esposta, su sistemi meccanici ed elettro-meccanici appartenenti all'automazione industriale, alla robotica e alla componentistica intelligente per i veicoli e le macchine in genere.

I sistemi digitali e il problema del controllo non lineare di sistemi non lineari in genere, esulano dagli obiettivi del presente corso.

## Risultati attesi di apprendimento

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

- saper definire modelli matematici ingresso-uscita e rappresentazioni con lo stato di semplici sistemi dinamici ed in particolare di sistemi elettro-meccanici;
- saper determinare le caratteristiche fondamentali di tali modelli (stabilità, controllabilità, osservabilità, risposte ad ingressi tipici);
- saper porre e interpretare le specifiche di funzionamento di un sistema dinamico e di un sistema di controllo nelle diverse forme in cui esse possono venir descritte;
- conoscere le tecniche di analisi dei sistemi lineari nel dominio della frequenza (funzioni di trasferimento, diagrammi di Bode e Nyquist, luogo delle radici);
- saper progettare un controllore, con i metodi di progetto tipici nel dominio della frequenza, nel dominio di Laplace e nel dominio del tempo, per un sistema lineare tempo continuo assegnato che realizzi opportune specifiche assegnate.

## Programma ridotto

Gli studenti che a seguito dell'avvenuto riconoscimento di un esame affine, sostenuto in una precedente carriera accademica, devono sostenere l'esame di Fondamenti di Automatica in forma ridotta (non da 9 c.f.u.) saranno esaminati sugli argomenti del corso relativi alla sintesi dei controllori (ovvero sulla parte III del programma: moduli da 13 a 36, estremi compresi).

## Modalità d'esame e di valutazione

L'esame consiste in una **prova scritta** della durata di 90 minuti, sia quando svolto nella sede di Roma, sia quando svolto in un polo esterno. Non è prevista una prova orale.

Durante lo svolgimento della prova d'esame **NON è consentito** utilizzare dispense, appunti, testi o formulari in formato cartaceo di alcun genere. Non è altresì consentito l'uso di telefoni cellulari o di calcolatrici programmabili.

Prof. Massimo Cefalo