

# Introduzione al corso di Teoria dei Sistemi e del Controllo.

Prof. Roberto Zanasi

Modena, A.A. 2012–2013

- Indirizzo:

- DII - Dip. di Ingegneria dell'Informazione  
Università di Modena e Reggio Emilia  
Via Vignolese 905, 41100 Modena
- E-mail: roberto.zanasi@unimore.it
- Tel: (059) 2056161;

- Libri di testo:

- **Fotocopie dei lucidi utilizzati a lezione dal docente.**
- E. Fornasini, G. Marchesini: Appunti di Teoria dei Sistemi, Ed. Libreria Progetto (Padova).
- G. Marro, Teoria dei Sistemi e del Controllo, Zanichelli.
- G.F. Franklin, J.D. Powell, A. Emami-Naeini, Controllo a retroazione di sistemi dinamici, Volume II, EdiSES, Napoli, 2005.
- P. Bolzern, R. Scattolini, N. Schiavoni, Fondamenti di Controlli Automatici, McGraw-Hill Libri Italia, Milano, 1998
- G.F. Franklin, J.D. Powell, A. Emami-Naeini, Feedback Control of Dynamic Systems, Third Edition, Addison-Wesley, 1994.
- B. C. Kuo, Automatic Control Systems, Prentice Hall.

- Le fotocopie dei lucidi di **Teoria dei Sistemi e del Controllo** sono disponibili in rete all'indirizzo:

**[www.dii.unimo.it/~zanasi/zanasi.htm](http://www.dii.unimo.it/~zanasi/zanasi.htm)**

# PROGRAMMA

1. **Introduzione.** Definizione astratta di sistema dinamico. Proprietà della funzione di transizione. Sistema continuo regolare. Linearità. Definizione di sistema lineare. Soluzione della funzione di stato: caso continuo e caso discreto. Sistemi stazionari. Sistemi lineari invarianti: caso continuo e caso discreto. Autovalori ed autovettori. Polinomio minimo di una matrice. Forma canonica di Jordan. Autovettori generalizzati. Esponenziale di matrice. Potenza k-esima di una matrice. Uso della trasformata di Laplace nel caso di sistemi continui. Uso della Z-trasformata nel caso di sistemi discreti. Matrice di trasferimento: caso continuo e caso discreto. Esempi di modellistica di sistemi dinamici nello spazio degli stati.
2. **Analisi modale.** Analisi modale per un sistema discreto: rappresentazione mediante schemi a blocchi e andamento dei modi. Analisi modale per un sistema continuo: rappresentazione mediante schemi a blocchi e andamento dei modi. Andamenti tipici delle traiettorie nello spazio degli stati. Esercizi ed esempi di analisi modale.
3. **Stabilità.** Definizione di stabilità secondo Lyapunov. Stabilità del movimento. Stabilità della traiettoria. Stabilità uniforme. Stabilità asintotica. Stati di equilibrio per sistemi regolari: caso continuo e caso discreto. Proprietà di Malkin. Stabilità dell'uscita. Funzioni definite positive. Forme quadratiche. Criterio di stabilità di Lyapunov: caso continuo e caso discreto. Criterio di stabilità di La Salle - Krasowskii. Stabilità dei sistemi lineari. Criteri di stabilità per i sistemi lineari. Equazione di Lyapunov per sistemi continui e per sistemi discreti. Linearizzazione di sistemi non lineari nell'intorno dei punti di equilibrio. Criterio ridotto di Lyapunov: caso continuo e caso discreto.
4. **Controllabilità e raggiungibilità.** Definizione di controllabilità e raggiungibilità per sistemi continui e discreti. Raggiungibilità nel caso di sistemi lineari: caso continuo e caso discreto. Matrice di raggiungibilità. Controllabilità nel caso di sistemi lineari: caso continuo e caso discreto. Forma standard di raggiungibilità. Controllo di sistemi lineari: caso continuo e caso discreto. Forma canonica di controllo. Retroazione dello stato ed allocazione degli autovalori per sistemi continui e per sistemi discreti. Formula di Ackermann.
5. **Osservabilità, ricostruibilità e sintesi del regolatore.** Osservabilità e ricostruibilità nel caso di sistemi lineari: caso continuo e caso discreto. Determinazione dello stato iniziale e dello stato finale di un sistema. Matrice di osservabilità. Dualità e sistemi duali. Forma standard di osservabilità. Forma canonica di osservabilità. Scomposizione canonica di Kalman. Stimatori asintotici dello stato in catena aperta e in catena chiusa. Stimatori asintotici di ordine ridotto. Sintesi del regolatore. Proprietà di separazione.

6. **Sistemi interconnessi e teoria della realizzazione.** Connessione in serie. Connessione in parallelo. Connessione in retroazione. Osservabilità e ricostruibilità nel caso di sistemi interconnessi. Connessione tra sistemi discreti e sistemi continui. Sistemi a segnali campionati. Elementi di teoria della realizzazione.
7. **Modellistica dinamica di sistemi fisici.** Concetti fondamentali della modellistica dinamica di sistemi fisici. Ambiti energetici presi in considerazione: elettro-magnetico, meccanico (traslazionale e rotazionale) e idraulico. Introduzione a al programma Matlab. Introduzione al programma Simulink.
8. **Tecniche avanzate di controllo.** Sistemi interconnessi e loro proprietà. Sistemi a segnali campionati. Identificazione dei parametri di un sistema. Metodo dei minimi quadrati Controllo adattativo (cenni). Filtro di Kalman (cenni). Controllo Ottimo (cenni). Controllo Sliding Mode (cenni).
9. **Esercitazioni.** in laboratorio Esempi di modellistica, simulazione e controllo di sistemi fisici.