

# Testi del Syllabus

Resp. Did. **PIAZZI AURELIO** **Matricola: 004543**

Docente **PIAZZI AURELIO, 9 CFU**

Anno offerta: **2016/2017**

Insegnamento: **1002536 - FONDAMENTI DI CONTROLLI AUTOMATICI**

Corso di studio: **3050 - INGEGNERIA INFORMATICA, ELETTRONICA E DELLE TELECOMUNICAZIONI**

Anno regolamento: **2015**

CFU: **9**

Settore: **ING-INF/04**

Tipo Attività: **C - Affine/Integrativa**

Anno corso: **2**

Periodo: **Secondo Semestre**



## Testi in italiano

**Lingua insegnamento** Italiano

### Contenuti

1) Concetti fondamentali: sistemi e modelli matematici. Schemi a blocchi. Controlli ad azione diretta e in retroazione. Robustezza della retroazione rispetto all'azione diretta. Modelli matematici di alcuni sistemi dinamici. Cenni di modellistica.

2) Metodi di analisi dei sistemi dinamici lineari SISO (single-input single output). Equazioni differenziali e trasformazione di Laplace. Antitrasformazione delle funzioni razionali. Cenni di teoria delle funzioni impulsive. Le relazioni fra le condizioni iniziali. Risposta all'impulso e integrali di convoluzione. Sistemi elementari del primo e secondo ordine. Il concetto di poli dominanti.

3) Analisi armonica: la funzione di risposta armonica. Deduzione della risposta armonica dalla risposta all'impulso e viceversa. Diagrammi di Bode. Diagrammi polari o di Nyquist. Asintoti nei diagrammi polari. Formula di Bode. I sistemi a fase minima.

4) Stabilità e sistemi in retroazione. Definizioni e teoremi relativi alla stabilità. Il criterio di Routh. Proprietà generali dei sistemi in retroazione. Errori a regime e tipo di sistema. Il criterio di Nyquist. Margini di ampiezza e fase: definizioni tradizionali ed estensioni. Le approssimanti di Padé del ritardo finito.

5) Il metodo del luogo delle radici e sue proprietà. Generalizzazione del luogo delle radici: il "contorno delle radici". Esempi. Grado di stabilità nel piano complesso.

6) Progetto dei sistemi di controllo: l'approccio con controllori a struttura fissa. Dati di specifica e loro compatibilità. La compensazione mediante reti ritardatrici e anticipatrici. Cancellazione polo-zero. I regolatori PID. Sintesi in frequenza con le formule di inversione. L'equazione diofantea per la sintesi diretta.

7) Sistemi di controllo digitale: La trasformata zeta. Conversione dal tempo continuo al tempo discreto. Frequenza di campionamento e filtro antialiasing. Sistemi lineari SISO a tempo discreto: risposta libera e forzata, stabilità e criterio di Jury. Cenni sui metodi di sintesi dei controllori discreti.

<b>Testi di riferimento</b>	<p>Diapositive pdf delle lezioni rese disponibili sul sito web dell'insegnamento.</p> <p>TESTI DI APPROFONDIMENTO</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) G. Marro, "Controlli Automatici", quinta edizione, Zanichelli, Bologna, 2004.</li> <li>2) P. Bolzern, R. Scattolini, N. Schiavoni, "Fondamenti di Controlli Automatici", quarta edizione, McGraw-Hill, 2015.</li> <li>3) M. Basso, L. Chisci, P. Falugi, "Fondamenti di Automatica", CittàStudi, 2007.</li> <li>4) A. Ferrante, A. Lepschy, U. Viaro, "Introduzione ai Controlli Automatici", UTET, 2000.</li> <li>5) J.C. Doyle, A. Tannembaum, B. Francis, "Feedback Control Theory", MacMillan, 1992.</li> <li>6) M.P. Fanti, M. Dotoli, "MATLAB: Guida al laboratorio di automatica", CittàStudi, 2008.</li> <li>7) A. Cavallo, R. Setola, F. Vasca, "La nuova Guida a MATLAB: Simulink e Control Toolbox, Liguori, 2002.</li> </ol>
<b>Obiettivi formativi</b>	<p>Obiettivi dell'insegnamento in relazione a comprensione e conoscenza sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprensione dei due principi del controllo attivo, retroazione (feedback) ed azione diretta (feedforward), e delle vaste applicazioni all'automazione.</li> <li>- Comprensione dei metodi, basati sulle trasformate di Laplace e Zeta, per determinare l'evoluzione dei sistemi dinamici lineari e scalari.</li> <li>- Conoscenza dell'analisi armonica e della teoria della stabilità per i sistemi lineari.</li> <li>- Conoscenza dei principali metodi di analisi e sintesi per i sistemi di controllo retroazionati.</li> </ul> <p>In relazione alla capacità di applicare conoscenza e comprensione, gli obiettivi sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacità di analizzare i sistemi di controllo retroazionati.</li> <li>- Capacità di impostare e risolvere semplici problemi di regolazione e controllo con una singola variabile controllata.</li> </ul>
<b>Prerequisiti</b>	<p>Analisi Matematica 1, Fisica Generale 1.</p>
<b>Metodi didattici</b>	<p>Lezioni di teoria con uso alternato di diapositive e spiegazioni alla lavagna. Svolgimento di esercizi alla lavagna su tutti gli argomenti dell'insegnamento. Cenni sulla progettazione dei sistemi di controllo assistita dall'elaboratore (con uso di MATLAB e Control Systems Toolbox).</p>
<b>Modalità di verifica dell'apprendimento</b>	<p>L'esame è costituito da una prova scritta. E' anche possibile sostenere l'esame con una prova scritta in itinere durante lo svolgimento delle lezioni seguita da una prova scritta conclusiva al termine dell'insegnamento.</p>



## Testi in inglese

<b>Lingua insegnamento</b>	<p>Italian</p>
<b>Contenuti</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Fundamental concepts: systems and mathematical models. Block diagrams. Feedforward and feedback. Robustness of feedback with respect to feedforward. Mathematical modelling of physical systems: examples from electric networks, mechanical systems, and thermal systems.</li> <li>2) Analysis methods of LTI (linear time-invariant) SISO (single-input single-output) systems. Ordinary differential equations and Laplace transform. Inverse Laplace transform of rational functions. Generalized derivatives and elements of impulse function theory. Relations between the initial conditions of a differential equation. First and second order linear systems. The concept of dominant poles.</li> </ol>

3) Frequency-domain analysis: the frequency response function. Relation between the impulse response and the frequency response. Bode's diagrams. Nyquist's or polar diagrams. Asymptote of the polar diagrams. Bode's formula and minimum-phase systems.

4) Stability to perturbations and BIBO (bounded-input bounded-output) stability of LTI systems: definitions and theorems. The Routh criterion. Properties of feedback systems. The Nyquist criterion. Phase and magnitude margins: traditional definitions and their extensions. The Padé approximants of the time delay.

5) The root locus of a feedback systems: properties for the plotting. Generalization of the root locus: the "root contour". Examples. Stability degree on the complex plane of a stable systems.

6) Control system design: the approach with fixed-structure controllers. Specification requirements and their compatibility. Phase-lead and phase-lag compensation. Pole-zero cancellations and the internal stability of a feedback connection. The PID regulator. Frequency synthesis with the inversion formulas. The Diophantine equation for the direct synthesis.

7) Digital control systems: The z-transform. Conversion from continuous-time to discrete-time. Sampling frequency and anti-aliasing filtering. SISO discrete-time linear systems: free and forced response, stability and Jury's Criterion. Glimpse on the synthesis of discrete-time controllers.

## Testi di riferimento

Pdf slides of the lessons on the web site of the course.

### FURTHER READINGS

- 1) G. Marro, "Controlli Automatici", quinta edizione, Zanichelli, Bologna, 2004.
- 2) P. Bolzern, R. Scattolini, N. Schiavoni, "Fondamenti di Controlli Automatici", quarta edizione, McGraw-Hill, 2015.
- 3) M. Basso, L. Chisci, P. Falugi, "Fondamenti di Automatica", CittàStudi, 2007.
- 4) A. Ferrante, A. Lepschy, U. Viaro, "Introduzione ai Controlli Automatici", UTET, 2000.
- 5) J.C. Doyle, A. Tannembaum, B. Francis, "Feedback Control Theory", MacMillan, 1992.
- 6) M.P. Fanti, M. Dotoli, "MATLAB: Guida al laboratorio di automatica", CittàStudi, 2008.
- 7) A. Cavallo, R. Setola, F. Vasca, "La nuova Guida a MATLAB: Simulink e Control Toolbox", Liguori, 2002.

## Obiettivi formativi

The aims of the course in relation to understanding and knowledge are:

- Understanding of the two principles of active control, feedforward and feedback, and of the broad applications to automation.
- Understanding of the methods, based on Laplace and Zeta transforms, to determine the time-evolution of linear scalar dynamic systems.
- Knowledge of the harmonic analysis and of the stability theory for linear systems.
- Knowledge of the main methods of analysis and synthesis for feedback control systems.

In relation to the ability to apply knowledge and understanding, the aims are:

- Skill to analyze feedback control systems.
- Skill to set up and solve simple problems of regulation and control with a single controlled variable.

## Prerequisiti

Mathematical Analysis 1, General Physics 1.

## Metodi didattici

Classroom sessions with alternate use of slides and explanations at the blackboard. Discussion and resolution of exercises at the blackboard on all topics of the course. A glimpse on computer aided control systems design using MATLAB and Control Systems Toolbox.

## Modalità di verifica dell'apprendimento

The exam consists of a written test. It is also possible to take the exam with a written test in the middle of the course lessons and a final written test at the end of the lessons.