

IELE2300: Análisis de Sistemas de Control

Nicanor Quijano
email: nquijano@uniandes.edu.co
Oficina: ML-215
Horas de Oficina: Por Definir

Martes 14:00-15:20, Salón O-301
Jueves 14:00-15:20, Salón O-301

1. Descripción y Objetivos

1.1. Descripción

En este curso se le brinda al estudiante una introducción al análisis y el diseño de sistemas retroalimentados. Mediante el modelamiento de sistemas típicos en las áreas de ciencias, se pretende que el estudiante diseñe y analice sistemas de control. El uso de técnicas computacionales tales como Matlab/Simulink serán requisito básico para ilustrar y entender los conceptos. Además, el curso cuenta con un laboratorio que ayuda al estudiante en la aplicación de las ideas expuestas a lo largo del semestre.

1.2. Objetivos

1. Describir qué significa un sistema de control retroalimentado para ingenieros y científicos; cuáles son los componentes básicos; cuáles son las herramientas para el análisis y el diseño de sistemas de control.
2. Modelar sistemas físicos, biológicos, y otros utilizando ecuaciones diferenciales lineales y no lineales.
3. Expresar un sistema lineal utilizando funciones de transferencia y ecuaciones diferenciales (i.e., *state space models*).
4. Analizar las propiedades básicas de modelos lineales en tiempo, tales como estabilidad, controlabilidad, y observabilidad.
5. Diseñar controladores proporcional, integral, y derivativo (PID), además del diseño de controladores por métodos tales como *state feedback* y *pole placement*.
6. Introducir los conceptos de robustez e incertidumbre en sistemas de control.
7. Proveer herramientas necesarias para que el estudiante pueda simular sistemas de control en Matlab y Simulink.

1.3. Textos

El texto básico del curso es:

Modern Control Systems, 11th Edition, Richard C. Dorf and Robert H. Bishop (ISBN-10: 0132270285, Publisher: Prentice Hall Copyright: 2008).

También se utilizará en ciertos casos el texto:

Principles and Practices of Automatic Process Control, 3rd Edition Carlos A. Smith and Armando B. Corripio (ISBN-13: 978-0-471-43190-9, Wiley Copyright: 2006)

A su vez, el instructor proveerá notas de clase que serán colocadas en SICUA. Otras de las referencias que serán utilizadas a lo largo del curso son:

- R. M. Murray (ed), Control in an Information Rich World: Report of the Panel on Future Directions in Control, Dynamics, and Systems.
<http://www.cds.caltech.edu/~murray/cdspanel/>
<http://www.stanford.edu/~boyd/reports/cdspanel-csm.pdf>
- A. Packard, K. Poola and R. Horowitz, Dynamic Systems and Feedback, Preprint, 2002.
<http://www.cds.caltech.edu/~murray/courses/cds101/fa02/caltech/pph.html>
- A. D. Lewis, A Mathematical Introduction to Feedback Control, 2002.
<http://penelope.mast.queensu.ca/math332/notes.shtml>
- B. Friedland, Control System Design: An Introduction to State-Space Methods, McGraw-Hill, 1986.
- G. F. Franklin, J. D. Powell, and A. Emami-Naeni, Feedback Control of Dynamic Systems, Addison- Wesley, 2002.
- N. E. Leonard and W. S. Levine, Using Matlab to Analyze and Design Control Systems, Benjamin Cummings, 1992.
- B. C. Kuo, Automatic Control Systems, Prentice Hall, 1995.
- M.W. Hirsch and S. Smale, Differential Equations, Dynamical Systems and Linear Algebra, Academic Press, 1974.
- The Student Edition of MATLAB, by The Math Works Inc., Prentice Hall, 1992.
- Computational Aids in Control Systems Using MATLAB, by H. Saadat, McGraw-Hill 1993.
- Norman S. Nise, Control Systems Engineering, Wiley 2000.
- K. Ogata, Modern Control Engineering, Prentice Hall 1997.
- S. Bennett, A brief history of automatic control, IEEE Control System Magazine, No. 3, pp. 17-25, 1996.
- O. Mayr, The Origins of Feedback Control, MIT Press Cambridge, MA, USA, 1970.
- D. Luenberger, An introduction to observers, IEEE Transactions on Automatic Control, Volume 16, Issue 6, pp. 596 - 602, 1971

2. Temas

1. Definición, Clasificación, y Reseña histórica de sistemas de control retroalimentado.
2. Introducción a la Malla de Control y sus Elementos Básicos:
 - Mención de los diversos tipos de controladores a utilizar durante el curso.
 - Ejemplo de un control secuencial (on-off).
3. Modelos de Primer Orden:
 - Identificar las ecuaciones de balance de un sistema dinámico y plantearlas en términos de ecuaciones diferenciales.
 - Encontrar la salida que predice un modelo a partir de la entrada dada.
 - Ejemplo sistema térmico de primer orden: uso de técnicas de linealización.
4. Concepto de Error/Realimentación:

- Ejemplo de cómo un sistema inestable puede volverse estable por medio de la realimentación.
 - Concepto de error.
5. Introducción a Laplace:
- Nociones básicas para obtener la transformada.
 - Función de transferencia.
 - Algebra de bloques: ejemplos sencillos, y ley de Mason.
 - Transformación entre ecuaciones diferenciales y funciones de transferencia.
6. Sistemas de Segundo Orden:
- Respuesta a entrada paso.
 - Realimentación/error.
 - Conceptos de frecuencia natural, máximo sobreimpulso, tiempo de asentamiento.
7. Sistemas de Orden Superior:
- Estabilidad Routh-Hurwitz.
 - Método de Kharitonov.
 - Reducción de orden.
8. PID:
- Definición de cada uno de los términos.
 - Métodos de Sintonización: Ziegler-Nichols; Cohen y Coon; Shinskey.
 - Algoritmos: Paralelo, Serie.
 - Tiempo Muerto.
 - Síntesis Directa.
 - Controladores Reales.
 - Implementación digital: expresar correctamente un regulador continuo en tiempo discreto.
9. Sistemas no Lineales:
- Puntos de equilibrio y linealización utilizando el Jacobiano.
 - Uso de sistemas de segundo orden para la realización de *phase-planes*.
 - Ejemplos: reactores químicos, plantas hidráulicas, sistemas biológicos.
10. Variables de Estado:
- Representación de ODEs en SS.
 - Repaso álgebra matricial (e.g., eigenvalues/eigenvectors).
 - Formas Canónicas.
 - Noción de estabilidad desde el punto de vista de Lyapunov.
 - Controlabilidad.
 - Diseño: *state-feedback*.
 - Observabilidad.
 - Diseño: *pole-placement*.
11. Sistemas Multivariabes:
- Diseñar un sistema de control SISO mediante el uso de métodos basados en modelos MIMO.
 - Desacople de lazos interconectados.
12. Invitación Panelistas Industriales.

3. Información General

Tareas: Este es un curso que requiere un esfuerzo importante por parte de los estudiantes. Si bien en clase se cubrirán los temas descritos previamente, el estudiante tendrá que aplicar estos conceptos por intermedio de tareas. Estas requerirán el uso de técnicas modernas (e.g., Matlab, Maple) y de la investigación en artículos de actualidad. Los estudiantes tendrán que resolver dichos problemas de forma PERSONAL, y sólo podrán recurrir a la ayuda del instructor o artículos disponibles en cualquier base de datos indexada. Cualquier tipo de referenciaayuda debe ser mencionada. Aquella que no sea expuesta por parte del estudiante, será calificada como una violación del reglamento.

Plagio: El plagio es inadmisibles en esta clase. Cualquier violación de esta norma tendrá las consecuencias propias establecidas en el reglamento de la universidad.

4. Requisitos y Evaluación

Se requiere que todos los estudiantes:

1. Tengan un conocimiento básico de ecuaciones diferenciales y algebra lineal.
2. Lean el material correspondiente de cada semana.
3. Entreguen la tarea asignada al principio de la clase. Esta tarea se realizará de forma independiente. No se aceptarán tareas entregadas de forma tardía sin una excusa válida. Por ningún motivo se aceptan tareas sometidas electrónicamente.
4. Asistan a las clases complementarias, ya que éstas ayudan a complementar conceptos desarrollados en clase.

El curso será evaluado de la siguiente forma:

1. 2 Exámenes Parciales: Cada uno corresponde al 20 % de la nota final. Estos exámenes cubrirán todo el tema tratado hasta una semana antes de cada examen. El estudiante podrá traer una hoja (por ambos lados) con la información que él/ella considere pertinente. El primer examen será el 18 de Sept, y el segundo examen será el 6 de Nov.
2. 1 Examen Final Conjunto: 25 % de la nota final. El examen final considerará todos los temas tratados durante la clase. El examen final se realizará en conjunto con todos los demás grupos de control en la fecha estipulada por registro.
3. Tareas/Clase Complementaria: 10 % de la nota final. Se realizarán 5 tareas en el transcurso del semestre. En cada tarea habrá una serie de preguntas/ejercicios que el estudiante tendrá que realizar de forma individual. En algunas clases complementarias se realizarán quizzes sorpresa.
4. Laboratorio: 25 % de la nota final. Se realizarán una serie de prácticas, y únicamente se evaluarán los cinco informes que se exigen.