

¡Bienvenidos al curso Biomecatrónica!

Como profesor del curso, me complace darles la bienvenida a este emocionante curso, diseñado específicamente para brindar una comprensión integral de los sistemas de control analógico, con énfasis en las necesidades y desafíos particulares que enfrenta la ingeniería biomédica.

A lo largo de este viaje educativo, exploraremos la aplicación directa de los principios de control analógico en dispositivos médicos, equipos de diagnóstico y sistemas de monitoreo, brindando una perspectiva única que combina la ingeniería de control con las exigencias precisas de la salud y el bienestar humanos.

1. Información de la asignatura

Nombre de la asignatura: Biomecatrónica

Código de la asignatura: PREDAR16006

Créditos académicos: 3

Semestre: 2024–I

Horario de clases: Miércoles 14:00 – 16:00 (3.6C) / Viernes 10:00 – 12:00 (Zúñiga 3.9)

Profesor: Andrés Quintero Zea

Correo electrónico: andres.quintero27@eia.edu.co

Horario de atención: [Horario de Oficina]

2. Descripción de la asignatura

Introducción al Curso:

Este es esencialmente un curso de Control Analógico con el que adquirirás una comprensión de los fundamentos y aplicaciones prácticas de los sistemas de control en el ámbito analógico. Desde los conceptos básicos hasta las aplicaciones avanzadas, explorarás cómo diseñar, analizar y optimizar sistemas de control en tiempo continuo.

Contenido del Curso:

A lo largo del semestre abordaremos temas clave, incluyendo la teoría de modelado e identificación de sistemas dinámicos, la respuesta en tiempo y frecuencia, la estabilidad y la compensación de sistemas. Realizaremos ejercicios prácticos que te permitirán aplicar conceptos teóricos en entornos del mundo real. Además, se exploraremos técnicas avanzadas de diseño de control, tales como la síntesis de controladores y la implementación de filtros analógicos para optimizar el rendimiento del sistema.

Metodología de Enseñanza:

El curso se desarrollará mediante una combinación equilibrada de clases teóricas, sesiones prácticas y un proyecto de diseño. Utilizaremos simulaciones y herramientas de software especializadas que te facilitarán la comprensión de conceptos abstractos y la aplicación práctica de conocimientos. Además, tendrás la oportunidad de trabajar en un proyecto práctico que te permitirá desarrollar habilidades de resolución de problemas y colaboración en equipo.

Evaluación:

La evaluación del curso se llevará a cabo a través de exámenes teóricos, evaluaciones prácticas y un proyecto de diseño.

EVALUACIÓN	PONDERACIÓN	FECHA
Examen Parcial 1	15 %	Marzo 1
Examen Parcial 2	15 %	Abril 10
Examen final	30 %	Mayo 27 – junio 4 (Según programación)
Prácticas en MATLAB	20 %	Se entregan a lo largo del semestre
Proyecto final	20 %	Mayo 22

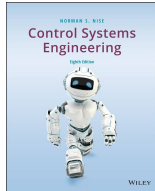
Recursos de apoyo:

El material de clase lo podrás encontrar en un repositorio en [GitHub](#) que he creado para tal fin. Los recursos los iré actualizando a medida que avancemos en el desarrollo del semestre, por lo que es importante que revises la vigencia de los mismos en la columna `Last commit message`, en el cual aparecerá `Updated - 2024-1.`

3. Bibliografía

Con el fin de adquirir los conocimientos necesarios para cumplir con nuestros objetivos exploraremos una amplia gama de conceptos desde la introducción a los sistemas de control hasta técnicas avanzadas de diseño mediante respuesta en frecuencia. Los diferentes temas se estructuran para proporcionar una comprensión

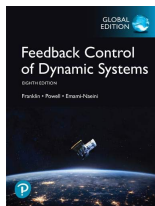
sólida de los fundamentos del control analógico. Utilizaremos el libro de **Norman Nise**, *Control Systems Engineering*, (8th Edition), como nuestra guía principal, proporcionando una base teórica robusta respaldada por aplicaciones prácticas en el proyecto final. Además, existe una serie de libros de otros autores que también puede resultar interesante revisar.



Norman S. Nise, *Control Systems Engineering*, 8th Edition, Wiley, 2019.



Katsuhiko Ogata, *Modern Control Engineering*, 5th Edition, Pearson, 2010.



Gene F. Franklin, J. David Powell, Abbas Emami-Naeini, *Feedback Control of Dynamic Systems*, 8th Edition, Pearson, 2020.

4. Políticas de entregas

Las entregas de los **informes de prácticas en MATLAB** se rigen por las normas que se listan a continuación, procura siempre tenerlas en cuenta para evitar malentendidos.

- La entrega se recibe únicamente a través del **Campus Digital** (Moodle).
- La fecha y hora de entrega serán las reportadas por el servidor, por lo que se sugiere realizar el envío con suficiente antelación a la hora de corte.
- La hora límite para la presentación a tiempo es la medianoche (23:59) en la fecha de entrega.
- Cada entrega debe ser presentada en un **único archivo** ZIP (o 7z) en el que se deben incluir el archivo PDF con el informe escrito (si está hecho *a mano*, debe ser escaneado con **excelente** calidad que permita una lectura fluida, en caso contrario se asignará **nota de 0.0**, ya que **si no lo puedo leer, no lo puedo calificar**) y los archivos de MATLAB que fueron usados.
- El archivo se debe nombrar de la siguiente manera: **BMC Apellidos Nombres Práctica No. X**, en caso de no hacerlo, **se descontará 0.2 de la nota obtenida**.

Entregas tardías*:

*Esta política de entregas tardías es en gran medida una copia de la original de Julie Zelenski para el curso **CS107** en la Universidad de Stanford.

- El plazo límite para la entrega puntual es a las 23:59 en la fecha de vencimiento. Los días de retraso se cuentan en períodos completos de 24 horas. La entrega realizada entre las 00:00 y las 23:59 del día siguiente se considera entregada con **un día de retraso** y así sucesivamente. Por lo que se sugiere al estudiante no dejar la entrega para última hora.
- A la nota del trabajo entregado tarde se le aplicará una penalización de **0.5 por cada día de retraso**.
- Al inicio del semestre, cada estudiante con una *bolsa* con cuatro **días de gracia** (ver **explicación** detallada más adelante) que puede utilizar para evitar la penalización por hacer la entrega de los informes de forma tardía.
- Siempre se aplicará el **principio de favorabilidad**, es decir, no tienes que indicar en la entrega si haces uso de días de gracia. Siempre aplicaré el máximo de días de gracia antes de penalizar.
- Cada tarea tiene una **fecha límite estricta**, generalmente dos o tres días después de la fecha de vencimiento original. No se aceptarán entregas tardías (con o sin penalización) después de la fecha límite estricta.
- Las prórrogas otorgadas por mí solo se considerarán después de haber utilizado todos los días de gracia y solo se otorgarán en **situaciones excepcionales**.

Días de gracia

Los días de gracia son “**prórrogas autoconcedidas**”. Como profesor, reconozco que a veces te enfrentas a cursos desafiantes y actividades extracurriculares que pueden ser un panorama agobiante en el que incluso los planes más cuidadosos pueden descarrilarse por un evento imprevisto.

Cuando sucede lo inesperado: te enfermas de gripe, se cae tu conexión a internet, se te “va la luz”, eliminas un archivo crítico (ojalá no sea win32), una situación personal se agrava; normalmente tendrías que solicitarme una prórroga. En lugar de eso y apelando a la equidad, tú y todos tus compañeros tienen el privilegio de otorgarse una extensión sin que medie ningún tipo de negociación. Un día de gracia amplía tu plazo de entrega en 24 horas.

Los días de gracia son tu medio para cubrir problemas reales: enfermedades, portátiles robados, accidentes de bicicleta, etc. No pretendo que los uses para cubrir viajes, conciertos, “guayabos” o una mala planificación, pero puedes usarlos como quieras y no ejerceré ningún control sobre su uso. Puedes usar todos tus días de gracia para una entrega, distribuirlos entre varias o, mejor aún, acumularlos para cuando se te presente una verdadera situación excepcional.

Aquí te pongo dos ejemplos de su funcionamiento:

- Un estudiante, llamémosle Ernesto[†], tiene sus **cuatro** días de gracia disponibles y debe hacer entrega del informe un martes a las 23:59. Son las 23:50, ingresa a Moodle de manera normal, pero al momento de darle click al botón de entrega, *Roberto Manchitas* (su perro) muerde el cable de energía del router que le provee de internet, por lo que Ernesto debe encender el punto de acceso de su teléfono móvil y compartir la conexión de datos con el computador. La conexión a internet se restablece, pero ya son las

[†]La importancia de llamarse Ernesto, libro de Óscar Wilde.

00:00 del miércoles, por lo que el servidor de Moodle registra la entrega como retrasada. El informe de Ernesto es excepcional y, sin necesidad de que Ernesto me avise de sus problemas con Roberto Manchitas, yo procedo a calificar su informe y le asigno una nota de 5.0. Producto de esto, Ernesto tiene ahora en su bolsa **tres** días de gracia.

- Para la misma entrega, Cecilia[‡] también hizo un informe excepcional, pero solo tiene disponible **un** día de gracia en su bolsa. El día de la entrega (martes), Cecilia salió a cenar con Gwendolen[§], su mejor amiga, confiando en llegar temprano a su casa para poder hacer la entrega del informe a tiempo. Pero cuando salían del restaurante, se encuentran con Jack y Algy[¶], quienes las invitan a un *plancito tranqui* que desemboca en una *pool party* en San Jerónimo. Cecilia regresa a su casa el miércoles a las 23:58 y procede a hacer la entrega del informe, que en el servidor queda registrada a las 00:03 del jueves. Yo procedo a calificar su informe y le asigno una nota de 4.5, ya que desconté de su bolsa el último día de gracia disponible (que cubrió el miércoles) y penalicé la nota con 0.5, ya que la entrega efectiva se hizo el jueves, según el reporte del servidor.

5. Proyecto final

El proyecto final para esta asignatura representa una oportunidad emocionante para aplicar los conocimientos adquiridos sobre sistemas de control en un contexto práctico y relevante para la ingeniería biomédica. Trabajarás en equipo para diseñar un sistema de control de temperatura destinado a una cámara de adecuación térmica específicamente diseñada para reptiles.

El proyecto abordará desafíos prácticos, como la variabilidad térmica requerida para mantener condiciones óptimas para distintas especies de reptiles. Se espera que tú y tus compañeros (i) realicen una exhaustiva investigación sobre los requisitos térmicos de estos animales, (ii) integren modelos de sistemas de control, (iii) seleccionen y caractericen los componentes adecuados (iv) implementen el prototipo y, finalmente, (v) validen su sistema de control utilizando herramientas como MATLAB (o LabVIEW).

A lo largo del proyecto, se fomentará la colaboración y la resolución de problemas en equipo. Tú y tus compañeros presentarán un plan detallado del proyecto, que incluirá una revisión de la literatura relevante, especificaciones del sistema y un enfoque claro para el diseño y la implementación. La evaluación se realizará no solo en el resultado final, sino también en la documentación del proceso, la capacidad para abordar desafíos inesperados y la presentación del proyecto ante el resto de la clase.

Este proyecto proporcionará una valiosa experiencia en la aplicación de conceptos de control en un entorno biomédico práctico, preparando a los estudiantes para enfrentar problemas del mundo real en su futura carrera profesional. Además, fomentará el desarrollo de habilidades de investigación, trabajo en equipo y comunica-

[‡]Otro personaje del mismo libro.

[§]Un personaje más.

[¶]Los últimos dos personajes, lo prometo.

ción, elementos fundamentales en el campo de la ingeniería biomédica.

6. Calendario

Los números entre paréntesis se refieren a las secciones del libro de Nise.

SESIÓN	FECHA	TEMA A ABORDAR
1	24-ene	Introducción a los sistemas de control (1.1, 1.3, 1.4 1.5)
2	26-ene	Modelado en el dominio de la frecuencia (2.2, 2.3)
3	31-ene	Modelado en el dominio de la frecuencia (2.4, 2.5,2.6)
4	2-feb	Práctica No. 1: Introducción al <i>Control System Toolbox</i>
5	7-feb	Modelado en el dominio de la frecuencia (2.7, 2.8, 2.9)
6	9-feb	Modelado en el dominio de la frecuencia (2.10, 2.11)
7	14-feb	Práctica No. 2: Modelos en función de transferencia
8	16-feb	Modelado en el dominio del tiempo (3.2, 3.3)
9	21-feb	Modelado en el dominio del tiempo (3.4, 3.5)
10	23-feb	Modelado en el dominio del tiempo (3.6, 3.7)
11	28-feb	Práctica No. 3: Modelos de espacio de estados
12	1-mar	Parcial 1
13	6-mar	Respuesta temporal (4.2, 4.3, 4.4, 4.5)
14	8-mar	Respuesta temporal (4.5, 4.6, 4.7, 4.8)
15	13-mar	Reducción de múltiples subsistemas (5.2, 5.3)
16	15-mar	Práctica No. 4: Comportamiento dinámico de sistemas lineales
17	20-mar	Estabilidad (6.1, 6.2)
18	22-mar	Estabilidad (6.3, 6.4)
19	3-abr	Error en estado estable (7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6)

SESIÓN	FECHA	TEMA A ABORDAR
20	5-abr	Práctica No. 5: Estabilidad y error de estado estable
21	10-abr	Parcial 2
22	12-abr	Lugar geométrico de raíces (8.1, 8.2, 8.3)
23	17-abr	Diseño LGR (9.1, 9.2)
24	19-abr	Diseño LGR (9.3, 9.4)
25	24-abr	Práctica No. 6: Diseño por medio del lugar de raíces
26	26-abr	Respuesta en frecuencia (10.1, 10.2)
27	3-may	Respuesta en frecuencia (10.8, 10.10, 10.11)
28	8-may	Diseño en frecuencia (11.2, 11.3)
29	10-may	Diseño en frecuencia (11.4, 11.5)
30	15-may	Práctica No. 7: Diseño por medio de la respuesta en frecuencia
31	17-may	Proyecto final
32	22-may	Proyecto final