



NATIONAL AUTONOMOUS UNIVERSITY OF MEXICO  
SCHOOL OF ENGINEERING



COURSE SYLLABUS

<b>FUNDAMENTALS OF CONTROL</b>	<b>1997</b>	<b>6</b>	<b>10</b>
Course	Code	Semester	Credits
<b>ELECTRICAL ENGINEERING</b>	<b>CONTROL ENGINEERING</b>	<b>ELECTRIC ELECTRONIC ENGINEERING</b>	
Division	Department	Undergraduate Program	

Course:		Hours /week:		Hours / Semester:	
Compulsory	<input checked="" type="checkbox"/>	Lecture	<input type="text" value="4.0"/>	Lecture	<input type="text" value="64.0"/>
Elective	<input type="checkbox"/>	Practical	<input type="text" value="2.0"/>	Practical	<input type="text" value="32.0"/>
		Total	<input type="text" value="6.0"/>	Total	<input type="text" value="96.0"/>

**Mode:** Lecture-Practical course.

**Prerequisite course:** Dynamics of Physical Systems

**Subsequent course:** Electronic Amplifiers

**Course Objective(s)**

The student will identify, analyze, and design continuous and discrete control systems using time-domain and frequency-domain methods.

Course Topics

NO.	NAME.	HOURS
1.	Introduction to Analog and Digital Control Systems	12.0
2.	Control Actions	12.0
3.	Stability of Control Systems	14.0
4.	Root Locus	14.0
5.	Design through Frequency Response	12.0
		64.0
	Practical Activities	32.0
	Total	96.0

## 1. Introduction to Analog and Digital Control Systems

**Objective:** The student will describe and examine the schematic and analytical methods for representing analog and digital control systems.

**Content:**

- 1.1 Types of control systems.
- 1.2 Effects of feedback.
- 1.3 Typical topology of an analog control system.
  - 1.3.1 Elements.
  - 1.3.2 Signals.
- 1.4 Topology and basic realization of a digital control loop.
  - 1.4.1 Sampling and signal conversion.

## 2. Control Actions

**Objective:** The student will identify and analyze the schemes and concepts of classical controllers, emphasizing the action of PID-type controllers and their tuning methods.

**Content:**

- 2.1 Steady-state error analysis in both analog and digital approaches.
- 2.2 Actions and control modes.
  - 2.2.1 Two-position control (ON/OFF).
  - 2.2.2 Proportional mode (P).
  - 2.2.3 Proportional + Integral mode (PI).
  - 2.2.4 Proportional + Derivative mode (PD).
  - 2.2.5 Combined PID mode.
- 2.3 Ziegler-Nichols tuning method.
  - 2.3.1 Sustained oscillations.
  - 2.3.2 Reaction curve.
- 2.4 Harriot tuning method.
  - 2.4.1 Damped oscillations.
- 2.5 Discrete equivalents of PID algorithms.
  - 2.5.1 Numerical integration approximation methods.
  - 2.5.2 Discretization of continuous transfer functions using the zero-order hold method (ROC).
  - 2.5.3 Mapping dynamic characteristics to the Z-plane.

## 3. Stability of Control Systems

**Objective:** The student will analyze the stability of control systems in the input-output approach.

**Content:**

- 3.1 BIBO stability concept.
  - 3.1.1 Pole-zero diagrams.
- 3.2 Routh-Hurwitz criterion.
- 3.3 Nyquist stability criterion.
  - 3.3.1 Gain and phase margins.
- 3.4 Stability in digital control systems.
- 3.5 Jury criterion.

#### **4. Root Locus**

**Objective:** The student will identify one of the main methods for analyzing control systems based on the transfer function.

**Content:**

**4.1** Conditions for the root locus (LGR).

**4.1.1** Magnitude.

**4.1.2** Angle.

**4.2** Evans' rules for plotting the root locus.

**4.3** Particularities of the LGR in the Z-plane.

#### **5. Design through Frequency Response**

**Objective:** The student will identify techniques for modifying the behavior of the response in linear systems by applying control functions in the frequency domain.

**Content:**

**5.1** Design based on gain and phase margins.

**5.2** Compensation networks.

**5.2.1** Lead network.

**5.2.2** Lag network.

**5.2.3** Lead-lag network.

**5.3** Bilinear transformation for discretizing compensators.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA



PROGRAMA DE ESTUDIO

FUNDAMENTOS DE CONTROL

1997

6

10

Asignatura

Clave

Semestre

Créditos

INGENIERÍA ELÉCTRICA

INGENIERÍA DE CONTROL

INGENIERÍA ELÉCTRICA  
Y ELECTRÓNICA

División

Departamento

Licenciatura

**Asignatura:**

Obligatoria

Optativa

**Horas/semana:**

Teóricas

Prácticas

Total

**Horas/semestre:**

Teóricas

Prácticas

Total

**Modalidad:** Curso teórico-práctico

**Seriación obligatoria antecedente:** Dinámica de Sistemas Físicos

**Seriación obligatoria consecuente:** Amplificadores Electrónicos

**Objetivo(s) del curso:**

El alumno identificará, analizará y diseñará sistemas de control continuo y discreto utilizando métodos del dominio del tiempo y la frecuencia.

**Temario**

NÚM.	NOMBRE	HORAS
1.	Introducción a los sistemas de control de tipo analógico y digital	12.0
2.	Acciones de control	12.0
3.	Estabilidad de sistemas de control	14.0
4.	Lugar geométrico de las raíces	14.0
5.	Diseño por medio de la respuesta en frecuencia	12.0
		64.0
	Actividades prácticas	32.0
	Total	96.0

## 1 Introducción a los sistemas de control de tipo analógico y digital

**Objetivo:** El alumno describirá y examinará los métodos de representación esquemática y analítica de los sistemas de control de tipo analógico y digital.

**Contenido:**

- 1.1 Tipos de sistemas de control.
- 1.2 Efectos de realimentación.
- 1.3 Topología típica de un sistema de control analógico.
  - 1.3.1 Elementos.
  - 1.3.2 Señales.
  
- 1.4 Topología y realización básica del lazo de control digital.
  - 1.4.1 Muestreo y conversión de señales.

## 2 Acciones de control

**Objetivo:** El alumno identificará y analizará los esquemas y conceptos de controladores clásicos enfatizando en la acción de los controladores del tipo PID y sus métodos de sintonización.

**Contenido:**

- 2.1 Análisis de error en estado estable en los enfoques analógico y digital..
- 2.2 Acciones y modos de control.
  - 2.2.1 Control de 2 posiciones (ON/OFF).
  - 2.2.2 Modo proporcional (P).
  - 2.2.3 Modo proporcional + integral (PI).
  - 2.2.4 Modo proporcional + derivativo (PD).
  - 2.2.5 Modo combinado PID.
  
- 2.3 Método de sintonización de Ziegler-Nichols.
  - 2.3.1 Oscilaciones sostenidas.
  - 2.3.2 Curva de reacción.
  
- 2.4 Método de sintonización de Harriot.
  - 2.4.1 Oscilaciones amortiguadas.
  
- 2.5 Equivalentes discretos de los algoritmos PID.
  - 2.5.1 Métodos de aproximación mediante integración numérica.
  - 2.5.2 Discretización de funciones de transferencia continuas por el método retén de orden cero (ROC).
  - 2.5.3 Mapeo de características dinámicas al plano Z.

## 3 Estabilidad de sistemas de control

**Objetivo:** El alumno analizará la estabilidad de los sistemas de control en el enfoque entrada-salida.

**Contenido:**

- 3.1 Concepto BIBO estabilidad.
  - 3.1.1 Diagramas de polos y ceros.
  
- 3.2 Criterio de Routh-Hurwitz.
- 3.3 Criterio de estabilidad de Nyquist.

### 3.3.1 Márgenes de ganancia y fase.

3.4 Estabilidad en los sistemas de control digital.

3.5 Criterio de Jury.

## 4 Lugar geométrico de las raíces

**Objetivo:** El alumno identificará uno de los principales métodos de análisis de sistemas de control basado en la función de transferencia.

**Contenido:**

4.1 Condiciones para el lugar geométrico de las raíces (LGR).

4.1.1 Magnitud.

4.1.2 Ángulo.

4.2 Reglas de Evans para trazar el lugar geométrico de las raíces.

4.3 Particularidades del LGR en el plano Z.

## 5 Diseño por medio de la respuesta en frecuencia

**Objetivo:** El alumno identificará las técnicas para modificar el comportamiento de la respuesta en sistemas lineales aplicando funciones de control en el dominio de la frecuencia.

**Contenido:**

5.1 Diseño con base en los márgenes de ganancia y fase.

5.2 Redes de compensación.

5.2.1 Red de adelanto.

5.2.2 Red de atraso.

5.2.3 Red de adelanto-atraso.

5.3 Transformación bilineal para la discretización de compensadores.

### Bibliografía básica

### Temas para los que se recomienda:

DAZZO, John, HOUPIS, Eustantine

*Linear Control System, Analysis and Design Conventional and Modern* New York

McGraw-Hill, 1998

Todos

ERONINI-UMEZ

*Dinámica de sistemas y control*

México

Thomson, 2001

Todos

NISE, N.

*Sistemas de control para ingeniería*

3a. edición

México

CECSA, 2000

Todos

OGATA, Katsuhiko  
*Ingeniería de control moderna*  
 México  
 Pearson, 2001

Todos

**Bibliografía complementaria****Temas para los que se recomienda:**

BOLTON, W.  
*Ingeniería de control*  
 México  
 Alfaomega, 2001

Todos

GRANTHAM Y VINCENT  
*Sistemas de control modernos, análisis y diseño*  
 México  
 Limusa, 1988

1,2,3 y 4

KUO, Benjamín  
*Sistemas de control automático*  
 México  
 Pearson, 2001

Todos

OGATA, Katsuiko  
*Sistemas de control en tiempo discreto*  
 México  
 Pearson Educación, 2000

1,2,3 y 4

**Sugerencias didácticas**

Exposición oral	<input checked="" type="checkbox"/>
Exposición audiovisual	<input checked="" type="checkbox"/>
Ejercicios dentro de clase	<input checked="" type="checkbox"/>
Ejercicios fuera del aula	<input checked="" type="checkbox"/>
Seminarios	<input type="checkbox"/>
Uso de software especializado	<input checked="" type="checkbox"/>
Uso de plataformas educativas	<input type="checkbox"/>

Lecturas obligatorias	<input checked="" type="checkbox"/>
Trabajos de investigación	<input checked="" type="checkbox"/>
Prácticas de taller o laboratorio	<input checked="" type="checkbox"/>
Prácticas de campo	<input type="checkbox"/>
Búsqueda especializada en internet	<input type="checkbox"/>
Uso de redes sociales con fines académicos	<input type="checkbox"/>

**Forma de evaluar**

Exámenes parciales	<input checked="" type="checkbox"/>
Exámenes finales	<input checked="" type="checkbox"/>
Trabajos y tareas fuera del aula	<input type="checkbox"/>

Participación en clase	<input type="checkbox"/>
Asistencia a prácticas	<input type="checkbox"/>

**Perfil profesiográfico de quienes pueden impartir la asignatura**

Se requiere de profesionales en Ingeniería Eléctrica-Electrónica o áreas afines, preferentemente con estudios de posgrado y/o experiencia en el campo laboral, que tengan trabajos de investigación dentro del área de control automático o analógico, y que se interesen en la transmisión de sus experiencias y de fomentar en el alumno la importancia del control. El profesor debe contar con experiencia docente o con preparación en los programas de formación docente de la Facultad.