



# Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

## Facultad de Ingeniería Eléctrica

Nombre de la materia: **Control en Espacio de Estados**  
Clave: **IA3422-T**  
No. de horas/semana: **4 hrs.**  
Duración de semanas: **16**  
No. de horas totales: **64**  
No. de créditos: **8**  
Prerrequisitos: **CI0401-T**

**Revisado: Enero 2010**

**Objetivo:** El estudiante será capaz de modelar, analizar, simular y diseñar Sistemas de Control Lineales basado en modelos de espacio de estados tanto en tiempo continuo como en tiempo discreto, utilizando una herramienta computacional como Matlab.

### **Bibliografía:**

#### **Textos Principales:**

1. Ingeniería de Control Moderno.  
K. Ogata.  
Prentice Hall.  
Tercera Edición
2. Ingeniería de Sistemas de Control Continuo  
Isidro I. Lázaro Castillo  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y  
Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología, 2008
3. Sistemas de Control en Tiempo Discreto  
Katsuhiko Ogata,  
Editorial Prentice Hall
4. Computer Controlled Systems  
K. J. Astrom , B. Wittenmark,  
Editorial Prentice Hall

Ciudad Universitaria  
Edificio de la División de Estudios de Posgrado  
Av. Francisco J. Mújica S/N  
C.P. 58030, Morelia, Mich  
Tel/Fax 01(443) 327 9728  
<http://faraday.fie.umich.mx/>





# Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

## Facultad de Ingeniería Eléctrica

### Textos de Consulta:

5. Modern Control Theory.  
William L. Brogan  
Quantum Publishers, Inc.
6. Sistemas de Control Automático.  
Benjamín C. Kuo.  
Prentice Hall Hispanoamericana.
7. Control Sytem Design.  
Bernard Friedland  
McGraw Hill
8. Dinamica de Sistemas de Control.  
Eronini-Umez-Eronini.  
Thomson
9. Sistemas de Control para Ingeniería  
Norman s. Nise  
Ed. CECSA  
Tercera Edición 2002
10. Notas: Análisis de Sistemas Lineales.  
Dr. Juan Anzures Marin  
División de Estudios de Posgrado, 2007  
FIE-UMSNH

### Programa Sintético.

|   |        |
|---|--------|
| 1. Introducción.....  | 2 Hrs  |
| 2. Modelado en el Espacio de Estados.....                                       | 12 Hrs |
| 3. Solución de la Ecuación de Estados. ....                                     | 12 Hrs |
| 4. Controlabilidad, Observabilidad y Estabilidad en el Espacio de Estados. .... | 10 Hrs |
| 5. Diseño de los Sistemas de Control en el Espacio de Estados. ....             | 12 Hrs |
| 6. Sistemas lineales de tiempo discreto. ....                                   | 16 Hrs |
| Total horas   | 64 Hrs |





# Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

## Facultad de Ingeniería Eléctrica

### Programa Desarrollado.

#### 1. Introducción.

Objetivo Particular: El alumno será capaz de describir la importancia del uso de las variables de estado en los sistemas de control.

- 1.1. El Concepto de Estado.
- 1.2. Breve esbozo histórico.
- 1.3. Forma de las ecuaciones de las ecuaciones de estado.

#### 2. Modelado en el Espacio de Estados.

Objetivo Particular: El alumno será capaz de representar un sistema de control y sus componentes como un modelo matemático en variables de estado.

- 2.1. Representación general en el espacio de estado caso lineal y no lineal, variante e invariante en el tiempo Forma de las ecuaciones de las ecuaciones de estado.
- 2.2. Linealización de las ecuaciones de estado.
- 2.3. Obtención de las ecuaciones en el espacio de estado.
- 2.4. Aplicación de la representación en el espacio de estado
  - 2.4.1. Ejemplos de modelado en variables de estado de Sistemas eléctricos.
  - 2.4.2. Ejemplos de modelado en variables de estado de Sistemas Mecánicos.
  - 2.4.3. Ejemplos de modelado en variables de estado de Sistemas Hidráulicos.
- 2.5. Transformación de Modelos de Sistemas.
  - 2.5.1. Conversión del espacio de estado a función de transferencia.
    - 2.5.1.1. Algoritmo de Leverrier.
  - 2.5.2. Conversión de una Función de Transferencia al espacio de estado.
    - 2.4.2.1. Formas canónicas
- 2.6. Gráficas de flujo de señales y reglas de Mason.

### Primer Examen Parcial (2 Horas)

#### 3. Solución de la Ecuación de Estado.

Objetivo Particular: El alumno será capaz de emplear diferentes métodos de solución para la ecuación de estado.

- 3.1. Solución de ecuaciones de estado mediante la transformada de Laplace





# Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

## Facultad de Ingeniería Eléctrica

- 3.2. Solución de ecuaciones de estado en el dominio del tiempo caso invariante en el tiempo.
  - 3.2.1. Solución de la ecuación de estado para el caso homogéneo.
  - 3.2.3. Solución de la ecuación de estado para el caso no homogéneo.

### 4. Estabilidad, Controlabilidad y Observabilidad en el Espacio de Estados.

Objetivo Particular: El alumno será capaz de integrar los conceptos de controlabilidad observabilidad y estabilidad destacando la importancia de éstos en la teoría de sistemas en espacio de estados.

- 4.1. Estabilidad de los sistemas en espacio de estado.
- 4.2 Controlabilidad.
- 4.3. Observabilidad.

### Segundo Examen Parcial (2 horas)

### 5. Diseño de Sistemas de Control en el Espacio de Estados.

Objetivo Particular: El alumno será capaz de aplicar las técnicas de control para el diseño de controladores en el espacio de estados.

- 5.1. Introducción.
- 5.2. Diseño de controladores, retroalimentación de estado
  - 5.2.1. Ubicación de polos, usando Ackerman.
- 5.3. Diseño de Observadores de Estados.
  - 5.3.1. Ubicación de polos, usando Ackerman.
- 5.4. Esquema general Controlador-Observador

### 6.- Sistemas lineales de tiempo discreto

Objetivo Particular: El alumno será capaz de representar a un sistema en espacio de estados en tiempo discreto

- 6.1 Introducción. ¿De donde surgen los sistemas discretos?
- 6.2 Muestreo de sistemas continuos (repaso)
- 6.3 Ecuaciones de diferencias
- 6.4 Representación en espacio de estado de un sistema de tiempo discreto
- 6.5 Solución de las ecuaciones de estado de tiempo discreto
- 6.6 Discretización de las ecuaciones de estado de tiempo continuo





# Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

## Facultad de Ingeniería Eléctrica

- 6.7 Valores propios y estabilidad de sistemas de tiempo discreto
- 6.8 Controlabilidad y observabilidad de sistemas de tiempo discreto
- 6.9 Diseño de controladores por retroalimentación de estado
  - 6.9.1 El controlador con oscilaciones muertas (deadbeat)

### Tercer Examen Parcial o Proyecto final (2hrs.)

#### Metodología de enseñanza-aprendizaje:

|   |       |
|---|-------|
| Revisión de conceptos, análisis y solución de problemas en clase: | ( X ) |
| Lectura de material fuera de clase:                               | ( X ) |
| Ejercicios fuera de clase (tareas):                               | ( X ) |
| Investigación documental:   | ( X ) |
| Elaboración de reportes técnicos o proyectos:                     | ( X ) |
| Prácticas de laboratorio en una materia asociada:                 | ( )   |
| Visitas a la industria:   | ( )   |
| Uso de Herramientas Computacionales                               | ( X ) |

#### Metodología de evaluación:

|   |       |
|---|-------|
| Asistencia:                                   | ( )   |
| Tareas:                                       | ( X ) |
| Elaboración de reportes técnicos o proyectos: | ( X ) |
| Exámenes de Academia o Departamentales        | ( X ) |

Revisión 2010  
100% modificado  
Dr. Juan Anzures Marin y M.I. Salvador Ramírez Zavala  
Morelia, Mich., a 17 de Febrero de 2009

Ciudad Universitaria  
Edificio de la División de Estudios de Posgrado  
Av. Francisco J. Mújica S/N  
C.P. 58030, Morelia, Mich  
Tel/Fax 01(443) 327 9728  
<http://faraday.fie.umich.mx/>

