



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

## Programa de SISTEMAS DE CONTROL EN TIEMPO DISCRETO

### 1. NOMBRE DE LA UNIDAD CURRICULAR

Sistemas de control en tiempo discreto

### 2. CRÉDITOS

8

### 3. OBJETIVOS DE LA UNIDAD CURRICULAR

El objetivo del curso es introducir al alumno a la teoría de control lineal en tiempo discreto y capacitarlo para aplicarla al análisis y diseño de sistemas de control digital. Más explícitamente, se apunta a familiarizarlo con:

- Las diferencias principales entre los sistemas de tiempo discreto y los de tiempo continuo.
- Las ecuaciones en diferencias y la transformada Z.
- Las técnicas propias de los sistemas de tiempo discreto para calcular la función de transferencia de un sistema, la respuesta a pulso y la respuesta a una entrada cualquiera.
- La representación en variables de estado.
- El análisis en frecuencia.
- El muestreo y la reconstrucción de señales.
- Los conceptos de estabilidad, controlabilidad y observabilidad y los criterios para su estudio.
- La emulación en tiempo discreto de controladores de tiempo continuo.
- Las técnicas clásicas de diseño de controladores en tiempo discreto.
- Las técnicas modernas de diseño de controladores en tiempo discreto.

Se pretende que al aprobar la asignatura el alumno sea capaz de:

- Encontrar equivalentes en tiempo discreto de modelos en tiempo continuo, a los efectos de diseñar estrategias de control *directamente* en tiempo discreto.
- Elegir el período de muestreo de un sistema de control en tiempo discreto teniendo en cuenta las restricciones teóricas y prácticas que deben considerarse para una buena elección de compromiso.
- Emular en tiempo discreto estrategias de control diseñadas en tiempo continuo.

- Aplicar un repertorio de técnicas de diseño de controladores para sistemas SISO (single input - single output) que cubra técnicas
  - clásicas (basadas en descripciones entrada - salida del sistema) y
  - modernas (basadas en representaciones en el espacio de estado del sistema).
- Escoger la técnica de diseño más adecuada a las especificaciones del problema de control.
- Reconocer la utilidad y las particularidades de la teoría de control lineal en tiempo discreto para el análisis y diseño de sistemas de control digital.
- Abordar individualmente temas avanzados no cubiertos en el curso como por ejemplo: control de sistemas MIMO (multiple input - multiple output), identificación de sistemas, control óptimo y control no lineal.

#### 4. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

Los temas del curso se exponen en veintidós clases teórico-prácticas (dos por semana) apoyadas por clases de consulta. Como forma de evaluación y extensión de la formación se exige la resolución de tres hojas de ejercicios (algunos de los cuales requieren el uso de una computadora personal). Al final del curso se realiza una prueba comprensiva sobre el temario estudiado.

Detalle de horas:

- Horas de clase (teórico): 33
- Horas de clase (práctico):
- Horas de clase (laboratorio):
- Horas de consulta: 11
- Horas de evaluación: 4
  - Subtotal de horas presenciales: 48
- Horas de estudio: 42
- Horas de resolución de ejercicios/prácticos: 30
- Horas proyecto final/monografía:
  - Total de horas de dedicación del estudiante: 120

## 5. TEMARIO

1. Introducción
  - a. Ejemplos y definiciones básicas de conceptos y metodología
2. Sistemas de tiempo discreto
  - a. Ecuaciones en diferencias y transformada Z
  - b. Sistemas, respuesta a pulso y función de transferencia
  - c. Diagramas de bloque y formas canónicas
  - d. Representaciones en variables de estado, matriz de transferencia y transformaciones de similitud
3. Muestreo de sistemas de tiempo continuo
  - a. Equivalente discreto de tiempo continuo con mantenedor de orden 0.
  - b. Muestreo y reconstrucción de señales
4. Análisis de sistemas de tiempo discreto
  - a. Estabilidad BIBO y criterio de estabilidad de Jury
  - b. Respuesta transitoria y en régimen estacionario
  - c. Respuesta en frecuencia y criterio de estabilidad de Nyquist
  - d. Controlabilidad y observabilidad
5. Emulación de controladores de tiempo continuo en tiempo discreto
  - a. Método de integración numérica
  - b. Método de correspondencia de polos y ceros
  - c. Método del equivalente discreto del controlador de tiempo continuo con mantenedor (de orden 0 y orden 1)
6. Diseño directo en tiempo discreto mediante técnicas clásicas
  - a. Diseño directo basado en el lugar geométrico de las raíces
  - b. Diseño directo en el dominio de la frecuencia
  - c. Diseño directo por el método de Ragazzini
7. Diseño directo en tiempo discreto mediante técnicas basadas en el espacio de estado
  - a. Regulación por realimentación de estado
  - b. Observadores de estado
  - c. Regulación por realimentación de estado observado
  - d. Introducción de la entrada de referencia
  - e. Control integral y rechazo a perturbaciones

## **7. CONOCIMIENTOS PREVIOS EXIGIDOS Y RECOMENDADOS**

### **7.1 Conocimientos Previos Exigidos:**

Análisis complejo, álgebra lineal, programación, nociones básicas de señales y sistemas, y control lineal de sistemas continuos.

### **7.2 Conocimientos Previos Recomendados:**

Modelado de sistemas físicos.

**ANEXO A**

**Para todas las Carreras**

Esta primera parte del anexo incluye aspectos complementarios que son generales de la unidad curricular.

**A1) INSTITUTO**

Instituto de Ingeniería Eléctrica, Departamento de Sistemas y Control.

**A2) CRONOGRAMA TENTATIVO**

Consiste en un cronograma de avance semanal con detalle de las horas de clase asignadas a cada tema.

Semana 1	Tema 1. (1,5 h) Tema 2.a. (1,5 h)
Semana 2	Tema 2.b-c. (1,5 h) Tema 2.d. (1,5 h)
Semana 3	Tema 3.a. (1,5 h) Tema 3.b. (1,5 h)
Semana 4	Tema 4.a. (1,5 h) Tema 4.b. (1,5 h)
Semana 5	Tema 4.c. (1,5 h) Tema 4.d. (1,5 h)
Semana 6	Tema 5.a-c. (3 h)
Semana 7	Tema 6.a. (1,5 h) Tema 6.b.-parte 1 (1,5 h)
Semana 8	Tema 6.b.-parte 2 (1,5 h) Tema 6.c. (1,5 h)
Semana 9	Tema 7.a. (1,5 h) Tema 7.b.-parte 1 (1,5 h)
Semana 10	Tema 7.b.-parte 2 (1,5 h) Tema 7.c. (1,5 h)
Semana 11	Tema 7.d. (1,5 h) Tema 7.e. (1,5 h)
Semana 12	
Semana 13	
Semana 14	
Semana 15	

### **A3) MODALIDAD DEL CURSO Y PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN**

La evaluación se realiza mediante la valoración de la resolución de tres hojas de ejercicios entregadas durante el curso y la resolución de una prueba final escrita.

El curso tiene un total de 100 puntos que se distribuyen entre dos componentes:

1. Resolución de 3 hojas de ejercicios: por un total de 60 puntos.
2. Prueba individual final escrita: por un total de 40 puntos.

Ambas componentes son eliminatorias: el estudiante debe obtener al menos el 60 % del puntaje de cada componente para aprobar el curso. Si el estudiante no llegara al 60 % de la prueba final, podrá rendirla una vez más a la semana del fallo de la primera prueba. La asignatura no tiene examen.

### **A4) CALIDAD DE LIBRE**

No admite calidad de libre.

### **A5) CUPOS DE LA UNIDAD CURRICULAR**

(En caso de que corresponda, indicar los cupos totales.)

Cupos mínimos: -

Cupos máximos: 10

#### **Nota:**

*Si se definen cupos, en una nota aparte se deberá incluir:*

- *motivo por el cual la unidad curricular tiene cupos (tanto máximos como mínimos).*
- *el mecanismo de selección para cuando se dé la situación de que la cantidad de estudiantes inscriptos supere el cupo máximo.*

**ANEXO B**

**Para Ingeniería Eléctrica:**

**B1) ÁREA DE FORMACIÓN**

Para Ingeniería Eléctrica: Control

**B2) UNIDADES CURRICULARES PREVIAS**

Curso: Examen de Sistemas y Control

Examen: no corresponde.

**APROB RES CONSEJO DE FAC. [REDACTED]**

Fecha: 21/09/2021 Exp. 060180-500850-21