



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Nacional de San Luis
Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias
Departamento: Ingeniería
Area: Electrónica

(Programa del año 2022)

I - Oferta Académica

| Materia | Carrera | Plan | Año | Período |
|---|------------------------|----------------------------|------|-----------------|
| (Optativas-Ing.Electrónica-Plan 19/12-17/15) | INGENIERÍA ELECTRÓNICA | Ord 19/12 -11/2 2 | 2022 | 2° cuatrimestre |
| (Optativa Ingeniería de Meccatronics - 22/12-21/15) | ING. MECATRÓNICA | Ord 22/12 -10/2 2 | 2022 | 2° cuatrimestre |

Optativa: Control Digital de Sistemas

II - Equipo Docente

| Docente | Función | Cargo | Dedicación |
|------------------------------|----------------------|------------|------------|
| ASENSIO, EDUARDO MAXIMILIANO | Prof. Responsable | P.Adj Exc | 40 Hs |
| LARREGAY, GUILLERMO OMAR | Prof. Colaborador | P.Adj Exc | 40 Hs |
| SERRA, FEDERICO MARTIN | Prof. Co-Responsable | P.Tit. Exc | 40 Hs |

III - Características del Curso

| Credito Horario Semanal | | | | |
|-------------------------|----------|-------------------|---------------------------------------|-------|
| Teórico/Práctico | Teóricas | Prácticas de Aula | Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc. | Total |
| Hs | 3 Hs | 2 Hs | 1 Hs | 6 Hs |

| Tipificación | Periodo |
|--|-----------------|
| B - Teoría con prácticas de aula y laboratorio | 2° Cuatrimestre |

| Duración | | | |
|------------|------------|---------------------|-------------------|
| Desde | Hasta | Cantidad de Semanas | Cantidad de Horas |
| 08/08/2022 | 18/11/2022 | 15 | 90 |

IV - Fundamentación

El avance tecnológico de microcontroladores y de sistemas para el procesamiento digital de señales (DSP) ha permitido una reducción considerable en los costos de la implementación de controladores de procesos y sistemas. Además, los controladores discretos modernos poseen mayor versatilidad, flexibilidad y robustez con respecto a controladores basados en circuitos analógicos. Es por este motivo, que la mayoría de los controladores se implementan en la actualidad de forma digital.

Si bien la teoría de control clásica basada en sistemas continuos es crucial para el diseño de controladores, es necesario contemplar ciertos aspectos y desafíos que se presentan a la hora de implementar un controlador de manera digital. La aproximación de modelos continuos no es suficiente para representar la dinámica de modelos discretos o muestreados. Es por esto que la materia Control Digital, se presenta como un complemento a conceptos estudiados previamente en

Sistemas de Control utilizando herramientas definidas para sistemas digitales. Además, luego de sentar una base teórica, se realizará un enfoque práctico orientado a la implementación de controladores, diseñados en el dominio continuo y discreto, en diferentes tipos de aplicaciones modernas.

V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

Cada estudiante que apruebe el curso estará capacitado/a para:

- 1) Modelar y analizar cualquier sistema discreto mediante el herramientas definidas para el dominio temporal, de frecuencia y espacio de estados.
- 2) Diseñar sistemas de control mediante técnicas en el dominio del tiempo discreto, y espacio de estados.
- 3) Realizar la simulación de sistemas mediante el uso sistemático de software específico.
- 4) Identificar en instalaciones y equipos industriales automatizados los bloques funcionales de los sistemas automáticos que intervienen. Determinar sus elementos constructivos, estructura, estrategia de control utilizada, etc.
- 5) Implementar de forma práctica controles digitales en microcontroladores.
- 6) Planificar y gestionar proyectos de implementación práctica de controladores digitales.

VI - Contenidos

1 – INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE CONTROL DIGITAL

- 1.1 Introducción a los sistemas de Control Digital. Aplicaciones.
- 1.2 Discretización. Muestreador Ideal. Retenedor de orden cero. Error de cuantización.
- 1.3 Sistemas de adquisición, conversión y distribución de datos.
- 1.4 Procesadores digitales de señal. Arquitectura y programación.
- 1.5 Filtros digitales FIR e IIR. Diseño e implementación en sistemas embebidos.
- 1.6 Transformada rápida de Fourier. Algoritmo e implementación en sistemas embebidos.

2 – DISCRETIZACIÓN DE CONTROLADORES DISEÑADOS EN TIEMPO CONTINUO

- 2.1 Repaso de conceptos de control en tiempo continuo.
- 2.2 Técnicas de discretización. Aproximación de controladores continuos.

3 – ANÁLISIS DE SISTEMAS DISCRETOS

- 3.1 Ecuaciones en diferencias.
- 3.2 Transformada Z. Definición. Mapeo entre el plano s y el plano z . Propiedades y teoremas fundamentales.
- 3.3 Función de transferencia discreta.
- 3.4 Transformada Z inversa.
- 3.5 Solución de ecuaciones en diferencias.
- 3.6 Sistemas con retraso.
- 3.7 Espacio de estados discretos. Solución de ecuaciones en la forma de espacio de estados.

4 – DISEÑO DE SISTEMAS DE CONTROL DE TIEMPO DISCRETO POR MÉTODOS CONVENCIONALES

- 4.1 Análisis de estabilidad de sistemas de lazo cerrado en el plano z
- 4.2 Análisis de respuesta transitoria y de estado estable
- 4.3 Diseño basado en el método Lugar Geométrico de las Raíces
- 4.4 Diseño basado en el método de respuesta en frecuencia
- 4.5 Método de diseño analítico

5 – UBICACIÓN DE POLOS Y DISEÑO DE OBSERVADORES

- 5.1 Controlabilidad. Observabilidad.
- 5.2 Transformaciones útiles en análisis y diseño de espacio de estado.
- 5.3 Diseño de controladores digitales a través de ubicación de polos.
- 5.4 Observadores de estado.
- 5.5 Servo – sistemas.

6 – CONTROLADORES Y ESTIMADORES ESPECIALES.

- 6.1 Control óptimo discreto.

- 6.2 Control predictivo basado en modelo. Control PID predictivo.
- 6.3 Filtro de Kalman.
- 6.4 Ejemplos de Aplicaciones.

VII - Plan de Trabajos Prácticos

Los trabajos prácticos serán orientados a una aplicación específica seleccionada por cada estudiante con seguimiento del docente. Cada trabajo práctico representa una etapa real del diseño e implementación de controlador digital (ver metodología de dictado):

- Etapas 1: “Modelo del sistema en tiempo continuo y discreto”
- Etapas 2: “Diseño de un controlador continuo y discretización”
- Etapas 3: “Implementación de controlador discretizado en DSP”
- Etapas 4: “Diseño de un controlador en tiempo discreto”
- Etapas 5: “Ubicación de polos y diseño de observadores”
- Etapas 6: “Implementación de controladores y estimadores especiales”
- Etapas 7: “Control de Sistemas Electromecánicos” (IEM)

VIII - Regimen de Aprobación

METODOLOGÍA DE DICTADO Y APROBACIÓN DE LA ASIGNATURA

METODOLOGÍA:

El dictado de la materia posee una metodología orientada a la realización de proyecto. El objetivo final consiste en diseñar e implementar un control digital para una aplicación específica brindada por el docente o propuesta por el/la estudiante. Cada estudiante deberá cumplir con las diferentes etapas en fechas estipuladas que guiarán a la implementación final del proyecto.

El cumplimiento de cada etapa se hará efectiva mediante clases invertidas donde cada estudiante mostrará sus avances en el proyecto. De esta manera se busca debatir sobre las dificultades o desafíos que presenta cada proyecto así como de posibles soluciones.

Se brindarán clases teóricas que consisten en taller de aula mediante exposición de presentación en PC donde se definen las bases y herramientas para cada etapa.

De forma complementaria, se llevarán a cabo clases prácticas en aula multimedia, utilizando software de simulación y programación para cada estudiante aplique las herramientas brindadas en clases teóricas. Además se utilizará el Laboratorio de Electrónica cuando sea necesario.

Se busca fomentar la discusión y el trabajo en equipo para la solución de problemas técnicos, mediante el uso de instrumentos para la adquisición y análisis de datos.

REGIMEN DE REGULARIDAD:

Se considera regular a cada estudiante que cumpla con los siguientes requisitos:

- 1.- Cumplir con las condiciones de habilitación (equivalencias) para cursar la materia.
- 2.- Haber asistido al 80 % de las clases teóricas y prácticas.
- 3.- Entregar informes correspondiente a cada etapa del proyecto.

Para aprobar el curso, cada estudiante puede optar por alguna de las siguientes opciones:

- 1) Presentación del proyecto final que consiste en la implementación práctica de un sistema de control digital. El mismo se irá desarrollando en etapas a lo largo del dictado.

2) Mediante la aprobación de un examen final teórico.

Condiciones para promocionar el curso:

Haber aprobado todas las etapas del proyecto y entregado en tiempo y formales informes correspondientes.

Régimen de Promoción sin examen final:

Se podrá aprobar la materia mediante régimen de promoción cumpliendo con el punto 1) anterior y entregando un informe del trabajo final que contemple todas las etapas del proyecto.

-

Régimen de Promoción con examen final para Alumnos Libres:

Los alumnos libres podrán rendir la materia mediante un examen oral, luego de haber entregado los trabajos prácticos correspondientes y aprobar un examen escrito correspondiente a la parte práctica.

IX - Bibliografía Básica

[1] [1] APUNTES DE ASIGNATURA.

[2] [2] SISTEMAS DE CONTROL MODERNO – Richard Dorf.

[3] [3] SISTEMAS DE CONTROL MODERNO – Benjamin Ogata

[4] [4] THE SCIENTIST AND ENGINEER'S GUIDE TO DSP – Steven Smith (disponible en dspguide.com)

X - Bibliografía Complementaria

[1] [1] DIGITAL CONTROL SYSTEM ANALYSIS & DESIGN – Phillips, Charles.

[2] [2] SISTEMAS DE CONTROL EN TIEMPO DISCRETO – Ogata.

XI - Resumen de Objetivos

Cada estudiante que apruebe el curso deberá estar capacitado para:

- 1) Modelar y analizar cualquier sistema
- 2) Diseñar sistemas de control mediante técnicas en el dominio del tiempo discreto.
- 3) Realizar la simulación de sistemas mediante el uso sistemático de software específico.
- 4) Identificar en instalaciones y equipos industriales automatizados los bloques funcionales de los sistemas automáticos que intervienen.
- 5) Implementar controladores digitales.

XII - Resumen del Programa

1- INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE CONTROL DIGITAL

2- DISCRETIZACIÓN DE CONTROLADORES DISEÑADOS EN TIEMPO CONTINUO.

3- ANÁLISIS DE SISTEMAS DISCRETOS.

4- DISEÑO DE SISTEMAS DE CONTROL DE TIEMPO DISCRETO POR MÉTODOS CONVENCIONALES

5- UBICACIÓN DE POLOS Y DISEÑO DE OBSERVADORES

6- IMPLEMENTACIÓN DE CONTROLADORES Y ESTIMADORES ESPECIALES

XIII - Imprevistos

En caso de no poder completarse el dictado del programa de la asignatura de manera presencial por razones de fuerza mayor, se dictarán clases mediante plataformas virtuales, coordinando además horarios para clases de consultas.

XIV - Otros