Ministerio de Cultura y Educación **(Programa del año 2021)**
Universidad Nacional de San Luis
Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias
Departamento: Ingeniería
Area: Electrónica

I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
(Optativas-Ing.Electrónica-Plan 19/12-17/15)	INGENIERÍA ELECTRÓNICA	19/12-Mod. 17/15	2021	2° cuatrimestre
(Optativas Ingeniería Electromecánica-Plan 20/12-16/15) Optativa: Control Digital	ING.ELECTROMECÁNICA	Ord.20/12-16/15	2021	2° cuatrimestre
Optativa: Control Digital de Sistemas Mecatrónicos				
(Optativa Ingenieria Mecatronica - 22/12-21/15)	ING. MECATRÓNICA	022/12-Mod21/15	2021	2° cuatrimestre

Optativa: Control Digital de Sistemas Mecatrónicos

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**
8 Hs	3 Hs	2 Hs	3 Hs	8 Hs

Tipificación	Periodo
B - Teoria con prácticas de aula y laboratorio	2º Cuatrimestre

Duración			
Desde	**Hasta**	**Cantidad de Semanas**	**Cantidad de Horas**
23/08/2021	26/11/2021	14	112

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, la misma no contempla ciertos aspectos y desafíos que se presentan a la hora de implementar un controlador 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

El/la alumno/a que apruebe el curso estará capacitado/a para:
1) Modelar cualquier sistema físico en el dominio del tiempo discreto utilizando funciones de transferencia y ecuaciones en el espacio de estados.
2) Analizar la respuesta de sistemas en el dominio temporal y de frecuencia.
3) Diseñar sistemas de control mediante técnicas clásicas en el dominio del tiempo discreto y espacio de estados.
4) Realizar simulaciones numéricas de sistemas de control mediante el uso de software específico.
5) 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.
6) Implementar controles digitales diseñados ya sea en el dominio del tiempo continuo o en tiempo discreto.

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 digital analógica. Sistemas de modulación por ancho de pulsos (PWM).
1.4 Retrasos en un sistema de control digital.

2 – ANÁLISIS DE SISTEMAS DISCRETOS
2.1 Ecuaciones en diferencias.
2.2 Transformada Z. Definición. Mapeo entre el plano s y el plano z. Propiedades y teoremas fundamentales.
2.3 Función de transferencia discreta.
2.4 Transformada Z inversa.
2.5 Solución de ecuaciones en diferencias.
2.6 Sistemas con retraso.
2.7 Espacio de estados discretos. Solución de ecuaciones en la forma de espacio de estados.

3 – DISCRETIZACIÓN DE CONTROLADORES DISEÑADOS EN TIEMPO CONTINUO
3.1 Repaso de Conceptos de Control en tiempo continuo.
3.2 Técnicas de discretización. Aproximación de controladores continuos.

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 el alumno o la alumna. Cada trabajo práctico representa una etapa del diseño e implementación de controlador digital que se irá desarrollando a lo largo del curso.

TP1: “Modelo del sistema en tiempo discreto”
TP2: “Diseño de un controlador continuo y discretización”
TP3: “Diseño de un controlador en tiempo discreto”
TP4: “Ubicación de polos y diseño de observadores”
TP5: “Implementación de controladores y estimadores especiales”
TP6: “Implementación de controladores en DSP”
TP7: “Control de Sistemas Electromecánicos” (IEM)

VIII - Regimen de Aprobación

METODOLOGÍA DE DICTADO Y APROBACIÓN DE LA ASIGNATURA

METODOLOGÍA:
Las clases teóricas consisten en taller de aula mediante exposición de presentación en PC. Las mismas fomentan la discusión en clase y sientan las bases para la realización de trabajos prácticos.

Las clases prácticas se llevarán a cabo en aula multimedia, utilizando software de simulación para que el alumno aplique las herramientas brindadas en clases teóricas y en el Laboratorio de Electrónica cuando sea necesario. Se busca fomentar el trabajo en equipo y el uso de instrumentos para la adquisición y análisis de datos mediante la realización de un trabajo final.

REGIMEN DE REGULARIDAD:
Se considera como alumno regular a todo aquel 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.- Dar cumplimiento a los informes de trabajos de laboratorios

Para aprobar el curso, el/la alumno/a puede optar por alguna de las siguientes opciones:

-Mediante el desarrollo y presentación de un proyecto donde se aplique un sistema de control utilizando las herramientas vistas. Este proyecto se irá desarrollando a medida que avanza el curso y la aplicación será a elección del alumno. El curso está orientado a un esquema de desarrollo de proyecto por objetivos. El/la alumno/a irá presentando en clases cada avance del mismo.

-Mediante la aprobación de un examen final teórico.

Condiciones para promocionar el curso:
Haber regularizado la materia y entregar un informe sobre trabajo final de implementación.

Régimen de Promoción sin examen final:

-

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] SISTEMAS DE CONTROL EN TIEMPO DISCRETO – Ogata.
[2] DIGITAL CONTROL SYSTEM ANALYSIS & DESIGN – Phillips, Charles.
[3] Apuntes de la materia.

X - Bibliografia Complementaria

[1] SISTEMAS DE CONTROL MODERNO – Richard Dorf.

XI - Resumen de Objetivos

El alumno que apruebe el curso deberá estar capacitado para:
1) Modelar y analizar sistemas lineales discretos o discretizados.
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 – ANÁLISIS DE SISTEMAS DISCRETOS
3 – DISCRETIZACIÓN DE CONTROLADORES DISEÑADOS EN TIEMPO CONTINUO
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 poderse completar 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