



Ministerio de Cultura y Educación  
 Universidad Nacional de San Luis  
 Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales  
 Departamento: Electrónica  
 Área: Electrónica

(Programa del año 2024)  
 (Programa en trámite de aprobación)  
 (Presentado el 22/07/2024 18:44:26)

### I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
CONTROL II	ING.ELECT.O.S.D	13/08	2024	2° cuatrimestre

### II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación
PETRINO, RICARDO	Prof. Responsable	P.Tit. Exc	40 Hs
GARCIA, JESUS ROMUALDO	Responsable de Práctico	JTP Exc	40 Hs
ROMANI, NESTOR GABRIEL	Auxiliar de Práctico	A.1ra Semi	20 Hs

### III - Características del Curso

Credito Horario Semanal				
Teórico/Práctico	Teóricas	Prácticas de Aula	Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc.	Total
Hs	45 Hs	25 Hs	20 Hs	6 Hs

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

Duración			
Desde	Hasta	Cantidad de Semanas	Cantidad de Horas
05/08/2024	15/11/2024	15	90

### IV - Fundamentación

Para completar una visión del Control Automático, y adquirir las habilidades para poder diseñar, proyectar y calcular sistemas de control, se presentan los fundamentos del Control Digital. El curso cubre el uso de Computadoras digitales y controladores industriales ,para el control digital en tiempo real de sistemas dinámicos.

Provee las bases teóricas para el tratamiento digital de los problemas de control, principalmente de sistemas lineales invariantes en el tiempo. Se introducen los modelos basados en el Espacio de Estado. Se prueban los controladores sobre plantas basadas en servosistemas físicos reales. Se revisan los pasos de un diseño completo desde el modelado hasta la fase experimental.

### V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

Los objetivos principales de Control II son adquirir las habilidades y conocimientos para poder -a partir del análisis de sistemas de Control en tiempo Discreto- ser capaces de proyectar, diseñar, calcular e implementar sistemas equipos y dispositivos de control automático.

Al final del curso ser capaz de seguir todos los pasos de un diseño para el control digital de un sistema físico real, desde el Análisis del sistema de Control en tiempo Discreto hasta el diseño e implementación del mismo.

### VI - Contenidos

#### 1.Introducción al control digital.

Estructura de un sistema de control digital. Ejemplos de Sistemas de Control Digital. Revisión de conceptos de Sistemas en

Tiempo Discreto. Transformada de Laplace Asterisco. Cómo elegir el tiempo de muestreo cuando se diseñar un sistema o equipo de control para una aplicación determinada.

## **2. Modelado de Sistemas de Control Digital.**

Modelo del ADC (convertor Analógico Digital) y del DAC (convertor Digital Analógico). La función de Transferencia del Retenedor de Orden Cero (ZOH). Respuesta en frecuencia del Retenedor de Orden cero. Efecto de un muestreador en la función de Transferencia de una cascada. Función de Transferencia de la combinación de un DAC, Subsistema Analógico y ADC. Función de Transferencia discreta en lazo cerrado de un sistema de control digital.

Perturbaciones Analógicas en un sistema digital.

Error de estado estacionario.

Constantes de error para entradas escalón unitario, rampa y aceleración.

Análisis de diagramas en bloques para sistemas de datos muestreados.

## **3. Estabilidad de Sistemas de control Digital.**

Definiciones: Estabilidad Asintótica y BIBO (Entrada Acotada/Salida Acotada). Condiciones. Determinación de la Estabilidad: Criterio de Routh-Hurwitz y Test de Jury.

## **4. Diseño de sistemas de control digital.**

Correspondencia entre el plano S y el plano Z. Lugar geométrico de Atenuación constante, de tiempo de establecimiento constante, de frecuencia constante y de factor de amortiguamiento constante. Sistema de segundo orden.

Diseño basado en el Lugar Geométrico de las Raíces (LGR).

Diagrama del Lugar de las Raíces de los sistemas de Control digital. Efecto del muestreo T sobre las características de la respuesta transitoria. Ejemplos del método de diseño de sistemas de control digital basado en el método del LGR, usando Software específico.

## **4. Diseño de controladores usando el Método de Respuesta en Frecuencia.**

Transformación bilineal y el plano W. Diagramas de Bode. Problema de cuantificación de coeficientes. Respuesta en frecuencia del compensador de adelanto defase. Compensación de adelanto de fase. Compensación de atraso de fase.

Compensación de adelanto-atraso de fase. Procedimiento de diseño de un controlador digital. Ejemplos de diseño usando software específico.

## **5. Diseño de controladores usando un método Analítico. Diseño de Control Directo.**

Objetivos del método. Condiciones de realizabilidad y de estabilidad. Ejemplo.

Controladores de Tiempo Finito (Dead beat). Determinación de la estructura del controlador. Determinación de los parámetros. Análisis de la función de transferencia de lazo cerrado.

## **6. Controlador PID discreto.**

Función de transferencia de un PID digital, aproximación discreta del pid analógico.

Función de transferencia usando aproximación rectangular y trapezoidal para la parte integral. Pid Modificado. Pid con predictor. Pid de velocidad. Definición de la estructura, tiempo de muestreo y parámetros del PID. Metodología para la obtención de los parámetros. Reglas de ajuste. Diseño de controlador PID usando asignación de polos. Cuantización y otras no linealidades.

## **7. Espacio de Estado.**

Ecuaciones de Estado en tiempo discreto Solución de las ecuaciones de estado en tiempo discreto. Propiedades de los modelos en el Espacio de Estado: Estabilidad, Controlabilidad, observabilidad. Diseño de Control en el Espacio de Estado. Diseño y cálculo de un sistema de control usando asignación de polos para una planta piloto que consiste en un Péndulo invertido rotativo.

## **VII - Plan de Trabajos Prácticos**

Trabajos Prácticos de Aula :

Trabajo Práctico N° 1 - Modelos de Sistemas Discretos

Trabajo Práctico N° 2 – Diseño de Sistemas de Control

Trabajo Práctico N° 3 – Diseño y Simulación, utilizando software específico, de Controladores Digitales basado en el Método de LGR.

Trabajo Práctico N° 4 – Diseño y Simulación, utilizando software específico, de Controladores Digitales basado en el Método de Respuesta en Frecuencia.

Trabajo Práctico N° 5 – Diseño y Simulación, utilizando software específico, de Controladores Digitales – Método Analítico.

Trabajo Práctico N° 6 - Diseño y Simulación, utilizando software específico, de Controladores Digitales PID.

Trabajo Práctico N° 7 - Diseño y Simulación, utilizando software específico, de Controladores Digitales en el Espacio de Estado.

#### Prácticos de Laboratorio

Manejo, configuración y conexión en cascada de Controladores industriales NOVUS N1100.

Diseño de un sistema de Control de temperatura para un sistema físico real utilizando el PID implementado en el controlador industrial NOVUS N1100. Modelado de la planta, cálculo del controlador, implementación del sistema de control completo y ensayo de resultados experimentales.

Diseño, Simulación y Validación de controladores digitales sobre plantas Rotativas utilizando equipo de Quanser basado en servosistema físico real: Módulo básico y Péndulo Invertido. Revisión de todas las etapas del diseño a través del diseño del controlador digital utilizando el método de asignación de polos.

Seminario con exposiciones de alumnos para plantear:

-El impacto social cuando se implementan sistemas automáticos que reemplazan la presencia de operadores humanos.

Fundamentos para una actuación profesional ética y responsable.

-La IA en sistemas de control automático.

-Enfoque del diseño y realización de un proyecto en equipos de trabajo multidisciplinarios.

-Ambientes de trabajo que favorecen un ambiente para la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.

-Necesidad de Validar y certificar el funcionamiento, condición de uso o estado de los sistemas de control.

### VIII - Regimen de Aprobación

Aprobación de los parciales .

Aprobación de los trabajos prácticos.

Aprobación de los laboratorios.

Presentación de un tema propuesto en el seminario de exposiciones según temas propuestos.

### IX - Bibliografía Básica

[1] [1] Digital Control Engineering. Analysis and Design. FADALI-VISIOLI. Edit. Elsevier, Academic Press. 2013.

[2] [2] Sistemas de Control en tiempo discreto.Katsuhiko Ogata. Prentice Hall. 1996.

[3] [3] Digital Control of Dynamic Systems (3rd Edition).Gene F. Franklin, J.David Powell, Michael Workman. Prentice Hall;

[4] 3rd edition. 1997.

[5] [4] Problemas de Ingeniería de Control usando Matlab. Katsuhiko Ogata. Prentice Hall 1999.

[6] [5] Digital Control System Analysis and Design. Charles L. Phillips, H.Troy Nagle. 1995. US Imports & PHIPES

### X - Bibliografía Complementaria

[1] [[1] The Control Handbook. Editor W. Levine. CRC Press-IEEE. 1996.

[2] [2] PID Controllers: Theory, Design, and Tuning. Karl J. Astrom, Tore Hagglund. Publisher: International Society for

[3] Measurement and Con; 2nd edition (January 1, 1995) ISBN: 1556175167

[4] [3] Modern Digital Control Systems. Raymond G. Jacquot. Edit. Marcel Dekker inc. 2nd Edition 1995.

[5] [4] Computer-Controlled Systems: Theory and Design, 3e. Karl J. Åström & Bjorn Wittenmark.Prentice Hall, 1997.

[6] [5] Using Matlab to Analyze and Design Control Systems.

## **XI - Resumen de Objetivos**

Describir y analizar sistemas de control en tiempo discreto para ser capaces de proyectar, diseñar, calcular e implementar sistemas, equipos y dispositivos de control digital automático.

## **XII - Resumen del Programa**

Análisis en el plano Z de sistemas de control.

Diseño de controladores digitales, basados en el método del Lugar de las Raíces y de la Respuesta en Frecuencia. Diseños basados en un método Analítico, controladores de Tiempo Finito.

Controlador PID discreto. Diseño de controladores Pid mediante asignación de polos.

Conceptos básicos de Modelos y control de sistemas en el Espacio de Estado.

Estudio de un controlador universal comercial y su utilización en una planta de laboratorio.

Pasos para el análisis, diseño, implementación y testeo de un sistema de control digital en tiempo real. Caso de estudio.

## **XIII - Imprevistos**

Los imprevistos se analizan al final del curso para plantear soluciones para futuras situaciones similares.

## **XIV - Otros**

<b>ELEVACIÓN y APROBACIÓN DE ESTE PROGRAMA</b>	
	<b>Profesor Responsable</b>
Firma:	
Aclaración:	
Fecha:	