

Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo			
P1- PROGRAMA DE ASIGNATURA			
Asignatura:	CONTROL Y SISTEMAS		
Profesor Titular:	Dr. Ing. Rodrigo Gonzalez		
Carrera:	Ingeniería en Mecatrónica		
Año: 2018	Semestre: 9	Horas Semestre: 60	Horas Semana: 4

OBJETIVOS

- Comprender la función que tiene cada etapa dentro de un sistema de procesamiento digital de una señal analógica y saber lidiar con los errores que surgen por su digitalización.
- Entender las limitaciones que surgen de la representación de números reales en una computadora.
- Desarrollar el modelo matemático de diferentes tipos de sensores y transductores típicamente encontrados en sistemas mecatrónicos.
- Diseñar y validar el modelo computacional de un sistema mecatrónico integrado a nivel simulación, reconociendo las distintas partes que lo componen y las limitaciones del modelo.
- Diseñar un sistema de control discreto a nivel simulación para el modelo de un sistema mecatrónico integrado y demostrar que el sistema en su totalidad es robusto frente a ruido y perturbaciones externas.

CONTENIDOS

UNIDAD 1: REPRESENTACIÓN DISCRETA DE SISTEMAS MECATRONICOS

1.A. Transformada Z

Definición. Transformada Z de funciones elementales. Propiedades. Región de convergencia y estabilidad. Transformada Z de sistemas invariantes en el tiempo. Representación discreta de sistemas MIMO en espacio de estados.

1.B. Representación finita de números reales en punto fijo

Enteros. Punto fijo. Notación Q. Rango y precisión. Escala de representación. Rango dinámico. Suma complemento a 2. Overflow. Saturación. Multiplicación complemento a 2. Underflow. Desplazamientos lógico y aritmético. Acumulador, bits de guarda. Esquemas de redondeo, truncación y roundoff.

1.C. Representación finita de números reales en punto flotante

Punto flotante. Estándar IEEE 754-2008. Representación normalizada y denormalizada. Números especiales. Esquemas de redondeo. Rango dinámico. Precisión. Limitaciones del formato. Comparación entre punto fijo y punto flotante.

UNIDAD 2: PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES

2.A. Etapas esenciales de un sistema DSP

Filtro antialiasing. Técnica de oversampling. Conversión A/D. Error de cuantización. Relación señal-ruido de un A/D. Determinación de la cantidad de bits necesarios de un A/D. Conversión D/A. Filtro de reconstrucción. Técnicas de upsampling, pre-equalización y post-equalización.

2.B. Filtros tipo FIR

Clasificación de filtros discretos. Filtrado en el dominio del tiempo y filtrado en el de la frecuencia. Filtros FIR. Filtro Moving Average. Filtros FIR basados en ventanas. Diseño de filtros FIR con MATLAB. Estructuras de filtros FIR. Implementación de filtros FIR en lenguaje C.

2.C. Filtros tipo IIR

Filtro Leaky Integrator. Transformada bilineal, deformación de la respuesta frecuencia (warping). Diseño de filtros IIR con MATLAB. Estructuras de filtros IIR, Direct form I y II. Implementación de filtros IIR en lenguaje C.

UNIDAD 3: MODELADO MATEMÁTICO DE SISTEMAS MECATRONICOS

3.A. Sistemas no lineales

Definición. Representación matemática. de sistemas no lineales. Clasificación de los modelos. Análisis de estabilidad. Punto de equilibrio. Linearización de modelos matemáticos no lineales por método de matriz Jacobiana.

3.B. Modelo matemático de sistemas eléctricos y mecánicos

Modelado de sistemas mecatrónicos por el método de modelos de grafos de unión (*bond graph*). Sistemas multipuerto. Variables de potencia, energía, momento y desplazamiento. Sistemas eléctricos y mecánicos, repaso de conceptos. Circuitos eléctricos, amplificadores operacionales. Modelado de sensores típicos en sistemas mecatrónicos. Sistema masa-resorte. Sistemas mecánicos de cuerpo rígido. Implementación de los modelos en MATLAB/Simulink/SimScape.

3.C. Modelo matemático de sistemas hidráulicos

Sistemas hidráulicos nivelados. Resistencia y capacidad. Presión hidráulica, unidades típicas. Sistemas hidráulicos nivelados con interacción. Ventajas y desventajas de los sistemas hidráulicos. Servo hidráulico. Controlador integral. Implementación de los modelos en MATLAB/Simulink/SimScape.

3.D. Modelo matemático de sistemas neumáticos

Comparación entre sistemas neumáticos e hidráulicos. Resistencia y capacidad. Sistemas presurizados. Controladores neumáticos con acciones proporcionales, derivativas e integrales. Válvulas actuadoras. Implementación de los modelos en MATLAB/Simulink/SimScape.

UNIDAD 4: CONTROL DE SISTEMAS MECATRONICOS INTEGRADOS

4.A. Controlador PID

Determinación experimental de la función de transferencia. Reglas de Ziegler–Nichols para el ajuste de controladores PID. Diseño de controladores PID para respuesta en frecuencia. Control con 2 grados de libertad (2DoF). Controladores PI-D e I-PD. Ubicación de ceros para mejorar la respuesta del sistema.

4.B. Controlador PID discreto

Controlador PID discreto. Controladores de Estado. Reconstrucción del vector de estado. Implementación de controladores discretos en MATLAB/Simulink/SimScape. Implementación de controladores PID discretos en lenguaje C.

4.C. Control óptimo y robusto

Incertidumbres en los parámetros de la planta. Ruido y perturbaciones. Teorema de pequeña ganancia. Control por norma H infinita. Incertidumbres no estructuradas. Casos de estudio.

UNIDAD 5: PROYECTO MECHATRÓNICO

5.A. Modelado de un sistema mecatrónico

Propuesta por parte del alumno de un anteproyecto de un sistema mecatrónico. Modelado matemático de las partes que lo integran. Implementación del modelo de la planta en MATLAB/Simulink/SimScape. Validación del modelo.

5.B. Control de un sistema mecatrónico

Elección de un controlador. Diseño del sistema de control. Validación del sistema de control en MATLAB/Simulink/SimScape. Análisis de controlabilidad y observabilidad del sistema. Análisis de robustez del sistema al ruido y perturbaciones.

METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

Las clases teóricas son dictadas con el apoyo de transparencias con exposición por parte del docente. Esta metodología permite fomentar a los alumnos para que formulen preguntas y comentarios, y de esta forma se introduzcan en el pensamiento lógico y razonen sobre el tema que se está tratando.

En las clases prácticas se utilizará el entorno de modelado y simulación MATLAB/Simulink/SimScape para la resolución en clase de los problemas propuestos. La intención es que el alumno aprenda a manejar estas herramientas para el diseño y desarrollo de proyectos mecatrónicos de mayor complejidad, y desarrolle, al menos parcialmente, las prácticas con la ayuda del docente en clase.

Actividad	Carga horaria por semestre
Teoría y resolución de ejercicios simples	25
Formación práctica	
Formación Experimental - Laboratorio	15
Resolución de problemas de ingeniería	10
Proyecto y diseño	10
Total	60

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía básica

Autor	Título	Editorial	Año	Ejemplares en biblioteca
Ogata, K.	Ingeniería de Control Moderno, 5º Ed.	Prentice Hall	2010	
Oppenheim, A. and Schafer, R.	Procesamiento discreto de señales	Prentice Hall	1999	
Kuchen, B. y Carelli, R.	Control Digital Discreto	UNSJ	1996	

Bibliografía complementaria

Autor	Título	Editorial	Año	Ejemplares en biblioteca
Palm III, William	System Dynamics, 3rd Ed.	McGraw-Hill	2014	
Lyons, Richard G	Understanding Digital Signal Processing, 2nd Ed.	Prentice Hall	2004	

EVALUACIONES (S/ Ord. 108-10_CS)

Regularización

Para regularizar la materia se debe:

1. Tener el 75% de asistencia.
2. Participar en clase del 75% de las actividades prácticas.
3. Aprobar los 2 parciales o sus respectivos recuperatorios, con una nota igual o mayor a 6 (seis). Parciales y recuperatorios evalúan contenidos tanto de la teoría como de la práctica.
4. Presentar un anteproyecto de carácter individual antes del final del cursado.

Las fechas fijadas para tomar los 2 parciales son respectivamente el 17 de abril de 2018 y el 29 de mayo de 2018. Los respectivos recuperatorios se tomarán la semana posterior siguiente a cada parcial, si fuera necesario.

Anteproyecto

El anteproyecto se define durante el dictado de la Unidad 5. El mismo debe especificar:

1. Título del proyecto final.
2. Objetivos que se pretenden alcanzar.
3. Breve descripción del proyecto a desarrollar con al menos la siguiente información:
 1. Descripción de la planta a controlar.
 2. Identificación de las variables de entrada y salida del sistema.
 3. Tipo de control a implementar.
 4. Herramientas de simulación que se usarán.

Proyecto final

Luego de regularizar la materia, el alumno continúa con el desarrollo del proyecto final hasta su finalización, estando el docente disponible para consultas durante las horas designadas para tal fin.

El proyecto final debe tener las siguientes características:

1. Se debe modelar y controlar de un sistema mecatrónico a nivel simulación de mediana complejidad.
2. El control del sistema debe ser discreto.
3. Se debe incluir el modelado de un sensor con salida ruidosa. Se debe incluir un filtro anti-aliasing y proponer un filtrado adicional con el objetivo de mitigar el ruido.
4. Se debe demostrar una correcta respuesta del sistema completo ante la presencia de ruido y perturbaciones.
5. El uso de precisión punto fijo para la implementación del controlador discreto y los algoritmos de DSP se considera un plus.
6. Se considera un plus que el alumno solucione un problema real con su proyecto final.
7. Se debe redactar un informe del proyecto final desarrollado.

Es obligatorio que el alumno entregue por email al Prof. Titular de la cátedra una copia digital del informe del proyecto final al menos 48 horas hábiles antes de presentarse a la mesa.

Aprobación

Para aprobar la materia, se contemplan dos casos:

- En el caso de un **alumno regular**, se debe haber enviado el informe final del proyecto previamente, según se indica en la sección anterior. Adicionalmente, el alumno debe exponer y defender el proyecto final en forma oral exitosamente durante la mesa de examen. Se evalúan el dominio de conceptos y el grado de competencias teórico-prácticas alcanzadas. La aprobación se alcanza con una nota igual o mayor a 6 (seis), que corresponde al 60% respecto de la competencia alcanzada por parte del alumno en los tópicos tratados por la materia.
- En el caso de un **alumno libre**, además de las exigencias para un alumno regular, se debe rendir en la mesa un examen escrito teórico-práctico antes de la presentación del proyecto. El mismo puede ser oral o escrito. Aprobado este examen, se procede a la defensa del proyecto final.