

Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo			
P1- PROGRAMA DE ASIGNATURA			
Asignatura:	CONTROL Y SISTEMAS		
Profesor Titular:	Dr. Ing. Rodrigo Gonzalez		
Carrera:	Ingeniería Mecatrónica		
Año: 2016	Semestre: 9	Horas Semestre: 60	Horas Semana: 4

### OBJETIVOS

- Describir los conceptos básicos, definiciones y características de los sistemas mecatrónicos.
- Estudiar e identificar cada tipo de sensores y transductores, que serán los diferentes modos de obtener los datos de entrada a los sistemas de control.
- Entender las partes que integran el procesamiento de una señal analógica proveniente de un sensor y comprender los errores que surgen por su digitalización.
- Obtener el modelo en espacio de estados de un sistema mecatrónico integrado, reconociendo las distintas partes que lo componen y sus interconexiones.
- Diseñar un sistema de control discreto para sistemas mecatrónicos integrados, tanto lineales como no lineales.
- Entender las limitaciones que surgen de la representación de números reales en un modelo computacional.

### CONTENIDOS

#### UNIDAD 1: INTRODUCCIÓN A SISTEMAS MECATRÓNICOS

##### 1.A. Concepto de Sistemas Mecatrónicos.

Identificación, definición y características de las distintas partes que componen un sistema mecatrónico. Comparación entre sistemas básicos y sistemas integrados mecatrónicos.

##### 1.B. Sensores y transductores

Sensores y transductores. Terminología del funcionamiento. Desplazamiento, posición y proximidad. Velocidad y movimiento. Fuerza. Presión de fluidos. Flujo de líquidos. Nivel de líquidos. Temperatura. Sensores de luz. Selección de sensores. Introducción de datos mediante interruptores.

##### 1.C. Sistemas de actuación hidráulica y neumática

Sistemas de actuadores. Sistemas neumáticos e hidráulicos. Válvulas para control de dirección. Válvulas de control de presión. Cilindros. Válvulas para el control de procesos. Actuadores giratorios.

##### 1.D. Sistemas de actuación mecánica.

Sistemas mecánicos. Tipos de movimientos. Cadenas cinemáticas. Levas. Trenes e engranajes. Ruedas dentadas y trinquetes. Transmisión por correa y cadena. Aspectos mecánicos e la selección de un motor.

##### 1.E. Sistemas de actuadores eléctricos

Sistemas eléctricos. Interruptores mecánicos. Interruptores de estado sólido. Solenoides. Motores CD. Motores CA. Motores paso a paso.

##### 1.F. Etapas esenciales en el procesamiento digital de señales

Conversión A/D. Fenómeno de aliasing. Filtro anti-aliasing. Error de cuantización. Relación señal-ruido de un conversor A/D. Conversión D/A. Filtro de reconstrucción.

## **UNIDAD 2: MODELADO MATEMÁTICO DE SISTEMAS MECATRONICOS.**

### **2.A. Modelado matemático de sistemas de control**

Repaso de función de transferencia y función de respuesta al impulso. Sistemas de control automático. Modelo en espacio de estados. Representación en espacio de estados de una sistema de ecuaciones diferenciales.

### **2.B. Modelo matemático de sistemas mecanicos**

Segunda ley de Newton. Modelado de un sistema básico con masa, resorte y amortiguador. Modelado de un sistema con diferentes cantidades de masas, resortes y amortiguadores. Modelado de un péndulo invertido. Implementación de los modelos en MATLAB/Simulink.

### **2.C. Modelo matemático de sistemas eléctricos**

Leyes de Kirchhoff. Modelado de un sistema básico con resistencia, inductancia y capacitancia. Modelado de redes eléctricas más complejas. Redes en cascada desacopladas. Amplificador inversor y no inversor. Controlador PID usando amplificadores operaciones. Implementación de los modelos en MATLAB/Simulink.

### **2.D. Modelo matemático de sistemas hidráulicos**

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

### **2.F. Modelo matemático de sistemas neumáticos**

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

### **2.G Sistemas no lineales.**

Definición. Linearización de modelos matemáticos no lineales. Análisis de estabilidad. Punto de equilibrio.

## **UNIDAD 3: CONTROL DE SISTEMAS MECATRONICOS INTEGRADOS**

### **3.B. Controladores 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. Ubicación de ceros para mejoras respuesta en frecuencia. Implementación de controladores PID en MATLAB/Simulink.

### **3.C. Control de sistemas en espacio de estados**

Conceptos de controlabilidad y observabilidad. Control por ubicación de polos. Observador de estados. Diseño de controladores con observadores. Implementación de controladores en espacio de estados en MATLAB/Simulink.

### **3.D. Control robusto**

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

### **3.E. Control no lineal**

Linearización y estabilidad local. Método directo de Lyapunov. Análisis de un sistema basado en el método directo de Lyapunov. Diseño de un controlador usando el método directo de Lyapunov.

## **UNIDAD 4: CONTROL DISCRETO DE SISTEMAS MECATRONICOS**

### **4.A. Transformada Z**

Transformada Z de funciones elementales. Propiedades. Muestreo de señales analógicas.

### **4.B. Modelos Discretos Determinísticos**

Características y propiedades de la función de transferencia discreta. Condiciones de estabilidad de sistemas de tiempo discreto. Modelos para la representación de sistemas MIMO de tiempo discreto.

### **4.C. Controladores discretos**

Controlador PID discreto. Controladores de tiempo finito. Controladores de Estado. Reconstrucción del vector de estado. Implementación de controladores discretos en MATLAB/Simulink.

#### **4.D Representación finita de números reales**

Enteros. Punto fijo. Notación Q. Aritmética complemento a 2, suma y multiplicación. Bits de guarda. Escalado de variables. Rango dinámico. Resolución. Saturación. Truncación y redondeo. Punto flotante. Estándar IEEE 754-2008. Representación normalizada y denormalizada. Esquemas de redondeo. Rango dinámico. Precisión. Comparación entre punto fijo y punto flotante.

### **UNIDAD 5: PROYECTO MECHATRÓNICO**

#### **5.A. Modelado del sistema mecatrónico**

Propuesta por parte del alumno de un ante-proyecto de un sistema mecatrónico. Modelado matemático de las partes que lo integran. Obtención del modelo en espacio de estados de la planta. Implementación del modelo en MATLAB/Simulink. Validación del modelo.

#### **5.B. Control del sistema mecatrónico**

Elección de un controlador. Diseño del sistema de control. Validación del sistema de control en MATLAB/Simulink. Análisis controlabilidad y observabilidad del sistema.

### **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, como así también se les efectúa preguntas para que el alumno se introduzca en el razonamiento lógico y motivarlos a pensar en el tema que se está tratando.

En las clases prácticas se utilizará el entorno de modelado y simulación MATLAB/Simulink 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 las prácticas con la ayuda del docente.

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
<b>Total</b>	<b>60</b>

## **BIBLIOGRAFÍA**

### ***Bibliografía básica***

Autor	Título	Editorial	Año	Ejemplares en biblioteca
Ogata, K.	Ingeniería de Control Moderno, 5ta Ed.	Prentice Hall	2010	
Ogata, K.	Control de Sistemas Discretos	Prentice Hall	1995	
Bolton W.	Mecatrónica. Sistemas de control electrónico en ingeniería mecánica y eléctrica	Alfaomega	2006	

### ***Bibliografía complementaria***

Autor	Título	Editorial	Año	Ejemplares en biblioteca
Kuchen, B. y Carelli, R.	Control Digital Discreto	UNSJ	1996	
Burns, Roland S.	Advanced Control Engineering	Butterworth-Heinemann	2001	
Oppenheim, A. and Schafer, R.	Discrete-time signal processing, 2nd Ed.	Prentice Hall	1999	
Lyons, Richard G	Understanding Digital Signal Processing, 2nd Ed.	Prentice Hall	2004	

## **EVALUACIONES (S/ Ord. 108-10\_CS)**

Para regularizar la materia se debe tener el 75% de asistencia, participar del 75% de las actividades prácticas y presentar un ante-proyecto referido al proyecto final antes del final del cursado.

Para aprobar la materia, se contemplan dos casos.

En el caso de un alumno regular, se debe completar y defender exitosamente durante una mesa de examen un proyecto final de carácter individual. Mediante éste se evalúa 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 se corregirá en la mesa. Aprobado este, se procede a la defensa del proyecto final.

El proyecto se define durante el dictado de la unidad 5. Luego, el alumno continua con su desarrollo hasta su finalización, estando el docente disponible para consultas durante las horas designadas para tal fin. Durante el desarrollo de una mesa, el alumno debe presentar un informe final del proyecto, y exponer y defender el mismo en forma oral.