

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Control de movimiento.
Clave de la asignatura:	MCD-1705
SATCA¹:	2-3-5
Carrera:	Ingeniería Electrónica

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

Un sistema de control de movimiento está conformado por tres elementos básicos: el controlador, el impulsor y el actuador (motor). El cálculo de la trayectoria es realizado por el controlador, el cual envía una señal de control al impulsor, que a su vez aplica una señal de control al actuador, resultando en el movimiento deseado.

Elementos de retroalimentación son utilizados sobre el motor o la carga para notificar al controlador la posición del actuador o de la carga. La retroalimentación es utilizada para incrementar la seguridad del movimiento y es utilizada para compensar los cambios dinámicos que pueden ocurrir en la carga tales como cambios en la masa, fricción u otras perturbaciones.

El control de movimiento es ampliamente utilizado en industrias como la de empaquetado, impresión, textil, ensamble, maquinado, automotriz, etc; en donde demandas exigentes son establecidas en el rendimiento estático y dinámico.

Esta materia aporta desarrollar las siguientes competencias del perfil de egreso:

- Diseñar, analizar y construir equipos y/o sistemas electrónicos para la solución de problemas en el entorno profesional, aplicando normas técnicas y estándares nacionales e internacionales.
- Crear, innovar y transferir tecnología aplicando métodos y procedimientos en proyectos de ingeniería electrónica, tomando en cuenta el desarrollo sustentable del entorno.
- Resolver problemas en el sector productivo mediante la automatización, instrumentación y control.
- Desarrollar aplicaciones en un lenguaje de programación de alto nivel para la solución de problemas relacionados con las diferentes disciplinas en el área.
- Diseñar e implementar interfaces gráficas de usuario para facilitar la interacción entre el ser humano, los equipos y sistemas electrónicos.

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

Intención didáctica

Este programa organiza el temario de la asignatura en tres unidades, iniciando con el análisis del principio de funcionamiento de actuadores y sensores para su correcta selección en el desarrollo de un sistema de control de movimiento. El libro que se utiliza como apoyo es el de *Stepping Motors a guide to theory and practice. 4th edition. Paul Acarnley. IET Control Engineering Series 63*, así como notas de aplicación.

En la segunda unidad se desarrollan trayectorias de movimiento utilizando tecnología avanzada asistida por computadora; para ello es necesario utilizar como material de apoyo los manuales de operación de las tarjetas de control de movimiento así como la ayuda con la que cuenta el software de programación.

Finalmente en la tercera unidad se analiza y comprende el principio de funcionamiento de Motores de CD sin escobillas (BLDC) para su uso en un sistema de control de movimiento. El libro que se tendrá como referencia será el de *Permanent Magnet Brushless DC Motor Drives and Controls. Chang-liang Xia. John Wiley & Sons Singapore Pte. Ltd.*

Es una asignatura donde el alumno deberá tomar un rol activo en cada unidad de aprendizaje, el cual le permita desarrollar capacidades para la selección adecuada de la tecnología idónea para la implementación de un sistema de control de movimiento.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Academia de Ingeniería Electrónica. Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato. Enero de 2017	Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato.	Reunión para la revisión curricular de la carrera de Ingeniería Electrónica. Definición de los programas de estudio (Módulo de especialidad) de la carrera de Ingeniería Electrónica.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
<p>Desarrolla sistemas de control de movimiento utilizando tecnología avanzada para la creación de trayectorias en procesos industriales.</p> <ul style="list-style-type: none"> Analiza y comprende el principio de funcionamiento de actuadores y sensores para su correcta selección en el desarrollo de un sistema de control de movimiento.

- Desarrolla trayectorias de movimiento utilizando tecnología avanzada asistida por computadora.
- Analiza y comprende el principio de funcionamiento de Motores de CD sin escobillas (BLDC) para su uso en un sistema de control de movimiento.

5. Competencias previas

- Manejo de los fundamentos de la teoría de control.
- Habilidad en el entendimiento de circuitos lógicos secuenciales.
- Habilidad en el entendimiento de máquinas de estado y autómatas programables.
- Destreza en el manejo de equipo electrónico.
- Comprensión de la estructura a bloques de un sistema automático y habilidad para reconocer los elementos básicos.
- Conocimientos de programación visual.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Introducción al control de movimiento y posicionamiento industrial.	1.1 Justificación de los sistemas de control de movimiento y posición. 1.2 Motores de pasos. 1.2.1 Motores de reluctancia variable. 1.2.2 Motores de imán permanente. 1.2.3 Motores híbridos. 1.2.4 Características de torque estático. 1.2.5 Operación en alta velocidad. 1.2.6 Controladores para motores de pasos. 1.3 Motores de CD. 1.3.1 Motores de CD de imán permanente. 1.3.2 Motores de CD de campo devanado. 1.3.3 Control de velocidad y posición. 1.3.4 Controladores para motores de CD.
2	Control de movimiento asistido por computadora.	2.1 Tarjetas de propósito específico para el control de movimiento. 2.2 Interface de movimiento universal. 2.3 Control de movimiento lineal. 2.4 Control de movimiento giratorio. 2.5 Secuencias de movimientos utilizando programación visual.
3	Control de movimiento utilizando Motores de CD sin escobillas (BLDC).	3.1 Motores de CD sin escobillas (BLDC). 3.2 Etapa de potencia de un impulsor para motor BLDC.

		<p>3.3 Retroalimentación de la posición de un motor BLDC.</p> <p>3.4 Control de un impulsor para motor BLDC.</p>
--	--	--

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Nombre de tema	
Introducción al control de movimiento y posicionamiento industrial.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<ul style="list-style-type: none"> • Específica(s): Analiza y comprende el principio de funcionamiento de actuadores y sensores para su correcta selección en el desarrollo de un sistema de control de movimiento. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Práctica de una segunda lengua. • Habilidades de gestión de información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas). • Trabajo en equipo. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. 	<p>Analiza el principio de funcionamiento de los motores de pasos de reluctancia variable, imán permanente e Híbridos.</p> <p>Caracteriza la generación de voltaje en los motores de pasos híbridos para comprender su efecto en la limitación de operación en velocidades altas.</p> <p>Obtiene la respuesta transitoria de las corrientes de las fases de un motor híbrido para determinar la velocidad máxima de operación.</p> <p>Caracteriza la corriente de operación de los motores de pasos híbridos para conocer cómo se afecta conforme se tiende a un ciclo de conmutación cercano a la constante de tiempo.</p> <p>Desarrolla el controlador de velocidad y posición de un motor de pasos para altas velocidades.</p> <p>Analiza el principio de funcionamiento de los motores de CD de imán permanente y de campo devanado para su aplicación en el control de movimiento.</p> <p>Desarrolla controladores de motores de</p>

	<p>CD para su uso en actuadores lineales.</p> <p>Conoce y caracteriza Encoders analógicos y digitales para su uso como elementos de retroalimentación en sistemas de control de movimiento.</p>
<p>Nombre de tema</p> <p>Control de movimiento asistido por computadora.</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <p>Desarrolla trayectorias de movimiento utilizando tecnología avanzada asistida por computadora.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Ejercicio de una segunda lengua. • Habilidades de gestión de información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas). • Trabajo en equipo. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Iniciativa y espíritu emprendedor. 	<p>Analiza la interconexión entre la tarjeta de control de movimiento, la interfaz de movimiento universal, los drivers de los motores, conexión de encoders y la conexión de entradas y salidas digitales.</p> <p>Caracteriza el sistema mecatrónico de dos coordenadas XY.</p> <p>Caracteriza el movimiento lineal en un solo eje.</p> <p>Caracteriza la activación de sensores de limite, home y de software.</p> <p>Caracteriza el movimiento lineal en dos ejes.</p> <p>Caracteriza el movimiento circular en dos ejes.</p> <p>Utiliza la programación gráfica para el desarrollo de secuencias de movimientos lineales.</p> <p>Utiliza la programación gráfica para el desarrollo de secuencias de movimientos circulares.</p> <p>Utiliza la programación gráfica para el</p>

	desarrollo de secuencias de movimientos mixtas: Lineales circulares.
Nombre de tema	
Control de movimiento utilizando Motores de CD sin escobillas (BLDC).	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Analiza y comprende el principio de funcionamiento de Motores de CD sin escobillas (BLDC) para su uso en un sistema de control de movimiento.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Conocimiento de una segunda lengua. • Trabajo en equipo. • Habilidades de investigación. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. 	<p>Analiza el funcionamiento de un motor de CD sin escobillas.</p> <p>Caracteriza el encoder acoplado a un motor BLDC para desarrollar la secuencia de conmutación del controlador.</p> <p>Desarrolla la etapa de potencia de un impulsor para un motor BLDC.</p> <p>Desarrolla la etapa de control de un impulsor para un motor BLDC.</p>

8. Práctica(s)

<ul style="list-style-type: none"> • Caracterización del voltaje generado en los motores de pasos híbridos para comprender su efecto en la limitación de operación en velocidades altas. • Medición la respuesta transitoria de las corrientes de las fases de un motor híbrido para determinar la velocidad máxima de operación. • Caracterización la corriente de operación de los motores de pasos híbridos para conocer cómo se afecta conforme se tiende a un ciclo de conmutación cercano a la constante de tiempo. • Desarrollo de un controlador de velocidad y posición de un motor de pasos para altas velocidades. • Desarrollo de controladores de motores de CD para su uso en actuadores lineales. • Analiza la interconexión entre la tarjeta de control de movimiento, la interfaz de movimiento universal, los drivers de los motores, conexión de encoders y la conexión de entradas y salidas digitales. • Caracteriza el sistema mecatrónico de dos coordenadas XY. • Caracteriza el movimiento lineal en un solo eje. • Caracteriza la activación de sensores de limite, home y de software. • Caracteriza el movimiento lineal en dos ejes. • Caracteriza el movimiento circular en dos ejes.
--

- Utiliza la programación gráfica para el desarrollo de secuencias de movimientos lineales.
- Utiliza la programación gráfica para el desarrollo de secuencias de movimientos circulares.
- Utiliza la programación gráfica para el desarrollo de secuencias de movimientos mixtas: Lineales circulares.

9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

Proyectos integradores propuestos con el objetivo de utilizar los conocimientos obtenidos durante las tres unidades, de tal manera que se seleccione el actuador (motor de pasos, motor de cd, BLDCM), sensor (encoder digital o analógico, sensor ultrasónico) y controlador (microcontrolador, arduino, MyRIO, LabVIEW-DAQ, PLC) más idóneo para la aplicación:

- Control digital de un posicionador de válvula hidráulica.
- Control en lazo cerrado de un actuador lineal proporcional.
- Control de un sistema de recoger y colocar (pick and place) utilizando actuadores lineales proporcionales y actuadores giratorios.

10. Evaluación por competencias

- Evaluar los reportes y actividades realizadas en el laboratorio, de acuerdo a un formato previamente establecido.
 - Tomar en cuenta la calificación de tareas y ejercicios.
 - Considerar la participación en las actividades programadas en la materia:
 - Participación en clases
 - Exposición de temas
 - Asistencia
 - Paneles de discusión.
 - Participación en congresos o concursos
 - Aplicar exámenes escritos considerando que no sea el factor decisivo para la acreditación del curso.
 - Revisar el desarrollo de proyectos.
 - Evaluar informes escritos de las visitas industriales.
- Considerar el desempeño integral del alumno.

11. Fuentes de información

1. Stepping Motors a guide to theory and practice. 4th edition. Paul Acarnley. IET Control Engineering Series 63.
2. Electric Motor Drives, Modeling, Analysis, and Control. R. Krishnan. Prentice Hall. 2001.
3. Permanent Magnet Brushless DC Motor Drives and Controls. Chang-liang Xia. John Wiley & Sons Singapore Pte. Ltd.
4. Groover. Automation, Production Systems and CIM. Prentice Hall.
5. Enrique Mandado Pérez. Autómatas programables y sistemas de automatización. Ed. Arotega.
6. Francisco Cruz T. Control numérico y programación II. Ed. Marcombo.