

Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo			
P1- PROGRAMA DE ASIGNATURA			
Asignatura:	Microcontroladores y Electrónica de Potencia (309)		
Profesor Titular:	Eduardo E. IRIARTE		
Carrera:	Ingeniería en Mecatrónica		
Año: 2019	Semestre: 7°	Horas Semestre: 60	Horas Semana: 4

OBJETIVOS

- Analizar, diseñar y seleccionar esquemas y dispositivos para el comando electrónico de mecanismos, involucrando la adquisición, transmisión, procesamiento digital y regulación de potencia.
- Establecer los requerimientos físicos del control (topología, señales de entrada/salida, velocidad de adquisición y procesamiento, memoria, interfaces de comunicación, tensiones, corrientes, potencias, etc.) a partir de las especificaciones del sistema a controlar.

CONTENIDOS

UNIDAD 1: INTRODUCCIÓN: POSICIONAMIENTO CON EJES ELECTROMECAÑICOS SERVOCONTROLADOS. SENSORES Y ACTUADORES

1.A Eje mecánico servocontrolado.

Componentes mecánicos, electromecánicos y electrónicos. Modos de funcionamiento habituales. Posición-Velocidad-Torque. Referenciado (*homing*). Consignas de posicionamiento y tipos de trayectorias para sistemas de un eje. Lazos de control, parámetros y máquinas de estados de un servocontrolador.

1.B Sistemas multi-eje. Generación de trayectorias.

Generación de trayectorias en sistemas multi-eje. Tipos de movimiento para aplicaciones Punto a Punto y con control continuo de trayectoria.

1.C Accionamiento de motores. Topologías y técnicas de control electrónico

CA Sincrónico, CA Reluctancia variable, PaP de reluctancia variable, imán permanente e híbrido, DC con escobillas (BDC), DC sin escobillas (BLDC). Piezomotores.

PaP unipolares y bipolares. Esquemas para accionamiento en los distintos modos: paso completo, medio paso, micropaso etc. Cableado. Control de corriente.

DC con escobillas (BDC). Tipos, características y aplicaciones. Esquemas para control unidireccional y bidireccional, modos de puente completo. Uso de microcontroladores o integrados específicos.

DC sin escobillas (BLDC). Características y aplicaciones. Esquemas para control, puente trifásico. Técnicas de conmutación por sensores Hall y por fuerza contra-electromotriz. Uso de microcontroladores o Integrados específicos.

1.D Sensores de posición lineal o angular

Synchros y *Resolvers*. Codificador óptico absoluto. Codificador óptico Incremental. Otros. Cableado y acondicionamiento, ventajas, limitaciones.

UNIDAD 2: PRINCIPIOS DE ELECTRÓNICA DE POTENCIA

2. A Introducción

Problemas de la regulación de potencia en régimen de conmutación.

Panorama de los dispositivos de conmutación de potencia, análisis comparativo en coordenadas Tensión/Corriente/Potencia/Frecuencia de conmutación.

2.B Dispositivos

Tiristores, GTOs, IGCTs. Características constructivas, curvas de salida, similitudes y diferencias en el funcionamiento. Ámbito de aplicación.

Transistor bipolar de potencia. Estructura física, curvas de salida, SOA. Segunda ruptura.

MOSFET de potencia. Curvas de salida. SOA. Estructura física en tecnologías clásica, *trench* y superjuntura. Elementos intrínsecos y su influencia en el encendido, bloqueo y encendido

inducido.

IGBT. Estructura física. Similitudes y diferencias con el MOSFET. Generaciones. Curvas de salida, SOA. Elementos intrínsecos y su influencia en el encendido, bloqueo y encendido inducido.

2.C Agrupamiento de dispositivos

Conexión en serie y paralelo de dispositivos. Circuitos. Precauciones y limitaciones.

2.D Encapsulados y montaje.

Encapsulados *stud*, base plana, disco (*press pack*), módulos. Descripción de estructura y modo de montaje. Técnicas de conexión eléctrica-mecánica, factores para análisis comparativo.

2.E Análisis térmico

Modelos y ecuaciones para representar la generación, transmisión y disipación de calor en semiconductores de potencia. Resistencia Térmica. Impedancia térmica. Interpretación de hojas de datos. Disipadores en aire. Disipadores de agua/aceite. Cálculos térmicos sobre ejemplos.

2.F Nuevos materiales semiconductores para dispositivos de potencia

Panorama de últimas tecnologías en semiconductores de Carburo de Silicio y Nitruro de Galio.

UNIDAD 3: MICROCONTROLADORES Y OTROS SISTEMAS EMBEBIDOS.

3.A Microcontroladores, DSPs, FPGAs

Sinopsis comparativa de dispositivos de procesamiento y control. Sistemas programables vs lógica cableada (FPGAs vs DSPs/ μ Cs) en el ámbito del comando electrónico de mecanismos. Lectura de las especificaciones del fabricante (*datasheets*).

Manejo de subsistemas a través de la lectura/escritura de los registros especiales asociados.

3.B Programación

Lenguaje ensamblador y lenguaje de alto nivel. Características de compiladores orientados a microcontrolador. Tipos de datos en C. Manipulación de bits.

3.C Configuración y uso de subsistemas.

Interrupciones. Lógica de interrupciones. Registros asociados. Latencia de interrupciones.

Interfaces de comunicación serie asíncronas y síncronas. UART, SPI, I2C, etc. Características eléctricas, topologías y modos de operación.

Subsistemas para control de movimiento: Interfaz A/D. Interfaces de lectura de codificadores ópticos incrementales en cuadratura (QEI). Interfaces de comando PWM para topologías de un transistor, puentes H y trifásicos.

3.D Control en tiempo real.

Uso de temporizadores. Latencias.

Conceptos de sistemas de tiempo real (RTOS): Planificación de Tareas, prioridad, sincronización y comunicación. Uso de un RTOS en microcontrolador.

UNIDAD 4: APLICACIONES DE POSICIONAMIENTO

4.A Controlador de eje con motor PaP, comandado por puerto serie, utilizando interrupción, con homing, posicionamiento y cambio de velocidad.

4.B Controlador de eje con motor DC con escobillas, comandado por puerto serie, utilizando interrupción, con homing, posicionamiento y cambio de velocidades, banda proporcional etc.

4.C Coordinador de dos o más servocontroladores con entrada tipo Pulso/Dirección, mediante microcontroladores intermediarios SPI. Desarrollo del programa del coordinador y de los intermediarios.

4.D Controlador de eje con motor BLDC. Secuencia de conmutación con y sin sensores.

UNIDAD 5: COMUNICACIÓN EN SISTEMAS MULTIEJE.

5.A Conceptos básicos del Nivel de Enlace de Datos

Sincronización de movimientos en sistemas multi-eje. Requisitos de la comunicación. Análisis comparativo de sistemas Maestro-esclavo, CSMA-CD y CSMA-CA. Ethernet conmutada.

5.B CAN-CANopen

El bus CAN (ISO 11898). Ubicación en el modelo OSI. Funciones. CAN2.0A/2.0B. Trama, características funcionales, características eléctricas. Hardware específico de

microcontroladores con CAN.

CANopen. Características y aplicaciones. Ubicación en el modelo OSI. Especificaciones DS-301 y DS-402. Tramas SDO y PDO. Comando de un servocontrolador por CANopen.

5.C Otros protocolos de tiempo real y bajo jitter.

SERCOS. Versiones, características y aplicaciones. Estándar IEC 61491. Especificaciones de niveles OSI 1, 2 y 7. Topologías. Trama SERCOS. Telegramas. Perfiles. Dispositivos para su implementación. EtherCAT. Características y aplicaciones. Perfiles de dispositivo.

METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

La modalidad de clase es aula-taller, con permanente alternancia de teoría y práctica. Las fases posibles son:

- Introducción teórica o presentación de procedimientos.
- Ejemplificación con uso de simulaciones y gráficas.
- Demostración práctica sobre circuitos y sistemas reales.
- Ejercicio práctico, planteo de problemas a resolver por los alumnos.
- Diálogo sobre resultados de los trabajos realizados.

Tanto los temas teóricos como los ejemplos y ejercicios prácticos se realizan con apoyo de proyector y acceso a Internet para búsqueda de hojas de datos de los dispositivos estudiados. Se hace uso de compiladores C, simuladores y programadores de microcontrolador, llevando algunos ejercicios a circuito experimental.

Finalmente se propone un trabajo especial de mediana complejidad, con orientación preferente al control de movimiento de uno o más ejes, aunque se pueden evaluar otras propuestas que involucren un uso intensivo de microcontroladores o dispositivos de potencia.

Actividad	Carga horaria por semestre
Teoría y resolución de ejercicios simples	30
Formación práctica	
Formación Experimental – Laboratorio	30
Formación Experimental - Trabajo de campo	0
Resolución de problemas de ingeniería.	0
Proyecto y diseño: Desarrollo de un sistema mecatrónico	(30)
Total	60 (90)

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía básica

Autor	Título	Editorial	Año	Ejemplares en biblioteca
Espinosa FS	Los microcontroladores AVR de Atmel	U. Tecnológica de la Mixteca	2012	-
Angulo Usategui, JM et al	Microcontroladores PIC diseño práctico de aplicaciones.1ra parte	McGraw-Hill	2003	2
Bolton, W	Mecatrónica : sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica	Alfaomega	2010	1
Martínez García, S et al	Electrónica de Potencia: componentes, topologías y equipos	Paraninfo	2006	-
Hart, D	Electrónica de Potencia	Pearson Ed	2001	1
Rashid, M	Electrónica de potencia : circuitos, dispositivos y aplicaciones	Pearson Ed	1995	1
Balcells, J. Romeral J.L	Autómatas Programables	Marcombo	1997	0

Bibliografía complementaria

Autor	Título	Editorial	Año	Ejemplares en biblioteca
Barr, M	Embedded C Coding Standard	Barr-group	2018	- (pdf)
Embree, P	C algorithms for real-time DSP	Prentice-Hall	1995	-
Stallings, William	Comunicaciones y redes de	Prentice-Hall	2004	1

	computadores			
Emaus B, Klueser J.	Introd. to the CANopen Documentation Family V 2.2.	Vector Inc. Germany	2008	web
NEMA	NEMA Standards ICS 16	NEMA	2001	web
Paret, D.	Multiplexed Networks for Embedded Systems.	Wiley	2007	-
Wintrich, A et al (Semikron GmbH)	Application Manual Power Semiconductors	ISLE Verlag	2011	web

Hojas de datos, manuales de referencia, guías de uso

Autor	Título	Editorial	Año	Ejemplares en biblioteca
Savanna.gnu.org	AVR libc user manual 2.0	-	2016	-
Atmel	ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P Datasheet	Atmel	2014	web
Atmel	ATmega640/1280/1281/2560/2561	Atmel	2012	web
ARM	ARM Cortex-M series	ARM	2015	web
Atmel	Atmel Studio – User guide	Atmel	2016	web
ST Microelectronics	STM32F4xx Reference Manual RM0090	ST Microelec	2016	web
ST Microelectronics	STM32F3,F4,L4 Programming Manual PM0214	ST Microelec	2016	web
CiA (CAN in Automation)	CANopen Device profile for drives and motion control, CiA DS402.	CiA	2006	web

Páginas recomendadas

Microcontroladores

Microchip: www.microchip.com

ST Microelectronics www.st.com

ARM: www.arm.com

Dispositivos, controladores y módulos de potencia

Infineon: www.infineon.com

Semikron: www.semikron.com

Allegro: www.allegromicro.com

Otros

Revista Bodo's Power: www.bodospower.com

Interactive Power Electronics Seminar (iPES): www.ipes.ethz.ch

EVALUACIONES

La asignatura se aprueba por desarrollo de un trabajo final, con informe, exposición y defensa, previa obtención de la regularidad.

Para la obtención de la regularidad:

Asistencia al 75% de las clases teórico-prácticas, con resolución de los ejercicios planteados.

Aprobación de examen global integrador: Resolución de uno o más problemas de programación, cálculo y cuestionario conceptual.

Para aprobación de la asignatura:

Haber obtenido la regularidad. Trabajo Especial: Diseño e implementación de un sistema mecatrónico de mediana complejidad con microcontrolador. Informe, exposición y defensa.

Eduardo E. Iriarte, 15 de febrero de 2019