

| Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo | | | |
|---|---|--------------------|-----------------|
| P1- PROGRAMA DE ASIGNATURA | | | |
| Asignatura: | Microcontroladores y Electrónica de Potencia (MEC414) | | |
| Profesor Titular: | Eduardo E. IRIARTE | | |
| Carrera: | Ingeniería en Mecatrónica | | |
| Año: 2015 | Semestre: 7º | 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: POSICIONAMIENTO CON EJES ELECTROMECAÑICOS SERVOCONTROLADOS

1.A Eje mecánico servocontrolado.

Componentes mecánicos, electromecánicos y electrónicos. Modos de funcionamiento habituales. 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.

UNIDAD 2: SENSORES Y ACTUADORES PARA POSICIONAMIENTO.

2.A Tipos de motores eléctricos de CA y CC.

CA Sincrónico, CA Reluctancia variable, PaP de reluctancia variable, imán permanente e híbrido, DC.

2.B Manejo de motores

PaP unipolares y bipolares. Esquemas para manejo en los distintos modos: paso completo, medio paso, micropaso etc.

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. Estrategia de conmutación por sensores Hall y por back FEM. Uso de microcontroladores o Integrados específicos.

2.C Sensores de posición lineal o angular

Synchros y Resolvers. Características, cableado, ventajas y limitaciones.

Codificador óptico absoluto, codificación, ventajas y limitaciones.

Codificador óptico Incremental (encoder). Señales. Aumento de la resolución por multiplicación electrónica hasta 4x. Muy alta resolución por interpolación. Modos de cableado de un encoders comerciales.

UNIDAD 3: MICROCONTROLADORES. SUBSISTEMAS DE COMUNICACIÓN Y CONTROL DE MOVIMIENTO. RTOS.

3.A Microcontroladores y DSPs

Lectura de las especificaciones del fabricante (datasheets). Operación de los subsistemas a través de la lectura/escritura de los registros especiales asociados.

3.B Programación

Uso de un entorno de programación C. Características especiales de un compilador dedicado a microcontrolador.

3.C Configuración y uso de subsistemas.

Interfaces de comunicación serie síncronas y asíncronas. SPI. I2C, UART, CAN, LIN etc. Características eléctricas, modos de conexión entre nodos. Señales, Modos de operación.

Interfaz A/D. Inicialización y lectura.

Hardware específico de microcontroladores para control de movimiento: Interfaces de lectura de codificadores ópticos incrementales en cuadratura (QEI). Inicialización, modos de uso, lectura de posición/velocidad. Interfaces de comando PWM: para topologías de un transistor, puentes H y trifásicos.

3.D Control en tiempo real.

Uso de temporizadores, interrupciones (por comunicación, timers).

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

UNIDAD 4: COMUNICACIÓN EN SISTEMAS MULTIEJE. SPI-CANopen

4.A Conceptos básicos del Nivel de Enlace de Datos

Sincronización de movimientos en sistemas multi-eje. Características de la comunicación. Análisis comparativos de buses Maestro-esclavo (Modbus-SPI), CSMA-CD (Ethernet) y CSMA-CA (CAN)

4.B El bus CAN (ISO 11898).

Ubicación en el modelo OSI. Funciones. CAN2.0A/2.0B. Trama, características funcionales, características eléctricas. Hardware específico de microcontrol. con CAN.

4.C Introducción al CANopen

Ubicación en el modelo OSI. Especificaciones DS-301 y DS-402. Tramas SDO y PDO. Características y aplicaciones. Armado de tramas CANopen para comandar un servocontrolador.

UNIDAD 5: PROGRAMACIÓN DE APLICACIONES DE POSICIONAMIENTO

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

5.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.

5.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.

UNIDAD 6: PRINCIPIOS DE ELECTRÓNICA DE POTENCIA

6. 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.

6.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.

6.C Agrupamiento de dispositivos

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

6.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.

6.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.

6.F Nuevos materiales semiconductores para dispositivos de potencia

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

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 placa 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 |
|---------------------------|--|----------------|------|--------------------------|
| Angulo Usategui, JM et al | Microcontroladores PIC diseño práctico de aplicaciones.1º parte | McGraw-Hill | 2003 | 2 |
| Angulo Usategui, JM et al | Microcontroladores dsPIC: Diseño práctico de aplicaciones | McGraw-Hill | 2006 | - |
| Tafanera, A. R. | Teoría y diseños con microcontroladores PIC | AR Electrónica | 2000 | 1 |
| Martínez García, S et al | Electrónica de Potencia: componentes, topologías y equipos | Paraninfo | 2006 | - |
| Hart, D | Electrónica de Potencia | Pearson | 2001 | 1 |
| Rashid, M | Electrónica de potencia : circuitos, dispositivos y aplicaciones | Pearson | 1995 | 1 |
| Balcells, J. Romera, J. L | Autómatas Programables | Marcombo | 1997 | 0 |

Bibliografía complementaria

| Autor | Título | Editorial | Año | Ejemplares en biblioteca |
|--------------------------|--------------------------------|-----------|------|--------------------------|
| Valdes-Pérez. F. Pallas- | Microcontrollers. Fundamentals | CRC Press | 2009 | - |

| | | | | |
|-----------------------------------|--|---------------------|------|-----|
| Areny, R | and applications with PIC | | | |
| Embree, P | C algorithms for real-time DSP | Prentice-Hall | 1995 | - |
| Stallings, W. | Comunicaciones y redes de computadores | Prentice-Hall | 2004 | 1 |
| Lathi, B. P. | Introducción a la teoría y sistemas de comunicación | Limusa | 2001 | 1 |
| Emaus B, Klueser J. | Introd. to the CANopen Documentation Family V 2.2. | Vector Inc. Germany | 2008 | web |
| Fosler R., | AN945: A CANopen Stack for PIC18 ECAN Microcontrollers | Microchip | 2004 | 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 y manuales de referencia

| Autor | Título | Editorial | Año | Ejemplares en biblioteca |
|--------------------------|--|-----------|------|--------------------------|
| Custom Computer Services | C Compiler Reference manual | CCS | 2011 | web |
| Microchip | PIC16F882/3/4/6/7 Datasheet (DS41291F) | Microchip | 2009 | web |
| Microchip | PIC18F2420/2520/4420/4520 Datasheet (DS39631E) | Microchip | 2008 | web |
| Microchip | PIC182331/2431/4331/4431 Datasheet (DS39616C) | Microchip | 2007 | web |
| Microchip | dsPIC33FJ128MCX02/X04 (DS7029) | Microchip | 2009 | 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

Texas Instruments: www.ti.com

Atmel: www.atmel.com

Dispositivos, controladores y módulos de potencia

International Rectifier: www.irf.com

Semikron: www.semikron.com

Infineon: www.infineon.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:

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