



Universidad Nacional de San Luis
Rectorado

ES COPIA

OSCAR GUILLERMO SEGURA

Director de Despacho

"2014 - Año de Homenaje al Almirante Guillermo Brown,
en el Bicentenario del Combate Naval de Montevideo"

SAN LUIS, 25 FEB 2014

VISTO:

El Expediente EXP-USL: 13028/2013 mediante el cual se solicita la protocolización del Curso de Posgrado: **DSP PARA EL CONTROL DE ELECTRÓNICA DE POTENCIA**; y

CONSIDERANDO:

Que el mencionado Curso se dictará en el ámbito de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias a partir del 4 de abril de 2014 bajo la responsabilidad del Dr. Guillermo **MAGALLAN** de la Universidad Nacional de Río Cuarto, Corresponsable: Dr. Federico **SERRA** de la Universidad Nacional de San Luis, quién también realiza funciones de coordinación, con un crédito horario de 60 horas presenciales.

Que la Comisión Asesora de Posgrado de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias recomienda aprobar el curso de referencia.

Que el Consejo de Posgrado de la Universidad Nacional de San Luis en su reunión del 18 de febrero de 2014, luego de su análisis acordó aprobar el curso propuesto como Curso de Posgrado de Perfeccionamiento.

Que corresponde su protocolización.

Por ello y en uso de sus atribuciones

EL RECTOR DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN LUIS

RESUELVE:

ARTÍCULO 1º.- Protocolizar el dictado del Curso de Posgrado de Perfeccionamiento: **DSP PARA EL CONTROL DE ELECTRÓNICA DE POTENCIA**, en el ámbito de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias a partir del 4 de abril de 2014 bajo la responsabilidad del Dr. Guillermo **MAGALLAN** (DNI N° 26.610.738) de la Universidad Nacional de Río Cuarto, Corresponsable: Dr. Federico **SERRA** (DNI N° 28.489.435) de la Universidad Nacional de San Luis, quién también realiza funciones de coordinación, con un crédito horario de 60 horas presenciales.

Cpde RESOLUCIÓN R N°

43

Felix D. Nieto Quintas
Rector
U.N.S.L.

Dra. Alicia Marcela Printista
Secretaria de Posgrado
UNSL



Universidad Nacional de San Luis
Rectorado

ES COPIA
OSCAR GUILLERMO SEGURA
Director de Despacho
UNSL

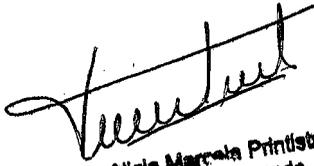
"2014 - Año de Homenaje al Almirante Guillermo Brown,
en el Bicentenario del Combate Naval de Montevideo"

ARTÍCULO 2°.- Aprobar el programa del Curso de referencia, de acuerdo al **ANEXO** de la presente disposición.-

ARTÍCULO 3°.- Comuníquese, insértese en el Libro de Resoluciones y archívese.-

RESOLUCIÓN R N°
may

43


Dra. Alicia Marcela Printista
Secretaria de Posgrado
U.N.S.L.


Sr. Felix D. Nieto Quintana
Rector
U.N.S.L.



Universidad Nacional de San Luis
Rectorado

ES COPIA

OSCAR GUILLERMO SEGURA

Director de Despacho

"2014 - Año de Homenaje al Mirante Guillermo Brown,
en el Bicentenario del Combate Naval de Montevideo"

ANEXO

DENOMINACIÓN DEL CURSO: DSP PARA EL CONTROL DE
ELECTRÓNICA DE POTENCIA

UNIDAD ACADÉMICA RESPONSABLE: Facultad de Ingeniería y Ciencias
Agropecuarias

CATEGORIZACIÓN: Perfeccionamiento

RESPONSABLE: Dr. Guillermo MAGALLAN

CORRESPONSABLE: Dr. Federico SERRA

COORDINADOR: Dr. Federico SERRA

CRÉDITO HORARIO: 60 horas

MODALIDAD DE DICTADO: Presencial

FECHA DE DICTADO DEL CURSO: a partir del 4 de abril de 2014

FECHA PREVISTA PARA ELEVAR LA NÓMINA DE ALUMNOS

APROBADOS: 30 de junio de 2014

DESTINATARIOS: Egresados con título de grado universitario en Ingeniería
Electrónica, Mecatrónica, Electromecánica y en disciplinas afines a la temática del
curso.

CUPO: 20 personas.

FUNDAMENTACIÓN: El curso de posgrado: "DSP para el Control de Electrónica de
Potencia" surge de la necesidad de formar y capacitar ingenieros (estudiantes de
posgrado y docentes), afines con la temática de electrónica de potencia, en la base del
conocimiento para implementar sistemas de control digital, en tiempo real, sobre un
procesador dedicado.

OBJETIVOS:

El objetivo de este curso es brindar las herramientas necesarias para implementar el
control digital de electrónica de potencia (inversores, convertidores, etc) utilizando un
procesador digital de señales DSP.

Para esto se analizará la arquitectura básica de los DSPs orientados a estas aplicaciones,
el funcionamiento general de su CPU, buses y periféricos más comunes (ADCs, PWMs,
SCI, I2C, entre otros), enfatizando las ventajas de uso respecto a microprocesadores y
microcontroladores de uso general. Los módulos teóricos durante el cursado serán
apoyados por ejercicios prácticos utilizando kits de DSPs de la serie C2000 de Texas
Instruments. Algunos de estos kits se encuentran disponibles en el laboratorio de
Control Automático (L.C.A), los mismos serán utilizados para la realización de trabajos
prácticos grupales.

Cpde RESOLUCIÓN R N°

43

Dr. Felix D. Nieto Quintas
Rector
U.N.S.L.

Dra. Alicia Marcela Frimiste
Secretaria de Posgrado
UNSL



Universidad Nacional de San Luis
Rectorado

ES COPIA
OSCAR GUILLERMO REGURA
Director de Despacho

"2014 - Año de Homenaje al Almirante Guillermo Brown,
en el Bicentenario del Combate Naval de Montevideo"

En la evolución del curso se pretende que el alumno incorpore el manejo de la interfaz de programación del DSP, se familiarice con el lenguaje de programación y el manejo de librerías y proyectos. También se pretende que el alumno comprenda las fases compilación y *linking* a partir del mapa de memoria del DSP, ejecución y depuración del programa a través del debug normal y en tiempo real.

Posteriormente se pasará al entendimiento y configuración de los bloques básicos que componen un sistema DSP: clock del sistema y periféricos, *watchdog*, manejo de interrupciones. Luego se incorporarán a los conceptos del manejo de los periféricos más importantes para diseñar el control digital de electrónica de potencia, ADCs y PWMs. A partir de ellos se analizarán diferentes esquemas para implementar un control digital en tiempo real para el control de electrónica de potencia.

El curso se desarrollará en el marco del Programa de Postgrado de la FICA-UNSL. Es por este motivo que se solicita, debido a las características del curso (cantidad y calidad de información) y carga horaria (60 hs), sea asignado el valor de 3 (tres) créditos para este curso.

CONTENIDOS MINIMOS: Arquitectura del TMS320F28335. Herramientas de desarrollo de software, formatos numéricos, interrupciones, modulación PWM, conversión A/D, Interfaces de comunicación, ejecución autónoma, uso de librerías, fundamentos de control de motores, fundamentos de control de convertidores.

PROGRAMA:

CAPÍTULO I

Introducción a los microprocesadores, MCU y DSP: Qué es un controlador digital de señales; diagrama en bloques básico; unidad lógico aritmética de un microprocesador (ALU); la PC de escritorio: una microcomputadora, el microcontrolador: una computadora de un solo chip, el procesador digital de señales, la suma de productos (ecuación), una suma de productos realizada con un DSP, el controlador digital de señales.

CAPÍTULO II

Arquitectura del TMS320F28335: Arquitectura, diagrama en bloques del TMS320F2833x, sistema de buses, CPU, unidad matemática de punto fijo, unidad matemática de punto flotante, acceso a memoria de datos, estructura interna de buses, controlador de acceso directo a memoria (DMA), unidad lógico aritmética (ALU), instrucciones y pipeline, mapa de memoria, módulo de código de seguridad, respuesta de interrupción, modos de funcionamiento, comportamiento de reset, resumen de la arquitectura TMS320F2833x.

CAPÍTULO III

Herramientas de desarrollo de software: Herramientas de desarrollo de programa, IDE code composer studio (CCS), flujo de programa, bases de CCS, CCS paso a paso: crear un proyecto, escribir un código en C, configurar opciones de compilación, archivos de comando linker, secciones del compilador C, linking secciones a memoria, bajar código al controlador, verificar el código, modo de depuración en tiempo real, conjunto de registros de la CPU, ver el contenido de memoria, vista gráfica, modo mixto C y ensamblador, lenguaje de extensión general GEL, ejercicios de laboratorio - primer proyecto.

Cpde RESOLUCIÓN R N°

43

Dr. Félix D. Nieto Quima
Rector
U.N.S.L.

Dr. Alicia Marcela Piniola
Secretaria de Postgrado
U.N.S.L.



Universidad Nacional de San Luis
Rectorado

"2014 - Año de Homenaje al Almirante Guillermo Brown,
en el Bicentenario del Combate Naval de Montevideo"

ES COPIA
OSCAR GUILLERMO SEGURA
Director de Despacho
UNSL

CAPÍTULO IV

¿Punto fijo, punto flotante o ambos?: Punto flotante, entero y punto fijo; tipos de procesadores; formato de punto flotante IEEE754; números enteros básicos; dos representaciones complementarias, multiplicación binaria; fracciones binarias; multiplicación de fracciones binarias; formato IQ; datos fraccionales en C; ejercicios de laboratorio.

CAPÍTULO V

Entrada/Salida digital: Mapeo de periféricos en la memoria de datos; los periféricos; unidad de entrada salida digital; asignación de pines del F2833x; calificación de entradas de propósito general (GPIO), resumen de registros GPIO; módulo de reloj F2833x; temporizador watchdog; sistema de control y registro de estados; modo de baja potencia; ejercicios de laboratorio.

CAPÍTULO VI

Entendiendo el sistema de interrupciones del F28335: Líneas de interrupción de núcleo F28335; RESET del F28335; RESET del gestor de arranque; fuentes de interrupción; procesamiento de interrupción enmascarable; expansión de las interrupciones de periféricos; respuesta de interrupción de hardware; temporizadores de la CPU del F28335; ejercicios de laboratorio.

CAPÍTULO VII

PWM y los módulos de captura y encoder: Diagrama en bloques del módulo ePWM; base de tiempo del módulo ePWM; sincronización de fase del módulo ePWM; modos de operación del temporizador; registros de base de tiempo; laboratorio: generar una señal PWM; unidad de comparación ePWM; unidad de acción de calificación ePWM; ejercicios de laboratorio.

CAPÍTULO VIII

Convertidores A/D: Revisión de módulos AD; modos de operación AD; modos AD en cascada; modos AD en secuenciador dual; tiempo de conversión del AD; bloques de registros; conjunto de resultados de registros; ejercicios de laboratorio.

CAPÍTULO IX

Interfases de comunicación serie: Revisión de interfaz de comunicación serial (SCI); revisión de interfaz de periféricos serie (SPI); revisión de CAN; revisión I2C básico; revisión McBSP.

CAPÍTULO X

Funcionamiento autónomo y memoria flash interna: Secuencias de arranque del F2833x; sectores de memoria flash del F2833x; iniciación de velocidad flash; registros de configuración de la flash; procedimiento de programación de la flash; CCS flash plug-in; modo código de seguridad; laboratorio: proyecto autónomo; objetivo; procedimiento; abrir archivos; crear un proyecto; opciones de construcción de un proyecto; añadir archivos de código adicionales; modificar código fuente para aumentar la velocidad de la memoria flash; generar proyectos; verificar resultados; uso de herramientas de programa flash CCS.


Dr. Felix D. Nieto Quintana
Rector
U.N.S.L.


Dra. Alicia Miroslava Prihoda
Secretaria de Integración
U.N.S.L.



Universidad Nacional de San Luis
Rectorado

"2014 - Año de Homenaje al Almirante Guillermo Brown,
en el Bicentenario del Combate Naval de Montevideo"

ES COPIA
OSCAR GUILLERMO SEGURA
Director de Despacho
UNSL

CAPÍTULO XI

Boot ROM y Boot Loader: Mapa de memoria del F2833x; ejecución del código de arranque directo; arranque de un protocolo boot-loader; reset boot-loader F2833x; línea de tiempo de boot-loader; mapa de memoria boot-ROM; tablas SIN – COS; tabla normalizada de raíz cuadrada; tabla normalizada de ArcTan; tabla de redondeo y saturación; tabla de mínimo y máximo; tabla Exp(x); tabla normalizada de ArcTan de punto flotante; tabla de punto flotante de Exp(x); código boot-loader; tabla de vector del F2833x; flujo de datos boot loader; ejemplo de flujo de datos boot loader; función de transferencia boot loader; función ensamblador Init Boot; SCI Boot Load; conexión hardware SCI; función boot loader SCI; boot loader paralelo; conexión de hardware; flujo de software del F2833x; flujo de software huésped; SPI boot loader; flujo de datos SPI boot loader; diagrama de flujo SPI boot loader.

CAPÍTULO XII

FLASH – Interfaz de programación de aplicaciones (API): Instalación FLASH – API del F2833x; fundamentos FLASH – API del F2833x; borrado; programa; verificación; Referencias F2833x FLASH – API; convención tipo de datos; convención para denominación de de funciones API; funciones FLASH – API; archivos incluidos con el API; uso de herramientas de programa flash CCS; apague CCS y reinicie la tarjeta explorador periféricos; ejercicios de laboratorio.

CAPÍTULO XIII

Matemáticas IQ y hardware de punto flotante : librería IQ – Math; el formato IQ; ¿Qué formato IQ es mejor?; ¿Cómo usar IQ-Math?; estándar ANSI – C 16 Bit; estándar ANSI – C 32 Bit; aproximación 32 bit IQ – Math; librerías de función IQ – Math; aplicación IQ – Math: control de campo orientado; formatos IQ; resultados; filtro pasa bajos basado en IQ – Math, ejercicios de laboratorio.

CAPÍTULO XIV

Control digital de motores : Bases de motores eléctricos; categorías de motores; motor asíncrono; motor síncrono BLDC y PMSM; principios de control de motores; control trapezoidal; control V/F; control de campo orientado (FOC); FOC transformación de coordenadas; mediciones de posición y velocidad; ventajas del control vectorial; FOC paso a paso; llaves de potencia trifásicas; control PWM sinusoidal; control PWM de vectores espaciales; esquemáticos de control; características del F2833x para control de motores; software; funciones IQ – Math; RTDX; librería de control de motores de Texas Instrument; aplicaciones; soluciones.

CAPÍTULO XV

Fuente de alimentación digital: Temas de taller; introducción al diseño de fuentes de alimentación digital; ¿Qué es una fuente de alimentación?; ¿Por qué usar técnicas de control digital?; periféricos usados para el diseño de fuentes de alimentación digital; desarrollo de herramientas y software; resumen y conclusiones; revisión de tópicos de taller y ejercicios.


Sr. Felix D. Nieto Quintana
Rector
U.N.S.L.


Sr. Alicia Mariana Pinales
Directora de Posgrado
U.N.S.L.



Universidad Nacional de San Luis
Rectorado

SISTEMA DE EVALUACIÓN:

La asistencia deberá ser como mínimo del 80%, a las clases teóricas y prácticas. Los alumnos deberán realizar la totalidad de las prácticas de laboratorio definidas. La evaluación final consistirá en la realización de un trabajo individual por parte del alumno, sobre un tema a designar, que incluirá revisión bibliográfica especializada y validación experimental. Dicho trabajo será evaluado con una calificación entre 0 (cero) y 10 (diez).

BIBLIOGRAFÍA:

- C2000 Teaching Materials Texas Instruments 2010.
- Steven W. Smith, "The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing", Second Edition, California Technical Publishing, 1999.
- Brian W. Kernighan, Dennis M. Ritchie, "The C Programming Language", Second Edition, 1988.
- Sen M. Kuo, Bob H. Lee; "Real Time Digital Signal Processing", John Wiley & Sons, 2001.
- Dag Strabneby, "Digital Signal Processing DSP and Applications", Newnes, 2001.
- Slobodan N. Vukosabic, "Digital Control of Electrical Drives", Springer, 2007.
- N. Mohan, T. M. Undeland and W. P. Robbins. "Power electronics: Converters, Applications and Design," John Wiley & Sons, Inc. New York, 3th. Edition, 2003.
- R. Erickson R. "Fundamentals of Power Electronics". Kluwer Academic Publisher, 2001.
- R. Krishnan; "Electric Motor Drives : Modeling, Analysis, and Control", Prentice Hall, 2001.

ARANCEL:

- Docentes y Estudiantes de Posgrado de la UNSL y UNRC: Sin Costo.
- Para los demás interesados: \$800 (pesos ochocientos).

COSTOS Y FUENTE DE FINANCIAMIENTO: PROMEI Ing. Electrónica.

Cpde RESOLUCIÓN R N° 43
may


Dra. Alicia Marcela Printista
Secretaría de Posgrado
U.N.S.L.


Dr. Felix D. Nieto Quiroga
Rector
U.N.S.L.