



INSTITUTO DE  
INGENIERÍA  
ELÉCTRICA



FACULTAD DE  
INGENIERÍA  
UDELAR



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

# Sistemas embebidos para tiempo real

Este material didáctico fue elaborado por docentes del Departamento de Electrónica de la Universidad de la República a lo largo a varios años. Se pone a disposición de la comunidad bajo la licencia “Creative Commons Attribution 4.0 International License”.

Ver detalles de la licencia aquí: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



INSTITUTO DE  
INGENIERÍA  
ELÉCTRICA



FACULTAD DE  
INGENIERÍA  
UDELAR



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

# Sistemas embebidos para tiempo real

Presentación del curso

Julián Oreggioni  
[electro@fing.edu.uy](mailto:electro@fing.edu.uy)

# Índice

- Contenido
- Objetivos
- Metodología
- Reglas del curso
- Aprobación
- Programa
- Material

# Contenido

- ¿De qué se trata?
- Sistemas embebidos
  - Hardware
  - Software
- Programación de sistemas embebidos
  - Interfaz hardware-software
  - Arquitectura de software

# Objetivos del curso

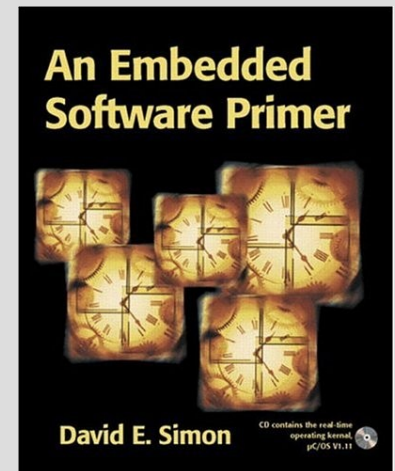
- Enfrentar proyectos de desarrollo de software para sistemas embebidos
- Describir diferentes arquitecturas de software para sistemas embebidos.
- Seleccionar la arquitectura adecuada para cada aplicación particular.
- Aplicar adecuadamente las técnicas correspondientes para implementar el sistema.

# Metodología

- Clases teóricas
- Laboratorios
- Proyecto final grupal

# Clases teóricas

- 2 clases por semana de 1,5 hs. hasta primeros parciales
  - Presentación y debate
  - Actividades en clase
  - Trabajo domiciliario
- Libro de texto: Simon
- Clases de 2021 disponibles en OpenFing



# Laboratorios

- Carga: 4 sesiones
- Complejidad creciente / acumulativos
- Trabajo en equipo: 2 o 3 estudiantes
- Plataforma de hardware (préstamo a cada estudiante):
  - MSP430 LaunchPad de Texas Instruments (MSP430G2553)
- **Basado en trabajo previo domiciliario**
- **Defensa presencial con cuestionario**
- Probar/desarrollar con los mismos equipos que van hacer las defensas



# Laboratorios

## 1: Introducción al entorno de desarrollo

- Control de versiones (GIT)
- Lenguaje C

## 2: Interrupciones

- Periféricos = BCM+, Timer, ADC
- Documentación automática de código (Doxygen)
- Problema de datos compartidos

## 3: Diseño basado en interrupciones (parte 1)

- Round-Robin con interrupciones
- UART (comunicación serial)
- Debug con Osciloscopio y Analizador Lógico

## 4: Diseño basado en interrupciones (parte 2)

- Planificación por encolado de funciones
- Bajo consumo (LPM, Energy-Trace, Ultra Low Power Advisor)
- Test (ASSERT)

# Proyecto final

- En equipo (grado)
  - 3 estudiantes (para grado, posgrado puede variar)
  - 80 horas/persona (alta carga)
- Plataformas:
  - Plataformas de hardware (préstamo a cada estudiante):
  - MSP430 LaunchPad de Texas Instruments (MSP430G2553)
  - Boosterpack Sensor de Texas Instruments y otros sensores o módulos
  - Analog Discovery 2 from Digilent (1 placa por grupo) (NUEVO)
- Tema
  - Depende de cantidad de estudiantes
  - Problema especificado por los docentes
  - Propuesto por estudiantes (si tienen un idea plantearlo cuanto antes)

# Reglas del curso

- Reglamento del curso:
  - Disponible en EVA
  - Recorrida rápida conjunta del documento
- Cronograma
  - Disponible en EVA
  - Recorrida rápida conjunta del documento

# Próximos pasos

- 9/3 empiezan los laboratorios.
- Definir grupos rápido:
  - Mandar mail a [juliano@fing.edu.uy](mailto:juliano@fing.edu.uy) antes del miércoles 1/3 a las 20 horas.
- Entrega de placas
  - lunes 27/02 de 10:00 a 12:00 hs
  - lunes 27/02 de 17:30 a 18:30 hs
  - Laboratorio de medidas del IIE o Sala de Lectura del IIE
  - Si no pueden concurrir mandar mail

# Reglas del curso

- Clases teóricas:
  - en caso de inasistencia hay ejercicios de teórico
- Asistencia obligatoria:
  - 4 Laboratorios
  - Proyecto: 2 presentaciones (hito y final)
- Honestidad académica:
  - Trabajo independiente (individual o grupal)
  - “copy & paste” vs. paráfrasis & referencias
  - Intercambio de ideas vs. “copiar”
  - ChatGPT

# Aprobación del curso

- En Laboratorio (40 puntos) se evaluará mediante:
  - Cuestionario individual vía EVA
  - Realización de tareas previas
  - Desempeño y actitud durante la defensa
- El Proyecto (60 puntos) se evaluará mediante:
  - Elaboración de la especificación
  - Realización del proyecto
  - Presentaciones (hito intermedio y defensa)
  - Entrega final: Código, Documentación, Video, etc.

# Temario del curso

1. Introducción y conceptos básicos.
2. Microcontroladores e Interrupciones.
3. Arquitecturas de software embebido
4. Introducción a los SO para tiempo real (RTOS)
5. Sistemas embebidos de bajo consumo
6. Criterios de diseño de un sistema embebido
7. Otros temas de Sistemas Embebidos

# Material del curso

- Página web de la asignatura:
  - <https://eva.fing.edu.uy/course/view.php?name=sisem>
- Transparencias del curso.
- Material para laboratorio y proyectos.
- Bibliografía básica:
  - “An Embedded Software Primer”, David E. Simon, Addison-Wesley Professional , 1999.  
ISBN: 020161569X
  - "Real-Time Embedded Systems. Design principles and engineering practices", Xiaocong Fan, 2015  
ISBN 978-0-12-801507-0