



ASIGNATURA: Programación de Sistemas Embebidos		
DEPARTAMENTO: Ingeniería de Computadoras		
ÁREA: Arquitectura de Computadoras	ORIENTACIÓN:	
CARRERA: Licenciatura en Ciencias de la Computación	PLAN: Ord 1112/2013	AÑO (Dictado) 2023
CUATRIMESTRE: Primero	AÑO: (Plan de Estudios) Quinto (Electiva)	
CORRELATIVAS		
Aprobadas: Arquitecturas Y Organización de Computadoras I. Programación Concurrente. Sistemas Operativos I.		
EQUIPO DE CÁTEDRA:		
Lic. Rafael I. Zurita (PAD-1)		
HORAS DE CLASE: TOTAL 64 hs – SEMANALES 4 hs		
HORAS DE TEORÍA SEMANALES: 2 – Lunes y Miércoles de 9 a 10 hs.		
HORAS DE LABORATORIO SEMANALES: 1 – Miércoles de 10 a 11 hs.		
HORAS DE PRÁCTICA SEMANALES: 1 – Lunes de 10 a 11 hs.		
HORAS ESTIMADAS EXTRACLASE DE DEDICACIÓN DEL ALUMNO SEMANALES: 2 hs		
OBJETIVOS DE LA MATERIA		
Lograr que el alumno adquiriera los conocimientos básicos del funcionamiento de los sistemas embebidos; y las habilidades necesarias para la programación inicial de hardware sin sistema operativo hasta sistemas embebidos con gestión de tareas.		
CONTENIDOS MÍNIMOS (según plan de estudios)		
Arquitectura de sistemas embebidos. Herramientas de desarrollo cruzado (cross-compilers, etc) Sistemas de E/S de bajo nivel. Programación de bajo nivel en lenguaje C. Bibliotecas de E/S de bajo nivel. Núcleos de tiempo real.		
PROGRAMA ANALÍTICO		
UNIDAD 1: Arquitectura de Sistemas Embebidos: Procesadores. Memoria Flash: NOR. NAND. Relojes. Cargadores de arranque (Bootloaders).		
UNIDAD 2: Herramientas de desarrollo: Toolchains (compilador, ensamblador, vinculador) . Compilación cruzada (cross compiler). Debugger. Analizador de archivos objetos y ejecutables (disassembly). Automatización del ciclo de compilación (make). Sistema de control de versiones (git, svn).		
UNIDAD 3: E/S de bajo nivel: E/S paralela: GPIO. Entrada/salida seriales: síncrona (SPI, I2C,), asíncrona (UART). Entrada/salida analógica: ADC, DAC. Temporizadores (Timers): contadores, temporizadores. Salida analógica mediante Modulación de Ancho de Pulso (PWM)		
UNIDAD 4: Programación de bajo nivel: Lenguaje ensamblador. Lenguaje C. Programación sobre hardware sin sistema (baremetal). Programación mediante bibliotecas de E/S.		
UNIDAD 5: Núcleos de Tiempo Real		
Sistemas multitareas. Tareas de tiempo real: blandas (soft), duras (hard). Gestión de tareas. Planificación de tareas. Comunicación entre tareas. Sincronización de tareas.		
UNIDAD 6: Sistemas Embebidos en Robótica		
Clases de robots. Robots móviles. Arquitectura del software en robots móviles autónomos. Sensores en robots móviles. Actuadores en robots móviles. Localización. Sistema de control.		

### PROPUESTA METODOLÓGICA:

El contenido de la asignatura está dividido en 9 temas centrales. Cada uno de estos temas será desarrollado en una clase teórica, seguido de clases prácticas y de laboratorio. Finalmente se hará una revisión de un laboratorio clave al tema para concluir la clase, realizar observaciones finales y conclusiones.

Los contenidos de las unidades se desarrollan en clases teóricas presenciales o virtuales, con el soporte de recursos visuales didácticos. Cada clase inicia con una revisión breve de los conceptos previos que son base (necesarios) para comprender los nuevos conceptos expuestos en la clase en curso. Se promueve la participación de todos en esta etapa, de manera de no forzar el repaso de temas previos, sino que mas bien lograr una revisión natural de los conceptos ya adquiridos.

En caso de que se utilice la modalidad virtual, esas clases expositivas (las que fuesen), serán grabadas y subidas para que estén disponible a los estudiantes. El estudiante puede ver los videos de las clases todas las veces que sea necesario. Luego, existe un período de consultas y discusiones del tema, que se llevarán mediante un canal de chat de telegram.

También se proveen apuntes completos de todos los temas del programa de la materia, cuya disponibilidad permite al alumno trabajar los temas de la teoría y práctica mediante la lectura del mismo (muy recomendado para alumnos sin buena conexión a internet para videos).

*Clases prácticas tradicionales:* Durante el segundo segmento de una hora, cada clase se dedicará a la ejercitación escrita, grupal, unida a investigación mediante Internet. Los estudiantes resolverán problemas y contestarán guías de preguntas sobre las unidades en desarrollo. Las consultas se realizan en uno de los 12 canales de chat de telegram de la materia (cada alumno participa en un único canal. Existen 3 docentes por canal).

El curso tiene un enfoque práctico. Los alumnos aplican los conocimientos teóricos adquiridos en clase en trabajos de laboratorio que se desarrollan a lo largo del cuatrimestre (si es virtual se les provee del hardware necesario para las prácticas en el hogar). En estos trabajos se familiarizan con los dispositivos y herramientas más usuales presentes en sistemas embebidos y desarrollan prácticas destinadas a ejercitar el desarrollo de sistemas fuera del ambiente de escritorio. Inicialmente los trabajos de laboratorio ejercitan los conceptos teóricos de manera aislada, y a medida que se adquieren más conocimientos, se incrementa el alcance de dichos trabajos. Adicionalmente al manejo de los dispositivos y herramientas, los alumnos aprenden a consultar la documentación y las especificaciones de los componentes y protocolos utilizados. El abordaje teórico conceptual se realiza de manera independiente de arquitecturas embebidas y/o dispositivos particulares, pero se complementa con el estudio y utilización de algunos de ellos.

Las prácticas son experimentales, de programación en lenguaje C, y se desarrollan en laboratorios equipados con microprocesadores y microcontroladores claves para el desarrollo de sistemas embebidos. Estarán orientados a resolver ejercicios planteados en los trabajos prácticos, donde el alumno deberá aplicar los conceptos desarrollados en las clases teóricas.

Se promueve, en las clases prácticas y en las de laboratorio, el trabajo en grupo a través de pares de trabajo y la interacción con los integrantes de la cátedra, cuando sea necesario. De esta manera se fomenta el debate de los conceptos teóricos y prácticos, facilita el intercambio de ideas, y se fortalece la incorporación de conceptos nuevos de manera mas natural. Los integrantes de la cátedra intervienen casi unicamente cuando las dudas sean generalizadas, o cuando no se está comprendiendo un tema aún si ha sido trabajado en grupo durante un tiempo razonable.

### CONDICIONES DE ACREDITACIÓN Y EVALUACIÓN:

Regularización: La resolución correcta de los trabajos prácticos de laboratorio obligatorios. O sus respectivos recuperatorios.

Aprobación por promoción: un trabajo final con defensa a través de un examen oral del mismo.

Aprobación regular: examen teórico aprobado.

Aprobación libre: examen trabajos prácticos y teórico aprobados.



#### HORARIOS DE CONSULTA DE ALUMNOS:

##### Docente: (días y horas)

Rafael I. Zurita: Miércoles de 9a 13hs. Laboratorio de Robótica.

#### BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- [1] Peter Marwedel, *Embedded System Design: Embedded Systems, Foundations of Cyber-Physical Systems, and the Internet of Things*, Springer. 2017. ISBN: ISBN 978-3-319-56043-4
- [2] Noergaard, T. *Embedded Systems Architecture: A Comprehensive Guide for Engineers and Programmers*. Newnes. 2012. ISBN: 978-0123821966.
- [3] Michael Barr, Anthony Massa, *Programming Embedded Systems: With C and GNU Development Tools*, Editorial O'Reilly. 2nd. Ed. 2009. ISBN: 978-0596009830

#### BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

- [4] Berger, A. *Embedded Systems Design: An Introduction to Processes, Tools & Techniques*. CMP Books. 2001. ISBN: 978-1578200733.
- [5] Ganssle, J. *The Art of Designing Embedded Systems*, 2<sup>nd</sup> Edition. Elsevier. 2008. ISBN: 978-0750686440
- [6] Li, Q., Yao, C. *Real-time concepts for Embedded Systems*. CMP. 2003. ISBN: 978-1578201242.
- [7] Simon, D. *An Embedded Software Primer*. Addison-Wesley Professional. 1999. ISBN: 978-0201615692.
- [8] Zurawski, R. *Embedded Systems Handbook, Second Edition: Embedded Systems Design and Verification (Industrial Information Technology)*. CRC Press. 2009. ISBN: 978-1439807552.

Adicionalmente se consultarán las hojas de datos y especificaciones de los microprocesadores/microcontroladores, componentes y protocolos utilizados.

FIRMA DEL PROFESOR

FIRMA DEL DIRECTOR DEL  
DEPARTAMENTO

FIRMA DE SECRETARIA ACADEMICA