

**NOMBRE DE LA ASIGNATURA****Carrera/ Plan:***Ingeniería en Computación Plan 2008/Plan 2011*

Año 2023

**Año:** Cuarto**Régimen de Cursada:** *Semestral***Carácter (Obligatoria/Optativa):**Obligatoria**Correlativas:** Ingeniería de Software- Concurrencia y Paralelismo**Profesor/es:** Fernando L. Romero**Hs. Semanales teoría:**3**Hs. Semanales práctica:**3**FUNDAMENTACIÓN**

En esta materia se pone al alcance de los alumnos los conocimientos de hardware y herramientas de ingeniería y desarrollo de software necesario para la construcción de sistemas de tiempo real. El abordaje de los temas incluye partes teóricas complementadas con laboratorios prácticos, partiendo desde sistemas pequeños hasta grandes

**OBJETIVOS GENERALES**

Caracterizar los sistemas de tiempo real (STRs) y los sistemas distribuidos de tiempo real (SDTRs), en particular en relación con el desarrollo de software para los mismos. Estudiar aspectos propios de la arquitectura y comunicaciones de los SDTRs. Plantear las extensiones de la metodología clásica de Ingeniería de Software para SDTR y analizar herramientas para su análisis, diseño y verificación. Estudiar herramientas de especificación (Diagramas de Estados, Redes de Petri Extendidas) y aspectos de lenguajes orientados a tiempo real. Aplicar los conceptos teóricos en casos concretos de adquisición y control de datos en tiempo real, en particular orientados a aplicaciones industriales. Estudiar Sistemas Operativos orientados al desarrollo de aplicaciones distribuidas en tiempo real.

**CONTENIDOS MINIMOS (de acuerdo al Plan de Estudios)**

- Características de los Sistemas de Tiempo real y su software.
- Analizar los problemas asociados con la distribución de procesamiento y datos en STR.
- Ingeniería de Software de SDTR.
- Herramientas de especificación y lenguajes de programación para SDTR.
- Aplicaciones a control industrial y robótica.
- Sistemas operativos orientados a SDTR.

**PROGRAMA ANALÍTICO**

Unidad 1: Arquitectura de un Sistema de Tiempo Real (STR) Caracterización de los Sistemas de Tiempo Real. Asincronismo. Concurrencia. Interfaces de hardware. Drivers de dispositivos. Manejadores de interrupciones. Concurrencia: procesos y su comunicación. Caracterización de sistemas distribuidos. Clasificación de los sistemas de Tiempo Real. Taxonomía de las arquitecturas multicomputador y multiprocesador . Arquitecturas multi-microprocesador. Aplicaciones en tiempo real. Generalización de modelos clásico de ciclo de vida, aplicado a problemas de tiempo real. Comunicación entre procesadores y procesos. Topología de red. Buses. Problemas clásicos: Arbitraje, detección de fallas, acceso al medio de comunicación. Modelos de buses. Tolerancia fallas en arquitecturas distribuidas.

Unidad 2: Conceptos de Software para STR Efecto de las características de los SDTR sobre el desarrollo de software. Herramientas de especificación e implementación de STRs. Verificación de STR. Metodología de diseño. Hardware first-Software first. Modelos de comunicación y sincronización de procesos. Modelos de sincronización por Memoria Compartida. Modelos de sincronización por mensajes asincrónicos. RPC y Rendezvous. Lenguajes y primitivas propias de los lenguajes asociados con cada modelo.

Unidad 3: Distribución de datos en los SDTR Datos distribuidos. Bases de datos distribuidas. Problemas asociados. Consideraciones de diseño. Replicación de datos. Redundancia y consistencia. Máquinas dedicadas al Servicio de Base de Datos. Soporte de Sistema operativo para sistemas de datos distribuidos que se acceden en tiempo real.

Unidad 4: Herramientas de especificación y desarrollo de SDTR Caracterización y especificación de sistemas distribuidos de tiempo real. Redes de Petri como herramientas de especificación STRs. Análisis de STRs y SDTRs con Redes de Petri y Redes de Petri extendidas. Análisis de restricciones de tiempo con RPE. Otras herramientas de especificación formal. Relación con los lenguajes de programación.

Unidad 5: Ingeniería de Software para STR Extensiones a la metodología estructurada para tratar problemas de Tiempo Real. Herramientas de análisis y diseño. Diagrama de Arquitectura. Extensiones para el análisis y diseño teniendo en cuenta las restricciones de tiempo. HRT-HOOD (Hard Real-Time Hierarchical Object-Oriented Design) UML & STR. Análisis de casos concretos. Unidad 6: Aplicaciones Aplicaciones en control de hardware. Aplicaciones en robótica con y sin movimiento del robot. Aplicaciones en tratamiento de señales, en particular imágenes.

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA**

1. Hard RealTime Computing Systems (2011) Giorgio C. Buttazzo, Third edition, Springer,.
2. Real-Time Systems, Design Principles for Distributed Embedded Applications (2011). Hermann Kopetz Second Edition. Springer.
3. Real-Time Systems and Programming Languages (2005). A. Burns & A. Wellings. Addison Wesley, ISBN 978-0-321-41745-9
4. Real-Time Systems and Programming Languages. A. Burns & A. Wellings(1999). Addison Wesley, ISBN 90-201-40365-x
5. Real Time System Design. Mc. Graw Hill, Levi & Agrawala, 1990, ISBN 0-07-037491-0
6. An Introduction to Real-Time Systems. L. Buhr. Prentice Hall, 1999.
7. Sistemas Operativos. Conceptos Fundamentales, 3rd Ed A. Silberschatz, J. Peterson, P. Galvin, AddisonWesley Iberoamericana, 1994.
8. A practical Guide to Real-Time Systems Development. Prentice Hall, 1993.
9. Designing concurrent, distributed and real-time applications with UML. Addison Wesley, ISBN 0-201-65793-7.

### **BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA**

1. S. A. Aldarmi, A. Burns. Dynamic Value-Density For Scheduling Real-Time Systems . Noviembre 1998, Real Time System Group, University of York, Technical Report number YCS-98-310.
2. M. Aldea Rivas, J. Miranda, M. González Harbour. Integrating Application-Defined Scheduling with the New Dispatching Policies for Ada Tasks. Ada-Europe'2005. pp.220~235
3. N. Audsley. Real Time Scheduling . Predictable Dependable Systems, vol 2, chapter 2, Part II.1995.
4. A. Burchard and J. Liebeherr and Y. Oh and S. H. Son Assigning Real-Time Tasks to Homogeneous Multiprocessor Systems . Technical Report CS-94-01, University of Virginia, 1994 Department of Computer Science.
5. G. Buttazzo. Rate Monotonic vs. EDF: Judgment Day. Real-Time Systems, Vol. 29, Issue 1, pp. 5-26, Enero 2005.

6. AADL performance analysis with Cheddar : a summary. Dissaux P, Legrand J, Plantec A and Singhoff F. AADL SAE Spring working group meeting . Sevilla (Spain). Abril 2008.
7. S. Edzang. Simulation d'algorithmes d'ordonnancement temps réel. Rapport de travail d'étude et de recherche, Junio 2006.
8. <http://www.freertos.org/>
9. L. George, N. Rivierre and M. Spuri. Preemptive and Non-Preemptive Real Time Uni-Processor Scheduling. INRIA Research Report number 2966. Septiembre 1996.
10. J. Goossens and C. Macq. Limitation of the Hyper-Period in Real-Time Periodic Task Set Generation . 9th Conference RTS embedded systems 2001, Paris (France). Page 133-148.
11. K. Jeffay, D. F. Stanat, C. U. Martel. On Non-Preemptive Scheduling of Periodic and Sporadic Tasks . In the Proceedings of the RTSS91 Real Systems Symposium. San Antonio, Texas. Diciembre 1991.
12. G. Koren, D Shasha. D-Over, an optimal On-line scheduling algorithm for overloaded real time systems INRIA Technical report number RT-0138. Febrero 1992.
13. C. L. Liu and J. W. Layland Scheduling Algorithms for Multiprogramming in a Hard Real-Time Environment. 1973, Enero, 20(1):46-61, Journal of the Association for Computing Machinery.
14. Tests de faisabilité basés sur le taux d'occupation CPU des principaux algorithmes d'ordonnancement temps réel H. Martin, S. Bothorel. Rapport de travail d'étude et de recherche, Mars 2004.
15. Y. Oh and H. S. Son. Tight performance bounds of heuristics for a real-time scheduling problem. 1993.
16. Bo Su; Li Wang; , "Application of Proteus virtual system modelling (VSM) in teaching of microcontroller,"
17. E-Health Networking, Digital Ecosystems and Technologies (EDT), 2010 International Conference on , vol.2, no., pp.375-378, 17-18 April 2010
18. Sha, R. Rajkumar and J.P. Lehoczky. Priority Inheritance Protocols : An Approach to Real Time Synchronization. IEEE Transactions on computers, 39(9):1175-1185. 1990

## **METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA**

Debido a la pandemia y las restricciones de presencialidad en el aula, esta materia se dictará tanto en forma presencial como virtual. En este último empleando tanto para consultas como para exámenes el entorno WEBEX. En cuanto a los contenidos, no difieren en ambas modalidades. Se trata de una materia con un enfoque teórico práctico pero con un peso mayor de trabajos prácticos de laboratorio. Dichas prácticas se pueden realizar en la Sala de pc de la Facultad en el horario de consultas de trabajos prácticos o en forma autónoma, por parte de los alumnos, ya que se pueden bajar desde la plataforma WEBUNLP a sus propias computadoras los simuladores para su realización. En detalle se tratan de: -Placas de microcontrolador ARM, kit Sinectis Tower K70. -Placas EDU CIAA. -Placas Intel-Galileo. -Kit Arduino con sensores. - Simulador utilizando BOSCH de arquitectura ia386 con una placa adquisidora A/D, más interfaz gráfica para simular entradas digitales y analógicas (desarrollado en la Cátedra). -Live cd de linux-rt, con las herramientas instaladas necesarias (compiladores, herramientas de test, etc.) (los cd fueron armados por la Cátedra) -Herramientas varias de software libre para desarrollo y simulación de microcontroladores Microchip (MPLAB, Proteus) y ARM (Keil, Proteus). -Simulador basado en QEMU que implementa una virtualización de un microcontrolador ARM con Linux RT-Preempt con sistema operativo. -Herramienta Cheddar, que permite simular procesos/threads bajo diferentes tipos de planificadores a fin de observar la factibilidad de su planificación. -V-REP: simulador de robótica, permite simular diversos tipos de robot, incluido brazos de robot como los que dispone la Cátedra, y robots Khepera ii, también disponibles. También se dispone en la Cátedra de 3 brazos robot tipo LynxArm, otro robot tipo vehículo (armados en la Cátedra), y 3 robots Khepera ii. También se han incorporado herramientas de simulación, para simular procesos Este equipamiento está disponible para los alumnos que quieran hacer un trabajo para promocionar la materia.

## **EVALUACIÓN**

La aprobación de la cursada-trabajos prácticos y final de esta materia contempla dos modalidades: - Modalidad Presencial: Presentación obligatoria de los trabajos prácticos dentro de los plazos de la cursada, con corrección y nueva entrega, hasta que estén finalizados y funcionando. Luego se rinde un examen parcial sobre los temas vistos en dichas prácticas. La aprobación del examen parcial práctico otorga la aprobación de TP. En esta modalidad se puede promocionar la materia (habiendo aprobado los TP), realizando un trabajo adicional sobre un tema a designar por la Cátedra. Este trabajo se puede

---

presentar en cualquier fecha de examen final a la que el alumno se anote, dentro del período de validez de los TP. -Modalidad a distancia: Se realizará un trabajo teórico-práctico a determinar por la Cátedra, sobre alguno de los temas que trata la materia. Los alumnos pueden consultar mediante el entorno de EAD Web-UNLP y además disponen de horarios presenciales para consulta, que se publicarán en el sitio WEB de la cátedra. Se toma un parcial sobre los temas de las prácticas cuya aprobación otorga la aprobación de los TP. El examen final consiste en la defensa del trabajo teórico-práctico resuelto por el alumno, anotándose en cualquier fecha de examen final durante la validez de los TP aprobados. En ambas modalidades los alumnos disponen de la plataforma WEBUNLP para realizar consultas, o enviar los trabajos a presentar para su corrección. En dicha plataforma los alumnos disponen de las transparencias de teoría, las prácticas, el material para realizar las mismas, tanto simuladores como imágenes para armar live cd's con los sistemas operativos de tiempo real con los que trabajar. También un foro para hacer consultas a los auxiliares de la Cátedra.

**CRONOGRAMA DE CLASES Y EVALUACIONES**

Clase	Fecha	Contenidos/Actividades Teoría	Contenidos/Actividades Practica consultas
1	16/8	Introduccion	Practica 1: PIC
2	23/8	Interrupciones y manejo de tiempo	Practica 1: PIC
3	31/8	Sensores y conversores A/D	Practica 2: Planificación
4	6/9	Sistemas operativos de tiempo real	Practica 2: Planificación
5	13/9	Comunicaciones	Practica 3: Freertos
6	20/9	Ingenieria de software	Practica 3: Freertos
7	27/9	Threads	Practica 4: Rtlinux
8	4/10	Sincronización de tiempo	Practica 4: Rtlinux
9	11/10	Exposicion de trabajos de promoción 1	Trabajos de promoción
10	25/10	Exposicion de trabajos de promoción 2	Trabajos de promoción
11	1/11	Exposicion de trabajos de promoción 3	Trabajos de promoción

Evaluaciones previstas	Fecha
Parcial 1	18/10
Recuperación Parcial 1	1/11
Parcial 2	8/11
Recuperación parcial 2	15/11
Recuperación 2da de p1 y 2	22/11

**Contacto de la cátedra (mail, sitio WEB, plataforma virtual de gestión de cursos):**

fromero@lidi.info.unlp.edu.ar  
Ideas

Firma del/los profesor/es

