

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
LICENCIATURA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA



PROGRAMA DE ESTUDIOS

PROGRAMACIÓN PARALELA Y SISTEMAS OPERATIVOS EN
TIEMPO REAL

Elaboró:	<u>Dr. Hugo Hiram Michel Rodríguez</u>	<u>Facultad de Ingeniería</u>
	<u>Dr. Javier Salas García</u>	<u>Facultad de Ingeniería</u>
	<u>Dr. Jorge Rodríguez Arce</u>	<u>Facultad de Ingeniería</u>

Asesoría técnica:	<u>Lic. Araceli Rivera Guzmán</u>	<u>Dirección de Estudios Profesionales</u>
--------------------------	-----------------------------------	--

Fecha de aprobación:	H. Consejo Académico	H. Consejo de Gobierno
	<u>12 de septiembre de 2022</u>	<u>13 de septiembre de 2022</u>

Facultad de Ingeniería

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS
PROFESIONALES



Departamento de Desarrollo Curricular

Programa de Estudios
Aprobado por los HH. Consejos
Académico y de Gobierno



Índice

	Pág.
I. Datos de identificación.	3
II. Presentación del programa de estudios.	4
III. Ubicación de la unidad de aprendizaje en el mapa curricular.	5
IV. Objetivos de la formación profesional.	7
V. Objetivos de la unidad de aprendizaje.	8
VI. Contenidos de la unidad de aprendizaje y su organización.	9
VII. Acervo bibliográfico.	11





I. Datos de identificación.

Espacio académico
donde se imparte

Facultad de Ingeniería

Estudios profesionales

Licenciatura de Ingeniería en Electrónica, 2019

Unidad de aprendizaje

**Programación paralela y
sistemas operativos en tiempo
real**

Clave

LINE34

Carga académica

2

Horas
teóricas

3

Horas
prácticas

5

Total de
horas

7

Créditos

Carácter

Obligatorio

Tipo

Laboratorio

Periodo escolar

Octavo

Área
curricular

**Ingeniería Aplicada y Diseño de
Ingeniería**

Núcleo de
formación

Integral

Seriación

Ninguno

Sistemas embebidos

UA Antecedente

UA Consecuente

Formación común

No presenta

X





II. Presentación del programa de estudios.

La programación paralela y sistemas operativos en tiempo real se refiere a aquellos sistemas electrónicos que requieren un tiempo de respuesta con ciertas restricciones de este y las cuales al no ser respetadas se dice que el sistema ha fallado, de esta forma se requiere que los procesos del sistema operativo sean predecibles. En esta Unidad de Aprendizaje (UA), se abordan los conceptos básicos y metodologías de programación más comunes para la implementación de sistemas electrónicos en tiempo real para la solución de distintos problemas.

Esta UA contribuye en el perfil de egreso en el diseño y desarrollo de sistemas electrónicos analógicos y digitales, siendo el alumno capaz de integrar los conocimientos adquiridos en otras áreas de la licenciatura para su aplicación en el diseño de estructuras de programación de un sistema operativo para su incorporación a sistemas embebidos que requieran procesamiento de tiempo real.

Dentro del mapa curricular de la Licenciatura de Ingeniería en Electrónica, la UA de Programación paralela y sistemas operativos en tiempo real se encuentra ubicada en el 8vo periodo, ya que requiere conocimientos previos de diferentes unidades de aprendizaje para cumplir con los objetivos de aprendizaje del programa y está estructurada en cinco unidades temáticas que abarcan desde los conceptos básicos de programación paralela, los lenguajes e interfaces para la programación paralela hasta la introducción a los sistemas operativos en tiempo real y las plataformas electrónicas con aplicaciones de programación paralela.

Para una adecuada asimilación y apropiación del conocimiento, es esencial complementar el conocimiento con la realización de distintas prácticas, por lo que esta UA es de tipo Laboratorio. Esto implica que el docente promueve en el estudiante la aplicación de los sistemas operativos en tiempo real identificando las características específicas y lenguajes de programación para la solución de distintos problemas. Además, considerando que el curso pertenece al Núcleo Integral se espera que el alumnado desarrolle las habilidades necesarias para integrar sistemas de programación paralela empleando plataformas electrónicas basadas en microcontroladores o microprocesadores.

Esta Unidad de Aprendizaje tiene una seriación consecuente obligatoria con la unidad de aprendizaje Sistemas Embebidos y no cuenta con alguna seriación antecedente, sin embargo, se requiere que el estudiantado tenga conocimientos previos de programación, microcontroladores y/o microprocesadores.



III. Ubicación de la unidad de aprendizaje en el mapa curricular

MAPA CURRICULAR DE LA LICENCIATURA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, 2019

	PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4	PERIODO 5	PERIODO 6	PERIODO 7	PERIODO 8	PERIODO 9	PERIODO 10	
O B L I G A T O R I A S	Programación básica 2 2 4 6	Epistemología 3 1 4 7	Probabilidad y estadística 3 1 4 7	Métodos numéricos 1 3 4 5	Modelado de sistemas dinámicos aplicados 3 1 4 7	Control analógico y digital I 4 2 6 10	Control analógico y digital II 4 2 6 10	Instrumentación 2 4 6 8	Filtrado de señales 3 3 6 9		
	Álgebra superior 3 1 4 7	Álgebra lineal 3 1 4 7	Metrología 2 4 6 8	Circuitos eléctricos 3 3 6 9	Sistemas lineales y señales 4 2 6 10	Sistemas digitales 2 4 6 8	Microcontroladores 2 4 6 8	Programación paralela y sistemas operativos en tiempo real 2 3 5 7	Sistemas embebidos 0 4 4 4		
	Geometría analítica 3 1 4 7	Cálculo II 3 1 4 7	Cálculo III 3 1 4 7	Cálculo avanzado 3 1 4 7	Electrónica I 3 3 6 9	Electrónica II 3 3 6 9	Electrónica de potencia I 2 3 5 7	Electrónica de potencia II 2 3 5 7	Redes de comunicación 2 3 5 7		
	Cálculo I 3 1 4 7	Ecuaciones diferenciales 3 1 4 7	Dinámica 3 1 4 7	Ciencia, tecnología y sociedad 1 2 3 4	Administración de la producción 2 1 3 5	Instalaciones eléctricas 3 1 4 7	Costos y evaluación de proyectos 2 2 4 6	Mantenimiento industrial 3 1 4 7			
	Expresión oral y escrita 0 3 3 3	Estática 3 1 4 7	Física de semiconductores 3 1 4 7	Dibujo electrónico 1 3 4 5	Máquinas eléctricas 2 2 4 6	Física de ondas 3 1 4 7	Ética profesional 2 2 4 6	Calidad 3 1 4 7			
		Química 3 1 4 7	Termodinámica 3 1 4 7	Teoría electromagnética I 4 2 6 10	Teoría electromagnética II 4 2 6 10	Radiación y propagación electromagnética 2 3 5 7	Comunicación I 3 2 5 8	Comunicación II 3 2 5 8			
	El Ingeniero y su entorno socioeconómico 3 1 4 7	Inglés 5 2 2 4 6	Inglés 6 2 2 4 6	Inglés 7 2 2 4 6	Inglés 8 2 2 4 6				Integrativa profesional* — — — 8	Control de procesos industriales 2 4 6 8	
										Oplativa 1 3 1 4 7	
										Oplativa 2 3 1 4 7	
	O P T A T I V A S										

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES



Departamento de Desarrollo Curricular

Programa de Estudios
Aprobado por los HH. Consejos
Académico y de Gobierno



Proyecto curricular de la Licenciatura de Ingeniería en Electrónica
Reestructuración, 2019
Secretaría de Docencia • Dirección de Estudios Profesionales



DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES DE APRENDIZAJE OPTATIVAS

PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4	PERIODO 5	PERIODO 6	PERIODO 7	PERIODO 8	PERIODO 9	PERIODO 10
								Bioelectronics ¹	
								3	
								1	
								4	
								7	
								Ingeniería de audio	
								3	
								1	
								4	
								7	
								Robótica	
								3	
								1	
								4	
								7	
								Electrónica de potencia en sistemas sustentables	
								3	
								1	
								4	
								7	
								Electrónica de los sistemas de transporte	
								3	
								1	
								4	
								7	
								Telefonía	
								3	
								1	
								4	
								7	
								Control avanzado	
								3	
								1	
								4	
								7	

SIMBOLOGÍA	
Unidad de aprendizaje	HT: Horas Teóricas
	HP: Horas Prácticas
	TH: Total de Horas
	CR: Créditos

→ 24 líneas de seriación.
Créditos mínimos 22 y máximos 56 por periodo escolar.
¹Actividad académica.
^{**}Las horas de la actividad académica.
¹UA optativa que debe impartirse, cursarse y acreditarse en el idioma inglés.

 Núcleo básico obligatorio.
 Núcleo sustantivo obligatorio.
 Núcleo integral obligatorio.
 Núcleo integral optativo.

PARÁMETROS DEL PLAN DE ESTUDIOS			
Núcleo básico obligatorio: cursar y acreditar 22 UA	56 31 87 143	Total del núcleo básico: acreditar 22 UA para cubrir 143 créditos	
Núcleo sustantivo obligatorio: cursar y acreditar 21 UA	58 47 105 163	Total del núcleo sustantivo acreditar 21 UA para cubrir 163 créditos	
Núcleo integral obligatorio: cursar y acreditar 13 UA + 2*	28 38** 64** 138	Núcleo integral optativo: cursar y acreditar 2 UA	6 2 8 14
		Total del núcleo integral acreditar 15 UA + 2* para cubrir 144 créditos	

TOTAL DEL PLAN DE ESTUDIOS	
UA obligatorias	56 + 2 Actividades académicas
UA optativas	2
UA a acreditar	58 + 2 Actividades académicas
Créditos	450



IV. Objetivos de la formación profesional.

Objetivos del programa educativo:

Son objetivos de los estudios profesionales de la Licenciatura de Ingeniería en Electrónica formar profesionales, críticos, creativos, dispuestos a adquirir el espíritu universitario, interesados por resolver problemas técnicos relacionados con el diseño, ensamble, instalación, evaluación, validación y mantenimiento de sistemas electrónicos contemplando aspectos éticos, humanísticos, de inclusión, en armonía con el medio ambiente para contribuir al progreso, económico y cultural del país y satisfacer las necesidades de la sociedad.

Generales

- Ejercer el diálogo y el respeto como principios de la convivencia con sus semejantes, y de apertura al mundo.
- Reconocer la diversidad cultural y disfrutar de sus bienes y valores.
- Adquirir los valores de cooperación y solidaridad.
- Participar activamente en su desarrollo académico para acrecentar su capacidad de aprendizaje y evolucionar como profesional con autonomía.
- Asumir los principios y valores universitarios, y actuar en consecuencia.
- Aprender los modelos, teorías y ciencias que explican el objeto de estudio de su formación.
- Emplear habilidades lingüístico-comunicativas en una segunda lengua.
- Tomar decisiones y formular soluciones racionales, éticas y estéticas.
- Comprender y aplicar los principios subyacentes a los métodos, técnicas e instrumentos empleados en la intervención profesional.
- Emplear las habilidades técnicas y tecnológicas para evolucionar en el campo laboral.
- Desarrollar un juicio profesional basado en la responsabilidad, objetividad, credibilidad y la justicia.

Particulares

- Ensamblar sistemas electrónicos analógicos y digitales evaluando el tipo, costo, propósito y características de montaje de componentes utilizando los fundamentos de la teoría de los semiconductores, electrónica y teoría electromagnética para contribuir en diversos ámbitos de la sociedad tales como la salud, la educación, la industria y los servicios.
- Instalar sistemas electrónicos analógicos y digitales ponderando los requerimientos técnicos, de espacio, normativos, de prueba y de seguridad empleando el conocimiento de los estándares nacionales e internacionales para solucionar problemas técnicos en el área de automatización, telecomunicaciones, energía sustentable, sistemas de transporte, bioelectrónica y electrónica entre otras dentro de las organizaciones.



- Evaluar sistemas electrónicos analógicos y digitales caracterizando su funcionamiento a partir de sus parámetros de operación y uso para establecer su óptimo desempeño en su vida útil.
- Organizar inspecciones sobre los sistemas electrónicos analógicos y digitales utilizando técnicas analíticas tales como indicadores estadísticos de fiabilidad y disponibilidad para pronosticar fallas y extender la vida útil de los equipos.

Objetivos del núcleo de formación:

Proveer al alumno de escenarios educativos para la integración, aplicación y desarrollo de los conocimientos, habilidades y actitudes que le permitan el desempeño de funciones, tareas y resultados ligados a las dimensiones y ámbitos de intervención profesional o campos emergentes de la misma.

Objetivos del área curricular o disciplinaria:

Evaluar las condiciones, requerimientos técnicos, alcances y limitaciones de problemas prácticos de la electrónica a través de técnicas y métodos de diseño que aplican los conocimientos de redes de comunicación, electrónica de potencia, mantenimiento industrial, sistemas embebidos, instrumentación y control de procesos industriales para responder técnicamente a las necesidades de las organizaciones productivas, industriales y de servicios.

V. Objetivos de la unidad de aprendizaje.

Diseñar estructuras de programación de un sistema operativo multitarea, multiusuario y portable empleando técnicas de programación paralela en el contexto orientado objetos para su incorporación a sistemas embebidos que requieran procesamiento de tiempo real.



VI. Contenidos de la unidad de aprendizaje, y su organización.

Unidad temática 1. Conceptos básicos de programación paralela

Objetivo: Analizar los elementos, los conceptos y los principios básicos de la programación paralela, para entender su aplicación en los lenguajes de programación y los sistemas operativos en tiempo real, mediante el estudio de las distintas arquitecturas y sus áreas de aplicación.

Temas:

- 1.1 Concepto y definición de Programación Paralela.
- 1.2 Arquitecturas paralelas: clasificación de Flynn.
- 1.3 El Modelo PRAM.
- 1.4 Computadores MIMD.
- 1.5 Modelos de programación paralela (paralelismo de instrucción, paralelismo de datos y modelos híbridos).
- 1.6 Motivación y aspectos de la programación paralela.
- 1.7 Modelos de programación paralela.
- 1.8 Evaluación del rendimiento de programas paralelos.
- 1.9 Áreas de aplicación de la Programación Paralela.

Unidad temática 2. Lenguajes e interfaces para programación paralela

Objetivo: Analizar las funciones más comunes de los principales lenguajes e interfaces de programación, mediante ejercicios de programación en distintos lenguajes e interfaces para programación, para el diseño e integración de arquitecturas de cómputo paralelo.

Temas:

- 2.1 Programación de hardware gráfico paralelo (*Compute Unified Device Architecture - CUDA*).
- 2.2 Lenguaje abierto de cómputo (*Open Computing Language - OpenCL*)
- 2.3 Programación multihebra de memoria compartida con *OpenMP*.
- 2.4 La interfaz de paso de mensajes (*Message Passing Interface - MPI*).
- 2.5 Funciones más comunes para el desarrollo de programas paralelos y distribuidos.



Unidad temática 3. Metodología y técnicas de diseño de algoritmos en Programación Paralela

Objetivo: Resumir los diversos patrones de diseño relativos a programación paralela, mediante la programación de algunos de ellos, para identificar las situaciones en las que un problema puede o debe ser paralelizado.

Temas:

- 3.1 Nociones básicas sobre diseño metódico de algoritmos paralelos.
- 3.2 Técnicas de algoritmos paralelos (PRAM, APRAM, C3).
- 3.3 Técnicas de descomposición en tareas.
- 3.4 Técnicas de asignación de tareas y equilibrado de carga.
- 3.5 Particionamiento de tareas.
- 3.6 Particionamiento de datos (modelo de memoria compartida, modelo de memoria distribuida y modelo memoria híbrida).
- 3.7 Particionamiento de flujo de datos.
- 3.8 Esquemas algorítmicos paralelos (ejemplos y casos de estudio).

Unidad temática 4. Sistemas Operativos en Tiempo Real

Objetivo: Proponer soluciones a distintos problemas, para manejar los distintos recursos de los Sistemas Operativos en Tiempo Real, programando en ellos mediante distintos lenguajes de programación.

Temas:

- 4.1 Concepto, definición, características y ejemplos de Sistemas Operativos en Tiempo Real (RTOS).
- 4.2 RTOS: Manejo de prioridades.
- 4.3 RTOS: Clases de aplicaciones.
- 4.4 RTOS: Latencia de interrupción.
- 4.5 RTOS: Gestión de procesos.
- 4.6 RTOS: Estado de procesos.
- 4.7 RTOS: Performance.
- 4.8 Ciclo de desarrollo para sistemas en tiempo.
- 4.9 Lenguajes para programar sistemas en tiempo real.
- 4.10 RTOS más utilizados y sus aplicaciones.





Unidad temática 5. Plataformas electrónicas con aplicaciones de programación paralela.

Objetivo: Integrar sistemas de programación paralela, empleando plataformas electrónicas basadas en microcontroladores o microprocesadores, para la implementación de clústeres de cómputo con aplicaciones de procesamiento en tiempo real.

Temas:

5.1 Características del entorno de programación (ARMSIM# o similar).

5.2 Caso de aplicación 1: Programación de algoritmos matemáticos en *cluster* para procesamiento en tiempo real.

5.3 Caso de aplicación 2: Programación paralela de algoritmos matemáticos.

5.4 Caso de aplicación 3: Programación paralela de lectura de sensores y almacenamiento de datos.

VII. Acervo bibliográfico.

Básico:

- A., G., A., G., Karypis, G., & Kumas, V. (2003). *Introduction to Parallel Computing*. Pearson Addison-Wesley.
- Almeida, F., Giménez, D., Mantas, J. M., & Vidal, A. (2008). *Introducción a la Programación Paralela*. Paraninfo Cengage Learning.
- Andrew J Wellings Burns, A. (2009). *Real-time systems and programming languages*. Addison-Wesley.
- Cheng, J., Grossman, M., & McKercher, T. (2014). *Professional CUDA C Programming*. John Wiley & Sons.
- Harry, J., & Gita, A. (2004). *Fundamentals of Parallel Processing*. Prentice Hall.
- Hughes, C., & Hughes, T. (2004). *Parallel and Distributed Programming Using C++*. Addison-Wesley.
- Kirk, D. B., & Hwu, W.-m. W. (2012). *Programming Massively Parallel Processors: A Hands-on Approach* (Segunda ed.). Morgan Kaufmann.
- Kumar, V., Grama, A., Gupta, A., & G., K. (2003). *Introduction to Parallel Computing*. Benjamin/Cummings Publishing Company.
- Quinn, M. J. (1994). *Parallel Computing. Theory and Practice* (Segunda ed.). McGraw- Hill.
- Robert, R., & Yulianna, Z. (2021). *Parallel and High-Performance Computing*. Manning Publications.



Literatura en inglés:

- Barney, B., & Laboratory, L. L. (s.f.). *Introduction to Parallel Computing*. Obtenido de https://computing.llnl.gov/tutorials/parallel_comp
- Foster, I. (s.f.). *Designing and Building Parallel Programs*. Obtenido de http://www.rohan.sdsu.edu/faculty/mthomas/courses/docs/foster/Foster_Designing_and_Building_Parallel_Programs.pdf
- Getting started with OpenCL, Part #1*. (s.f.). Obtenido de <https://anteru.net/2012/11/03/2009/>
- Hwu, W.-m., & Stone, J. (s.f.). *The OpenCL Programming Model*. Obtenido de http://www.ks.uiuc.edu/Research/gpu/files/upcrc_openc1 Lec1.pdf
- Intel® OpenCL™ Code Builder Support. (s.f.). Obtenido de <https://software.intel.com/en-us/intelopencl-support/>
- Karypis, G. (s.f.). *Introduction to Parallel Computing*. Obtenido de <http://www.users.cs.umn.edu/~karypis/parbook/>
- Search algorithms for Discrete Optimization Problems*. (s.f.). Obtenido de <http://www.users.cs.umn.edu/~karypis/parbook/>
- Steen, A. v., & Dongarra, J. (s.f.). *Overview of Recent Supercomputers*. Obtenido de [OverviewRecentSupercomputers.2008.pdf](#)

Complementario:

- Akl, S. G. (1992). *Diseño y Análisis de Algoritmos Paralelos RA-MA*. Prentice Hall.
- Andrews, G. (1999). *Foundations of Multithreaded, Parallel, and Distributed Programming* (Primera ed.). Pearson.
- DOCPLAYER. (2016). *Primeros pasos con ARM y Qt ARMSim*. Recuperado el 11 de Mayo de 2022, de <https://docplayer.es/15010045-Primeros-pasos-con-arm-y-qt-armsim.html>
- Documentation, C. T. (s.f.). *CUDA toolkit documentation v11.6.2*. Recuperado el 11 de Mayo de 2022, de <http://docs.nvidia.com/cuda/index.html#axzz3byLP9Wmv>
- Farber, R. (s.f.). *CUDA Application Design and Development*. Elsevier Gezondheidszorg.
- Foster, I. (2019). *Designing and Building Parallel Programs: Concepts and Tools for Parallel Software Engineering*. Pearson.
- GitHub. (s.f.). *Essentials of parallel computing*. Recuperado el 11 de Mayo de 2022, de <https://github.com/essentialsofparallelcomputing>
- Grama, A., Kumar, V., Karypis, G., & Gupta, A. (2003). *Introduction to Parallel Computing* (Segunda ed.). Pearson.
- Group, T. K. (21 de Julio de 2013). *OpenCL - The Open Standard for Parallel Programming of Heterogeneous Systems*. Obtenido de <https://www.khronos.org/openc1/>
- Kirk, D. B., & Hwu, W. W. (2010). *Programming Massively Parallel Processors: A Hands-on Approach* (Primera ed.). Morgan Kaufmann.





- Matloff, N. (2019). *Programming on Parallel Machines [E-book]*.
- Mattson, T. G., Sanders, . A., & Massingill, . L. (2004). *Patterns for Parallel Programming*. Software Patterns Series.
- OpenMP. (s.f.). Obtenido de <http://www.openmp.org/blog>
- Part 1 Introduction to parallel computing Parallel and High Performance Computing livebook.* (2021). Obtenido de <https://livebook.manning.com/book/parallel-and-high-performance-computing/part-1/v-13/%7D>.
- Science, C. S. (Enero de 2016). *Parallel Computing: Theory and Practice*. Recuperado el Mayo de 2022, de https://www.cs.cmu.edu/afs/cs/academic/class/15210-f15/www/tapp.html#_parallel_fibonacci_via_async_finish.
- SPI. (31 de Marzo de 2022). *Open MPI: Open Source High Performance Computing*. Obtenido de <https://www.open-mpi.org/>
- Stack. (2020). *Algoritmo paralelo: técnicas de diseño*. Recuperado el 11 de Mayo de 2022, de <https://isolution.pro/es/t/parallel-algorithm/design-techniques/algoritmo-paralelo-tecnicas-de-disenoMattson>.

