

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO  
LICENCIATURA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA**



**PROGRAMA DE ESTUDIOS**

**FILTRADO DE SEÑALES**

<b>Elaboró:</b>	<u>Dr. Rigoberto Martínez Méndez</u>	<u>Facultad de Ingeniería</u>
	<u>Dr. Giorgio Mackenzie Cruz Martínez</u>	<u>Facultad de Ingeniería</u>
	<u>Ing. Gerardo Alejandro Neyra Romero</u>	<u>Facultad de Ingeniería</u>
	<u>Dr. Jorge Rodríguez Arce</u>	<u>Facultad de Ingeniería</u>

<b>Asesoría técnica:</b>	<u>M. en T.D.E. Araceli Rivera Guzmán</u>	<u>Dirección de Estudios Profesionales</u>
--------------------------	-------------------------------------------	--------------------------------------------

<b>Fecha de aprobación:</b>	<u>H. Consejo Académico</u> <u>06 de diciembre de 2023</u>	<u>H. Consejo de Gobierno</u> <u>08 de diciembre de 2023</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

	<b>Pág.</b>
<b>I. Datos de identificación.</b>	3
<b>II. Presentación del programa de estudios.</b>	4
<b>III. Ubicación de la unidad de aprendizaje en el mapa curricular.</b>	5
<b>IV. Objetivos de la formación profesional.</b>	7
<b>V. Objetivos de la unidad de aprendizaje.</b>	8
<b>VI. Contenidos de la unidad de aprendizaje y su organización.</b>	9
<b>VII. Acervo bibliográfico.</b>	13





## I. Datos de identificación.

Espacio académico donde se imparte

Estudios profesionales

Unidad de aprendizaje  Clave

Carga académica

<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="9"/>
Horas teóricas	Horas prácticas	Total de horas	Créditos

Carácter  Tipo  Periodo escolar

Área curricular  Núcleo de formación

Seriación

UA Antecedente

UA Consecuente

Formación común

No presenta





## II. Presentación del programa de estudios.

Algunas de las principales capacidades que debe adquirir un estudiante de Ingeniería Electrónica, son el diseño y análisis de sistemas electrónicos analógicos y digitales, los cuales proporcionen soluciones óptimas a diversos problemas del quehacer del Ingeniero en Electrónica. En un sistema de instrumentación electrónica, uno de los subsistemas más importantes es el acondicionamiento de las señales y dentro de este, el filtrado y amplificación de las señales son las técnicas más requeridas. Por lo tanto, la UA de Filtrado de Señales es esencial en la formación de los Ingenieros en Electrónica.

El presente programa de la UA de Filtrado de señales está dividido en tres secciones. En la primera sección a través de la Unidad 1 se abordan los conceptos básicos de los filtros y su utilidad en los sistemas electrónicos tanto analógicos como digitales. La segunda sección, que consta de las Unidades 2, 3 y 4, se enfoca en los sistemas de filtrado analógico. En la Unidad 2 se describen los principios matemáticos para el diseño de funciones de transferencia de los filtros más comunes; en la Unidad 3 se abordan los principales circuitos electrónicos pasivos para la implementación de filtros analógicos. En la Unidad 4, se tratan los filtros activos por medio del uso de amplificadores operacionales.

En la tercera sección, el programa se enfoca en los filtros digitales, esta sección consta de las Unidades 5 y 6. La Unidad 5 presenta los conceptos y herramientas matemáticas más comunes para el procesamiento y filtrado de señales digitales. Finalmente, en la Unidad 6, se abordan los diferentes tipos de filtros digitales más comunes y su implementación en sistemas digitales como microcontroladores y DSP usando cálculos analíticos y mediante software como MATLAB o R.

Esta UA contribuye en el perfil de egreso del ingeniero en electrónica en las habilidades de diseño y desarrollo de sistemas electrónicos analógicos, digitales y de comunicaciones, así como en el manejo de métodos y técnicas matemáticas y numéricas. Coadyuvando en el alcance de los objetivos del Programa de estudios de aplicación de conocimientos en electrónica para generar soluciones a necesidades específicas en diferentes áreas.

Esta UA, al contener un fuerte componente en implementación de circuitos, requiere que el estudiante ya haya cursado la UA de instrumentación, en la que abordan la implementación de circuitos de sensado de diversas variables y, por lo tanto, la UA de Filtrado de señales es siguiente paso natural requerido para el procesamiento de las señales ya adquiridas. De esta manera, la UA es tipo laboratorio para que el alumno mediante la realización de diferentes prácticas pueda desarrollar las habilidades de diseño e implementación de filtros, así como el uso de herramientas de laboratorio como osciloscopios, generadores de señal, analizadores de espectros, programadores de sistemas digitales y software especializado.

En esta UA se espera que el profesor presente las herramientas y métodos más usados para la implementación de filtros, así como guiar al estudiante en las aplicaciones de estas herramientas y la implementación de circuitos de filtrado. Por otra parte, se espera que el estudiante aplique la información obtenida en la implementación de circuitos electrónicos analógicos y digitales para el filtrado de señales diversas.





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

**MAPA CURRICULAR DE LA LICENCIATURA DE INGENIERIA EN ELECTRONICA, 2019**

	PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4	PERIODO 5	PERIODO 6	PERIODO 7	PERIODO 8	PERIODO 9	PERIODO 10	
<b>O B L I G A T O R I A S</b>	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 5 10	Control analógico y digital II 4 2 6 10	Instrumentación 2 4 6 8	Filtrado de señales 3 3 6 9		
	Algebra superior 3 1 4 7	Algebra lineal 3 1 4 7	Metrología 2 4 6 8	Circuitos electrónicos 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	Estatica 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			
<b>O P T A T I V A S</b>	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* — — — 6	Control de procesos industriales 2 4 6 8		
								Optativa 1 3 1 4 7			
								Optativa 2 3 1 4 7			
	HT 14 HP 8 TH 23 CR 97	HT 20 HP 8 TH 30 CR 48	HT 19 HP 11 TH 30 CR 48	HT 16 HP 18 TH 31 CR 48	HT 20 HP 13 TH 33 CR 63	HT 17 HP 14 TH 31 CR 48	HT 16 HP 15 TH 30 CR 46	HT 16 HP 14** TH 29** CR 62	HT 13 HP 18 TH 29 CR 42	HT -- HP -- TH -- CR 30	





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
								Bioelectrónica <sup>†</sup>	
								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

⇒ 34 líneas de serbación.

Créditos mínimos 22 y máximos 56 por periodo escolar.

\*Actividad académica.

\*\*Las horas de la actividad académica.

†UA 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	Totales del núcleo básico: acreditar 22 UA para cubrir 143 créditos
Núcleo sustantivo obligatorio: cursar y acreditar 21 UA	58 47 105 163	Totales del núcleo sustantivo: acreditar 21 UA para cubrir 163 créditos
Núcleo Integral obligatorio: cursar y acreditar 13 UA + 2*	28 88** 94** 130	Totales del núcleo Integral: acreditar 13 UA + 2* para cubrir 144 créditos
Núcleo Integral optativo: cursar y acreditar 2 UA	8 2 8 14	

TOTAL DEL PLAN DE ESTUDIOS	
UA obligatorias	56 + 2 Actividades académicas
UA optativas	2
UA a acreditar	58 + 2 Actividades académicas
Créditos	480

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES



Departamento de Desarrollo Curricular

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



#### 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.**

Analizar circuitos electrónicos analógicos pasivos y activos, así como sistemas digitales a través de la aplicación de técnicas de análisis de sistemas lineales y señales, y cálculo de filtros empleando software especializado para diseñar sistemas electrónicos que permitan acondicionar y procesar señales electrónicas en diversos sistemas físicos.







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

### Unidad temática 1. Fundamentos y clasificación de los filtros electrónicos

**Objetivo:** Analizar los tipos de filtros, a través de metodologías de sistemas lineales y señales en frecuencia, a fin de elegir el filtro más adecuado que cumpla con necesidades específicas.

#### Temas:

- 1.1 Importancia de los filtros en los sistemas eléctricos y electrónicos.
- 1.2 Factores que alteran las señales en los sistemas eléctricos y electrónicos.
  - 1.2.1 Ruido y fuentes de ruido
- 1.3 Clasificación de los filtros de acuerdo con su comportamiento en frecuencia (ideal y real).
  - 1.3.1. Filtros pasa bajas
  - 1.3.2. Filtros pasa altas.
  - 1.3.3. Filtros pasa banda.
  - 1.3.4. Filtros rechaza de banda.
  - 1.3.5. Filtros pasa todo.
- 1.4. Clasificación de acuerdo con su construcción.
  - 1.4.1. Filtros pasivos.
  - 1.4.2. Filtros activos.
  - 1.4.3. Filtros de onda acústica.
  - 1.4.4. Filtros de microondas.
  - 1.4.5. Filtros cerámicos
  - 1.4.6. Filtros de cristal.
  - 1.4.7. Filtros digitales.



## Unidad temática 2. Aproximaciones y funciones de transferencia de filtros analógicos

**Objetivo:** Analizar las funciones de transferencia de filtros, a través del cómputo de sus características y del uso de diferentes aproximaciones, apoyándose de software especializado, con el fin lograr las especificaciones solicitadas.

### Temas:

- 2.1 Aproximaciones matemáticas y funciones de transferencia.
- 2.2 Plantilla de diseño.
- 2.3 Transformación del filtro real al filtro paso bajas prototipo
- 2.4 Aproximación Butterworth
- 2.5 Aproximación Chebyshev I
- 2.6 Aproximación Chebyshev II
- 2.7 Aproximación Bessel
- 2.8 Transformación del filtro prototipo pasa bajas al filtro real.  
Transformaciones en frecuencia
  - 2.8.1 Pasa bajas a pasa altas
  - 2.8.2 Pasa bajas a pasa banda
  - 2.8.3 Pasa bajas a rechaza banda

## Unidad temática 3. Comportamiento y diseño de filtros analógicos pasivos

**Objetivo:** Evaluar el comportamiento de los filtros electrónicos pasivos, mediante simulaciones y pruebas prácticas y utilizando software especializado en su diseño y simulación, para seleccionar el filtro pasivo más adecuado según los criterios de diseño.

### Temas:

- 3.1 Filtros de primer orden (RL y RC)
  - 3.1.1 Pasa altas
  - 3.1.2 Pasa bajas
- 3.2 Filtros de segundo orden (RLC en serie y paralelo)
  - 3.2.1 Pasa altas
  - 3.2.2 Pasa bajas
  - 3.2.3 Pasa banda
  - 3.2.4 Rechaza banda





### 3.3 Filtros *lossless* (LC)

- 3.3.1 Síntesis de redes por el método de Foster
- 3.3.2 Síntesis de redes por el método de Cauer
- 3.3.3 Filtros pasa todo LC (Lattice, Puente-T)

## **Unidad temática 4.** Análisis y diseño de filtros activos utilizando amplificadores operacionales.

**Objetivo:** Analizar los filtros electrónicos activos, haciendo uso de software especializado en simulación de amplificadores operacionales, a el fin de hacer una selección adecuado del filtro que cumpla con los criterios de diseño.

- 4.1 Amplificador operacional ideal y real
- 4.2 Parámetros estáticos y dinámicos del amplificador operacional
- 4.3 Simuladores de inductancias (Giradores)
- 4.4 Circuitos de filtrado con configuración Sallen-Key.
- 4.5 Circuitos de filtros con configuración con retroalimentación múltiple (MFB).
- 4.6 Diseño de filtros activos a partir de la función de transferencia.

## **Unidad temática 5.** Herramientas y técnicas para el filtrado digital de señales

**Objetivo:** Analizar el procesamiento de señales discretas, haciendo uso del teorema de muestreo y la transformada rápida de Fourier, con la finalidad de sustentar los criterios de desempeño de un filtro digital para una aplicación.

### **Temas:**

- 5.1 Conceptos básicos de conversión digital
  - 5.1.1 Teorema fundamental de muestreo
  - 5.1.2 Funciones de transferencia de ADC y DAC
- 5.2 Convolución de señales digitales
- 5.3 Transformada  $z$  como herramienta para representar señales digitales
  - 5.3.1 Ecuaciones de diferencias
- 5.4 Transformada de Fourier
  - 5.4.1 Algoritmo de Transformada Rápida de Fourier usando el diagrama de mariposa
  - 5.4.2 Filtrado de señales usando la FFT





## Unidad temática 6. Diseño e implementación práctica de filtros digitales

**Objetivo:** Diseñar filtros digitales embebidos, haciendo uso de ambientes de desarrollo de los fabricantes de DSP y microcontroladores en conjunto con Matlab, con la finalidad de atender necesidades específicas en el ambiente industrial y de electrónica de productos.

### Temas:

- 6.1 Filtros digitales, características y tipos.
- 6.2 Filtros de promediado móvil y promediado móvil exponencial (EMA)
- 6.3 Diseño de filtros con respuesta al impulso finita FIR
  - 6.3.1 Método de ventanas
  - 6.3.2 Cálculo de coeficientes usando MATLAB
- 6.4 Diseño de filtros con respuesta al impulso infinita IIR
  - 6.4.1 Transformación bilineal
  - 6.4.2 Cálculo de coeficientes usando MATLAB
- 6.5 Aplicación de filtrado usando convolución de señales
- 6.6 Implementación de filtros en sistemas digitales (microcontroladores)
  - 6.6.1 Tipos y arquitectura de un microcontrolador
  - 6.6.2 Programación de filtros en microcontroladores
- 6.7 Implementación de filtros en DSP
- 6.8 Arquitectura de DSP
- 6.9 Programación de filtros en DSP



## VII. Acervo bibliográfico.

### Básico:

- Coughlin, R.F., Driscoll, F.F., (2002). *Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados lineales*. Ediciones Paraninfo, S.A.
- Litovski, V., (2020). *Electronic Filters: Theory, Numerical Recipes, and Design Practice based on the RM Software* (1st edition). Ed. Springer.
- Psenicka, B., (1994). *Procesamiento digital de señales: Filtros Digitales*. UNAM.
- Siddiqi, M.A., (2020). *Continuous Time Active Analog Filters* (1st edition. ed.) Cambridge University Press.
- Siddiqi, M. A. (2020). *Continuous Time Active Analog Filters*.
- Kapadia, R. J. (2012). *Digital Filters: Theory, Application and Design of Modern Filters*.

### Complementario:

- Circuit analysis | Electrical engineering | Science [WWW Document], n.d. Khan Academy. URL <https://www.khanacademy.org/science/electrical-engineering/ee-circuit-analysis-topic> (accessed 11.19.22).
- Milivojevic, Z., (2019). *Digital filter design* [WWW Document]. MIKROE. URL <http://www.mikroe.com/ebooks/digital-filter-design/introduction> (accessed 11.19.22).
- Texas Instruments, (2021). *Digital signal processors (DSPs)* [WWW Document]. Texas Instruments. URL <https://www.ti.com/microcontrollers-mcus-processors/processors/digital-signal-processors/overview.html> (accessed 11.19.22).
- Wanhammar, L., Saramäki, T., (2021). *Digital Filters Using MATLAB* (1st edition). Ed. Springer.
- Wanhammar, L., (2014). *Analog Filters using MATLAB* (2009th edition). Ed. Springer.
- Niewiadomski, S., (2013). *Filter Handbook: A Practical Design Guide*. Newnes.

