

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**COORDINACIÓN GENERAL DE FORMACIÓN BÁSICA**  
**COORDINACIÓN GENERAL DE FORMACIÓN PROFESIONAL Y VINCULACIÓN UNIVERSITARIA**  
**PROGRAMA DE UNIDAD DE APRENDIZAJE**

**I. DATOS DE IDENTIFICACIÓN**

1. **Unidad Académica:** Facultad de Ingeniería, Mexicali; Facultad de Ingeniería y Negocios, Tecate; y Escuela de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Valle de las Palmas.
2. **Programa Educativo:** Ingeniero en Mecatrónica
3. **Plan de Estudios:**
4. **Nombre de la Unidad de Aprendizaje:** Electrónica Analógica Avanzada
5. **Clave:**
6. **HC:** 02 **HL:** 02 **HT:** 01 **HPC:** 00 **HCL:** 00 **HE:** 02 **CR:** 07
7. **Etapas de Formación a la que Pertenece:** Disciplinaria
8. **Carácter de la Unidad de Aprendizaje:** Obligatoria
9. **Requisitos para Cursar la Unidad de Aprendizaje:** Ninguno



**Equipo de diseño de PUA**

Iván Olaf Hernández Fuentes  
Rosa Citalli Anguiano Cota  
Bernabé Rodríguez Tapia  
Sandra Soto

**Fecha:** 01 de junio de 2018

**Firma**

**Vo.Bo. de Subdirectores de Unidades Académicas**

Alejandro Mungaray Moctezuma  
Angélica Reyes Mendoza  
María Cristina Castañón Bautista

**Firma**

**M. CRISTINA CASTAÑÓN B.**

## II. PROPÓSITO DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

El propósito de la unidad de aprendizaje Electrónica Analógica Avanzada es que el alumno aprende a diseñar circuitos electrónicos analógicos que puedan controlar la potencia eléctrica entregada a una cierta carga por medio del uso de dispositivos semiconductores tales como diodos, tiristores y transistores, así como diseñar dichos dispositivos para la conversión de corriente alterna a corriente directa y viceversa.

Al estudiante le ofrecerá las herramientas matemáticas y de uso de software para el diseño de circuitos electrónicos analógicos de potencia accionados por medio de semiconductores, lo cual es importante, ya que le permitirá implementar dichos circuitos en aplicaciones industriales en las que el ingeniero en Mecatrónica se puede ver envuelto.

Esta unidad de aprendizaje se ubica en la etapa disciplinaria con carácter obligatorio, la asignatura aporta al área de conocimiento de ingeniería aplicada ya que el alumno aplica las matemáticas y ciencias de la ingeniería a problemas prácticos del diseño electrónico.

## III. COMPETENCIA DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

Diseñar circuitos electrónicos analógicos con dispositivos semiconductores tales como diodos, tiristores y transistores, por medio de la teoría de circuitos electrónicos y el uso de software de simulación, para implementar circuitos capaces de controlar la potencia eléctrica entregada a una cierta carga y para la conversión de corriente alterna a corriente directa y viceversa, con una actitud responsable y organizada en el diseño.

## IV. EVIDENCIA(S) DE DESEMPEÑO

Proyecto Final: Implemente un prototipo de una fuente de poder conmutada tipo convertidor reductor elevador que sea capaz de entregar voltaje de corriente directa en un rango de 1V a 10V y corriente máxima de 0.5A, realice los cálculos por medio del lenguaje de programación Matlab o similar para agilizar los mismos y simule el comportamiento del circuito con valores comerciales de componentes por medio de software de diseño electrónico como Multisim o similar. Se debe armar el circuito de preferencia en un circuito impreso y lleve a cabo todas las pruebas con equipo de medición electrónico. Entregue un reporte que explique detalladamente todos los procedimientos, programa, simulación, mediciones realizadas y que describa la comparación entre las mediciones y el circuito simulado.

## V. DESARROLLO POR UNIDADES

### UNIDAD I. Comparadores y Filtros con Amplificadores Operacionales (OpAmps)

**Competencia:**

Diseñar circuitos electrónicos analógicos, por medio del uso de Amplificadores Operacionales y software de diseño electrónico, para realizar operaciones de comparación y filtrado de señales eléctricas, con creatividad y objetividad.

**Contenido:****Duración:** 8 horas

- 1.1. Comparador de cruce por cero Inversor y No inversor
- 1.2. Comparador de nivel Inversor y No inversor
- 1.3. OpAmps dedicados para comparación
- 1.4. Filtros pasa bajas y pasa altas de primer orden
- 1.5. Filtros pasa altas y pasa baja de segundo orden
- 1.6. Filtros pasa banda y rechazo de banda

### UNIDAD II. Cálculos básicos de potencia y rectificadores con diodos

**Competencia:**

Diseñar circuitos rectificadores con diodos, por medio del estudio de circuitos de corriente alterna, el cálculo de valor promedio, valor eficaz, potencia promedio y el uso de software de diseño electrónica, para obtener la conversión de corriente alterna a corriente directa para distintos casos de consumo de potencia, con creatividad y objetividad.

**Contenido:****Duración:** 8 horas

- 2.1. Cálculos de valor promedio, valor RMS y potencia promedio
- 2.3. Potencia promedio, aparente, reactiva y factor de potencia en circuitos de C. A.
- 2.4. Diseño de circuitos de C. D. y C. A. según consumo de potencia
- 2.5. Rectificador de media onda y onda completa
- 2.6. Rectificador de media y onda completa con circuito R-C
- 2.7. Rectificador de onda completa con R-C y regulador de voltaje (Fuente de C. D. fija)

## UNIDAD III. Tiristores SCR y TRIAC

### **Competencia:**

Diseñar circuitos rectificadores controlados, circuitos reguladores de corriente alterna y sus respectivos circuitos de accionamiento, por medio de la utilización de dispositivos tiristores y software de diseño electrónico, para controlar la potencia promedio entregada a la carga de dichos circuitos, con creatividad, responsabilidad y objetividad.

### **Contenido:**

**Duración:** 8 horas

- 3.1. Teoría y operación del SCR
- 3.2. Rectificador de media onda controlado con SCR
- 3.3. Rectificador de onda completa controlado con SCR
- 3.4. Teoría y operación del TRIAC
- 3.5. Regulador de voltaje alterno con TRIAC
- 3.6. Circuitos de disparo para SCR y TRIAC
  - 3.6.1. Detector de cruce por cero con optoacoplador y Monoestable con Timer 555
  - 3.6.2. Comparador de cruce por cero con OpAmp y Monoestable con Timer 555
  - 3.6.3. Oscilador de relajación con UJT y PUT

## UNIDAD IV. Fuentes conmutadas (Convertidores C.D. a C.D.) e Inversores (Convertidores C.D. a C.A.)

### Competencia:

Diseñar fuentes de poder conmutadas y circuitos inversores, por medio del estudio de los circuitos de conmutación con transistores, la modulación de ancho de pulso y el uso de software de diseño electrónico, para controlar la potencia entregada en dispositivos que demandan corriente directa variable y corriente alterna, con creatividad, responsabilidad y objetividad .

### Contenido:

**Duración:** 8 horas

- 4.1. Transistores como circuitos de conmutación
  - 4.1.1. Transistor BJT como interruptor
  - 4.1.2. Transistor MOSFET como interruptor
- 4.2. Fuente conmutada por modulación de ancho de pulso (PWM)
  - 4.2.1. Fuente conmutada Reductora
  - 4.2.2. Fuente conmutada Elevadora
  - 4.2.3. Fuente conmutada Reductora Elevadora
- 4.3. Inversores (C.D. a C.A.)
  - 4.3.1. Inversor por PWM
  - 4.3.2. Inversor por PWM senoidal

## VI. ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS DE TALLER

No. de Práctica	Competencia	Descripción	Material de Apoyo	Duración
1	Diseñar comparadores de cruce por cero y de nivel, por medio de OpAmps y software de diseño electrónico, para simular su funcionamiento, con creatividad y responsabilidad.	Realice los cálculos para diseñar un comparador de cruce por cero no inversor y un comparador de nivel no inversor que cumplan los voltajes de umbral especificados y haga la simulación de dichos circuitos por medio de software de diseño electrónico para comprobar los valores calculados. Entrega un reporte que contenga introducción, desarrollo con todos los procedimientos descritos y conclusión.	Apuntes de clase y computadora con software Multisim, KiCad o similar.	2 horas
2	Diseñar filtros pasa bajas y pasa altas, por medio de OpAmps y software de diseño electrónico, para simular su funcionamiento, con creatividad y responsabilidad.	Realice los cálculos para diseñar un filtro pasa bajas y un filtro pasa altas para que cumplan las frecuencias de corte especificadas y haga la simulación de la respuesta en frecuencia por medio de software de diseño electrónico para comprobar los valores calculados. Diseño de filtros con OpAmps Entrega un reporte que contenga introducción, desarrollo con todos los procedimientos descritos y conclusión.	Apuntes de clase y computadora con software Multisim, KiCad o similar.	2 horas
3	Diseñar una fuente de corriente directa fija, por medio de regulador de onda completa con filtro R-C y regulador con Zener y software de diseño electrónico, para simular su funcionamiento, con creatividad y responsabilidad.	Realice los cálculos para diseñar una fuente de corriente directa de voltaje fijo que conste de un rectificador de onda completa, un filtro RC y un regulador de voltaje por diodo Zener para que cumpla con un valor de corriente	Apuntes de clase y computadora con software Multisim, KiCad o similar.	3 horas

		<p>entregada específico y haga la simulación por medio de software de diseño electrónico para verificar los valores calculados y simular la entrega de corriente bajo varios valores de carga.</p> <p>Entrega un reporte que contenga introducción, desarrollo con todos los procedimientos descritos y conclusión.</p>		
4	<p>Diseñar un rectificador de onda completa controlado, por medio de SCR, su circuito de accionamiento y software de diseño electrónico, para simular su funcionamiento, con objetividad y responsabilidad.</p>	<p>Realice los cálculos para diseñar un rectificador de onda completa controlado con tiristor SCR para que entregue un rango de potencia promedio especificado y realice el diseño de su circuito de disparo que conste de un detector de cruce por cero con optoacoplador y circuito monoestable con temporizador 555 para que se pueda accionar dentro de todo el periodo y haga la simulación del circuito por medio de software de diseño electrónico para comprobar los valores de voltaje promedio y efectivo según el tiempo de disparo utilizado.</p> <p>Entrega un reporte que contenga introducción, desarrollo con todos los procedimientos descritos y conclusión.</p>	<p>Apuntes de clase y computadora con software Multisim, KiCad o similar.</p>	3 horas
5	<p>Diseñar un regulador de C.A., por medio de TRIAC, su circuito de accionamiento y software de diseño electrónico, para simular su funcionamiento, con objetividad y responsabilidad.</p>	<p>Realice los cálculos para diseñar un regulador de C.A. con TRIAC para que sea capaz de entregar un rango de potencia promedio especificado y realice el diseño de su circuito de disparo que conste de un detector de cruce por cero</p>	<p>Apuntes de clase y computadora con software Multisim, KiCad o similar.</p>	3 horas

		<p>con optoacoplador y circuito monoestable con temporizador 555 para que se pueda accionar dentro de todo el periodo y haga la simulación del circuito por medio de software de diseño electrónico para comprobar los valores de voltaje efectivo según el tiempo de disparo utilizado.</p> <p>Entrega un reporte que contenga introducción, desarrollo con todos los procedimientos descritos y conclusión.</p>		
6	<p>Diseñar una fuente de poder conmutada tipo convertidor reductor, por medio de modulación PWM con transistores y software de diseño electrónico, para simular su funcionamiento, con creatividad y responsabilidad.</p>	<p>Realice los cálculos para diseñar una fuente de poder conmutada tipo convertidor reductor para que entregue un rango de voltaje de corriente directa y una corriente máxima especificada y realizar el diseño para el circuito de conmutación utilizando un par de transistores BJT NPN Y PNP como un interruptor para la modulación de ancho de pulso necesaria para el convertidor y haga la simulación del circuito completo para comprobar los distintos voltajes de salida acorde la modulación determinada.</p> <p>Entrega un reporte que contenga introducción, desarrollo con todos los procedimientos descritos y conclusión.</p>	<p>Apuntes de clase y computadora con software Multisim, KiCad o similar.</p>	3 horas



## VI. ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

No. de Práctica	Competencia	Descripción	Material de Apoyo	Duración
1	Diseñar un comparador de cruce por cero y un comparador de nivel No Inversor, por medio de OpAmps y software de diseño electrónico, para implementarlos y comprobar su funcionamiento con equipo de medición, con objetividad y responsabilidad.	<p>Realice los cálculos para diseñar un comparador de cruce por cero no inversor y un comparador de nivel no inversor que cumplan los voltajes de umbral especificados y haga la simulación de dichos circuitos por medio de software de diseño electrónico para comprobar los valores calculados. Arme ambos circuitos comparadores en tablero de prototipado y pruébelos con varias formas de onda de entrada para comprobar los voltajes de salida acordes a los umbrales especificados y comparar estas mediciones con la simulación</p> <p>Entrega un reporte que contenga introducción, desarrollo con todos los procedimientos descritos y conclusión.</p>	Computadora con software Multisim, KiCad o similar, OpAmp 741 o similar, tablero de prototipado y equipo de Medición electrónico.	4 horas
2	Diseñar un filtro pasa bajas y un filtro pasa altas ambos de primer orden, por medio de OpAmps y software de diseño electrónico, para implementarlos y comprobar su funcionamiento con equipo de medición, con creatividad y responsabilidad.	<p>Realice los cálculos para diseñar un filtro pasa bajas y un filtro pasa altas para que cumplan las frecuencias de corte especificadas y haga la simulación de la respuesta en frecuencia por medio de software de diseño electrónico para comprobar los valores calculados. Diseño de filtros con OpAmps. Arme ambos filtros en tablero de prototipo aplicando una un voltaje de entrada senoidal ajustando se frecuencia en varios</p>	Computadora con software Multisim, KiCad o similar, OpAmp 741 o similar, tablero de prototipado y equipo de Medición electrónico.	4 horas

		<p>valores dentro de un rango para poder medir el voltaje de salida en función de la frecuencia y hacer la tabla de mediciones para comparar estas con los valores simulados y validar el experimento.</p> <p>Entrega un reporte que contenga introducción, desarrollo con todos los procedimientos descritos y conclusión.</p>		
3	<p>Diseñar fuente de corriente directa fija, por medio de un rectificador de onda completa con puente de diodos, filtro R-C, diodo zener y software de diseño electrónico, para implementarla y comprobarla al alimentar un dispositivo, con creatividad y responsabilidad.</p>	<p>Realice los cálculos para diseñar una fuente de corriente directa de voltaje fijo que conste de un rectificador de onda completa, un filtro RC y un regulador de voltaje por diodo Zener para que cumpla con un valor de corriente entregada específico y haga la simulación por medio de software de diseño electrónico para verificar los valores calculados y simular la entrega de corriente bajo varios valores de carga. Arme el circuito en tablero de prototipado para alimentar a un dispositivo real que pida voltaje fijo de corriente directa y que demande distintos valores de corriente y realizar varias mediciones bajo distintas condiciones de entrega de corriente para compararlas con los valores simulados.</p> <p>Entrega un reporte que contenga introducción, desarrollo con todos los procedimientos descritos y conclusión.</p>	<p>Computadora con software Multisim, KiCad o similar, OpAmp 741 o similar, tablero de prototipado y equipo de Medición electrónico.</p>	6 horas

4	<p>Diseñar un rectificador de onda completa controlado, por medio del uso de un SCR, su respectivo circuito de accionamiento y software de diseño electrónico, para implementarlo y comprobarlo al controlar la potencia entregada a dispositivo que acepta voltaje positivo, con creatividad y responsabilidad.</p>	<p>Realice los cálculos para diseñar un rectificador de onda completa controlado con tiristor SCR para que entregue un rango de potencia promedio especificado y realice el diseño de su circuito de disparo que conste de un detector de cruce por cero con optoacoplador y circuito monoestable con temporizador 555 para que se pueda accionar dentro de todo el periodo y haga la simulación del circuito por medio de software de diseño electrónico para comprobar los valores de voltaje promedio y efectivo según el tiempo de disparo utilizado. Arme el circuito completo en tablero de prototipado para probar la entrega de potencia a un dispositivo que requiere voltaje positivo para distintos tiempos de disparo y compararlo con los valores simulados para validarlo. Entregue un reporte que contenga introducción, desarrollo con todos los procedimientos descritos y conclusión.</p>	<p>Computadora con software Multisim, KiCad o similar, OpAmp 741 o similar, tablero de prototipado y equipo de Medición electrónico.</p>	6 horas
5	<p>Diseñar un regulador de C.A., por medio del uso de un TRIAC, su respectivo circuito de disparo y software de diseño electrónico, para implementarlo y comprobarlo al controlar la potencia entregada a un dispositivo que acepta C. A., con creatividad y responsabilidad.</p>	<p>Realice los cálculos para diseñar un regulador de C.A. con TRIAC para que sea capaz de entregar un rango de potencia promedio especificado y realice el diseño de su circuito de disparo que conste de un detector de cruce por cero con optoacoplador y circuito monoestable con temporizador 555 para que se pueda accionar</p>	<p>Computadora con software Multisim, KiCad o similar, OpAmp 741 o similar, tablero de prototipado y equipo de Medición electrónico.</p>	6 horas

		<p>dentro de todo el periodo y haga la simulación del circuito por medio de software de diseño electrónico para comprobar los valores de voltaje efectivo según el tiempo de disparo utilizado. Arme el circuito completo en tablero de prototipado para comprobar que entrega un rango de potencia promedio a un dispositivo que maneja corriente alterna y validar estas mediciones al compararlas con los valores simulados.</p> <p>Entrega un reporte que contenga introducción, desarrollo con todos los procedimientos descritos y conclusión.</p>		
6	<p>Diseñar una fuente conmutada tipo convertidor reductor, por medio de modulación de ancho de pulso con transistores, para implementarla y comprobarla al alimentar un dispositivo con corriente directa variable, con creatividad y responsabilidad.</p>	<p>Realice los cálculos para diseñar una fuente de poder conmutada tipo convertidor reductor para que entregue un rango de voltaje de corriente directa y una corriente máxima especificada y realizar el diseño para el circuito de conmutación utilizando un par de transistores BJT NPN Y PNP como un interruptor para la modulación de ancho de pulso necesaria para el convertidor y haga la simulación del circuito completo para comprobar los distintos voltajes de salida acorde la modulación determinada. Arme el circuito completo en tablero de prototipado para probar que alimente a un dispositivo real que consuma voltaje de corriente directa y probarlo bajo distintos</p>	<p>Computadora con software Multisim, Picad o similar, OpAmp 741 o similar, tablero de prototipo y equipo de Medición electrónico.</p>	6 horas

		consumos de corriente y realizar las mediciones de voltajes, corrientes acorde a los distintos valores de modulación de ancho ajustados para validar los valores al compararlo con las simulaciones realizadas. Entrega un reporte que contenga introducción, desarrollo con todos los procedimientos descritos y conclusión.		
--	--	---	--	--

## VII. MÉTODO DE TRABAJO

**Encuadre:** El primer día de clase el docente debe establecer la forma de trabajo, criterios de evaluación, calidad de los trabajos académicos, derechos y obligaciones docente-alumno, además de la bibliografía básica y complementaria.

### **Estrategia de enseñanza (docente)**

El docente expondrá de forma ordenada y clara cada tema en clase, establecerá las prácticas de taller y laboratorio guiando a los estudiantes en la medida de lo posible y respondiendo cualquier duda de los mismos

### **Estrategia de aprendizaje (alumno)**

El alumno desarrollará las competencias del curso mediante la elaboración de solución de problemas de taller, prácticas de laboratorio, reporte de prácticas de laboratorio, investigación, trabajo en equipo.

## VIII. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

La evaluación será llevada a cabo de forma permanente durante el desarrollo de la unidad de aprendizaje de la siguiente manera:

### Criterios de acreditación

- 80% de asistencia para tener derecho a examen ordinario y 60% de asistencia para tener derecho a examen extraordinario de acuerdo al Estatuto Escolar artículos 70 y 71.
- Calificación en escala del 0 al 100, con un mínimo aprobatorio de 60.

### Criterios de evaluación

- |                                 |             |
|---------------------------------|-------------|
| - 3 evaluaciones escritas ..... | 35%         |
| - Reportes de taller.....       | 20%         |
| - Reporte de Laboratorio.....   | 20%         |
| - Evidencia de desempeño.....   | 25%         |
| (Proyecto final: prototipo)     |             |
| <b>Total.....</b>               | <b>100%</b> |

## IX. REFERENCIAS

### Básicas

Coughlin, R. & Driscoll, F. (2001). *Operational amplifiers and linear integrated circuits* (6ª ed.). Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall. pp. 529. [clásica]

Franco, S. (2005). *Diseño con amplificadores operacionales y circuitos integrados analógicos* (3ª ed.). México: McGraw-Hill Interamericana. pp. 680. [clásica]

Hart, D. (2011). *Power Electronics*. EU.: McGraw-Hill. pp. 477. [clásica]

Pérez, J. y Beristáin J. (2016). *Electrónica de potencia: modelado y control de convertidores cd-cd*. México: Person, pp. 145.

Rashid, M. (2015). *Electrónica de potencia* (4ª ed.). México: Pearson. pp. 601. Recuperado de: <https://libcon.rec.uabc.mx:4460/Pages/BookDetail.aspx?b=1848>

Reddy, S. (2014). *Fundamentals of power electronics* (2ª ed.). Oxford: Alpha Science International. pp. 218.

### Complementarias

Boylestad, R. (2017). *Introducción al análisis de circuitos* (10ª ed.). México: Pearson Educación. pp. 1228.

Boylestad, R. y Nashelsky, L. (2009). *Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos* (10ª ed.). México: Prentice Hall. pp. 894. [clásica]

## X. PERFIL DEL DOCENTE

El docente que imparta este asignatura debe contar con título en Ingeniería en alguna de las siguientes áreas: Mecatrónica, Electrónica, Eléctrica preferentemente con Posgrado (Maestría y/o Doctorado). Debe contar con experiencia docente y/o profesional mínima de un año, además de tener un dominio de TIC. Debe ser una persona, puntual honesta y responsable, con facilidad de expresión, motivador en la participación de los estudiantes, tolerante y respetuoso de las opiniones