

Programa del curso EL 2207

Elementos Activos

Escuela de Ingeniería Electrónica
Licenciatura en Ingeniería Electrónica

[Última revisión del programa: 30 de junio de 2022]

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1 Datos generales

Nombre del curso:	Elementos Activos
Código:	EL 2207
Tipo de curso:	Teórico
Electivo:	No
N.º Créditos:	4
N.º horas clase/semana:	4 h
N.º horas extraclase/semana:	8 h
% de las áreas curriculares:	100 % Ciencias de la Ingeniería
Ubicación en plan de estudios:	IV Semestre
Requisitos:	EL 2113 Circuitos Eléctricos en Corriente Continua
Correquisitos:	EL 2114 Circuitos Eléctricos en Corriente Alterna
El curso es requisito de:	EL 3212 Circuitos Discretos
Asistencia:	No (Virtual)
Suficiencia:	Si
Posibilidad de reconocimiento:	No
Vigencia del programa:	II Semestre 2020

2. Descripción General

Este curso cubre la teoría básica de los semiconductores y los dispositivos activos semiconductores más importantes, a saber, la unión PN, diodos, los transistores MOSFET y bipolares y sus aplicaciones analógicas y digitales. El estudiante logrará un conocimiento de la teoría básica de dispositivos con semiconductores, sus curvas características, modelos matemáticos, análisis y diseño de circuitos en que son empleados, como base para los cursos de Circuitos Discretos y Diseño Lógico.

El curso busca desarrollar los siguientes atributos de egreso, de acuerdo con la definición de la Agencia Canadiense de Acreditación de Ingenierías (CEAB).

Atributo	Nivel
Conocimiento Base de Ingeniería	Inicial
Uso de herramientas de ingeniería	Inicial
Análisis de problemas	Inicial

3. Objetivos

Objetivo general

Al final del curso el estudiante estará en capacidad de aplicar los conceptos, principios y técnicas matemáticas de análisis de circuitos electrónicos con dispositivos semiconductores.

Objetivos específicos

- Explicar a nivel electrónico utilizando fundamentos de la física del semiconductor el funcionamiento los siguientes dispositivos semiconductores diodos, transistores MOSFET y bipolar, e interpretar correctamente el funcionamiento de un dispositivo (diodo, transistor, etc) a partir de sus curvas características.
- Aplicar técnicas de análisis y diseño en circuitos constituidos por diodos y transistores, mediante el planteamiento de problemas teóricos y prácticos, en torno al tema de semiconductores.

Cada objetivo específico planteado para este curso desarrolla las habilidades de los estudiantes en función de los atributos definidos por el CEAB de la siguiente manera:

Objetivo	Atributos	Nivel*
1. Explicar a nivel electrónico utilizando fundamentos de la física del semiconductor el funcionamiento los siguientes dispositivos semiconductores diodos, transistores MOSFET y bipolar, e interpretar correctamente el funcionamiento de un dispositivo (diodo, transistor, etc) a partir de sus curvas características.	<ul style="list-style-type: none"> • CB • HI • AP 	<ul style="list-style-type: none"> • I • I • I
2. Aplicar técnicas de análisis y diseño en circuitos constituidos por diodos y transistores, mediante el planteamiento de problemas teóricos y prácticos, en torno al tema de semiconductores.	<ul style="list-style-type: none"> • CB • HI • AP 	<ul style="list-style-type: none"> • I • I • I

* Nivel de desarrollo de cada atributo: Inicial, InterMedio o Avanzado.

4. Contenido y Cronograma

Las 16 semanas que abarcan el curso se distribuyen en los siguientes temas:

1. Semiconductores 2,0 Semanas
 - 1.1. Clasificación de los materiales de acuerdo con la conducción eléctrica: semiconductores, aislantes y conductores
 - 1.2. Semiconductores intrínsecos y extrínsecos, dopado, el concepto de hueco, corriente de huecos, generación y recombinación
 - 1.3. Conceptos básicos: niveles de energía, cristal, bandas de conducción, valencia, nivel de Fermi, ecuación estadística de Fermi-Dirac
 - 1.4. Transporte de portadores de carga: movilidad, conductividad, corriente de difusión, corriente de arrastre, relación de Einstein
 - 1.5. Modelo de bandas de energía: nivel de Fermi, afinidad electrónica, función de trabajo, nivel de vacío, concentración de portadores de carga en función de la energía, deformación de bandas
2. Contactos metal-semiconductor y semiconductor-semiconductor 1 Semanas
 - 2.1. Contactos metal-semiconductor: Schottky y Óhmico
 - 2.2. La unión PN y electrostática de la juntura
3. El diodo 2,5 Semanas
 - 3.1. Funcionamiento: AC, CD y lineal incremental
 - 3.2. Modelos del diodo: ideal, tensión constante y real
 - 3.3. Punto de operación, resistencia estática y dinámica
 - 3.4. Circuitos de aplicación
4. El transistor de efecto de campo MOSFET y la tecnología CMOS 7,5 Semanas
 - 4.1. Capacitor MOS
 - 4.2. Construcción, símbolo, clasificación del MOSFET
 - 4.3. Funcionamiento, efecto de cuerpo, modulación de canal.
 - 4.4. Curvas características y polarización
 - 4.5. Modelo del MOSFET para aplicaciones analógicas
 - 4.6. Aplicaciones analógicas del MOSFET

- 4.7. Modelo del MOSFET para aplicaciones digitales
- 4.8. Aplicaciones digitales del MOSFET
- 5. El transistor bipolar BJT 3,0 Semanas
 - 5.1. Construcción, símbolo y funcionamiento
 - 5.2. Curvas características y polarización
 - 5.3. Modelos del BJT (gran señal, Ebers-Moll y pequeña señal)
 - 5.4. Aplicaciones del BJT

II parte: Aspectos operativos

5. Metodología Clases magistrales complementadas con resolución de problemas, estudio de casos y tutorías extra-clase. No obstante, la metodología en clase podría ser variada a discreción del docente e implementar otras metodologías de manera complementaria como enseñanza justo a tiempo e instrucción de pares. Para complementar los temas tratados en clase se realizarán tareas de investigación y proyectos cortos y exámenes relacionados a la temática del curso.

El profesor programará una consulta extra-clase (normalmente será de dos horas) de forma virtual, según el horario asignado, para atender dudas.

6. Evaluación La evaluación consistirá en tres exámenes individuales escritos y un porcentaje de tareas, desglosados como sigue:

Tareas o quices	10 %	Unidad 1-5
Primer parcial	30 %	Unidad 1, 2, 3
Segundo parcial	30 %	Unidad 4
Tercer parcial	30 %	Unidad 5

Al finalizar el semestre, los estudiantes con una calificación total inferior a 67,5 % pero superior o igual a 57,5 %, tienen derecho a realizar un examen de reposición, que comprenderá la materia del curso completo.

Por otro lado, la reprogramación de un examen se hará exclusivamente bajo la presentación de un dictamen médico completo.

Las instrucciones para las evaluaciones incluyen, aunque no se limitan, a lo siguiente:

- Se permite el uso de calculadora científica no programable.
- El examen debe resolverse de forma ordenada y clara. La ilegibilidad o desorden del desarrollo que imposibilite su comprensión conducirá a una calificación de cero en la respuesta correspondiente, sin derecho a aclaraciones posteriores al examen.
- Debe presentarse en las preguntas y problemas de desarrollo, el procedimiento o argumentación que conduzcan a la solución.
- Los resultados deben simplificarse al máximo, y en caso necesario contar con unidades, respetando la notación de ingeniería.

7. Bibliografía Obligatoria:

- [1] Paola Vega. *Script del Curso: Elementos Activos*. Escuela de Ingeniería Electrónica, 1a edición, 2008.
- [2] Julián Pedro. *Dispositivos Semiconductores Principios y Modelos*. Alfaomega, 1a edición, 2013.
- [3] Robert F. Pierret. *Semiconductor Device Fundamentals*. Addison Wesley, 2nd edición, 2002.
- [4] Behzad Razavi. *Fundamentals of Microelectronics*. Wiley, 2nd edición, 2013.
- [5] Harry W. Li R. Jacob Baker y David E. Boyce. *CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation*. Prentice-Hall India, 3ra edición, 2010.

Complementaria:

- [6] Adel S. Sedra y Kenneth C. Smith. *Circuitos Microelectrónicos*. Oxford University Press, 7th edición, 2014.
- [7] Y. Tsividis y McAndrew C. *Operation and Modeling of the MOS Transistor*. Oxford University Press, 3rd edición, 2011.
- [8] Neil H. E. Weste y David Money Harris. *CMOS VLSI design. A circuits and systems perspective*. Pearson, 4th edición, 2011.
- [9] J. M. Martínez J. M. Albella. *Fundamentos de microelectrónica, nano-electrónica y fotónica*. Prentice Hall, 1st edición, 2005.
- [10] R. F. Pierret. *Fundamentos de semiconductores, Temas Selectos de Ingeniería*. Addison-Wesley Iberoamericana, 2nd edición, 1988.
- [11] G. W. Neudeck. *El diodo PN de unión, Temas Selectos de Ingeniería*. Addison-Wesley Iberoamericana, 2nd edición, 1988.
- [12] G. W. Neudeck. *El transistor bipolar de unión, Temas Selectos de Ingeniería*. Addison-Wesley Iberoamericana, 2nd edición, 1988.
- [13] R. F. Pierret. *Dispositivos de efecto de campo, Temas Selectos de Ingeniería*. Addison-Wesley Iberoamericana, 2nd edición, 1988.

8. Profesores

Campus Tecnológico Central Cartago

Grupo 1 Dr. -Ing. Juan José Montero Rodríguez

Licenciatura en Ingeniería Electrónica, Tecnológico de Costa Rica. Maestría en Electrónica con énfasis en Sistemas Micro-electromecánicos, Tecnológico de Costa Rica. Doctorado en Ingeniería, Universidad Técnica de Hamburgo, Alemania. Experiencia profesional en: docencia e investigación.

Correo-e jjmontero@itcr.ac.cr

Consulta L 7:30-9:20am

Oficina K1-422

Teléfono 2550-2749

Grupo 2 Dr. -Ing. Alfonso Chacón Rodríguez

Licenciatura en Ingeniería Electrónica, Tecnológico de Costa Rica. Maestría en Literatura, Universidad de Costa Rica. Doctorado en Ingeniería, Orientación Electrónica, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina.

Experiencia profesional en: industria, docencia e investigación.

Correo-e alchacon@tec.ac.cr

Consulta J 1:00-2:50pm

Oficina K1-316

Teléfono 2550-9232

Grupo 3 M. Sc.-Ing. Aníbal Ignacio Ruiz Barquero

Técnico Superior en Electrónica, Tecnológico de Costa Rica. Licenciatura en Ingeniería Electrónica, Tecnológico de Costa Rica. Maestría en Computación con énfasis en Ciencias de la Computación, Tecnológico de Costa Rica.

Experiencia profesional en: docencia e industria.

Correo-e aniruiz@tec.ac.cr

Consulta K 15:00-16:50

M 13:00-14:50

Oficina K1-416

Teléfono 2550-2174

Campus Tecnológico de Alajuela

Grupo 20 Lic. Luis Carlos Rosales Alpizar

Licenciatura en Ingeniería Electrónica, Tecnológico de Costa Rica.

Experiencia profesional en: docencia e industria.

Correo-e lrosales@tec.ac.cr

Consulta K 7:00-8:50

Teléfono 6041-6432