

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

ISEMESTRE 2011

Curso: EL-2207 Elementos Activos

Tipo de curso: Teórico

Créditos: 4

Horas por semana: 4

Requisitos: EL-2113 (Circuitos Eléctricos en Corriente Continua), EL-2107 (Laboratorio de Circuitos Eléctricos en C.C.)

Correquisitos: EL-2114 (Circuitos Eléctricos en Corriente Alterna)

Suficiencia: Sí

Asistencia: Obligatoria

Profesor: Dr. Ing. Paola Vega Castillo

Programa del curso

1. Descripción

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. Adicionalmente se da una introducción al proceso de fabricación de circuitos integrados CMOS y el flujo de back-end.

2. Objetivos generales

En este curso 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, así como nociones básicas del proceso de fabricación de circuitos integrados CMOS y del flujo de back-end.

3. Objetivos específicos

- 3.1. Explicar a nivel electrónico y utilizando fundamentos de la física del semiconductor el funcionamiento los siguientes dispositivos semiconductores diodos, transistores MOSFET y bipolar.
- 3.2. Interpretar correctamente el funcionamiento de un dispositivo (diodo, transistor, etc) a partir de sus curvas características y hojas de datos.
- 3.3. Aplicar técnicas de análisis y diseño en circuitos constituidos por diodos y transistores.
- 3.4. Conocer los principios de fabricación de circuitos integrados CMOS
- 3.5. Aplicar técnicas básicas de layout y principios básicos del flujo back-end

4. Contenido y cronograma

4.1 Semiconductores: (2 semanas)

- 4.1.1 Conceptos básicos: niveles de energía, cristal, bandas de conducción, valencia, nivel de Fermi, ecuación estadística de Fermi-Dirac
- 4.1.2 Clasificación de los materiales de acuerdo con la conducción eléctrica: semiconductores, aislantes y conductores
- 4.1.3 Semiconductores intrínsecos y extrínsecos, dopado, el concepto de hueco, corriente de huecos, generación y recombinación
- 4.1.4 Transporte de portadores de carga: movilidad, conductividad, corriente de difusión, corriente de arrastre, relación de Einstein
- 4.1.5 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

4.2 Contactos metal-semiconductor y semiconductor-semiconductor (1.5 semanas)

- 4.2.1 Contacto metal-semiconductor (contacto Schottky y contacto óhmico)
- 4.2.2 La unión PN
- 4.2.3 Unión con polarización directa.

- 4.2.4 Unión con polarización inversa, corriente inversa.
- 4.2.5 Zona de agotamiento y voltaje de difusión.

4.3 El diodo: (1.5 semanas)

- 4.3.1 Modelo del diodo real.
- 4.3.2 Línea de carga y punto de operación, resistencia estática y dinámica.
- 4.3.3 Circuitos de aplicación
- 4.3.4 Diodo Zener

4.4 El transistor de efecto de campo MOSFET y la tecnología CMOS (6 semanas)

- 4.4.1 Construcción, símbolo, clasificación.
- 4.4.2 Funcionamiento.
- 4.4.3 Curvas características y polarización.
- 4.4.4 Modelo del MOSFET para aplicaciones analógicas (capacitancias internas)
- 4.4.5 Modelo del MOSFET para aplicaciones digitales.
- 4.4.6 Aplicaciones: El MOSFET como interruptor: interruptor serie, paralelo, inversor lógico y compuertas lógicas básicas
- 4.4.7 Escalamiento de MOSFETs

4.5 Principios de fabricación de circuitos integrados (2.5 semanas)

- 4.5.1 El proceso de fabricación CMOS: materiales, técnicas y flujo de fabricación
- 4.5.2 Integración de elementos pasivos, capacitores conmutados para integración de resistencias.
- 4.5.3 Principios de layout e introducción al flujo de back-end

4.6 El transistor bipolar BJT: (2.5 semanas)

- 4.6.1 Construcción, símbolo y funcionamiento.
- 4.6.2 Curvas características y polarización
- 4.6.3 El modelo de Ebers-Moll
- 4.6.4 Obtención de Parámetros tales como: resistencia de entrada, resistencia de salida, ganancia de corriente y transconductancia del transistor a partir de sus curvas características.
- 4.6.5 El BJT como interruptor
- 4.6.6 Integración de BJTs en procesos de fabricación CMOS, prevención de efecto de enganche

5. Metodología

Clases magistrales

6. Evaluación

Tres exámenes escritos individuales: 30%, 40%, 30%

7. Horario del curso y consulta

Horario del curso: Martes y Jueves, 9:30–11:30am, F5–09, horario de consulta: Previa cita, Oficina 22

Información de contacto: pvega@itcr.ac.cr, pvega@ietec.org, teléfono 25509248/25509252

8. Bibliografía

- Albella et al. Fundamentos de microelectrónica, nanoelectrónica y fotónica. Prentice Hall
- Rubio et al. Diseño de circuitos y sistemas integrados. Alfaomega.
- Sedra, K. Smith. Circuitos Microelectrónicas. Segunda Edición. Mc. Graw-Hill
- R. Pierret. Fundamentos de Semiconductores. Colección Temas Selectos de Ingeniería. Adisson-Wesley Iberoamericana
- G. Neudeck. El diodo PN de unión. Colección Temas Selectos de Ingeniería. Adisson-Wesley Iberoamericana
- R. Pierret. Dispositivos de efecto de campo. Colección Temas Selectos de Ingeniería. Adisson-Wesley Iberoamericana
- G. Neudeck. El transistor bipolar de unión. Colección Temas Selectos de Ingeniería. Adisson-Wesley Iberoamericana