



Doctorado en Ingeniería

Facultades de Cs. Agropecuarias; Cs. de la Alimentación e Ingeniería

Carrera: **Doctorado en Ingeniería**

Mención: **Bioingeniería**

Curso de Posgrado: **TÓPICOS AVANZADOS DE ELECTRÓNICA E INFORMÁTICA APLICADAS A LA INGENIERÍA: “Microelectrónica: tecnología y aplicaciones biomédicas”**

Carga Horaria: **90hs**

Docente/s a cargo: **Dr. Martín Zalazar, Dr. Mariano Andrés García Inza** Semestre: **Primero 2015**

Características del curso

1. **Carga horaria:** la cantidad de horas reloj: **90hs**
2. **Curso teórico-práctico:** curso que articula la modalidad del curso teórico con una actividad de la práctica con relación a la temática de estudio. Lo teórico y lo práctico se dan simultáneamente en forma interrelacionada:
3. **Carácter:** si son del ciclo común o del ciclo electivo: **Curso del ciclo electivo**

Programa Analítico de foja: **a foja:**

Bibliografía de foja: **a foja:**

Aprobado Resoluciones de Consejos Directivos:

Fecha:

Modificado/Anulado/ Res. Cs. Ds.:

Fecha:

Carece de validez sin la certificación del Director/a del Doctorado:



Facultades de Ingeniería, Ciencias Agropecuarias y
Ciencias de la Alimentación
Oro Verde-Concordia, E. R.
República Argentina

PROGRAMA ANALÍTICO

Introducción

A partir de los años setenta, la tecnología de circuitos integrados CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor), basada en la utilización de transistores MOS superó a la tecnología basada en transistores bipolares integrados. Desde ese momento, la tecnología CMOS se convirtió en el pilar del diseño de circuitos integrados tanto analógicos como digitales.

La microelectrónica se puede definir como el conjunto de ciencias y técnicas con las que se realizan y fabrican circuitos electrónicos sobre una pastilla de un semiconductor, lo cual formará un circuito integrado (CI). La aparición del sector de la microelectrónica ha ejercido un efecto profundo en la evolución y estructura de la economía mundial. En el ritmo del cambio en los países industrializados del mundo han influido enormemente los avances en este sector, sobre todo por la evolución del circuito integrado.

El objetivo central de este curso es introducir a los estudiantes en el diseño en microelectrónica haciendo hincapié en las aplicaciones biomédicas. El curso está orientado a los circuitos integrados digitales en tecnología CMOS y cubre todos los aspectos teóricos y prácticos necesarios para un primer abordaje de diseño, en el cual los estudiantes sean capaces de diseñar y enviar a fabricar un circuito integrado de prueba sencillo.

Durante el cursado se realiza un proyecto en el cual el alumno debe diseñar, simular, enviar a producir y medir un CI. El circuito se enviará a fabricar a una foundry con una tecnología de $0,5\mu\text{m}$ a través del consorcio MOSIS.

Contenidos y Programa:

El capítulo 1 brinda una explicación sintética de los pasos fundamentales de un proceso de fabricación, comenzando por el diseño y simulación, incluyendo el proceso fotolitográfico, la oxidación de Silicio, la introducción de dopantes y la deposición de materiales. El capítulo 2 muestra un panorama actualizado de las aplicaciones bioingenieriles de dispositivos microelectrónicos. El capítulo 3 presenta un resumen de los modelos eléctricos de los distintos dispositivos involucrados en un circuito integrado. Se describe la juntura semiconductor y su modelo. El capítulo 4 introduce la necesidad de utilizar reglas de diseño que limiten los tamaños y distancias de las distintas estructuras definidas en las máscaras y se destaca su significancia para lograr circuitos funcionales y confiables. El capítulo 5

detalla el proceso de fabricación de un circuito integrado, desde las obleas de silicio hasta los diferentes tipos de encapsulados y profundiza en la caracterización de los mismos. El capítulo 6 detalla las características de los microsensores más estudiados y sus ventajas con respecto a los dispositivos clásicos asociadas directamente a la miniaturización de tecnologías y procedimientos habituales. El capítulo 7 profundiza en los modelos, simulación y fabricación para la miniaturización de los procesos tecnológicos mediante la cual se intenta reducir el tamaño de los dispositivos electrónicos.

A continuación se detallan los contenidos de cada unidad temática.

1. INTRODUCCIÓN AL DISEÑO CMOS

Modelos de circuitos eléctricos. Introducción a los semiconductores. Juntura semiconductor y diodos. Capacitor MOS. Transistor MOS. Procesos tecnológicos: oxidación, deposición, grabado, difusión e implantación. Fotolitografía.

2. APLICACIONES BIOMÉDICAS EN MICROELECTRÓNICA

Sensor de Presión Intraocular. Implante retinal. Microválvula para glaucoma. Sistemas de liberación de drogas. Aplicaciones recientes.

3. MODELOS Y SIMULACION DE CIRCUITOS CMOS

Procesos de diseño de circuitos CMOS. Modelos de transistores. Simulación. Lenguaje SPICE. Tecnología CAD: modelado numérico de los procesos de tecnología de semiconductores y características de los dispositivos.

4. LAYOUT DE CIRCUITOS MICROELECTRÓNICOS

Capas de Procesos. Reglas de diseño. Layout de resistencias, capacitores e inductancias. Layout de transistores MOS. Capacidades de un transistor MOS. Procesos de verificación: DCR, LVS.

5. FABRICACION Y TESTEO DE CIRCUITOS CMOS

Tecnologías de los procesos de fabricación. Fabricantes (MOSIS). Costos de fabricación. Tipos de encapsulados. Wire bonding. Métodos y herramientas de medición y testeo.

6. MICROSENSORES

Resonadores piezoeléctricos como sensores. Microbalanza de cristal de cuarzo. Materiales piezoeléctricos biocompatibles. Biosensores. Aplicaciones (microsensores de presión, sistemas de liberación de fármacos, órganos artificiales, Lab On a Chip).

7. MODELOS, SIMULACIÓN Y FABRICACIÓN DE DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS DE TAMAÑO REDUCIDO.

Modelos analíticos y numéricos de microdispositivos (resonadores piezoeléctricos, bobinas, válvulas, sistemas microfluídicos). Método de los Elementos Finitos. Fabricación de los dispositivos.



Facultades de Ingeniería, Ciencias Agropecuarias y
Ciencias de la Alimentación
Oro Verde-Concordia, E. R.
República Argentina

BIBLIOGRAFIA

ARTÍCULOS

1. Zalazar, M. and Guarnieri, F., "Diamond-Based Thin Film Bulk Acoustic Wave Resonator for Biomedical Applications", Journal of Physics: Conference Series 477, 012009, 2014.
2. Garcialnza, M., Carbonetto, S., Lipovetzky, J., Carra, M., Sambuco Salomone, L., Redin, E. and Faigon, A., "Switched Bias Differential MOSFET Dosimeter", IEEE Transactions on Nuclear Science, 2014.
3. Lipovetzky, J., Garcialnza, M., Carbonetto, S., Carra, M., Redin, E., Sambuco Salomone and L., Faigon, A., "Field Oxide nchannel MOS Dosimeters Fabricated in CMOS Processes" IEEE Transactions on Nuclear Science, 2013.
4. Pérez, M., Zalazar, M., Vottero, N., Schaumburg, F. and Guarnieri, F. "A 13.56 MHz RFID Microtransponder for Active Micro-valve for the treatment of Glaucoma XIX Congreso Argentino de Bioingeniería SABI 2013, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina, ISBN 978-978-23950-7-0, 2013.
5. Zalazar, M., Gurman, P., Park, J., Kim, D., Hong, S., Stan, L., Divan, R., Czpaewski, D. and Auciello, O., "Integration of Piezoelectric Aluminum Nitride and Ultrananocrystalline Diamond Films for Implantable Biomedical Microelectromechanical Devices", Appl. Phys. Lett. 102, 104101 (2013).
6. Zalazar, M., Gurman, P., Auciello, O. and Guarnieri, F., "Design, Fabrication and Characterization of Ultrananocrystalline Diamond (UNCD) Membranes for Drug Delivery Devices", New Diamond and Nano Carbons Conference, San Juan, Puerto Rico, 2012.
7. Carbonetto, S., Garcia Inza, M., Lipovetzky, J., Redin, G., Sambuco, L., Salomone, and Faigón, A. "Zero Temperature Coefficient bias in MOS devices. Dependence on interface traps density, application to MOS dosimetry", IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol: 58, Issue: 6, pag: 33483353, ISSN: 00189499, 2011.
8. Zalazar, M. and Guarnieri, F., "Análisis y Evaluación del Comportamiento de Sensores Piezoeléctricos", Mecánica Computacional, Vol XXIX, 6665-6684, 2010.

LIBROS

1. P. Julian, Introducción a los dispositivos semiconductores: principios y modelos, Editorial de la Universidad Nacional del Sur. 2011.
2. P. Gray, P. Hurst, S. Lewis and R. Meyer, Analysis And Design Of Analog Integrated Circuits, John Wiley, 2001.
3. M. Madou, Fundamentals of Microfabrication and Nanotechnology, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2012.
4. S. Senturia, Microsystem Design, Kluwer Academic Publishers, 2002.
5. G. Gudnason and E. Brnun, CMOS CIRCUIT DESIGN FOR RF SENSORS, Kluwer Academic Publishers, 2002.
6. P. Allen and D. Holberg, CMOS Analog Circuit Design, 2Ed Oxford University Press, 2002.
7. W. Sansen, Analog Design Essentials, Springer, 2006.
8. F. Maloberti, Analog Design for CMOS VLSI Systems, Kluwer Academic Publisher, 2001.
9. A. Grebene, Bipolar and MOS Analog Integrated Circuit Design, John Wiley, 2003.
10. R. Baker, CMOS Circuit, Layout and Simulation, Wiley Interscience, 2002.
11. B. Razzavi, Fundamentals of Microelectronics, John Wiley, 2006.
12. M. Zalazar, "Mass Microsensors for Implantable MEMS", ISBN 978-3-639-70836-3, 268 p., Scholars' Press (2014).

PATENTES

1. A. Faigon, J. Lipovetzky, M. Garcia Inza, S. Carbonetto, et al., "Método para la construcción de un dosímetro MOS de radiación ionizante empleando óxidos gruesos de procesos CMOS estándar" presentada la solicitud el día 11/03/2013. Nº de Expediente 20130100872.

Nota: La literatura en su totalidad se encuentra en dominio de los docentes del curso, tanto en papel como en formato digital y será provista a los alumnos.



UNER

**Facultades de Ingeniería, Ciencias Agropecuarias y
Ciencias de la Alimentación**

Oro Verde-Concordia, E. R.

República Argentina

PLANIFICACIÓN DEL CURSO

Objetivo general

- Estudiar el diseño de circuitos integrados en tecnología CMOS para aplicaciones biomédicas.

Objetivos particulares

- Conocer y comprender la tecnología microelectrónica para aplicaciones biomédicas.
- Conocer y analizar inductores, antenas y la transmisión de energía y señales.
- Conocer aplicaciones de dispositivos implantables.
- Diseñar, simular y fabricar un chip.

Conocimientos previos requeridos: no se requieren.

Fecha tentativa de inicio del dictado y duración del Curso (en semanas):

Inicio: 11 de Mayo de 2015. Duración: 8 semanas de 5hs cada clase (las dos primeras clases de 7:30hs c/u).

Cupo de alumnos (cantidades mínima y máxima):

Mínimo: 10 alumnos Máximo: 20 alumnos

Lugar: FI-UNER. Aula de posgrado y laboratorio de computación.

Día(s) y horario(s) tentativo(s) de dictado: Martes de 14hs-19hs.

Metodología de Trabajo:

El curso se dictará en 8 clases teórica-prácticas de 5 horas de duración (las dos primeras clases de 7:30hs c/u). Se prevé 1 encuentro semanal a lo largo de 8 semanas, totalizando 45hs de clases presenciales, complementadas con 45hs nominales de trabajo no presencial para la resolución de las guías de trabajos prácticos y la realización del trabajo final.

En general, en cada clase se prevé primero dictar los contenidos teóricos para que luego los alumnos puedan resolver una guía de trabajos prácticos en forma escrita y utilizando el software correspondiente. La última de clase se reserva para la exposición pública de los trabajos finales.

Se prevé fijar una fecha para un examen recuperatorio la semana posterior a la exposición pública de los trabajos finales.

Profesores

Docentes responsables:

- Dr. Martín Zalazar y Dr. Mariano Andrés García Inza.

Docente(s) colaborador(es):

- Bioing. María Cecilia Pérez.

Cronograma

Se dictarán 8 clases, 1 por semana, en forma consecutiva desde la semana del 11 de Mayo de 2015 hasta la del 23 de junio del mismo año, en días y horario a convenir según la disponibilidad de aulas. El objetivo de este cronograma es facilitar el traslado y la asistencia de alumnos de otras ciudades.

El cronograma tentativo es el siguiente:

1er. Clase: 11/05 de 13 a 20 hs.

2da. Clase: 12/05 de 9 a 18 hs.

3er. Clase: 19/05 de 15 a 20 hs.

4ta. Clase: 26/05 de 15 a 20 hs.

5ta. Clase: 02/06 de 15 a 20 hs.

6ta. Clase: 09/06 de 15 a 20 hs.

7ma. Clase: 16/06 de 15 a 20 hs.

8va. Clase: 23/06 de 15 a 20 hs.

Condiciones de Regularidad y Promoción:

La **regularidad** será obtenida con la asistencia al 80% de las clases teóricas y prácticas.

La promoción del curso será obtenida con la presentación de los trabajos prácticos desarrollados durante el cursado y un examen final integrador de características teórico – práctico donde cada una de estas instancias de evaluación se aprobará con un mínimo de 60/100. El mismo tendrá una instancia de recuperación.

Infraestructura necesaria:

- Aula de posgrado para las clases teóricas.
- Laboratorio de computación para las clases prácticas.
- Cañón proyector.
- Insumos para registros: marcadores, cinta adhesiva.
- Software libre de diseño y simulación de microelectrónica (LTSPICE, ELECTRIC) y simulación computacional.