

## DISEÑO TCAD PARA CIRCUITOS INTEGRADOS

MÓDULO	MATERIA	ASIGNATURA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	CARÁCTER
Optatividad	Diseño TCAD para circuitos integrados	Diseño TCAD para circuitos integrados	2019-2020	2º	3	Optativa
<b>PROFESOR(ES)</b>			<b>DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS (Dirección postal, teléfono, correo electrónico, etc.)</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Francisco Gámiz Pérez</li> <li>Carlos Sampedro Matarín</li> </ul>			Dpto. Electrónica y Tecnología de Computadores, 2ª planta, Facultad de Ciencias. Despachos nº 8 y 18. Correo electrónico: fgamiz@ugr.es y csampe@ugr.es			
			<b>HORARIO DE TUTORÍAS</b>			
			Francisco Gámiz: <a href="https://directorio.ugr.es/static/PersonalUGR/*/show/a3c1804d40a95ca8e045a097f8240978">https://directorio.ugr.es/static/PersonalUGR/*/show/a3c1804d40a95ca8e045a097f8240978</a>			
			Carlos Sampedro: <a href="https://directorio.ugr.es/static/PersonalUGR/*/show/04678d0f0f4d868f235c91d8e2b6e41f">https://directorio.ugr.es/static/PersonalUGR/*/show/04678d0f0f4d868f235c91d8e2b6e41f</a>			
<b>MÁSTER EN EL QUE SE IMPARTE</b>			<b>OTROS MÁSTERES A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR</b>			
Máster Universitario en Electrónica Industrial						
<b>PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES (si procede)</b>						
<b>BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL MÁSTER)</b>						
<p>El aumento en la integración de circuitos integrados ha permitido incrementar de forma exponencial el número de componentes en los mismos y, por tanto, su complejidad. Las prestaciones de un circuito integrado no solo dependen de la disposición de sus componentes, sino también de la configuración de los dispositivos utilizados y del control de los procesos de fabricación. Las herramientas TCAD (Technology Computer-Aided Design) permiten, mediante simulaciones numéricas, el desarrollo y optimización de nuevos procesos y dispositivos ofreciendo a la industria una reducción drástica del tiempo y del coste de implantación de nuevas tecnologías. Esta asignatura pretende que el estudiante se familiarice con el uso de herramientas TCAD realizando un flujo completo de diseño considerando dispositivos planares y tridimensionales (FinFETs).</p>						



## COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS DEL MÓDULO

- Competencias Básicas:
  - CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación
  - CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio
  - CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios
  - CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades
  - CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.
- Competencias transversales:
  - CT1 – Mostrar interés por la calidad y la excelencia en la realización de las diferentes tareas.
  - CT2 – Comprender y defender la importancia que la diversidad de culturas y costumbres tienen en la investigación.
  - CT3 – Tener un compromiso ético y social en la aplicación de los conocimientos adquiridos
- Competencias generales:
  - CG1 - Capacidad para el modelado matemático, cálculo y simulación particularmente en tareas de investigación, desarrollo e innovación en todos los ámbitos relacionados con la electrónica industrial.
- Competencias específicas:
  - CE3 - Capacidad para el diseño avanzado de sistemas electrónicos digitales, de instrumentación electrónica y de control.
  - CE4 - Capacidad para la integración de tecnologías y sistemas propios de la Electrónica Industrial, con carácter generalista, y en contextos más amplios y multidisciplinares.

## OBJETIVOS (EXPRESADOS COMO RESULTADOS ESPERABLES DE LA ENSEÑANZA)

- Familiarizar a los estudiantes con las características de las diferentes tecnologías y de los impulsores que han propiciado su evolución.
- Que los estudiantes se familiaricen con el uso de herramientas TCAD (Technology Computer-Aided Design) realizando un flujo completo de diseño considerando dispositivos tanto planares como tridimensionales (FinFETs).
- Que los estudiantes sepan interpretar las características de un dispositivo a partir de sus parámetros geométricos y tecnológicos.
- Se pretende que los estudiantes estudien el impacto de los parámetros tecnológicos de los dispositivos en circuitos diseñados con ellos.

## TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

### TEMARIO TEÓRICO/ PRÁCTICO:

- Tema 1. Introducción a las herramientas TCAD



- Tema 2 Simulación de procesos tecnológicos en dispositivos semiconductores
- Tema 3 Definición de dispositivos electrónicos a partir de especificaciones geométricas, tecnológicas y de dopado
- Tema 4 Definición de mallados y contactos
- Tema 5 Simulación electrostática y de transporte de portadores en dispositivos electrónicos
- Tema 6 Simulación mixta de circuitos integrados
- Tema 7 Herramientas para layouts de circuitos integrados.

#### Prácticas de Laboratorio

Práctica 1. Simulación de dispositivos electrónicos básicos.

Práctica 2. Escalado en dispositivos electrónicos, optimización.

### **BIBLIOGRAFÍA**

#### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL:

- “FinFETs and other Multigate Transistors”, J. P. Colinge, Springer
- “3D TCAD Simulation for Semiconductor Processes, Devices and Optoelectronics”, S. Lie, Y. Fu, Springer, 2012
- “3D TCAD Simulation for CMOS Nanoelectronic Devices”, Y-C Wu, Y-R Jhan, Springer, 2018

#### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

- “Circuitos digitales integrados”, J. M. Rabaey, A. Chandrakasan, B. Nikolic, Pearson education.
- “Understanding semiconductor devices” Sima Dimitrijevic, Oxford University Press
- “Solid state electronic devices”, B. G. Streetman, and B. Sanjay, Prentice Hall

### **ENLACES RECOMENDADOS**

[www.ieeexplore.com](http://www.ieeexplore.com)

### **METODOLOGÍA DOCENTE**

- ACTIVIDAD FORMATIVA: Lección magistral (Clases teóricas-expositivas)
  - Descripción: Presentación en el aula de los conceptos fundamentales y desarrollo de los contenidos propuestos.
  - Propósito: Transmitir los contenidos de las materias de la asignatura motivando al alumnado a la reflexión, facilitándole el descubrimiento de las relaciones entre diversos conceptos y formarle una mentalidad crítica.
- ACTIVIDAD FORMATIVA Actividades prácticas (Clases prácticas)
  - Descripción: Actividades a través de las cuales se pretende mostrar al alumnado cómo actuar a partir de la aplicación de los conocimientos adquiridos
  - Propósito: Desarrollo en el alumnado de las habilidades instrumentales de la materia.



**ugr** | Universidad  
de Granada

- **ACTIVIDAD FORMATIVA: Seminarios y Problemas**
  - Descripción: Modalidad organizativa de los procesos de enseñanza y aprendizaje donde tratar en profundidad una temática relacionada con la materia. Incorpora actividades basadas en la indagación, el debate, la reflexión y el intercambio.
  - Propósito: Desarrollo en el alumnado de las competencias cognitivas y procedimentales de la materia.
  
- **ACTIVIDAD FORMATIVA: Actividades no presenciales**
  - Actividades no presenciales individuales (Estudio y trabajo autónomo)
  - Descripción: 1) Actividades (guiadas y no guiadas) propuestas por el profesor a través de las cuales, y de forma individual se profundiza en aspectos concretos de la materia posibilitando al estudiante avanzar en la adquisición de determinados conocimientos y procedimientos de la materia, 2) Estudio individualizado de los contenidos de la materia 3) Actividades evaluativas (informes, exámenes, ...)
  - Propósito: Favorecer en el estudiante la capacidad para autorregular su aprendizaje, planificándolo, diseñándolo, evaluándolo y adecuándolo a sus especiales condiciones e intereses.
  - Actividades no presenciales grupales (Estudio y trabajo en grupo)
  - Descripción: 1) Actividades (guiadas y no guiadas) propuestas por el profesor a través de las cuáles y de forma grupal se profundiza en aspectos concretos de la materia posibilitando a los estudiantes avanzar en la adquisición de determinados conocimientos y procedimientos de la materia.
  - Propósito: Favorecer en los estudiantes la generación e intercambio de ideas, la identificación y análisis de diferentes puntos de vista sobre una temática, la generalización o transferencia de conocimiento y la valoración crítica del mismo.
  
- **ACTIVIDAD FORMATIVA: Tutorías académicas**
  - Descripción: manera de organizar los procesos de enseñanza y aprendizaje que se basa en la interacción directa entre el estudiante y el profesor
  - Propósito: 1) Orientan el trabajo autónomo y grupal del alumnado, 2) profundizar en distintos aspectos de la materia y 3) orientar la formación académica-integral del estudiante
  
- **ACTIVIDAD EVALUADORA: Examen**
  - Descripción: Prueba escrita en la que el estudiante debe resolver las cuestiones planteadas
  - Propósito: Evaluar el grado de asimilación de los conceptos y metodologías explicadas.
  
- **METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE:** las actividades formativas propuestas se desarrollarán desde una metodología participativa y aplicada que se centra en el trabajo del estudiante (presencial y no presencial/individual y grupal). Las clases teóricas, los seminarios, las clases prácticas, las tutorías, el estudio y trabajo autónomo y el grupal son las maneras de organizar los procesos de enseñanza y aprendizaje de esta materia.

#### **EVALUACIÓN (INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PORCENTAJE SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL, ETC.)**

La **EVALUACIÓN CONTINUA** se realizará mediante el uso de las siguiente técnicas evaluativas:

Parte teórica. Sesiones de evaluación, entregas de ejercicios sobre el desarrollo y los resultados de las actividades propuestas y resolución de problemas.

Para la parte práctica se realizarán sesiones de simulación TCAD laboratorio y desarrollo de proyectos basados en ellas,



valorándose las entregas de los informes/memorias realizados y de las entrevistas personales con los estudiantes.

Trabajo autónomo y seminarios. Se tendrá en cuenta la asistencia a los mismos y la documentación realizada y presentación oral de los trabajos propuestos a los estudiantes.

La asistencia a las diferentes actividades será obligatoria para superar la asignatura.

- La calificación global corresponderá a la puntuación ponderada de los diferentes aspectos y actividades que integran el sistema de evaluación. Así, el resultado de la evaluación será una calificación numérica obtenida mediante la suma ponderada de las calificaciones correspondientes a una parte teórica, una parte práctica y, en su caso, una parte relacionada con el trabajo autónomo de los alumnos, los seminarios impartidos y el aprendizaje basado en proyectos. En cualquier caso, será necesario superar por separado las evaluaciones correspondientes a la parte teórica y práctica para que se apliquen las reglas de ponderación.

Los estudiantes que no superen mediante evaluación continua la asignatura en la Convocatoria Ordinaria podrán concurrir a la Convocatoria Extraordinaria, como recoge la "Normativa de Evaluación y de Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada", realizando una prueba escrita en la que se evaluará todos los contenidos de la asignatura, tanto teóricos como prácticos.

- Obtener el 60% de la calificación final mediante la realización de un examen final en el que se evaluarán los conocimientos y competencias adquiridas, tanto de los contenidos teóricos como de las habilidades para la resolución de problemas, y el 40% restante a partir de la evaluación de las prácticas mediante un examen escrito e individual.

En EVALUACIÓN **CONTINUA** (Convocatoria ORDINARIA) la calificación final responderá al siguiente baremo:

- Sesiones de evaluación y entrega de ejercicios: 20%
- Evaluación de la parte práctica: 40%
- Realización de Seminarios y trabajo autónomo: 40%

En EVALUACIÓN **EXTRAORDINARIA** la calificación final responderá al siguiente baremo:

- Prueba escrita en la que se evaluará todos los contenidos de la asignatura, tanto teóricos como prácticos.

**EVALUACIÓN ÚNICA:** De acuerdo con la normativa de la Universidad de Granada, para acogerse a la evaluación única final, el estudiante, en el plazo establecido en la normativa, lo solicitará, a través del procedimiento electrónico, al Coordinador del Máster, alegando y acreditando las razones que le asisten para no poder seguir el sistema de evaluación continua. La evaluación consistirá en una prueba escrita de la misma naturaleza que la que se realiza en la evaluación extraordinaria.

**CONVOCATORIA ESPECIAL.** Los estudiantes que recurran a la Convocatoria Especial mencionada en el artículo 21 de la "Normativa de Evaluación y de Calificación de los estudiantes de la UGR", realizarán una prueba escrita de la misma naturaleza que la que se realiza en la evaluación extraordinaria.

Siguiendo las recomendaciones de la CRUE y del Secretariado de Inclusión y Diversidad de la UGR, los sistemas de adquisición y de evaluación de competencias recogidos en esta guía docente se aplicarán conforme al principio de diseño para todas las personas, facilitando el aprendizaje y la demostración de conocimientos de acuerdo a las necesidades y la diversidad funcional del alumnado.



---

<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>



*ugr*

Universidad  
de Granada

100 años  
1918-2018

**TCAD DESIGN FOR ELECTRONIC CIRCUITS**

MODULE	AREA	ASIGNATURA	ACADEMIC YEAR	SEMESTER	ECTS CREDITS	COURSE
Elective	TCAD design for electronic circuits	TCAD design for electronic circuits	2019-2020	2ª	3	Electivel
<b>LECTURER</b>			<b>ADDRESS</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Francisco Gámiz Pérez</li> <li>Carlos Sampedro Matarín</li> </ul>			Dpto. Electrónica y Tecnología de Computadores, 2ª planta, Facultad de Ciencias. Despachos nº 8 y 18. Correo electrónico: fgamiz@ugr.es y csampe@ugr.es			
			<b>TUTORIAL ASSISTANCE</b>			
			Francisco Gámiz: <a href="https://directorio.ugr.es/static/PersonalUGR/*/show/a3c1804d40a95ca8e045a097f8240978">https://directorio.ugr.es/static/PersonalUGR/*/show/a3c1804d40a95ca8e045a097f8240978</a>			
			Carlos Sampedro: <a href="https://directorio.ugr.es/static/PersonalUGR/*/show/04678d0f0f4d868f235c91d8e2b6e41f">https://directorio.ugr.es/static/PersonalUGR/*/show/04678d0f0f4d868f235c91d8e2b6e41f</a>			
<b>MASTER</b>			<b>OTHER MASTER</b>			
Industrial Electronics						
<b>RECOMMENDATIONS</b>						
<b>BRIEF DESCRIPTION OF CONTENTS</b>						
<p>The ultra large scale of integration in ICs has increased the number of components and, therefore, the system complexity. The performance in state-of-the-art ICs depends not only on the design, but also on the fabrication process and device geometry. TCAD tools (Technology Computer-Aided Design) allow, using complex numerical simulations, the development and optimization of new fabrication processes and electron devices offering to the industry a drastic reduction in terms of costs and implementation time for upcoming technologies. In this subject, the student, using a hands-on methodology, will learn the use of TCAD tools reproducing the design flux for both 3D and planar semiconductor devices.</p>						
<b>SYLLABUS</b>						



#### Theoretical part

- Introduction to TCAD tools
- Simulation of semiconductor device fabrication processes
- Electron device definition from geometrical, technological and doping constraints
- Mesh and contacts definition
- Electrostatic and carrier transport simulation in electron devices
- Mixed mode simulation
- Layout tools for ICs

#### Simulation work:

Lab 1: Simulation of basic electron devices.

Lab 2: Scaling in electron devices: Optimization

#### REFERENCES

##### MAIN BIBLIOGRAPHY

- "FinFETs and other Multigate Transistors", J. P. Colinge, Springer
- "3D TCAD Simulation for Semiconductor Processes, Devices and Optoelectronics", S. Lie, Y. Fu, Springer, 2012
- "3D TCAD Simulation for CMOS Nanoelectronic Devices", Y-C Wu, Y-R Jhan, Springer, 2018

##### ADDITIONAL BIBLIOGRAPHY

- "Circuitos digitales integrados", J. M. Rabaey, A. Chandrakasan, B. Nikolic, Pearson education.
- "Understanding semiconductor devices" Sima Dimitrijevic, Oxford University Press
- "Solid state electronic devices", B. G. Streetman, and B. Sanjay, Prentice Hall

#### LINKS

- [www.ieeexplore.com](http://www.ieeexplore.com)

#### ATTENDANCE SYSTEM

Attendance at lectures and laboratory classes is mandatory.

#### ADDITIONAL INFORMATION



ugr

Universidad  
de Granada