



DATOS IDENTIFICATIVOS

Diseño microelectrónico

Asignatura	Diseño microelectrónico			
Código	V05G300V01622			
Titulación	Grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación			
Descriptores	Creditos ECTS	Seleccione	Curso	Cuatrimestre
	6	OP	3	2c
Lengua Impartición	Castellano			
Departamento	Tecnología electrónica			
Coordinador/a	Rodríguez Andina, Juan José			
Profesorado	Rodríguez Andina, Juan José Rodríguez Pardo, María Loreto			
Correo-e	jjrdguez@uvigo.es			
Web	http://fatic.uvigo.es			
Descripción general	Los objetivos que se persiguen con esta asignatura son : 1) Conocer y comprender las tecnologías de fabricación de circuitos integrados (CIs) y sistemas electro-mecánicos micrométricos (MEMs) 2) Conocer y comprender los procesos de fabricación de CIs y MEMs en tecnología CMOS. 3) Analizar la estructura física de componentes pasivos y dispositivos activos en tecnología CMOS. 4) Conocer y comprender los aspectos básicos del diseño de MEMs. 5) Trabajar con herramientas informáticas de diseño de CIs en tecnología CMOS.			

Competencias de titulación

Código	
A9	CG9 Capacidad para trabajar en un grupo multidisciplinar y en un entorno multilingüe y de comunicar, tanto por escrito como de forma oral, conocimientos, procedimientos, resultados e ideas relacionadas con las telecomunicaciones y la electrónica.
A51	(CE42/SE4): Capacidad para aplicar la electrónica como tecnología de soporte en otros campos y actividades, y no sólo en el ámbito de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.
A52	(CE43/SE5): Capacidad de diseñar circuitos de electrónica analógica y digital, de conversión analógico-digital y digital-analógica, de radiofrecuencia, de alimentación y conversión de energía eléctrica para aplicaciones de telecomunicación y computación.
B4	CG13 Capacidad para manejar herramientas software que apoyen a resolución de problemas en enseñanza.

Competencias de materia

Resultados previstos en la materia	Resultados de Formación y Aprendizaje	
Conocer y comprender las tecnologías de fabricación de circuitos integrados (CIs) y sistemas electro-mecánicos micrométricos (MEMs)	A51	
Conocer y comprender los procesos de fabricación de CIs y MEMs en tecnología CMOS, así como las metodologías de diseño y los pasos para la especificación de un CI.	A52	
Comprender y ser capaz de analizar la estructura física de resistencias, condensadores y transistores para su inclusión en CIs de tecnología CMOS.	A52	
Conocer y comprender los aspectos básicos del diseño de MEMs y las estructuras básicas de los mismos.	A51	
Adquirir habilidades de manejo de herramientas informáticas de diseño de CIs en tecnología CMOS.	A9	B4

Contenidos

Tema

Tema 1: Introducción (1h)	Introducción a la materia. Objetivos y planificación del curso. Conceptos básicos de diseño microelectrónico de circuitos integrados (CIs) y de sistemas electro-mecánicos micrométricos (MEMs).
Tema 2: Secuencias de fabricación de CIs y MEMs (2h)	Introducción a la fabricación de CIs y MEMs. Tecnología planar. Tecnologías de micromecanizado y micromoldeo. Secuencia de fabricación de CIs en tecnología CMOS. Estructura de un transistor MOS. Ejemplo de fabricación: inversor CMOS. Patrón de máscaras (layout). Secuencias de fabricación de MEMs: micromecanizado en volumen (bulk micromachining), en superficie (surface micromachining) y LIGA.
Tema 3. Procesos para la fabricación de CIs y MEMs (3h)	Obleas de Silicio. Capa epitaxial. Capas dieléctricas. Oxidación. Deposición. Capas semiconductoras. Difusión de impurezas. Implantación iónica. Fotolitografía. Ataque. Metalización.
Tema 4. Parámetros del proceso de fabricación de CIs CMOS (3h).	El transistor MOS: modelo analítico. Efectos de la integración y la miniaturización en el comportamiento de los dispositivos. Modelo Spice. Fichero tecnológico. Ejemplo de parámetros de un proceso de fabricación CMOS.
Tema 5. Estructura física de dispositivos básicos (2h)	Especificación de la estructura física de un transistor MOS. Especificación de la estructura física de una resistencia. Especificación de la estructura física de un condensador. Tipos de especificación física. Influencia del diseño físico en el comportamiento de un dispositivo. Reglas tecnológicas de diseño. Metodologías y herramientas de ayuda al diseño.
Tema 6. Estrategias de trazado físico de resistencias (1h)	Magnitudes geométricas efectivas. Influencia de los terminales. Estructuras alargadas. Estructuras basadas en resistencias unitarias. Efectos del sobreatacado y errores por vecindad. Estructura entrelazada y centroide común.
Tema 7. Estrategias de trazado físico de condensadores (1h)	Errores de capacidad por gradientes en el espesor del óxido. Errores en condensadores por sobreatacado. Errores debidos a efectos de vecindad. Errores debidos a efectos de borde.
Tema 8. Estrategias de trazado físico de transistores (2h)	Estrategias para la realización de transistores con elevada relación de aspecto. Estrategias para transistores apareados. Criterios de distribución del trazado.
Tema 9. Ejemplos de diseño físico (3h)	Especificaciones y diseño de la estructura física de un espejo de corriente. Especificaciones y diseño de la estructura física de un amplificador diferencial con topología autopolarizada.
Práctica 1. Introducción a las herramientas de diseño de circuitos integrados (3h)	Introducción a las herramientas de diseño físico. Creación, comprobación (DRC) y extracción del layout de formas básicas. Utilización de formas básicas de bibliotecas de fabricantes.
Práctica 2. Transistores MOS (3h)	Creación y comprobación del layout de transistores pMOS y nMOS. Utilización de transistores de bibliotecas de fabricantes. Transistores en serpiente, entrelazados y apilados. Capas específicas para minimización de efectos de vecindad.
Práctica 3. Componentes pasivos (2h)	Creación y comprobación del layout de resistencias y condensadores integrados. Utilización de componentes de bibliotecas de fabricantes. Estructuras: lineal, serpiente, entrelazada y apilada.
Práctica 4. Inversor CMOS (1h)	Creación y comprobación del esquema eléctrico y el layout de un inversor CMOS. Comparación de layout y esquema (LVS). Caracterización eléctrica del layout. Simulación del comportamiento eléctrico del layout.
Práctica 5. Espejo de corriente (2h)	Creación y comprobación del esquema eléctrico y el layout de un espejo de corriente básico con carga resistiva y corriente de entrada ideal. LVS. Caracterización eléctrica del layout.
Práctica 6. Par diferencial (2h)	Creación y comprobación del esquema eléctrico y el layout de un par diferencial pMOS autopolarizado. LVS. Caracterización eléctrica del layout.

Planificación

	Horas en clase	Horas fuera de clase	Horas totales
Sesión magistral	18	45	63
Prácticas en aulas de informática	13	19.5	32.5
Proyectos	6	27	33
Presentaciones/exposiciones	1	2.5	3.5
Pruebas de respuesta corta	1	3.5	4.5
Resolución de problemas y/o ejercicios	2	7	9
Pruebas prácticas, de ejecución de tareas reales y/o simuladas.	1	3.5	4.5

*Los datos que aparecen en la tabla de planificación son de carácter orientativo, considerando la heterogeneidad de alumnado

Metodologías

	Descripción
Sesión magistral	Consistirán en una exposición por parte del profesor de aspectos relevantes de la materia, relacionados con contenidos acerca de los cuales el alumno debe haber realizado un trabajo preparatorio previo. El objetivo es fomentar la participación activa de los alumnos, que podrán realizar preguntas o exponer dudas durante la sesión. Para una mejor comprensión de determinados contenidos, se expondrán ejemplos prácticos o se analizarán casos de estudio. Se realizará un control de asistencia. En estas sesiones se trabajarán las competencias A51 y A52
Prácticas en aulas de informática	Los alumnos se organizarán en grupos de dos personas. Trabajarán con una herramienta de diseño de circuitos integrados, mediante la cual llevarán a cabo los pasos más importantes en la definición y comprobación del diseño físico de un circuito integrado a medida. Se realizará un control de asistencia y aprovechamiento de cada sesión. En estas sesiones se trabajarán las competencias A52 y B4
Proyectos	Se establecerán grupos de trabajo que llevarán a cabo el diseño físico y comprobación de un circuito compuesto por componentes pasivos y dispositivos activos. Se dispondrá de grupos pequeños (C), que permitirán realizar un seguimiento del desarrollo de los proyectos. Se realizará un control de asistencia. Las actividades a desarrollar en los grupos C son: - Debate acerca de posibles soluciones y alternativas de diseño. - Análisis y seguimiento de la solución propuesta para el proyecto. - Demostración de los circuitos diseñados en el proyecto. Presentación, análisis y debate de resultados. En estas sesiones se trabajarán las competencias A9, A52 y B4
Presentaciones/exposiciones	Cada grupo de alumnos deberá realizar una presentación pública del proyecto que ha llevado a cabo, y someterse a las preguntas de la audiencia (profesores y alumnos de la asignatura). En estas sesiones se trabajarán las competencias A9 y A52

Atención personalizada

Metodologías	Descripción
Sesión magistral	El profesorado atenderá personalmente dudas y consultas de los estudiantes sobre los contenidos teóricos o de laboratorio, así como sobre los proyectos y la presentación de los correspondientes resultados. Los estudiantes tendrán ocasión de acudir a tutorías personalizadas o en grupo.
Prácticas en aulas de informática	El profesorado atenderá personalmente dudas y consultas de los estudiantes sobre los contenidos teóricos o de laboratorio, así como sobre los proyectos y la presentación de los correspondientes resultados. Los estudiantes tendrán ocasión de acudir a tutorías personalizadas o en grupo.
Proyectos	El profesorado atenderá personalmente dudas y consultas de los estudiantes sobre los contenidos teóricos o de laboratorio, así como sobre los proyectos y la presentación de los correspondientes resultados. Los estudiantes tendrán ocasión de acudir a tutorías personalizadas o en grupo.
Presentaciones/exposiciones	El profesorado atenderá personalmente dudas y consultas de los estudiantes sobre los contenidos teóricos o de laboratorio, así como sobre los proyectos y la presentación de los correspondientes resultados. Los estudiantes tendrán ocasión de acudir a tutorías personalizadas o en grupo.

Evaluación

Descripción	Calificación
-------------	--------------

Proyectos	Cada grupo de alumnos deberá entregar un informe detallado del proyecto que ha llevado a cabo, con indicación expresa de la contribución de cada uno de ellos al conjunto, así como de la metodología que han seguido para el reparto y coordinación de las tareas. La evaluación de los trabajos se basará en los siguientes aspectos: - Análisis de alternativas - Correcta realización y comprobación del diseño - Compactación del diseño - Utilización de las estrategias adecuadas para minimizar los efectos de las imperfecciones del proceso de fabricación y para garantizar una buena coincidencia de las características eléctricas de los conjuntos de componentes o dispositivos que así lo requieran por motivos funcionales. - Aspectos formales: claridad y orden, inclusión de figuras y datos adecuados y relevantes, así como de explicaciones pertinentes, concretas y completas. El informe deberá entregarse al menos dos días antes de la presentación pública del mismo. Para superar la asignatura, será necesario que el grupo al que pertenece el alumno obtenga al menos una calificación de 5 sobre 10 en el informe.	15
En estos proyectos se evaluarán las competencias A9, A52 y B4		
Presentaciones/exposiciones	Cada alumno deberá realizar una exposición pública individual de la parte del proyecto que ha llevado a cabo personalmente (incluyendo las tareas de planificación o coordinación si procede). Las presentaciones de los alumnos pertenecientes a cada grupo se llevarán a cabo en la última sesión presencial de dicho grupo, de 1 hora de duración. Cada alumno dispondrá de 5 minutos para su presentación. Al final de las presentaciones, los alumnos se someterán a las preguntas del profesorado y de los otros alumnos del grupo, que deben asistir a la totalidad de la sesión. La evaluación se basará tanto en el contenido y los aspectos formales de la presentación realizada como en las respuestas a las preguntas planteadas. Se podrá asimismo valorar positivamente a aquellos alumnos que realicen preguntas pertinentes. Dicha valoración se añadirá a la que obtengan de su propia exposición personal. Para superar la asignatura, es necesario obtener al menos una calificación de 5 sobre 10 en la presentación pública.	15
En estas presentaciones se evaluarán las competencias A9 y A52		
Pruebas de respuesta corta	Como parte de la evaluación continua, se realizará a mediados de curso una prueba individual escrita, de 1 hora, durante una de las sesiones magistrales. Su realización marca el límite temporal para que los alumnos opten o no por evaluación continua. Todos aquellos que la realicen se entenderá que optan por evaluación continua. Los restantes deberán indicar explícitamente su opción, entendiéndose la falta de notificación como renuncia a evaluación continua. En la fecha del examen final se realizará otra prueba individual escrita de este tipo, de 1 hora de duración, obligatoria para alumnos que no opten por evaluación continua. Para alumnos en evaluación continua la prueba será voluntaria, ya que los contenidos corresponderán a los de la primera prueba realizada. A los alumnos que se presenten voluntariamente se les sustituirá la calificación de la primera prueba por la que obtengan en ésta. Para superar la asignatura será necesario obtener al menos una calificación de 4 sobre 10 en esta parte.	20
En estas pruebas se evaluarán las competencias A51 y A52		
Resolución de problemas y/o ejercicios	En la fecha del examen final se realizará una prueba individual escrita de este tipo, de 2 horas de duración, obligatoria para todos los alumnos, opten o no por evaluación continua. Para superar la asignatura será necesario obtener al menos una calificación de 4 sobre 10 en esta parte.	30
En esta prueba se evaluará la competencia A52		
Pruebas prácticas, de ejecución de tareas reales y/o simuladas.	Como parte de la evaluación continua, en la última sesión práctica se realizará una prueba individual, de 1 hora de duración, para la que se utilizará la herramienta de diseño de circuitos integrados. En la fecha del examen final se realizará otra prueba de este tipo, de 1 hora de duración, para los alumnos que no opten por evaluación continua. Los alumnos en evaluación continua podrán presentarse de forma voluntaria a esta segunda prueba, en cuyo caso se les sustituirá la calificación de la primera por la que obtengan en ésta. Para superar la asignatura será necesario obtener al menos una calificación de 4 sobre 10 en esta parte.	20
En estas pruebas se evaluarán las competencias A52 y B4		

Otros comentarios sobre la Evaluación

Para que un alumno supere la asignatura, deberá alcanzar una calificación global, resultado de la ponderación de las distintas evaluaciones parciales, de al menos 5 puntos sobre 10, además de alcanzar la puntuación mínima necesaria en cada una de dichas evaluaciones parciales. La calificación final para aquellos alumnos que no alcancen la puntuación mínima en alguna de ellas será el menor valor entre 4 y la nota ponderada sobre 10.

La evaluación de los alumnos que no opten por evaluación continua será como sigue:

- La prueba final escrita de respuesta corta supondrá un 20% de la calificación final.
- La prueba final escrita de resolución de problemas supondrá un 30% de la calificación final.
- La prueba final de laboratorio supondrá un 20% de la calificación final.
- Deberán obligatoriamente realizar un proyecto, entregar el correspondiente informe y realizar la preceptiva presentación pública (en las mismas sesiones y con los mismos criterios que la de los alumnos que opten por evaluación continua). El informe deberá entregarse al menos dos días antes de su presentación pública. El informe y la presentación pública supondrán, cada uno de ellos, un 15% de la calificación final.

Para superar la asignatura, los alumnos que no opten por evaluación continua deberán alcanzar en cada una de las pruebas, así como en el informe y en la presentación pública, las mismas puntuaciones mínimas que los alumnos en evaluación continua.

Aquellos alumnos que no superen la asignatura en la primera oportunidad dispondrán de una segunda en la fecha del examen extraordinario. Los requisitos para superar la asignatura serán los mismos. Los alumnos que deseen presentarse deberán obligatoriamente realizar las dos pruebas escritas y la de laboratorio. No se podrán realizar nuevos proyectos ni presentaciones en el caso de que se hayan obtenido en ellos las calificaciones mínimas exigidas. Los informes de los proyectos deberán entregarse al menos siete días antes de la fecha del examen extraordinario.

Fuentes de información

José Antonio Rubio Solà, **Diseño de circuitos y sistemas integrados**,

Stephen A. Campbell, **Fabrication Engineering at the Micro-and Nanoscale**, 3ª,

J. Franca, Y. Tsvividis (eds.), **Design of analog VLSI circuits for telecommunications and signal processing**,

Recomendaciones

Asignaturas que se recomienda cursar simultáneamente

Electrónica analógica/V05G300V01624

Asignaturas que se recomienda haber cursado previamente

Electrónica digital/V05G300V01402

Física: Fundamentos de electrónica/V05G300V01305

Tecnología electrónica/V05G300V01401

Otros comentarios

Tanto en las pruebas escritas como en la redacción de los informes, deben justificarse todas las conclusiones alcanzadas. A la hora de evaluar, no se dará ningún concepto no trivial por sobreentendido y se tendrá en cuenta el método empleado para resolver las distintas cuestiones que se planteen. Para la realización de las pruebas escritas no se permitirá el uso de ninguna documentación u otro tipo de recurso auxiliar similar.
