



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	Cao Paz, Ana María			
Profesorado	Cao Paz, Ana María Rodríguez Pardo, María Loreto			
Correo-e	amcaopaz@uvigo.es			
Web	http://faitic.uvigo.es			
Descripción general	<p>Los objetivos que se persiguen con esta asignatura son :</p> <ol style="list-style-type: none"> 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

Código	
B6	CG6 Facilidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.
B9	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.
B13	CG13 Capacidad para manejar herramientas software que apoyen la resolución de problemas en ingeniería.
C42	(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.
C43	(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.
D4	CT4 Favorecer el trabajo cooperativo, las capacidades de comunicación, organización, planificación y aceptación de responsabilidades en un ambiente de trabajo multilingüe y multidisciplinar, que favorezca la educación para la igualdad, para la paz y para el respeto de los derechos fundamentales.

Resultados de aprendizaje

Resultados previstos en la materia	Resultados de Formación y Aprendizaje		
Conocer y comprender los procesos de fabricación de circuitos integrados (CIs) y sistemas electro-mecánicos micrométricos (MEMs)		C42	
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.	B6	C43	
Comprender y ser capaz de analizar la estructura física de resistencias, condensadores y transistores para su inclusión en CIs de tecnología CMOS.	B6 B9	C43	D4
Conocer y comprender los aspectos básicos del diseño de MEMs y las estructuras básicas de los mismos.		C42	

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. Modelado de transistores MOS (3h).	El transistor MOS: modelo analítico. Efectos de la integración y la miniaturización en el comportamiento de los dispositivos. Fundamentos de modelado y simulación con Spice. Modelos Spice de transistores MOS.
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 (2h)	Introducción a las herramientas de diseño físico. Creación y comprobación (DRC) de layouts con formas básicas y transistores pMOS y nMOS individuales. Utilización de formas básicas y transistores prediseñados.
Práctica 2. Inversor CMOS (4h)	Creación, comprobación y simulación del esquema eléctrico de un inversor CMOS. Ajuste para respuesta simétrica. Caracterización mediante simulación del comportamiento del inversor CMOS con carga capacitiva. Creación y comprobación del layout del inversor CMOS. Comparación de layout y esquema (LVS). Simulación del comportamiento eléctrico del layout (sin y con carga) y comparación con el del esquema eléctrico.
Práctica 3. Estrategias de trazado físico de transistores MOS (2h)	Creación y comprobación del layout de transistores entrelazados y apilados. Capas específicas para minimización de efectos de vecindad.
Práctica 4. Layout de bloques funcionales analógicos: espejo de corriente y par diferencial (3h)	Creación y comprobación de los layouts de un espejo de corriente básico y de un par diferencial pMOS autopolarizado.
Práctica 5. Estrategias de trazado físico de componentes pasivos (2h)	Creación y comprobación del layout de resistencias y condensadores integrados. Estructuras: lineal, serpiente, entrelazada y apilada. Capas específicas para minimización de efectos de vecindad.

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

*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 CE42 y CE43.
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 CE43 y CG13.
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 CE43, CG6, CG9, CG13 y CT4
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 CE43, CG6, CG9 y CT4

Atención personalizada

Metodologías	Descripción
Sesión magistral	El profesorado atenderá personalmente dudas y consultas de los estudiantes sobre los contenidos teóricos. Los estudiantes tendrán ocasión de acudir a tutorías individuales o en grupo.
Prácticas en aulas de informática	El profesorado atenderá personalmente dudas y consultas de los estudiantes sobre los contenidos de las prácticas de laboratorio. Los estudiantes tendrán ocasión de acudir a tutorías individuales o en grupo.
Proyectos	El profesorado atenderá personalmente dudas y consultas de los estudiantes sobre los contenidos teóricos y prácticos del proyecto. Los estudiantes tendrán ocasión de acudir a tutorías individuales o en grupo.
Presentaciones/exposiciones	El profesorado atenderá personalmente dudas y consultas de los estudiantes sobre la presentación de los correspondientes resultados del proyecto. Los estudiantes tendrán ocasión de acudir a tutorías individuales o en grupo.

Evaluación

	Descripción	Calificación	Resultados de Formación y Aprendizaje

Proyectos	<p>Cada grupo de alumnos deberá entregar el diseño que ha llevado a cabo en su proyecto en el formato de la herramienta de diseño de circuitos integrados utilizada. Para superar la asignatura, el diseño deberá cumplir las reglas tecnológicas y ajustarse a las especificaciones exigidas. Además, cada grupo deberá entregar un informe detallado del proyecto, 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. En base a dicha repartición de tareas, se podrá asignar una nota individual a cada uno de los integrantes del grupo.</p> <p>La evaluación de los trabajos se basará en los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cálculos teóricos realizados para el diseño. - Análisis de alternativas. - Correcta realización y comprobación del diseño para el cumplimiento de especificaciones. - 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. <p>El informe deberá entregarse en la fecha indicada en la planificación de la asignatura y será de al menos dos días antes de la presentación pública del mismo. Para superar la asignatura, será necesario obtener al menos una calificación de 5 sobre 10 en el proyecto (diseño e informe).</p> <p>En estos proyectos se evaluarán las competencias CE43, CG6, CG9, CG13 y CT4.</p>	20	B6 C43 D4 B9 B13
Presentaciones/exposiciones	<p>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. La nota obtenida en la exposición tendrá una parte común, que será aquella que corresponda a las tareas realizadas conjuntamente y una parte individual en la que se tendrá en cuenta tanto la defensa de cada uno de los alumnos de su trabajo como las intervenciones adecuadas que realicen al finalizar las presentaciones de los otros grupos. Para superar la asignatura, es necesario obtener al menos una calificación de 5 sobre 10 en la presentación pública.</p> <p>En estas presentaciones se evaluarán las competencias CE43, CG6, CG9 y CT4.</p>	10	B6 C43 D4 B9

Pruebas de respuesta corta	<p>Como parte de la evaluación continua, se realizarán dos pruebas individuales escritas. La primera de ellas de 1 hora (durante una de las sesiones magistrales) correspondiente a los contenidos de las sesiones magistrales hasta la fecha. Su realización marcará 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. La prueba consistirá en un conjunto de preguntas de respuesta corta, cuyo peso en la calificación final de la asignatura será del 20%.</p> <p>La segunda prueba individual escrita se realizará también durante una sesión magistral al finalizar los contenidos teóricos. El peso de esta segunda prueba de respuesta corta será del 5% en la nota final de la asignatura. Se realizará junto con la prueba de problemas y/o ejercicios y tendrá en su totalidad una duración de 1 hora.</p> <p>Para los alumnos que no opten por la evaluación continua, en la fecha del examen final deben de realizar ambas pruebas de respuesta corta correspondientes a los mismos contenidos, con idéntica estructura, valoración y duración.</p> <p>Los alumnos en evaluación continua tendrán la ocasión de presentarse voluntariamente a realizar nuevamente ambas pruebas en la fecha del examen final, en cuyo caso se les sustituirá la calificación de las realizadas en las sesiones magistrales por la que obtengan en este examen.</p> <p>Para superar la asignatura será necesario obtener al menos una calificación de 4 sobre 10 en cada una de las dos pruebas de respuesta corta.</p> <p>En estas pruebas se evaluarán las competencias CE42 y CE43</p>	25	C42 C43
Resolución de problemas y/o ejercicios	<p>Como parte de la evaluación continua, se realizará una prueba que consistirá en la resolución de problemas y/o ejercicios, cuyo peso en la calificación final de la asignatura será del 15%. Esta prueba se realizará junto con la segunda prueba de respuesta corta durante una sesión magistral al concluir las sesiones de teoría y tendrá una duración de una hora en su conjunto. Los alumnos en evaluación continua tendrán la ocasión de presentarse voluntariamente a realizar nuevamente esta prueba en la fecha del examen final, en cuyo caso se les sustituirá la calificación de las realizadas en las sesiones magistrales por la que obtengan en esta convocatoria.</p> <p>Para los alumnos que no opten por la evaluación continua, en la fecha del examen final deben de realizar obligatoriamente la prueba de resolución de problemas y/o ejercicios, con idéntica estructura, valoración y duración.</p> <p>Para superar la asignatura será necesario obtener al menos una calificación de 4 sobre 10 en esta prueba.</p> <p>En esta prueba se evaluarán las competencias CE42 y CE43.</p>	15	C42 C43
Pruebas prácticas, de ejecución de tareas reales y/o simuladas.	<p>Todos los alumnos, opten o no por evaluación continua, deberán realizar las tareas de la práctica 2 y entregar un informe con los resultados y conclusiones obtenidos de la misma con anterioridad a la celebración de la última sesión práctica. Este trabajo y el informe supondrán un 15% de la calificación final de la asignatura.</p> <p>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.</p> <p>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. La prueba de laboratorio supondrá un 15% de la calificación final de la asignatura.</p> <p>Para superar la asignatura será necesario obtener al menos una calificación de 4 sobre 10 tanto en el trabajo y el informe correspondiente a la práctica 2 como en la prueba de laboratorio.</p> <p>En esta parte se evaluarán las competencias CE43 y CG13</p>	30	B13 C43

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:

- Las pruebas individuales finales escritas y de laboratorio supondrán idénticos porcentajes de la calificación final que en el caso de los alumnos que opten por evaluación continua.

- Deberán obligatoriamente realizar un proyecto, entregar el correspondiente informe y realizar la preceptiva presentación pública (en las mismas sesiones y con los mismos criterios de evaluación que la de los alumnos que opten por evaluación continua). El informe deberá entregarse al menos dos días antes de su presentación pública.

- Es indispensable realizar la entrega tanto del trabajo como el informe de la práctica 2.

Para superar la asignatura, los alumnos que no opten por evaluación continua deberán alcanzar en cada una de las pruebas y trabajos entregados, 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. Asimismo, aquellos alumnos que hayan alcanzado una puntuación suficiente en las pruebas escritas y de laboratorio, pero no en el proyecto o la presentación, sólo serán evaluados de esta parte, manteniéndoseles las calificaciones de las pruebas escritas y de laboratorio, a no ser que renuncien por escrito a todas estas calificaciones al menos siete días antes de la fecha del examen extraordinario. En este caso, deberán obligatoriamente realizar las dos pruebas escritas y la de laboratorio.

Fuentes de información

Bibliografía Básica

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

Stephen A. Campbell, **Fabrication Engineering at the Micro-and Nanoscale**, 4ª,

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

Bibliografía Complementaria

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.