



## DATOS IDENTIFICATIVOS

### Diseño microelectrónico

Asignatura	Diseño microelectrónico			
Código	V05G301V01317			
Titulación	Grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación			
Descriptores	Creditos ECTS	Seleccione	Curso	Cuatrimestre
	6	OP	3	2c
Lengua	#EnglishFriendly			
Impartición	Castellano			
Departamento				
Coordinador/a	Cao Paz, Ana María			
Profesorado	Cao Paz, Ana María Rodríguez Pardo, María Loreto			
Correo-e	amcaopaz@uvigo.es			
Web	<a href="http://moovi.uvigo.gal">http://moovi.uvigo.gal</a>			
Descripción general	<p>Los objetivos que se persiguen con esta asignatura son :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Conocer y comprender las tecnologías de fabricación de circuitos integrados (CIs) y sistemas electro-mecánicos micrométricos (MEMs)</li> <li>2) Conocer y comprender los procesos de fabricación de CIs y MEMs en tecnología CMOS.</li> <li>3) Analizar la estructura física de componentes pasivos y dispositivos activos en tecnología CMOS.</li> <li>4) Conocer y comprender los aspectos básicos del diseño de MEMs.</li> <li>5) Trabajar con herramientas informáticas de diseño de CIs en tecnología CMOS.</li> </ol> <p>Materia del programa English Friendly: Los/as estudiantes internacionales podrán solicitar al profesorado: a) materiales y referencias bibliográficas para el seguimiento de la materia en inglés, b) atender las tutorías en inglés, c) pruebas y evaluaciones en inglés.</p>			

## Resultados de Formación y Aprendizaje

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 previstos en la materia

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) en tecnología CMOS, así como las metodologías de diseño y los pasos para la especificación de un CI.	B6	C42 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

Adquirir habilidades de manejo de herramientas informáticas de diseño de CIs en tecnología CMOS.	B6 B9 B13	D4
Conocer y comprender los aspectos básicos del diseño de CIs analógicos y las estructuras básicas de los mismos en tecnología CMOS.		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
Lección magistral	18	45	63
Prácticas con apoyo de las TIC	13	19.5	32.5
Aprendizaje basado en proyectos	6	27	33
Presentación	1	2.5	3.5
Resolución de problemas y/o ejercicios	1	3.5	4.5

Resolución de problemas y/o ejercicios	2	7	9
Práctica de laboratorio	1	3,5	4,5

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

<b>Metodologías</b>	
	Descripción
Lección magistral	Consistirán en una exposición por parte del profesorado de aspectos relevantes de la materia, relacionados con contenidos acerca de los cuales el estudiantado debe haber realizado un trabajo preparatorio previo. El objetivo es fomentar la participación activa del alumnado, que podrá 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 C42 y C43.
Prácticas con apoyo de las TIC	El alumnado trabajará con una herramienta de diseño de circuitos integrados, mediante la cual llevará a cabo los pasos más importantes en la definición y comprobación del diseño físico de un circuito integrado a medida. La asistencia a las prácticas es obligatoria y se realizará un control de asistencia y aprovechamiento de cada sesión. Software utilizado: Electric y LTSpice. En estas sesiones se trabajarán las competencias C43 y B13.
Aprendizaje basado en 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 C43, B6, B9, B13 y D4
Presentación	Cada grupo deberá realizar una presentación pública del proyecto que ha llevado a cabo, y someterse a las preguntas de la audiencia (profesorado y alumnado de la asignatura). En estas sesiones se trabajarán las competencias C43, B6, B9 y D4

<b>Atención personalizada</b>	
Metodologías	Descripción
Lección magistral	El profesorado atenderá personalmente dudas y consultas sobre los contenidos teóricos. El estudiantado tendrá ocasión de acudir a tutorías individuales o en grupo. La información para solicitar las tutorías podrá consultarse en el perfil de MooVi del equipo docente: María Loreto Rodríguez Pardo: <a href="https://moovi.uvigo.gal/user/view.php?id=11332">https://moovi.uvigo.gal/user/view.php?id=11332</a> Ana María Cao Paz: <a href="https://moovi.uvigo.gal/user/view.php?id=11331">https://moovi.uvigo.gal/user/view.php?id=11331</a>
Prácticas con apoyo de las TIC	El profesorado atenderá personalmente dudas y consultas sobre los contenidos de las prácticas de laboratorio. El estudiantado tendrá ocasión de acudir a tutorías individuales o en grupo. La información para solicitar las tutorías podrá consultarse en el perfil de MooVi del equipo docente: María Loreto Rodríguez Pardo: <a href="https://moovi.uvigo.gal/user/view.php?id=11332">https://moovi.uvigo.gal/user/view.php?id=11332</a> Ana María Cao Paz: <a href="https://moovi.uvigo.gal/user/view.php?id=11331">https://moovi.uvigo.gal/user/view.php?id=11331</a>
Aprendizaje basado en proyectos	El profesorado atenderá personalmente dudas y consultas sobre los contenidos teóricos y prácticos del proyecto. El estudiantado tendrá ocasión de acudir a tutorías individuales o en grupo. La información para solicitar las tutorías podrá consultarse en el perfil de MooVi del equipo docente: María Loreto Rodríguez Pardo: <a href="https://moovi.uvigo.gal/user/view.php?id=11332">https://moovi.uvigo.gal/user/view.php?id=11332</a> Ana María Cao Paz: <a href="https://moovi.uvigo.gal/user/view.php?id=11331">https://moovi.uvigo.gal/user/view.php?id=11331</a>
Presentación	El profesorado atenderá personalmente dudas y consultas sobre la presentación de los correspondientes resultados del proyecto. El estudiantado tendrá ocasión de acudir a tutorías individuales o en grupo. La información para solicitar las tutorías podrá consultarse en el perfil de MooVi del equipo docente: María Loreto Rodríguez Pardo: <a href="https://moovi.uvigo.gal/user/view.php?id=11332">https://moovi.uvigo.gal/user/view.php?id=11332</a> Ana María Cao Paz: <a href="https://moovi.uvigo.gal/user/view.php?id=11331">https://moovi.uvigo.gal/user/view.php?id=11331</a>

<b>Evaluación</b>	
Descripción	Calificación Resultados de Formación y Aprendizaje

Aprendizaje basado en proyectos	<p>Cada grupo 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 los integrantes al conjunto. En base a dicha repartición de tareas, se podrá asignar una nota individual.</p> <p>La evaluación de los trabajos se basará en una lista de ítems que se dará a conocer previamente.</p> <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 C43, B6, B9, B13 y D4.</p>	25	B6 B9 B13	C43 D4
Presentación	<p>Se deberá realizar una exposición pública individual de la parte del proyecto que ha llevado a cabo cada integrante del grupo (incluyendo las tareas de planificación o coordinación si procede). Las presentaciones se llevarán a cabo en la última sesión presencial del grupo, de 1 hora de duración. El tiempo de presentación individual será de 5 minutos. Al final de la correspondiente presentación, el alumnado se someterá a las preguntas de la audiencia (profesorado y resto de estudiantado). La asistencia a la totalidad de la sesión de presentación es obligatoria. 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 los asistentes 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 del trabajo realizado por parte del estudiantado como las intervenciones adecuadas que se 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 C43, B6, B9 y D4.</p>	5	B6 B9	C43 D4
Resolución de problemas y/o ejercicios	<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. 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 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 C42 y C43</p>	25	C42 C43	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.</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 C42 y C43.</p>	15	C42 C43	C42 C43

Práctica de laboratorio	<p>Todo el estudiantado, opte o no por evaluación continua, deberá realizar la entrega de los archivos resultado de la realización de las prácticas. Las fechas para realizar cada entrega se comunicarán con suficiente antelación. La totalidad de estas entregas supondrá un 10% de la calificación final de la asignatura.</p> <p>Además, quienes opten o no por evaluación continua, deberán entregar un informe completo de acuerdo con las indicaciones del profesorado que se basará en los contenidos trabajados en las prácticas 1 y 2. Este trabajo supondrá un 10% 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 quienes no opten por evaluación continua. La prueba de laboratorio supondrá un 10% de la calificación final de la asignatura.</p> <p>Para superar la asignatura será necesario obtener al menos una calificación de 4 sobre 10 en cada una de las partes: entrega de los archivos de las prácticas, entrega del informe y prueba de laboratorio.</p> <p>En esta parte se evaluarán las competencias C43 y B13</p>	30	B13 C43
-------------------------	---	----	---------

### Otros comentarios sobre la Evaluación

#### Evaluación continua:

La planificación de las diferentes pruebas de evaluación continua se aprobará en una Comisión Académica de Grado (CAG) y estará disponible al principio del cuatrimestre

Para superar la asignatura, se 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 quienes no alcancen la puntuación mínima en alguna de las pruebas de evaluación será el menor valor entre 4.5 y la nota ponderada sobre 10.

#### Evaluación global:

La evaluación del alumnado que no opte 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 del alumnado que opte 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 quienes opten por evaluación continua). El informe deberá entregarse al menos dos días antes de su presentación pública.
- Es indispensable realizar la entrega tanto de los archivos resultado de la realización de las prácticas como el informe.

Para superar la asignatura, el estudiantado que opte por evaluación global deberá 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 quienes estén en evaluación continua.

El límite temporal para renunciar a la evaluación continua será de un mes antes de la fecha de finalización del periodo lectivo del cuatrimestre, de acuerdo con el calendario del centro. El procedimiento será enviando un correo al profesorado de la materia solicitando la renuncia a la evaluación continua.

#### Oportunidad extraordinaria y Convocatoria de fin de carrera:

Los requisitos para superar la asignatura serán los mismos que en la oportunidad ordinaria, en lo que respecta a las puntuaciones mínimas que se deben de alcanzar. El alumnado que desee presentarse deberá obligatoriamente realizar las dos pruebas escritas y la de laboratorio. Los informes de los proyectos, el trabajo de prácticas y los archivos de prácticas deberán entregarse al menos siete días antes de la fecha de la prueba.

### 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. Tsividis (eds.), **Design of analog VLSI circuits for telecommunications and signal processing**,

#### Bibliografía Complementaria

---

## **Recomendaciones**

---

### **Asignaturas que se recomienda haber cursado previamente**

---

Electrónica digital/V05G301V01203

Física: Fundamentos de electrónica/V05G301V01201

Tecnología electrónica/V05G301V01206

---

### **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.

En caso de detección de plagio en cualquiera de las pruebas de evaluación o trabajos entregados, la calificación final será de SUSPENSO (0) y el hecho será comunicado a la dirección del Centro para los efectos oportunos

---