



## DATOS IDENTIFICATIVOS

### Diseño y Fabricación de Circuitos Integrados

Asignatura	Diseño y Fabricación de Circuitos Integrados			
Código	V05M145V01215			
Titulación	Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación			
Descriptores	Creditos ECTS	Seleccione	Curso	Cuatrimestre
	5	OP	1	2c
Lengua Impartición	Castellano			
Departamento				
Coordinador/a	Cao Paz, Ana María			
Profesorado	Cao Paz, Ana María			
Correo-e	amcaopaz@uvigo.es			
Web				
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 metodologías de diseño de circuitos electrónicos integrados basados en tecnología CMOS.</li> <li>2) Conocer las topologías básicas utilizadas en circuitos electrónicos analógicos.</li> <li>3) Saber analizar y dimensionar los dispositivos que forman las topologías básicas los circuitos analógicos en tecnología CMOS.</li> <li>4) Conocer y saber utilizar herramientas software de ayuda al diseño de circuitos integrados.</li> <li>5) Saber especificar un circuito electrónico integrado para su fabricación en tecnología CMOS.</li> </ol>			

## Resultados de Formación y Aprendizaje

Código	
A4	CB4 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.
A5	CB5 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.
B8	CG8 Capacidad para la aplicación de los conocimientos adquiridos y resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinarios, siendo capaces de integrar conocimientos.
C10	CE10 Capacidad para diseñar y fabricar circuitos integrados.

## Resultados previstos en la materia

Resultados previstos en la materia	Resultados de Formación y Aprendizaje
Conocer las metodologías de diseño de circuitos electrónicos integrados.	C10
Conocer las topologías básicas utilizadas en circuitos electrónicos analógicos.	C10
Saber analizar y dimensionar los dispositivos que forman las topologías básicas de circuitos analógicos	A5 B8 C10
Conocer herramientas software de ayuda al diseño de circuitos integrados.	C10
Saber especificar un circuito electrónico para su fabricación	A4 C10

## Contenidos

Tema
------

Tema 1: Introducción (1h)	Introducción a la materia. Objetivos y planificación del curso. Conceptos básicos de diseño microelectrónico de circuitos integrados (CI).
Tema 2: Secuencias de fabricación de CIs (1h)	Introducción a la fabricación de CIs. Tecnología planar. Secuencia de fabricación de CIs en tecnología CMOS. Estructura de un transistor MOS. Ejemplo de fabricación: inversor CMOS. Patrón de máscaras (layout). Reglas tecnológicas de diseño. Metodologías y herramientas de ayuda al diseño.
Tema 3. Estructura física de dispositivos básicos y estrategias de trazado (1h)	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. Estrategias para la realización de transistores con elevada relación de aspecto. Estrategias para transistores apareados.
Tema 4. Topologías básicas de Amplificador (2h)	Topología en Fuente común. Topología en Drenador común. Topología en Puerta común. Topología Cascode. Amplificador Push_Pull. Ejemplos de diseño físico.
Tema 5. Espejo de corriente (3h)	Fuentes de corriente. Estructura básica de un espejo. Análisis de funcionamiento. Repuesta en frecuencia. Topología Cascode. Ejemplos de diseño físico.
Tema 6. Par diferencial (3h)	Estructura del Par Diferencial. Análisis en continua. Análisis en alterna. Especificaciones y diseño de la estructura física de un amplificador diferencial con topología autopolarizada. Relación de rechazo en modo común. Apareamiento de transistores. Limitaciones de slew rate. Ejemplos de diseño físico.
Tema 7. Amplificador operacional (2h)	Amplificador operacional con dos etapas. Parámetros de diseño. Amplificador de transconductancia (OTA). Ejemplos de diseño físico.
Tema 8. Preparación para la fabricación (2h)	Distribución de plano base. PAD y terminales. Formatos de especificación. Encapsulados.
Práctica 1. Introducción a las herramientas de diseño de circuitos integrados (2h)	Introducción a las herramientas de diseño de circuitos electrónicos analógicos integrados. Ejemplo sobre un espejo de corriente. Simulación eléctrica. Diseño, comprobación (DRC) y extracción del diseño físico.
Práctica 2. Diseño de un par diferencial autopolarizado (2h)	Especificación eléctrica. Caracterización de parámetros de funcionamiento DC. Caracterización de parámetros de funcionamiento AC.
Práctica 3. Diseño de un par diferencial autopolarizado II (2h)	Especificación física. Comprobación de reglas de diseño. Extracción del circuito. Comprobación de funcionamiento.
Práctica 4. Diseño de un circuito amplificador de transconductancia (2h).	Especificación eléctrica. Especificación física. Comprobación de funcionamiento.
Práctica 5. Preparación para fabricación (2h).	Para el circuito obtenido en la práctica 4 realizar los pasos necesarios para crear la información necesaria para enviar a fabricación el circuito.

## Planificación

	Horas en clase	Horas fuera de clase	Horas totales
Lección magistral	13	26	39
Trabajo tutelado	4	28	32
Prácticas de laboratorio	9	22.5	31.5
Resolución de problemas y/o ejercicios	1	3	4
Resolución de problemas y/o ejercicios	1	3	4
Práctica de laboratorio	1	7	8
Trabajo	1	5.5	6.5

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

## Metodologías

	Descripción
Lección 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. En esta metodología se trabaja la competencia A5 y C10

Trabajo tutelado	<p>Se establecerán grupos de trabajo que llevarán a cabo el diseño 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:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Debate acerca de posibles soluciones y alternativas de diseño.</li> <li>- Análisis y seguimiento de la solución propuesta para el proyecto.</li> <li>- Memoria con la presentación y el análisis de los resultados obtenidos.</li> <li>- Presentación y debate de resultados</li> </ul> <p>En esta metodología se trabaja la competencia A4, A5, B8 y la C10</p>
Prácticas de laboratorio	<p>El alumnado trabajará con una herramienta de diseño de circuitos integrados, mediante la cual llevará a cabo la definición de un circuito electrónico tanto a nivel eléctrico como físico, la comprobación del cumplimiento de especificaciones y la preparación del diseño para el envío a fabricación. Se realizará un control de asistencia y aprovechamiento de la sesión.</p> <p>En esta metodología se trabaja la competencia A5, B8 y la C10</p>

### Atención personalizada

Metodologías	Descripción
Lección magistral	<p>El profesorado atenderá personalmente dudas y consultas del estudiantado sobre los contenidos teóricos. El alumnado tendrá ocasión de acudir a tutorías personalizadas o en grupo. La información para solicitar tutorías podrá consultarse en el perfil de MooVi del profesorado: 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></p>
Prácticas de laboratorio	<p>El profesorado atenderá personalmente dudas y consultas del estudiantado sobre las tareas previas a las prácticas de laboratorio, así como los propios contenidos de las prácticas. El alumnado tendrá ocasión de acudir a tutorías personalizadas o en grupo. La información para solicitar tutorías podrá consultarse en el perfil de MooVi del profesorado: 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></p>
Trabajo tutelado	<p>El profesorado atenderá personalmente dudas y consultas del estudiantado sobre las especificaciones y aspectos teóricos y prácticos relativos del proyecto asignado, así como al contenido y estructura de la memoria justificativa del proyecto. Además, orientará al alumnado sobre la estructura y contenido de las sesiones de presentación y defensa de los resultados alcanzados en el proyecto. El estudiantado tendrá ocasión de acudir a tutorías personalizadas o en grupo. La información para solicitar tutorías podrá consultarse en el perfil de MooVi del profesorado: 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></p>

### Evaluación

Descripción	Calificación	Resultados de Formación y Aprendizaje
<p>Resolución de problemas y/o ejercicios</p> <p>Como parte de la evaluación continua, se realizará a mediados de curso una prueba individual escrita, de 60 minutos, durante una de las sesiones magistrales. Esta prueba supondrá un 20% de la calificación final. Para superar la asignatura será necesario obtener al menos una calificación de 4 sobre 10 en esta prueba. En esta prueba se evalúan las competencias C10 y A4.</p>	20	A4 C10
<p>Resolución de problemas y/o ejercicios</p> <p>Como parte de la evaluación continua, al finalizar la materia se realizará una prueba individual escrita, de 60 minutos, durante una de las sesiones magistrales. Esta prueba supondrá un 20% de la calificación final. Para superar la asignatura será necesario obtener al menos una calificación de 4 sobre 10 en esta prueba. En esta prueba se evalúan las competencias C10, A4 y B8.</p>	20	A4 B8 C10
<p>Práctica de laboratorio</p> <p>Como parte de la evaluación continua de la asignatura, cada estudiante será evaluado de cada una de las prácticas. En la evaluación se tendrá en cuenta el trabajo de preparación previo a la realización de la práctica, la asistencia, la puntualidad y el aprovechamiento. La calificación total de las prácticas se obtendrá como media aritmética de la calificación de cada una de ellas. La nota de prácticas no se conserva para sucesivos cursos académicos. En esta parte se evalúan las competencias C10, A4, A5 y B8.</p>	20	A4 B8 C10 A5

Trabajo	<p>La evaluación del trabajo se realizará a partir de la memoria justificativa y de la presentación pública de resultados. Cada grupo de alumnos/as deberá entregar una memoria del trabajo 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:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis de alternativas</li> <li>- Correcta realización y comprobación del diseño</li> <li>- Compactación del diseño</li> <li>- 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.</li> <li>- Información para la fabricación del circuito integrado.</li> <li>- Aspectos formales: claridad y orden, inclusión de figuras y datos adecuados y relevantes, así como de explicaciones pertinentes, concretas y completas.</li> </ul> <p>Cada alumno/a 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).</p> <p>Las presentaciones de los alumnos/as pertenecientes a cada grupo se llevarán a cabo en la misma sesión, de 1 hora de duración. Cada alumno/a dispondrá de 5 minutos para su presentación. Al final de las presentaciones, el alumnado se someterá a las preguntas del profesorado y de otros alumnos/as de la asignatura que voluntariamente asistan a 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/as que realicen preguntas pertinentes. Dicha valoración se añadiría a la que obtengan de su propia exposición personal.</p> <p>La memoria justificativa deberá entregarse al menos dos días antes de la presentación pública del trabajo. Para superar la asignatura, será necesario que el grupo al que pertenece el alumno/a obtenga al menos una calificación de 5 sobre 10 en la memoria. Para superar la asignatura, es necesario obtener al menos una calificación de 5 sobre 10 en la presentación pública. En la nota final del proyecto la nota de la memoria tendrá un peso del 70% y la presentación un 30%.</p> <p>En esta prueba se evalúan las competencias C10, A4, A5 y B8.</p>	40	A4 B8 C10 A5
---------	---	----	-----------------

---

### Otros comentarios sobre la Evaluación

#### Evaluación continua:

La planificación de las distintas pruebas de evaluación se notificarán al alumnado el primer día de clases.

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 estudiantado que no opten por evaluación continua será como sigue:

- Un examen final cuya nota será el 50% de la nota de la asignatura. Constará de dos partes: Cuestiones de respuesta corta y resolución de problemas. La parte de cuestiones supondrá un 50% de la nota del examen y la resolución de problemas el otro 50%. Para poder calcular la nota es necesario obtener al menos el 50% de la nota máxima de cada parte.

- 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). La memoria justificativa deberá entregarse al menos dos días antes de su presentación pública. La nota del proyecto supondrá el 50% de la nota total de la asignatura. La memoria supondrá el 70% de la nota del proyecto y la presentación el 30%. Para poder calcular la nota es necesario sacar en cada parte al menos el 50% de la nota máxima correspondiente.

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.

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.

### **Oportunidad extraordinaria:**

El alumnado que acuda a esta convocatoria será evaluado de forma idéntica a la evaluación global:

- Un examen cuya nota será el 50% de la nota de la asignatura. Constará de dos partes: Cuestiones de respuesta corta y resolución de problemas. La parte de cuestiones supondrá un 50% de la nota del examen y la resolución de problemas el otro 50%. Para poder calcular la nota es necesario obtener al menos el 50% de la nota máxima de cada parte.

- Deberán obligatoriamente realizar un proyecto, entregar el correspondiente informe y realizar la preceptiva presentación pública. La memoria justificativa deberá entregarse al menos dos días antes de su presentación. La nota del proyecto supondrá el 50% de la nota total de la asignatura. La memoria supondrá el 70% de la nota del proyecto y la presentación el 30%. Para poder calcular la nota es necesario sacar en cada parte al menos el 50% de la nota máxima correspondiente.

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.

---

### **Fuentes de información**

#### **Bibliografía Básica**

R. Jacob Baker, **CMOS Circuits desing, Layout and Simulation**, 3º, John Wiley and Sons, 2010

Paul R. Gray, Paul J. Hurst, Stephen H. Lewis, Robert G. Meyer, **Analysis and Design of Analog Integrated Circuits**, 5º, John Wiley and Sons, 2010

Behzad Razavi, **Design of Analog CMOS Integrated Circuits**, 2º, McGraw Hill, 2017

Stephen A. Campbell, **Fabrication Engineering at the micro-and nanoscale**, 4º, Oxford University Press, 2012

#### **Bibliografía Complementaria**

---

### **Recomendaciones**

#### **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