



## DATOS IDENTIFICATIVOS

### Diseño microelectrónico

Materia	Diseño microelectrónico			
Código	V05G306V01317			
Titulación	Grao en Enxeñaría de Tecnoloxías de Telecomunicación (docencia en inglés)			
Descritores	Creditos ECTS 6	Sinale OP	Curso 3	Cuadrimestre 2c
Lingua de impartición	#EnglishFriendly Castelán			
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>			
Descrición xeral	<p>Os obxectivos que se perseguen con esta materia son :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Coñecer e comprender as tecnoloxías de fabricación de circuitos integrados (CIs) e sistemas electro-mecánicos micrométricos (MEMs)</li> <li>2) Coñecer e comprender os procesos de fabricación de CIs e MEMs en tecnoloxía CMOS.</li> <li>3) Analizar a estrutura física de compoñentes pasivos e dispositivos activos en tecnoloxía CMOS.</li> <li>4) Coñecer e comprender os aspectos básicos do deseño de MEMs.</li> <li>5) Traballar con ferramentas informáticas de deseño de CIs en tecnoloxía CMOS.</li> </ol> <p>Materia do programa English Friendly. Os/ as estudantes internacionais poderán solicitar ao profesorado: a) materiais e referencias bibliografías para o seguimento da materia en inglés, b) atender as titorías en inglés, c) probas e avaliacións en inglés.</p>			

## Resultados de Formación e Aprendizaxe

Código	
B6	CG6 Facilitade para o manexo de especificacións, regulamentos e normas de obrigado cumprimento.
B9	CG9 Capacidade para traballar nun grupo multidisciplinar e nunha contorna multilingüe e de comunicar, tanto por escrito como de forma oral, coñecementos, procedementos, resultados e ideas relacionadas coas telecomunicacións e a electrónica.
B13	CG13 Capacidade para manexar ferramentas software que apoiem a resolución de problemas en enxeñaría.
C42	(CE42/SE4): Capacidade para aplicar a electrónica como tecnoloxía de soporte noutros campos e actividades, e non só no ámbito das Tecnoloxías da Información e as Comunicacións.
C43	(CE43/SE5): Capacidade de deseñar circuitos de electrónica analóxica e dixital, de conversión analóxico-dixital e dixital-analóxica, de radiofrecuencia, de alimentación e conversión de enerxía eléctrica para aplicacións de telecomunicación e computación.
D4	CT4 Favorecer o traballo cooperativo, as capacidades de comunicación, organización, planificación e aceptación de responsabilidades nun ambiente de traballo multilingüe e multidisciplinar, que favoreza a educación para a igualdade, para a paz e para o respecto dos dereitos fundamentais.

## Resultados previstos na materia

Resultados previstos na materia		Resultados de Formación e Aprendizaxe
Coñecer e comprender os procesos de fabricación de circuitos integrados (CIs) e sistemas electro-mecánicos micrométricos (MEMs) en tecnoloxía CMOS, así como as metodoloxías de deseño e os pasos para a especificación dun CI.	B6	C42 C43

Comprender e ser capaz de analizar a estrutura física de resistencias, condensadores e transistores para a súa inclusión en CIs de tecnoloxía CMOS.	B6 B9	C43	D4
Adquirir habilidades de manexo de ferramentas informáticas de deseño de CIs en tecnoloxía CMOS.	B6 B9 B13		D4
Coñecer e comprender os aspectos básicos do deseño de CIs analóxicos e as estruturas básicas dos mesmos en tecnoloxía CMOS.		C42	

## Contidos

### Tema

Tema 1: Introducción (1h)	Introdución á materia. Obxectivos e planificación do curso. Conceptos básicos de deseño microelectrónico de circuitos integrados (CIs) e de sistemas electro-mecánicos micrométricos (MEMs).
Tema 2: Secuencias de fabricación de CIs e MEMs (2h)	Introdución á fabricación de CIs e MEMs. Tecnoloxía planar. Tecnoloxías de micromecanizado e micromoldeo. Secuencia de fabricación de CIs en tecnoloxía CMOS. Estrutura dun transistor MOS. Exemplo de fabricación: inversor CMOS. Patrón de máscaras (layout). Secuencias de fabricación de MEMs: micromecanizado en volume (bulk micromachining), en superficie (surface micromachining) e LIGA.
Tema 3. Procesos para a fabricación de CIs e *MEMs (3*h)	Obleas de Silicio. Capa epitaxial. Capas dieléctricas. Oxidación. Deposición. Capas semiconductoras. Difusión de impurezas. Implantación iónica. Fitolitografía. Ataque. Metalización.
Tema 4. Modelado de transistores MOS (3h).	O transistor MOS: modelo analítico. Efectos da integración e a miniaturización no comportamento dos dispositivos. Fundamentos de modelado e simulación con Spice. Modelos Spice de transistores MOS.
Tema 5. Estrutura física de dispositivos básicos (2h)	Especificación da estrutura física dun transistor MOS. Especificación da estrutura física dunha resistencia. Especificación da estrutura física dun condensador. Tipos de especificación física. Influencia do deseño físico no comportamento dun dispositivo. Regras tecnolóxicas de deseño. Metodoloxías e ferramentas de axuda ao deseño.
Tema 6. Estratexias de trazado físico de resistencias (1h)	Magnitudes xeométricas efectivas. Influencia dos terminales. Estruturas alongadas. Estruturas baseadas en resistencias unitarias. Efectos do sobreatacado e erros por veciñanza. Estrutura entrelazada e centroide común.
Tema 7. Estratexias de trazado físico de condensadores (1h)	Erros de capacidade por gradientes no espesor do óxido. Erros en condensadores por sobreatacado. Erros debidos a efectos de veciñanza. Erros debidos a efectos de borde.
Tema 8. Estratexias de trazado físico de transistores (2h)	Estratexias para a realización de transistores con elevada relación de aspecto. Estratexias para transistores apareados. Criterios de distribución do trazado.
Tema 9. Exemplos de deseño físico (3h)	Especificacións e deseño da estrutura física dun espello de corrente. Especificacións e deseño da estrutura física dun amplificador diferencial con topoloxía autopolarizada.
Práctica 1. Introducción ás ferramentas de deseño de circuitos integrados (2h)	Introdución ás ferramentas de deseño físico. Creación e comprobación (DRC) de layouts con formas básicas e transistores nMOS e pMOS individuais. Utilización de formas básicas e transistores predeseñados.
Práctica 2. Inversor CMOS (4h)	Creación, comprobación e simulación do esquema eléctrico dun inversor CMOS. Axuste para resposta simétrica. Caracterización mediante simulación do comportamento do inversor CMOS con carga capacitiva. Creación e comparación do layout do inversor CMOS. Comparación de layout e esquema (LVS). Simulación do comportamento eléctrico do layout (sen e con carga) e comparación co do esquema eléctrico.
Práctica 3. Estratexias de trazado físico de transistores MOS (2h)	Creación e comprobación do layout de transistores entrelazados e apilados. Capas específicas para minimización de efectos de veciñanza.
Práctica 4. Layout de bloques funcionais analóxicos: espello de corrente e par diferencial (3h)	Creación e comprobación dos layouts dun espello de corrente básico e dun par diferencial pMOS autopolarizado.
Práctica 5. Estratexias de trazado físico de compoñentes pasivos (2h)	Creación e comprobación do layout de resistencias e condensadores integrados. Estruturas: lineal, serpe, entrelazada e apilada. Capas específicas para minimización de efectos de veciñanza.

## Planificación

	Horas na aula	Horas fóra da aula	Horas totais
Lección maxistral	18	45	63
Prácticas con apoio das TIC	13	19.5	32.5
Aprendizaxe baseado en proxectos	6	27	33
Presentación	1	2.5	3.5

Resolución de problemas e/ou exercicios	1	3.5	4.5
Resolución de problemas e/ou exercicios	2	7	9
Práctica de laboratorio	1	3.5	4.5

\*Os datos que aparecen na táboa de planificación son de carácter orientador, considerando a heteroxeneidade do alumnado.

### Metodoloxía docente

	Descrición
Lección maxistral	Consistirán nunha exposición por parte do profesorado de aspectos relevantes da materia, relacionados con contidos acerca dos cales o estudiantado debe realizar un traballo preparatorio previo. O obxectivo é fomentar a participación activa do alumnado, que poderá realizar preguntas ou expor dúbidas durante a sesión. Para unha mellor comprensión de determinados contidos, expóranse exemplos prácticos ou analizaranse casos de estudo. Realizarase un control de asistencia. Nestas sesións traballaranse as competencias C42 e C43
Prácticas con apoio das TIC	O alumnado traballará cunha ferramenta de deseño de circuítos integrados, mediante a cal levará a cabo os pasos máis importantes na definición e comprobación do deseño físico dun circuítio integrado a medida. Realizarase un control de asistencia e aproveitamento de cada sesión. Software empregado: Electric e LTSpice. Nestas sesións traballaranse as competencias C43 e B13
Aprendizaxe baseado en proxectos	Estableceranse grupos de traballo que levarán a cabo o deseño físico e comprobación dun circuítio composto por compoñentes pasivos e dispositivos activos. Disporase de grupos pequenos (C), que permitirán realizar un seguimento do desenvolvemento dos proxectos. Realizarase un control de asistencia. As actividades a desenvolver nos grupos C son: - Debate acerca de posibles solucións e alternativas de deseño. - Análise e seguimento da solución proposta para o proxecto. - Demostración dos circuítos deseñados no proxecto. Presentación, análise e debate de resultados. Nestas sesións traballaranse as competencias C43, B6, B9, B13 e D4
Presentación	Cada grupo deberá realizar unha presentación pública do proxecto que levou a cabo, e someterse ás preguntas da audiencia (profesorado e alumnado da materia). Nestas sesións traballaranse as competencias C43, B6, B9 e D4

### Atención personalizada

Metodoloxías	Descrición
Lección maxistral	O profesorado atenderá persoalmente dúbidas e consultas sobre os contidos teóricos. O estudiantado terá ocasión de acudir a titorías individuais ou en grupo. A información para solicitar as titorías poderá consultarse no perfil de MooVi do 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 apoio das TIC	O profesorado atenderá persoalmente dúbidas e consultas sobre os contidos das prácticas de laboratorio. O estudiantado terá ocasión de acudir a titorías individuais ou en grupo. A información para solicitar as titorías poderá consultarse no perfil de MooVi do 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>
Aprendizaxe baseado en proxectos	O profesorado atenderá persoalmente dúbidas e consultas sobre os contidos teóricos e prácticos do proxecto. O estudiantado terá ocasión de acudir a titorías individuais ou en grupo. A información para solicitar as titorías poderá consultarse no perfil de MooVi do 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	O profesorado atenderá persoalmente dúbidas e consultas sobre a presentación dos correspondentes resultados do proxecto. O estudiantado terá ocasión de acudir a titorías individuais ou en grupo. A información para solicitar as titorías poderá consultarse no perfil de MooVi do 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>

### Avaliación

Descrición	Cualificación	Resultados de Formación e Aprendizaxe

Aprendizaxe baseado en proxectos	<p>Cada grupo deberá entregar o deseño que levou a cabo no seu proxecto no formato da ferramenta de deseño de circuítos integrados utilizada. Para superar a materia, o deseño deberá cumprir as regras tecnolóxicas e axustarse ás especificacións esixidas. Ademais, cada grupo deberá entregar un informe detallado do proxecto, con indicación expresa da contribución de cada un dos integrantes ao conxunto, así como da metodoloxía que seguiron para a repartición e coordinación das tarefas. En base a devandita repartición de tarefas, poderase asignar unha nota individual.</p> <p>A avaliación dos traballos basearase nunha lista de items que se dará a coñecer previamente.</p> <p>O informe deberá entregarse na data indicada na planificación da materia e será de polo menos dous días antes da presentación pública do mesmo. Para superar a materia, será necesario obter polo menos unha cualificación de 5 sobre 10 no proxecto (deseño e informe).</p> <p>Nestes proxectos avaliaranse as competencias C43, B6, B9, B13 e D4.</p>	25	B6 B9 B13	C43	D4
Presentación	<p>Deberáse realizar unha exposición pública individual da parte do proxecto que levou a cabo cada integrante do grupo (incluíndo as tarefas de planificación ou coordinación se procede). As presentacións levaranse a cabo na última sesión presencial do devandito grupo, de 1 hora de duración. O tempo da exposición individual será de 5 minutos. Ao final das presentacións, o alumnado someterase ás preguntas da audiencia (profesorado e resto do estudantado). A asistencia á totalidade da sesión é obrigatoria. A avaliación basearase tanto no contido e os aspectos formais da presentación realizada como nas respostas ás preguntas expostas. Poderase así mesmo valorar positivamente aos asistentes que realicen preguntas pertinentes. A nota obtida na exposición terá unha parte común, que será aquela que corresponda ás tarefas realizadas conxuntamente e unha parte individual na que se terá en conta tanto a defensa do traballo realizado como as intervencións adecuadas que realicen ao finalizar as presentacións dos outros grupos. Para superar a materia, é necesario obter polo menos unha cualificación de 5 sobre 10 na presentación pública.</p> <p>Nestas presentacións avaliaranse as competencias C43, B6, B9 e D4.</p>	5	B6 B9	C43	D4
Resolución de problemas e/ou exercicios	<p>Como parte da avaliación continua, realizaranse dúas probas individuais escritas. A primeira delas de 1 hora (durante unha das sesións maxistras) correspondente aos contidos das sesións maxistras ata a data. A proba consistirá nun conxunto de preguntas de resposta curta, cuxo peso na cualificación final da materia será do 20%.</p> <p>A segunda proba individual escrita realizarase tamén durante unha sesión maxistral ao finalizar os contidos teóricos. O peso desta segunda proba de resposta curta será do 5% na nota final da materia. Realizarase xunto coa proba de problemas e/ou exercicios e terá na súa totalidade unha duración de 1 hora. Para superar a materia será necesario obter polo menos unha cualificación de 4 sobre 10 en cada unha das dúas probas de resposta curta.</p> <p>Nestas probas avaliaranse as competencias C42 e C43</p>	25		C42 C43	
Resolución de problemas e/ou exercicios	<p>Como parte da avaliación continua, realizarase unha proba que consistirá na resolución de problemas e/ou exercicios, cuxo peso na cualificación final da materia será do 15%. Esta proba realizarase xunto coa segunda proba de resposta curta durante unha sesión maxistral ao concluír as sesións de teoría e terá unha duración dunha hora no seu conxunto.</p> <p>Para superar a materia será necesario obter polo menos unha cualificación de 4 sobre 10 nesta proba.</p> <p>Nesta proba avaliaranse as competencias C42 e C43.</p>	15		C42 C43	
Práctica de laboratorio	<p>Todo o alumnado, opte ou non por avaliación continua, deberá realizar a entrega dos arquivos resultado da realización das prácticas. As datas para realizar cada entrega comunicaranse con suficiente antelación. A totalidade destas entregas supoñerá un 10% da cualificación final da materia.</p> <p>Todo o estudantado, opte ou non por avaliación continua, deberá entregar un informe completo de acordo coas indicacións do profesorado que se baseará nos contidos traballados nas prácticas 1 e 2. Este traballo supoñerá un 10% da cualificación final da materia</p> <p>Como parte da avaliación continua, na última sesión práctica realizarase unha proba individual, de 1 hora de duración, para a que se utilizará a ferramenta de deseño de circuítos integrados. Na data do exame final realizarase outra proba deste tipo, de 1 hora de duración, para quen non opte pola avaliación continua. A proba de laboratorio supoñerá un 10% da cualificación final da materia.</p> <p>Para superar a materia será necesario obter polo menos unha cualificación de 4 sobre 10 en cada unha das partes: entrega dos arquivos das prácticas, entrega do informe e proba de laboratorio.</p> <p>Nesta parte avaliaranse as competencias C43 e B13</p>	30	B13	C43	

---

## **Outros comentarios sobre a Avaliación**

---

### **Avaliación continua:**

A planificación das diferentes probas de avaliación intermedia aprobarase nunha Comisión Académica de Grao ( CAG) e estará dispoñible ao principio do cuadrimestre

Para superar a materia, deberase alcanzar unha cualificación global, resultado da ponderación das distintas avaliacións parciais, de polo menos 5 puntos sobre 10, ademais de alcanzar a puntuación mínima necesaria en cada unha das devanditas avaliacións parciais. A cualificación final para aqueles que non alcancen a puntuación mínima nalgunha delas será o menor valor entre 4.5 e a nota ponderada sobre 10.

### **Avaliación global:**

A avaliación do estudantado que non opte por avaliación continua será como segue:

- As probas individuais finais escritas e de laboratorio supoñerán idénticas porcentaxes da cualificación final que no caso do alumnado que opte por avaliación continua.
- Deberán obrigatoriamente realizar un proxecto, entregar o correspondente informe e realizar a preceptiva presentación pública (nas mesmas sesións e cos mesmos criterios de avaliación que o estudantado que opte por avaliación continua). O informe deberá entregarse polo menos dous días antes da súa presentación pública.
- É indispensable realizar a entrega tanto dos arquivos resultado da realización das prácticas como o informe.

Para superar a materia, o estudantado que non opte pola avaliación continua deberá alcanzar en cada unha das probas e traballos entregados, así como no informe e na presentación pública, as mesmas puntuacións mínimas que o alumnado en avaliación continua.

O límite temporal para renunciar á avaliación continua será dun mes antes da data de finalización do período lectivo do cuadrimestre, acorde ao calendario do centro. O procedemento será enviando un correo ao profesorado da materia solicitando a renuncia á avaliación continua.

### **Oportunidade extraordinaria e Convocatoria de fin de carreira:**

Os requisitos para superar a materia serán os mesmos que na oportunidade ordinaria, en canto ás puntuacións mínimas que se deben acadar. O alumnado que desexe presentarse deberá obrigatoriamente realizar as dúas probas escritas e a de laboratorio. Os informes dos proxectos, o traballo de prácticas e os ficheiros de practicas deberán entregarse polo menos sete días antes da data da proba.

---

## **Bibliografía. Fontes 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**

---

## **Recomendacións**

### **Materias que se recomenda ter cursado previamente**

Electrónica dixital/V05G301V01203

Física: Fundamentos de electrónica/V05G301V01201

Tecnoloxía electrónica/V05G301V01206

### **Outros comentarios**

Tanto nas probas escritas como na redacción dos informes, deben xustificarse todas as conclusións alcanzadas. Á hora de avaliar, non se dará ningún concepto non trivial por sobreentendido e terase en conta o método empregado para resolver as distintas cuestións que se plantexen. Para a realización das probas escritas non se permitirá o uso de ningunha documentación ou outro tipo de recurso auxiliar similar.

No caso de detección de plaxio en calquera das probas de avaliación ou traballos entregados, a cualificación final será de SUSPENSO (0) e o feito será comunicado á dirección do Centro para os efectos oportunos.