



DATOS IDENTIFICATIVOS

Diseño microelectrónico

Materia	Diseño microelectrónico			
Código	V05G300V01622			
Titulación	Grao en Enxeñaría de Tecnoloxías de Telecomunicación			
Descritores	Creditos ECTS	Sinale	Curso	Cuadrimestre
	6	OP	3	2c
Lingua de impartición	Castelán			
Departamento	Tecnoloxía electrónica			
Coordinador/a	Cao Paz, Ana María			
Profesorado	Cao Paz, Ana María Rodríguez Pardo, María Loreto			
Correo-e	amcaopaz@uvigo.es			
Web	http://fatic.uvigo.es			
Descrición xeral	Os obxectivos que se perseguen con esta materia son : 1) Coñecer e comprender as tecnoloxías de fabricación de circuítos integrados (CIs) e sistemas electro-mecánicos micrométricos (MEMs) 2) Coñecer e comprender os procesos de fabricación de CIs e MEMs en tecnoloxía CMOS. 3) Analizar a estrutura física de compoñentes pasivos e dispositivos activos en tecnoloxía CMOS. 4) Coñecer e comprender os aspectos básicos do deseño de MEMs. 5) Traballar con ferramentas informáticas de deseño de CIs en tecnoloxía CMOS.			

Competencias

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 apoién 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 Comunicións.
C43	(CE43/SE5): Capacidade de deseñar circuítos 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 de aprendizaxe

Resultados previstos na materia	Resultados de Formación e Aprendizaxe		
Coñecer e comprender os procesos de fabricación de circuítos integrados (CIs) e sistemas electro-mecánicos micrométricos (MEMs)		C42	
Coñecer e comprender os procesos de fabricación de CIs e MEMs en tecnoloxía CMOS, así como as metodoloxías de deseño e os pasos para a especificación dun CI.	B6	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
Coñecer e comprender os aspectos básicos do deseño de MEMs e as estruturas básicas dos mesmos.		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 semicondutoras. Difusión de impurezas. Implantación iónica. Fotolitografía. 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 terminais. Estructuras alongadas. Estructuras 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. Estructuras: 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 en aulas informáticas	13	19.5	32.5
Aprendizaxe baseado en proxectos	6	27	33
Presentacións/exposicións	1	2.5	3.5
Probas de resposta curta	1	3.5	4.5
Resolución de problemas e/ou exercicios	2	7	9

*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 profesor de aspectos relevantes da materia, relacionados con contidos acerca dos cales o alumno debe realizar un traballo preparatorio previo. O obxectivo é fomentar a participación activa dos alumnos, que poderán realizar preguntas ou expor dúbidas durante a sesión. Para unha mellor comprensión de determinados contidos, expóñanse exemplos prácticos ou analízanse casos de estudo. Realízase un control de asistencia. Nestas sesións traballaranse as competencias CE42 e CE43
Prácticas en aulas informáticas	Os alumnos organizaranse en grupos de dúas persoas. Traballarán cunha ferramenta de deseño de circuitos integrados, mediante a cal levarán a cabo os pasos máis importantes na definición e comprobación do deseño físico dun circuito integrado a medida. Realízase un control de asistencia e aproveitamento de cada sesión. Nestas sesións traballaranse as competencias CE43 e CG13
Aprendizaxe baseado en proxectos	Estableceranse grupos de traballo que levarán a cabo o deseño físico e comprobación dun circuito composto por compoñentes pasivos e dispositivos activos. Dispóñase de grupos pequenos (C), que permitirán realizar un seguimento do desenvolvemento dos proxectos. Realízase 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 circuitos deseñados no proxecto. Presentación, análise e debate de resultados. Nestas sesións traballaranse as competencias CE43, CG6, CG9, CG13 e CT4
Presentacións/exposicións	Cada grupo de alumnos deberá realizar unha presentación pública do proxecto que levou a cabo, e someterse ás preguntas da audiencia (profesores e alumnos da materia). Nestas sesións traballaranse as competencias CE43, CG6, CG9 e CT4

Atención personalizada	
Metodoloxías	Descrición
Lección maxistral	O profesorado atenderá persoalmente dúbidas e consultas dos estudantes sobre os contidos teóricos. Os estudantes terán ocasión de acudir a titorías individuais ou en grupo.
Prácticas en aulas informáticas	O profesorado atenderá persoalmente dúbidas e consultas dos estudantes sobre os contidos das prácticas de laboratorio. Os estudantes terán ocasión de acudir a titorías individuais ou en grupo.
Aprendizaxe baseado en proxectos	O profesorado atenderá persoalmente dúbidas e consultas dos estudantes sobre os contidos teóricos e prácticos do proxecto. Os estudantes terán ocasión de acudir a titorías individuais ou en grupo.
Presentacións/exposicións	O profesorado atenderá persoalmente dúbidas e consultas dos estudantes sobre a presentación dos correspondentes resultados do proxecto. Os estudantes terán ocasión de acudir a titorías individuais ou en grupo.

Avaliación			
	Descrición	Cualificación	Resultados de Formación e Aprendizaxe

Aprendizaxe baseado en proxectos	Cada grupo de alumnos 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 deles 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 a cada un dos integrantes do grupo. A avaliación dos traballos basearase nos seguintes aspectos: - Cálculos teóricos realizados para o deseño. - Análise de alternativas. - Correcta realización e comprobación do deseño para o cumprimento de especificacións. - Compactación do deseño. - Utilización das estratexias adecuadas para minimizar os efectos das imperfeccións do proceso de fabricación e para garantir unha boa coincidencia das características eléctricas dos conxuntos de compoñentes ou dispositivos que así o requiran por motivos funcionais. - Aspectos formais: claridade e orde, inclusión de figuras e datos adecuados e relevantes, así como de explicacións pertinentes, concretas e completas. 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). Nestes proxectos avaliaranse as competencias CE43, CG6, CG9, CG13 e CT4.	20	B6 B9 B13	C43	D4
Presentacións/exposicións	Cada alumno deberá realizar unha exposición pública individual da parte do proxecto que levou a cabo persoalmente (incluíndo as tarefas de planificación ou coordinación se procede). As presentacións dos alumnos pertencentes a cada grupo levaranse a cabo na última sesión presencial do devandito grupo, de 1 hora de duración. Cada alumno dispoñerá de 5 minutos para a súa presentación. Ao final das presentacións, os alumnos someteranse ás preguntas do profesorado e dos outros alumnos do grupo, que deben asistir á totalidade da sesión. A avaliación basearase tanto no contido e os aspectos formais da presentación realizada como nas respostas ás preguntas expostas. Poderase así mesmo valorar positivamente a aqueles alumnos 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 de cada un dos alumnos do seu traballo 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. Nestas presentacións avaliaranse as competencias CE43, CG6, CG9 e CT4.	10	B6 B9	C43	D4

Probas de resposta curta	Como parte da avaliación continua, realizaranse dúas probas individuais escritas. A primeira delas de 1 hora (durante unha das sesións maxistrais) correspondente aos contidos das sesións maxistrais ata a data. A súa realización marcará o límite temporal para que os alumnos opten ou non por avaliación continua. Todos aqueles que a realicen entenderase que optan por avaliación continua. Os restantes deberán indicar explicitamente a súa opción, entendéndose a falta de notificación como renuncia a avaliación continua. A proba consistirá nun conxunto de preguntas de resposta curta, cuxo peso na cualificación final da materia será do 20%. 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 os alumnos que non opten pola avaliación continua, na data do exame final deben de realizar ámbalas dúas probas de resposta curta correspondentes aos mesmos contidos, con idéntica estrutura, valoración e duración. Os alumnos en avaliación continua terán a ocasión de presentarse voluntariamente a realizar novamente ámbalas dúas probas na data do exame final, nese caso substituiráselles a cualificación das realizadas nas sesións maxistrais pola que obteñan neste exame. Para superar a materia será necesario obter polo menos unha cualificación de 4 sobre 10 en cada unha das dúas probas de resposta curta. Nestas probas avaliaranse as competencias CE42 e CE43	25	C42 C43
Resolución de problemas e/ou exercicios	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. Os alumnos en avaliación continua terán a ocasión de presentarse voluntariamente a realizar novamente esta proba na data do exame final, nese caso substituiráselles a cualificación das realizadas nas sesións maxistrais pola que obteñan nesta convocatoria. Para os alumnos que non opten pola avaliación continua, na data do exame final deben de realizar obrigatoriamente a proba de resolución de problemas e/ou exercicios, con idéntica estrutura, valoración e duración. Para superar a materia será necesario obter polo menos unha cualificación de 4 sobre 10 nesta proba. Nesta proba avaliaranse as competencias CE42 e CE43.	15	C42 C43
Probas prácticas, de execución de tarefas reais e/ou simuladas.	Todos os alumnos, opten ou non por avaliación continua, deberán realizar as tarefas da práctica 2 e entregar un informe cos resultados e conclusións obtidos da mesma con anterioridade á celebración da última sesión práctica. Este traballo e o informe supoñerán un 15% da cualificación final da materia. 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 os alumnos que non opten por avaliación continua. Os alumnos en avaliación continua poderán presentarse de forma voluntaria a esta segunda proba, nese caso substituiráselles a cualificación da primeira pola que obteñan nesta. A proba de laboratorio supoñerá un 15% da cualificación final da materia. Para superar a materia será necesario obter polo menos unha cualificación de 4 sobre 10 tanto no traballo e o informe correspondente á práctica 2 como na proba de laboratorio. Nesta parte avaliaranse as competencias CE43 e CG13	30	B13 C43

Outros comentarios sobre a Avaliación

Para que un alumno supere a materia, deberá 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 alumnos que non alcancen a puntuación mínima

nalgunha delas será o menor valor entre 4 e a nota ponderado sobre 10.

A avaliación dos alumnos que non opten por avaliación continua será como segue:

- As probas individuais finais escritas e de laboratorio supoñerán idénticas porcentaxes da cualificación final que no caso dos alumnos que opten 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 a dos alumnos que opten por avaliación continua). O informe deberá entregarse polo menos dous días antes da súa presentación pública.
- É indispensable realizar a entrega tanto do traballo como o informe da práctica 2.

Para superar a materia, os alumnos que non opten por avaliación continua deberán alcanzar en cada unha das probas e traballos entregados, así como no informe e na presentación pública, as mesmas puntuacións mínimas que os alumnos en avaliación continua.

Aqueles alumnos que non superen a materia na primeira oportunidade dispoñerán dunha segunda na data do exame extraordinario. Os requisitos para superar a materia serán os mesmos. Os alumnos que desexen presentarse deberán obrigatoriamente realizar as dúas probas escritas e a de laboratorio. Non se poderán realizar novos proxectos nin presentacións no caso de que se obtiveran neles as cualificacións mínimas esixidas. Os informes dos proxectos deberán entregarse polo menos sete días antes da data do exame extraordinario. Así mesmo, aqueles alumnos que alcanzasen unha puntuación suficiente nas probas escritas e de laboratorio, pero non no proxecto ou a presentación, só serán avaliados desta parte, manténdoseles as cualificacións das probas escritas e de laboratorio, a non ser que renuncien por escrito a todas estas cualificacións polo menos sete días antes da data do exame extraordinario. Neste caso, deberán obrigatoriamente realizar as dúas probas escritas e a de laboratorio.

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 cursar simultaneamente

Electrónica analóxica/V05G300V01624

Materias que se recomenda ter cursado previamente

Electrónica dixital/V05G300V01402

Física: Fundamentos de electrónica/V05G300V01305

Tecnoloxía electrónica/V05G300V01401

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.
