



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	Rodríguez Andina, Juan José			
Profesorado	Cao Paz, Ana María Rodríguez Andina, Juan José Rodríguez Pardo, María Loreto			
Correo-e	jjrdguez@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 circuitos 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 apoien 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 Comunicacions.
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 de aprendizaxe

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)	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.	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)	Introducción 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. 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.
Práctica 5. 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.

Planificación

	Horas na aula	Horas fóra da aula	Horas totais
Sesión maxistral	18	45	63
Prácticas en aulas de informática	13	19.5	32.5
Proxectos	6	27	33
Presentacións/exposicións	1	2.5	3.5
Probos 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
Sesión 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 de informática	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
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
Sesión maxistral	O profesorado atenderá persoalmente dúbidas e consultas dos estudantes sobre os contidos teóricos ou de laboratorio, así como sobre os proxectos e a presentación dos correspondentes resultados. Os estudantes terán ocasión de acudir a titorías personalizadas ou en grupo.
Prácticas en aulas de informática	O profesorado atenderá persoalmente dúbidas e consultas dos estudantes sobre os contidos teóricos ou de laboratorio, así como sobre os proxectos e a presentación dos correspondentes resultados. Os estudantes terán ocasión de acudir a titorías personalizadas ou en grupo.
Proxectos	O profesorado atenderá persoalmente dúbidas e consultas dos estudantes sobre os contidos teóricos ou de laboratorio, así como sobre os proxectos e a presentación dos correspondentes resultados. Os estudantes terán ocasión de acudir a titorías personalizadas ou en grupo.
Presentacións/exposicións	O profesorado atenderá persoalmente dúbidas e consultas dos estudantes sobre os contidos teóricos ou de laboratorio, así como sobre os proxectos e a presentación dos correspondentes resultados. Os estudantes terán ocasión de acudir a titorías personalizadas ou en grupo.

Avaliación			
	Descrición	Cualificación	Resultados de Formación e Aprendizaxe

Proxectos	Cada grupo de alumnos deberá entregar un informe detallado do proxecto que levou a cabo, con indicación expresa da contribución de cada un deles ao conxunto, así como da metodoloxía que seguiron para o reparto e coordinación das tarefas. A avaliación dos traballos basearase nos seguintes aspectos: - Análise de alternativas - Correcta realización e comprobación do deseño - 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 polo menos dous días antes da presentación pública do mesmo. Para superar a materia, será necesario que o grupo ao que pertence o alumno obteña polo menos unha cualificación de 5 sobre 10 no informe.	15	B6 B9 B13	C43	D4
Presentacións/exposicións	Nestes proxectos avaliaranse as competencias CE43, CG6, CG9, CG13 e CT4 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 disporá 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 suscitadas. Poderase así mesmo valorar positivamente a aqueles alumnos que realicen preguntas pertinentes. Dita valoración engadiríase á que obteñan da súa propia exposición persoal. 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	15	B6 B9	C43	D4
Probas de resposta curta	Como parte da avaliación continua, realizarase a mediados de curso unha proba individual escrita, de 1 hora (durante unha das sesións maxistrais) correspondente aos contidos das sesións maxistrais ata o momento. 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, cun peso na calificación final da asignatura do 20%. Na data do exame final realizarase outra proba individual escrita (con idéntica estrutura e valoración) correspondente ós mesmos contidos, de 1 hora de duración, obrigatoria para alumnos que non opten por avaliación continua. Para alumnos en avaliación continua a proba será voluntaria. Aos alumnos que se presenten voluntariamente substituiráselles a cualificación da primeira proba pola que obteñan nesta. Tamén na data do exame final, realizarase unha segunda proba individual escrita (obrigatoria para todos os alumnos), de 1 hora de duración, correspondente ós contidos das sesións maxistrais non cubertos na primeira proba. Esta proba estará dividida en dúas partes. A primeira delas consistirá nun conxunto de preguntas de resposta curta, cun peso na calificación final da materia do 5%. Para superar a materia será necesario obter polo menos unha cualificación de 4 sobre 10 en cada unha das dúas probas (a segunda constará tamén de resolución de problemas e/ou exercicios). Nestas probas avaliaranse as competencias CE42 e CE43	25		C42 C43	

Resolución de problemas e/ou exercicios	Na data do exame final, realizarase unha segunda proba individual escrita (obrigatoria para todos os alumnos), de 1 hora de duración, correspondente ós contidos das sesións maxistras non cubertos na primeira proba. Esta proba estará dividida en dúas partes. A segunda delas consistirá na resolución de problemas e/ou exercicios, cun peso na calificación final da materia do 15%. Para superar a materia será necesario obter polo menos unha cualificación de 4 sobre 10 nesta proba (que constará tamén de preguntas de resposta curta). 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, antes da celebración da última sesión práctica. Este traballo e o informe suporán un 15% da calificación 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 suporá un 15% da calificación 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 nalguna delas será o menor valor entre 4 e a nota ponderada sobre 10.

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

- As probas individuais finais escritas e de laboratorio suporán 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 que a dos alumnos que opten por avaliación continua). O informe deberá entregarse polo menos dous días antes da súa presentación pública.

Para superar a materia, os alumnos que non opten por avaliación continua deberán alcanzar en cada unha das probas, 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 disporán 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. Aqueles alumnos que alcanzasen unha puntuación suficiente nas probas escritas e de laboratorio, pero non no proxecto ou na presentación, só serán examinados desta parte, manténdoseles as cualificacións das probas escritas e de laboratorio, agás se renuncian a todas elas por escrito 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

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**,

Recomendacións

Materias que se recomenda cursar simultaneamente

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.
