

DATOS IDENTIFICATIVOS				
Deseño e Fabricación de Circuítos Integrados				
Materia	Deseño e Fabricación de Circuítos Integrados			
Código	V05M145V01215			
Titulación	Máster Universitario en Enxeñaría de Telecomunicación			
Descritores	Creditos ECTS	Sinale	Curso	Cuadrimestre
	5	OP	1	2c
Lingua de impartición	Castelán			
Departamento	Tecnoloxía electrónica			
Coordinador/a	Cao Paz, Ana María			
Profesorado	Cao Paz, Ana María			
Correo-e	amcaopaz@uvigo.es			
Web				
Descrición xeral	Os obxectivos que se perseguen con esta materia son: 1) Coñecer e comprender as metodoloxías de deseño de circuítos electrónicos integrados baseados en tecnoloxía CMOS. 2) Coñecer as topoloxías básicas utilizadas en circuítos electrónicos analóxicos. 3) Saber analizar e darlle tamaño os dispositivos que forman as topoloxías básicas os circuítos analóxicos en tecnoloxía CMOS. 4) Coñecer e saber utilizar ferramentas software de axuda ao deseño de circuítos integrados. 5) Saber especificar un circuíto electrónico integrado para a súa fabricación en tecnoloxía CMOS.			

Competencias	
Código	
A4	CB4 Que os estudantes saiban comunicar as súas conclusións, e os coñecementos e razóns últimas que as sustentan, a públicos especializados e non especializados dun xeito claro e sen ambigüidades.
A5	CB5 Que os estudantes posúan as habilidades de aprendizaxe que lles permitan continuar estudando dun xeito que terá que ser, en grande medida, autodirixido e autónomo.
B8	CG8 Capacidade para a aplicación dos coñecementos adquiridos e resolver problemas en ámbitos novos ou pouco coñecidos dentro de contextos máis amplos e mulitidisciplinais, sendo capaces de integrar coñecementos.
C10	CE10 Capacidade para deseñar e fabricar circuítos integrados.

Resultados de aprendizaxe	
Resultados previstos na materia	Resultados de Formación e Aprendizaxe
Coñecer as metodoloxías de deseño de circuítos electrónicos integrados.	C10
Coñecer as topoloxías básicas utilizadas nos circuítos electrónicos analóxicos.	C10
Saber analizar e definir o tamaño dos dispositivos que forman as topoloxías básicas de circuítos analóxicos	A5 B8 C10
Coñecer ferramentas software de axuda ao deseño de circuítos electrónicos integrados.	C10
Saber especificar un circuíto electrónico para a súa fabricación	A4 C10

Contidos
Tema

Tema 1: Introdución (1h)	Introdución á materia. Obxectivos e planificación do curso. Conceptos básicos do deseño microelectrónico de circuítos electrónicos integrados (CI).
Tema 2: Secuencias de fabricación de CIs (1h)	Introdución á fabricación de CIs. Tecnoloxía planar. Secuencia de fabricación de CIs en tecnoloxía CMOS. Estrutura dun transistor MOS. Exemplo de fabricación: inversor CMOS. Patrón de máscaras (layout). Regras tecnolóxicas de deseño. Metodoloxías e ferramentas de axuda ao deseño.
Tema 3. Estrutura física de dispositivos básicos e estratexias de trazado (1h)	Especificación da estrutura física dun transistor MOS. Especificación da estrutura física dunha resistencia. Especificación da estrutura física dun condensador. Estratexias para a realización de transistores con elevada relación de aspecto. Estratexias para transistores apareados.
Tema 4. Topoloxías básicas para a amplificación de sinal (2h)	Topoloxía en Fonte común. Topoloxía en drenador común. Topoloxía en porta común. Topoloxía Cascode. Amplificador Push_Pull. Exemplos de deseño físico.
Tema 5. Espello de corrente (3h)	Fontes de corrente. Estrutura básica dun espello de corrente. Análise de funcionamento. Reposta en frecuencia. Topoloxía Cascode. Exemplos de deseño físico.
Tema 6. Par diferencial (3h)	Estrutura do Par Diferencial. Análise en continua. Análise en alterna. Especificacións e deseño da estrutura física dun amplificador diferencial con topoloxía autopolarizada. Relación de rexeitamento en modo común. Apareamento de transistores. Limitacións de slew rate. Exemplos de deseño físico.
Tema 7. Amplificador operacional (2h)	Amplificador operacional con dúas etapas. Parámetros de deseño. Amplificador de transconductancia (OTA). Exemplos de deseño físico.
Tema 8. Preparación para a fabricación (2h)	Distribución de plano base. PAD e terminais. Formatos de especificación. Encapsulados.
Práctica 1. Introdución ás ferramentas de deseño de circuítos integrados (2h)	Introdución ás ferramentas de deseño de circuítos electrónicos analóxicos integrados. Exemplo sobre un espello de corrente. Simulación eléctrica. Deseño, comprobación (DRC) e extracción do deseño físico.
Práctica 2. Deseño dun par diferencial autopolarizado (2h)	Especificación eléctrica. Caracterización de parámetros de funcionamento DC. Caracterización de parámetros de funcionamento AC.
Práctica 3. Deseño dun par diferencial autopolarizado II (2h)	Especificación física. Comprobación de regras de deseño. Extracción do circuíto. Comprobación de funcionamento.
Práctica 4. Deseño dun circuíto amplificador de transconductancia (2h).	Especificación eléctrica. Especificación física. Comprobación de funcionamento.
Práctica 5. Preparación para fabricación (2h).	Para o circuíto obtido na práctica 4 realizar os pasos para crear a información necesaria para enviar a fabricación o circuíto.

Planificación

	Horas na aula	Horas fóra da aula	Horas totais
Lección maxistral	13	26	39
Traballo tutelado	4	28	32
Prácticas de laboratorio	9	22.5	31.5
Resolución de problemas e/ou exercicios	1	3	4
Resolución de problemas e/ou exercicios	1	3	4
Práctica de laboratorio	1	7	8
Traballo	1	5.5	6.5

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

Metodoloxía docente

	Descrición
Lección maxistral	Consistirá nunha exposición por parte do profesor de aspectos relevantes da materia relacionados cos contidos da mesma, 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, exporanse exemplos prácticos ou se analizarán casos de estudo. Nesta metodoloxía trabállase a competencia CB5 e CE10

Traballo tutelado	Estableceranse grupos de traballo que levarán a cabo o deseño e comprobación dun circuíto 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. - Memoria coa presentación e a análise dos resultados obtidos. - Presentación e debate de resultados Nesta metodoloxía trabállase a competencia CB4, CB5, CG8 e a CE10
Prácticas de laboratorio	Os alumnos organizaranse en grupos de dúas persoas. Traballarán cunha ferramenta de deseño de circuítos integrados, mediante a cal levarán a cabo a definición dun circuíto electrónico tanto a nivel eléctrico como físico, a comprobación do cumprimento de especificacións e a preparación do deseño para o envío a fabricación. Realizarase un control de asistencia e aproveitamento da sesión. Nesta metodoloxía trabállase a competencia CB5, CG8 e a CE10

Atención personalizada

Metodoloxías	Descrición
Lección maxistral	O profesorado atenderá persoalmente dúbidas e consultas dos estudantes sobre os contidos teóricos, sobre as tarefas previas ás prácticas de laboratorio, así como os propios contidos das prácticas. Tamén resolverá as dúbidas e consultas dos estudantes sobre as especificacións e aspectos teóricos e prácticos relativos o proxecto asignado, así como ao contido e estrutura da memoria xustificativa do proxecto. Ademais, orientará aos alumnos sobre a estrutura e contido das sesións de presentación e defensa dos resultados alcanzados no proxecto. Os estudantes terán ocasión de acudir a titorías personalizadas ou en grupo.
Prácticas de laboratorio	O profesorado atenderá persoalmente dúbidas e consultas dos estudantes sobre os contidos teóricos, sobre as tarefas previas ás prácticas de laboratorio, así como os propios contidos das prácticas. Tamén resolverá as dúbidas e consultas dos estudantes sobre as especificacións e aspectos teóricos e prácticos relativos o proxecto asignado, así como ao contido e estrutura da memoria xustificativa do proxecto. Ademais, orientará aos alumnos sobre a estrutura e contido das sesións de presentación e defensa dos resultados alcanzados no proxecto. Os estudantes terán ocasión de acudir a titorías personalizadas ou en grupo.
Traballo tutelado	O profesorado atenderá persoalmente dúbidas e consultas dos estudantes sobre os contidos teóricos, sobre as tarefas previas ás prácticas de laboratorio, así como os propios contidos das prácticas. Tamén resolverá as dúbidas e consultas dos estudantes sobre as especificacións e aspectos teóricos e prácticos relativos o proxecto asignado, así como ao contido e estrutura da memoria xustificativa do proxecto. Ademais, orientará aos alumnos sobre a estrutura e contido das sesións de presentación e defensa dos resultados alcanzados no proxecto. Os estudantes terán ocasión de acudir a titorías personalizadas ou en grupo.

Avaliación

	Descrición	Cualificación	Resultados de Formación e Aprendizaxe	
Resolución de problemas e/ou exercicios	Como parte da avaliación continua, realizarase a mediados de curso unha proba individual escrita, de 60 minutos, durante unha das sesións maxistrais. Esta proba suporá un 10% da cualificación final. A súa realización marca 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. Na data do exame final realizarase outra proba individual escrita deste tipo, de 1 hora de duración, obrigatoria na súa totalidade para alumnos que non opten por avaliación continua. Para alumnos en avaliación continua, será voluntaria, xa que os contidos corresponderán aos da primeira proba realizada. Os alumnos que se presenten voluntariamente substituiráselles a cualificación da primeira proba pola que obteñan nesta parte. Cada unha das partes suporá un 10% da cualificación final. Para superar a materia será necesario obter polo menos unha cualificación de 4 sobre 10 en cada unha das partes da proba final (ou na proba intermedia, cando cumpra). Nesta proba avalíanse as competencias CE10 e CB4.	10	A4	C10

Resolución de problemas e/ou exercicios	Como parte da avaliación continua, unha vez rematados os contidos teóricos realizarase unha proba individual escrita, de 60 minutos, durante unha das sesións maxistrais. Esta proba suporá un 10% da cualificación final. Na data do exame final realizarase outra proba individual escrita deste tipo, de 1 hora de duración, obrigatoria na súa totalidade para alumnos que non opten por avaliación continua. Para alumnos en avaliación continua, será voluntaria, xa que os contidos correspóndense cos da segunda proba realizada. Os alumnos que se presenten voluntariamente substituiráselle a cualificación da segunda proba pola que obteñan nesta parte. Cada unha das partes suporá un 10% da cualificación final. Para superar a materia será necesario obter polo menos unha cualificación de 4 sobre 10 en cada unha das partes da proba final (ou na proba intermedia, cando cumpra). Nesta proba avalíanse as competencias CE10, CB4 e CG8.	10	A4		C10
Práctica de laboratorio	Cada estudante será avaliado de cada unha das prácticas. Na avaliación terase en conta o traballo de preparación previo a realización da práctica, a asistencia, a puntualidade e o aproveitamento. O traballo previo terá como máximo un peso do 30% da nota da práctica. La nota total das prácticas obterase como media aritmética da nota de cada unha delas. Para poder realizar a media, e necesario obter en cada práctica unha nota igual o superior o 30% de la nota máxima da práctica. Por razóns xustificadas o alumnado pode deixar de facer unha das prácticas. A nota correspondente a dita práctica será de cero (0.0). Si non se pode aplicar el criterio da media, a nota de esta parte calcularase multiplicando por 0.42 a nota obtida ca media ponderada y non será compensable ca nota de teoría. A nota de prácticas no se conserva para sucesivos cursos académicos. Nesta proba avalíanse as competencias CE10, CB4, CB5 e CG8.	20	A4 A5	B8	C10
Traballo	A avaliación do traballo realizarase a partir dunha memoria xustificativa e da presentación pública de resultados. Cada grupo de alumnos deberá entregar unha memoria do traballo que levou a cabo, con indicación expresa da contribución de cada un deles ao conxunto, así como da metodoloxía que seguiron para a repartición 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. - Información para a fabricación do circuíto integrado. - Aspectos formais: claridade e orde, inclusión de figuras e datos adecuados e relevantes, así como de explicacións pertinentes, concretas e completas. Cada alumno deberá realizar unha exposición pública individual da parte do traballo que levou a cabo persoalmente (incluíndo as tarefas de planificación ou coordinación se procede). As presentacións dos alumnos pertencentes a cada grupo farase na mesma sesión, 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 doutros alumnos da materia que voluntariamente asistan á sesión. A avaliación basearase tanto no contido e os aspectos formais da presentación realizada como nas respostas ás preguntas formuladas. Poderase así mesmo valorar positivamente a aqueles alumnos que realicen preguntas. Dita valoración engadiríase á que obteñan da súa propia exposición persoal. A memoria xustificativa deberá entregarse polo menos dous días antes da presentación pública do traballo. Para superar a materia, será necesario que o grupo ao que pertence o alumno obteña polo menos unha cualificación de 5 sobre 10 na memoria. Para superar a materia, é necesario obter polo menos unha cualificación de 5 sobre 10 na presentación pública. Na nota final do traballo, a nota da memoria terá un peso do 70% e a presentación un 30%. Nesta proba avalíanse as competencias CE10, CB4, CB5 e CG8.	60	A4	B8	C10

Outros comentarios sobre a Avaliación

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

- Un exame final cuxa nota será o 50% da nota da materia. Constará de dous partes: Cuestións de resposta curta e resolución de problemas. A parte de cuestións suporá un 50% da nota do exame e a resolución de problemas o outro 50%. Para poder calcular a nota é necesario obter polo menos o 50% da nota máxima de cada parte.

- 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). A memoria xustificativa deberá entregarse polo menos dous días antes da súa presentación pública. A nota do proxecto suporá o 50% da nota total da materia. A memoria suporá o 70% da nota do proxecto e a presentación o 30%. Para poder calcular a nota é necesario sacar en cada parte polo menos o 50% da nota máxima correspondente.

Segunda convocatoria:

En segunda convocatoria, considerarase superada aquela parte (exame final e proxecto) na que o alumno alcance polo menos o 50% da máxima nota de dita parte. Para aprobar a materia, deberánse superar as dúas partes.

Bibliografía. Fontes de información

Bibliografía Básica

R. Jacob Baker, **CMOS Circuits desing, Layout and Simulation**, 978-0-470-88132-3, 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**, 978-0-470-39877-7, 5º, John Wiley and Sons, 2010

Behzad Razavi, **Design of Analog CMOS Integrated Circuits**, 978-0-07-252493-2, 2º, McGraw Hill, 2017

Stephen A. Campbell, **Fabrication Engineering at the micro-and nanoscale**, 978-0-19-986122-4, 4º, Oxford University Press, 2012

Bibliografía Complementaria

Recomendacións

Plan de Continxencias

Descrición

=== MEDIDAS EXCEPCIONAIS PLANIFICADAS ===
Ante a incerta e imprevisible evolución da alerta sanitaria provocada pola COVID- 19, a Universidade establece una planificación extraordinaria que se activará no momento en que as administracións e a propia institución o determinen atendendo a criterios de seguridade, saúde e responsabilidade, e garantindo a docencia nun escenario non presencial ou non totalmente presencial. Estas medidas xa planificadas garanten, no momento que sexa preceptivo, o desenvolvemento da docencia dun xeito mais áxil e eficaz ao ser coñecido de antemán (ou cunha ampla antelación) polo alumnado e o profesorado a través da ferramenta normalizada e institucionalizada das guías docentes DOCNET.

=== ADAPTACIÓN DAS METODOLOXÍAS ===
A docencia no presencial estará baseada na documentación y outros recursos didácticos que a equipa docente pon a disposición do alumnado na plataforma de teledocencia da Universidade y da bibliografía básica dispoñible na biblioteca. Na parte práctica, utilizarase o mesmo entorno de deseño, simulación y proba de circuítos integrados en versións de libre acceso. As clases teóricas e de prácticas, así como as titorías se impartiranse po medio do campus remoto da Universidade.

=== ADAPTACIÓN DA AVALIACIÓN ===
Os contidos e o reparto de notas, tanto na avaliación continua como na final, será independente do formato da docencia, presencial ou non presencial.
Os métodos de avaliación e os pesos na nota final mantéñense e, no caso das probas obxectivas, estás serán de forma remota síncrona usando as ferramentas dispoñibles no campus remoto e na plataforma de teledocencia