



## DATOS IDENTIFICATIVOS

### Diseño microelectrónico

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |        |       |              |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------------|
| Materia               | Diseño microelectrónico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |        |       |              |
| Código                | V05G300V01622                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |        |       |              |
| Titulación            | Grao en Enxeñaría de Tecnoloxías de Telecomunicación                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |        |       |              |
| Descritores           | Creditos ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Sinale | Curso | Cuadrimestre |
|                       | 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | OB     | 3     | 2c           |
| Lingua de impartición | Castelán                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |        |       |              |
| Departamento          | Tecnoloxía electrónica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |       |              |
| Coordinador/a         | Rodríguez Andina, Juan José                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |        |       |              |
| Profesorado           | Cao Paz, Ana María<br>Fariña Rodríguez, Jose<br>Rodríguez Andina, Juan José<br>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 :<br>1) Coñecer e comprender as tecnoloxías de fabricación de circuítos integrados (CIs) e sistemas electro-mecánicos micrométricos (MEMs)<br>2) Coñecer e comprender os procesos de fabricación de CIs e MEMs en tecnoloxía CMOS.<br>3) Analizar a estrutura física de compoñentes pasivos e dispositivos activos en tecnoloxía CMOS.<br>4) Coñecer e comprender os aspectos básicos do deseño de MEMs.<br>5) Traballar con ferramentas informáticas de deseño de CIs en tecnoloxía CMOS. |        |       |              |

## Competencias de titulación

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Código |                                                                                                                                                                                                                                                                |
| A9     | 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.               |
| A51    | (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.                                                                               |
| A52    | (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. |
| B4     | CG13 Capacidade para manexar ferramentas software que apoién a resolución de problemas en enxeñaría.                                                                                                                                                           |

## Competencias de materia

| Resultados previstos na materia                                                                                                                               | Resultados de Formación e Aprendizaxe |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----|
| Coñecer e comprender as tecnoloxías de fabricación de circuítos integrados (CIs) e sistemas electro-mecánicos micrométricos (MEMs)                            | A51                                   |    |
| 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. | A52                                   |    |
| Comprender e ser capaz de analizar a estrutura física de resistencias, condensadores e transistores para a súa inclusión en CIs de tecnoloxía CMOS.           | A52                                   |    |
| Coñecer e comprender os aspectos básicos do deseño de MEMs e as estruturas básicas dos mesmos.                                                                | A51                                   |    |
| Adquirir habilidades de manexo de ferramentas informáticas de deseño de CIs en tecnoloxía CMOS.                                                               | A9                                    | B4 |

## 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)                           | Introducción 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. Fotolitografía. Ataque. Metalización.                                                                                                                                                                                                              |
| Tema 4. Parámetros do proceso de fabricación de CIs CMOS (3h).                 | O transistor MOS: modelo analítico. Efectos da integración e a miniaturización no comportamento dos dispositivos. Modelo Spice. Ficheiro tecnolóxico. Exemplo de parámetros dun proceso de fabricación CMOS.                                                                                                                                                                                        |
| 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 (3h) | Introducción ás ferramentas de deseño físico. Creación, comprobación (DRC) e extracción do layout de formas básicas. Utilización de formas básicas de bibliotecas de fabricantes.                                                                                                                                                                                                                   |
| Práctica 2. Transistores MOS (3h)                                              | Creación e comprobación do layout de transistores pMOS e nMOS. Utilización de transistores de bibliotecas de fabricantes. Transistores en serpe, entrelazados e amoreados. Capas específicas para minimización de efectos de veciñanza.                                                                                                                                                             |
| Práctica 3. Compoñentes pasivos (2h)                                           | Creación e comprobación do layout de resistencias e condensadores integrados. Utilización de compoñentes de bibliotecas de fabricantes. Estructuras: lineal, serpe, entrelazada e amoreada.                                                                                                                                                                                                         |
| Práctica 4. Inversor CMOS (1h)                                                 | Creación e comprobación do esquema eléctrico e o layout dun Inversor CMOS. Comparación do layout e o esquema (LVS). Caracterización eléctrica do layout. Simulación do comportamento eléctrico do layout.                                                                                                                                                                                           |
| Práctica 5. Espello de corrente (2h)                                           | Creación e comprobación do esquema eléctrico e o layout dun espello de corrente básico con carga resistiva e corrente de entrada ideal. LVS. Caracterización eléctrica do layout.                                                                                                                                                                                                                   |
| Práctica 6. Par diferencial (2h)                                               | Creación e comprobación do esquema eléctrico e o layout dun par diferencial pMOS autopolarizado. LVS. Caracterización eléctrica do layout.                                                                                                                                                                                                                                                          |

## 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            |
| Probos prácticas, de execución de tarefas reais e/ou simuladas. | 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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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, expóranse exemplos prácticos ou analízanse casos de estudo. Realizarase un control de asistencia.                                                                                                                                                                               |
| Prácticas en aulas de informática | Os alumnos organizaranse en grupos de dúas persoas. Traballarán cunha ferramenta de deseño de circuítos integrados, mediante a cal levarán 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.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 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: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Debate acerca de posibles solucións e alternativas de deseño.</li> <li>- Análise e seguimento da solución proposta para o proxecto.</li> <li>- Demostración dos circuítos deseñados no proxecto. Presentación, análise e debate de resultados.</li> </ul> |
| 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).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

### 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 persoalizadas 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 persoalizadas 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 persoalizadas 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 persoalizadas ou en grupo. |

### Avaliación

|           | Descrición                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Cualificación |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Proxectos | <p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Análise de alternativas</li> <li>- Correcta realización e comprobación do deseño</li> <li>- Compactación do deseño</li> <li>- 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.</li> <li>- 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.</li> </ul> <p>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.</p> <p>Nestes proxectos avaliaranse as competencias A9, A52 e B4</p> | 15            |

|                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 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 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.                     | 15 |
| Nestas presentacións avaliaranse as competencias A9 e A52       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |
| 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. 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 para alumnos que non opten por avaliación continua. Para alumnos en avaliación continua a proba será voluntaria, xa que os contidos corresponderán aos da primeira proba realizada. Aos alumnos que se presenten voluntariamente substituiráselles a cualificación da primeira proba pola que obteñan nesta. Para superar a materia será necesario obter polo menos unha cualificación de 4 sobre 10 nesta parte. | 20 |
| Nestas probas avaliaranse as competencias A51 e A52             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |
| Resolución de problemas e/ou exercicios                         | Na data do exame final realizarase unha proba individual escrita deste tipo, de 2 horas de duración, obrigatoria para todos os alumnos, opten ou non por avaliación continua. Para superar a materia será necesario obter polo menos unha cualificación de 4 sobre 10 nesta parte.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 30 |
| Nesta proba avaliaranse as competencias A51 e A52               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |
| Probas prácticas, de execución de tarefas reais e/ou simuladas. | 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 circuitos 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. Para superar a materia será necesario obter polo menos unha cualificación de 4 sobre 10 nesta parte.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 20 |
| Nestas probas avaliaranse as competencias A52 e B4              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |

### 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 ponderada sobre 10.

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

- A proba escrita final de resposta curta suporá un 20% da cualificación final.
- A proba escrita final de resolución de problemas suporá un 30% da cualificación final.
- A proba final de laboratorio suporá un 20% da cualificación final.
- 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. O informe e a presentación pública suporán, cada un deles, un 15% da cualificación final.

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 dous días antes da data do exame extraordinario.

---

#### **Bibliografía. Fontes de información**

José Antonio Rubio Solà, **Diseño de circuitos y sistemas integrados**,

Stephen A. Campbell, **Fabrication Engineering at the Micro-and Nanoscale**, 3ª,

J. Franca, Y. Tsividis (eds.), **Design of analog VLSI circuits for telecommunications and signal processing**,

---

#### **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.

---