



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS
DE GRAN CANARIA

GUÍA DOCENTE

CURSO: 2020/21

51201 - CIRCUITOS DE RADIOFRECUENCIA

CENTRO: 415 - IU de Microelectrónica Aplicada

TITULACIÓN: 5048 - MU Electrónica y Telecomunicación Aplicadas

ASIGNATURA: 51201 - CIRCUITOS DE RADIOFRECUENCIA

CÓDIGO ULPGC: 51201

CÓDIGO UNESCO: 3307

MÓDULO: MÓDULO DE OPTATIVIDAD **MATERIA:**

TIPO: Optativa

CRÉDITOS ECTS: 4,5

CURSO: 1

SEMESTRE: 2º semestre

LENGUA DE IMPARTICIÓN (Especificar créditos de cada lengua)

ESPAÑOL: 4,5

INGLÉS: 0

SUMMARY

The objective of the subject Radio Frequency Circuits is the study of the concepts related to Radiofrequency Integrated Circuits (RFIC) and Monolithic Microwave Integrated Circuits (MMIC) and deepen in the conceptual and methodological tools for its development.

Circuit and system level design and simulation of RFIC and MMIC is addressed. The different blocks that form the transceiver of a wireless communication system will be analysed (LNA, mixer, VCO, filters, etc.), showing the different existing alternatives and considering the problems due to monolithic integration: noise generation and sensitivity to it, limited available power, low quality passive devices, etc. Transmitter and receiver architectures used in some of the different existing wireless communications standards will also be studied.

The teaching methodology will consist on lectures complemented with demonstrations on real systems and circuits and exercises. One of the most used Industrial standard CAD tools for circuit and system level design (Keysight ADS) will be presented. The students will be provided with hands-on tutorial exercises to learn the use of this tool for designing real life systems and circuits. Some experimental laboratory activities consisting on RFIC & MMIC measurement and characterization with advanced instrumentation are also expected.

The student will understand the need for RFIC / MMIC circuits, as well as the different architectures of transmitter and receiver and their influence on the entire system.

The student will be able to design RFIC / MMIC circuits using the specific RF tools: ADS, Momentum, Cadence Specter / SpecterRF, etc.

REQUISITOS PREVIOS

Esta asignatura no tiene requisitos previos más allá de los especificados en el perfil de ingreso de la titulación.

Plan de Enseñanza (Plan de trabajo del profesorado)

Contribución de la asignatura al perfil profesional:

La asignatura de Circuitos de Radiofrecuencia de 4,5 créditos ECTS se imparte en el segundo semestre del primer curso del título de Máster Universitario en Electrónica y Telecomunicación Aplicadas. Los estudiantes recibirán docencia para diseñar sistemas y circuitos de radiofrecuencia para telecomunicaciones de la vida real. Además, obtendrán los conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas en un contexto de investigación.

Competencias que tiene asignadas:

La asignatura persigue la adquisición de las siguientes competencias:

- Competencias generales: CG1 y CG2
- Competencias básicas: CB6, CB7, CB8, CB9 y CB10
- Competencias transversales: CT1 y CT2
- Competencias específicas: CE.O9 y CE.O10

Objetivos:

OBJ-1: Conocer y simular de arquitecturas avanzadas de transmisores y receptores.

OBJ-2: Conocer, simular y diseñar dispositivos integrados para el diseño de RFIC/MMIC: varactores, bobinas, líneas de transmisión, transistores en tecnologías basadas en Si y grupos III-V

OBJ-3: Conocer, simular y diseñar circuitos RFIC/MMIC: amplificadores de bajo ruido, amplificadores de potencia, mezcladores, osciladores controlados por tensión, bucles de enganche de fase, sintetizadores, filtros

OBJ-4: Conocer y medir circuitos RFIC y MMIC.

Contenidos:

Tema 1. Arquitecturas avanzadas de transmisores y receptores (CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CT1, CT2, OBJ-1) (3 horas)

1.1 Conceptos básicos de circuitos de radiofrecuencia: Ganancia, Linealidad, Ruido, Sensibilidad y Rango Dinámico

1.2 Arquitecturas básicas de transmisores y receptores

1.3 Arquitecturas avanzadas de transmisores y receptores

Tema 2. Dispositivos integrados para el diseño de RFIC/MMIC (CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CT1, CT2, OBJ-2) (12 horas)

2.1 Dispositivos pasivos integrados: varactores integrados, bobinas integradas, líneas de transmisión, híbridos, etc.

2.2 Dispositivos activos integrados Activos: CMOS, SiGe, LDMOS, GaAs, GaN, etc.

Práctica 1: Diseño de un circuito híbrido integrado

Tema 3. Diseño de circuitos RFIC/MMIC (CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CT1, CT2, OBJ-3) (21 horas)

3.1 Amplificadores de bajo ruido

3.2 Amplificadores de potencia

3.3 Mezcladores

3.4 Osciladores controlados por tensión, bucles de enganche de fase y sintetizadores

3.5 Filtros

Práctica 2: Diseño de un amplificador de potencia MMIC

Tema 4. Medida de circuitos RFIC y MMIC (CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CT1, CT2,

OBJ-4) (6 horas)

Práctica 3: Medida de un amplificador de potencia MMIC

Metodología:

Clases de teoría (Método expositivo/Lección magistral). Enseñanza directa expositiva y demostrativa para aquellos contenidos esenciales y/o que requieran una explicación detallada por parte del profesor. Clase presencial en la que se explican fundamentos teóricos y metodológicos mediante el uso de presentaciones con proyector o pantalla y pizarra: 1,08 ECTS presencial.

- Tema 1. Arquitecturas avanzadas de transmisores y receptores (CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CT1, CT2, OBJ-1)
- Tema 2. Dispositivos integrados para el diseño de RFIC/MMIC (CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CT1, CT2, OBJ-2)
- Tema 3. Diseño de circuitos RFIC/MMIC (CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CT1, CT2, OBJ-3)
- Tema 4. Medida de circuitos RFIC y MMIC (CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CT1, CT2, OBJ-4)

Tutorías presenciales. Destinadas a resolver de las dudas, asesorar y corregir las tareas realizadas por los alumnos: 0,04 ECTS presencial.

- Tema 1. Arquitecturas avanzadas de transmisores y receptores (CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CT1, CT2, OBJ-1)
- Tema 2. Dispositivos integrados para el diseño de RFIC/MMIC (CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CT1, CT2, OBJ-2)
- Tema 3. Diseño de circuitos RFIC/MMIC (CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CT1, CT2, OBJ-3)
- Tema 4. Medida de circuitos RFIC y MMIC (CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CT1, CT2, OBJ-4)

Prácticas de laboratorio y/o prácticas con ordenadores. Actividades presenciales que requieren la transferencia de conocimientos conceptuales con los procedimentales, favoreciendo la autonomía y la capacidad de reflexión de los estudiantes, así como fomentando las habilidades personales, y las interpersonales mediante el trabajo en equipo. Dicha actividad se destinan a poner en práctica los conocimientos adquiridos, con especial énfasis en la realización en laboratorios de implementación y validación de diseños.: 0,6 ECTS presencial.

- Práctica 1: Diseño de un circuito híbrido integrado CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CT1, CT2, OBJ-2)
- Práctica 2: Diseño de un amplificador de potencia MMIC (CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CT1, CT2, OBJ-3)
- Práctica 3: Medida de un amplificador de potencia MMIC (CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CT1, CT2, OBJ-4)

Trabajo autónomo. Actividad no presencial que requiere en primer lugar el estudio por parte del alumno, y en segundo lugar que el alumno, de manera individual o en grupo, se aplique a la comprensión de los contenidos, la búsqueda de información, la realización de tareas, la redacción, presentación y exposición de trabajos, y la preparación de exámenes, cuestionarios y pruebas: destinadas al fomento del estudio y al desarrollo por parte del alumno de las competencias de trabajo autónomo y de autoaprendizaje: 2,7 ECTS no presencial.

Actividades de evaluación. Destinadas a valorar el grado de adquisición de las competencias por parte del estudiante haciendo uso de los sistemas previstos en la presente memoria: 0,08 ECTS presencial.

- Tema 1. Arquitecturas avanzadas de transmisores y receptores (CG1, CG2, CB6, CB7, CB8,

CB9, CB10, CT1, CT2, OBJ-1)

- Tema 2. Dispositivos integrados para el diseño de RFIC/MMIC (CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CT1, CT2, OBJ-2)
- Tema 3. Diseño de circuitos RFIC/MMIC (CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CT1, CT2, OBJ-3)
- Tema 4. Medida de circuitos RFIC y MMIC (CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CT1, CT2, OBJ-4)

En caso de que la enseñanza presencial tuviera que transformarse a enseñanza no presencial, la metodología pasaría a ser enteramente no presencial. En este caso, las actividades formativas se realizarían mediante los siguientes medios: vídeos tutoriales, aplicaciones de videoconferencia, simuladores, etc.

Se realizarán reuniones periódicas entre los profesores que imparten la asignatura para la coordinación de esta. Se velará que se utilicen los materiales y se realicen las actividades docentes recogidos en el proyecto docente, sin menoscabo de que cada profesor pueda implementar además nuevos materiales para el cumplimiento de los objetivos de la asignatura.

Evaluación:

Criterios de evaluación

- Cuestionarios: Resolución y superación de cuestionarios de cada tema a través de la plataforma on-line de la asignatura durante la semana posterior a la finalización de su exposición en clase. CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CT1, CT2
- Memoria del trabajo de curso: Realización de un trabajo cuya memoria se deberá entregar a través de la plataforma on-line de la asignatura en el plazo de una semana después de la exposición del mismo. CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CT1, CT2
- Actitud y participación del estudiante durante las actividades presenciales. CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CT1, CT2
- Prácticas: Las prácticas se evaluarán de forma continua a lo largo del semestre. realizado. CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CT1, CT2

En caso de que la enseñanza presencial tuviera que transformarse a enseñanza no presencial, los criterios y fuentes para la evaluación serían los mismos dado que son independientes de la forma en la que se lleven a cabo (presencial o no presencial).

Sistemas de evaluación

El sistema de evaluación de la asignatura se hará en base a los siguientes elementos:

- Cuestionarios: 20%
- Memoria del trabajo de curso: 30%
- Actitud y participación activa del estudiante durante las actividades presenciales.: 10%
- Prácticas: 40%

Para poder aplicar estos porcentajes, el alumno deberá superar todas las partes por separado. En caso contrario, la nota máxima obtenida será de 4,5 puntos.

Aquellos alumnos que no superen la parte de teoría o laboratorio dispondrán de los exámenes de

convocatoria oficial que el centro establece en su calendario. En las convocatorias Extraordinaria y Especial, la ponderación de la nota global será de 30% para la prueba escrita de teoría y problemas, y de 70% para la prueba de laboratorio, siendo necesario que el alumno supere ambas partes para superar la asignatura.

En caso de que la enseñanza presencial tuviera que transformarse a enseñanza no presencial, el sistema de evaluación sería el mismo dado que es independiente de la forma en la que se lleve a cabo (presencial o no presencial).

Criterios de calificación

Nota obtenida en los cuestionarios (100%)

Relativos a la memoria del trabajo de curso:

- Organización de la memoria clara y adecuada a la temática del trabajo (20%)
- Calidad de la redacción de la memoria en términos de expresión escrita (20%)
- Completitud y actualidad del estado del arte aportado (20%)
- Análisis adecuado del problema (20%)
- Validez del análisis crítico y de las conclusiones extraídas (20%)

Relativos a la presentación del trabajo de curso:

- Organización de la presentación clara y adecuada a la temática del trabajo tutelado (40%)
- Calidad de la presentación en términos de la expresión oral utilizada (40%)
- Calidad visual de la presentación (10%)
- Destreza en el uso de los recursos empleados en la presentación (10%)

Relativos a la actitud y participación en clase:

- Asistencia (20%)
- Participación (20%)
- Claridad en las preguntas realizadas (20%)
- Precisión en las respuestas a las preguntas realizadas (20%)
- Dominio de la terminología usada en las preguntas y respuestas (20%)

Relativo a las prácticas:

- Grado de consecución de los objetivos planteados (20%)
- Grado de autonomía en el desarrollo de las prácticas (20%)
- Organización de la memoria (20%)
- Calidad de la redacción de la memoria en términos de expresión escrita (20%)
- Resultados obtenidos y análisis de estos (20%)

En caso de que la enseñanza presencial tuviera que transformarse a enseñanza no presencial, los criterios de calificación serían los mismos dado que son independientes de la forma en la que se lleven a cabo (presencial o no presencial).

Plan de Aprendizaje (Plan de trabajo de cada estudiante)

Tareas y actividades que realizará según distintos contextos profesionales (científico, profesional, institucional, social)

- Científico: conocer los principios de funcionamiento de los sistemas de radiofrecuencia y su importancia en el diseño electrónico
- Institucional: enmarcar los conocimientos adquiridos en el ámbito del máster
- Social: contextualizar los conocimientos adquiridos en el ámbito social local y global

Temporalización semanal de tareas y actividades (distribución de tiempos en distintas actividades y en presencialidad - no presencialidad)

A continuación se muestra la distribución de tiempos en horas:

Semana 01: Teoría 3, Laboratorio 0, Tutorías 0, Evaluación 0, Trabajo Autónomo 4,5
Semana 02: Teoría 3, Laboratorio 0, Tutorías 0, Evaluación 0, Trabajo Autónomo 4,5
Semana 03: Teoría 3, Laboratorio 0, Tutorías 0, Evaluación 0, Trabajo Autónomo 4,5
Semana 04: Teoría 0, Laboratorio 3, Tutorías 0, Evaluación 0, Trabajo Autónomo 4,5
Semana 05: Teoría 0, Laboratorio 3, Tutorías 0, Evaluación 0, Trabajo Autónomo 4,5
Semana 06: Teoría 3, Laboratorio 0, Tutorías 0, Evaluación 0, Trabajo Autónomo 5,0
Semana 07: Teoría 3, Laboratorio 0, Tutorías 0, Evaluación 0, Trabajo Autónomo 5,0
Semana 08: Teoría 3, Laboratorio 0, Tutorías 0, Evaluación 0, Trabajo Autónomo 5,0
Semana 09: Teoría 3, Laboratorio 0, Tutorías 0, Evaluación 0, Trabajo Autónomo 5,0
Semana 10: Teoría 3, Laboratorio 0, Tutorías 0, Evaluación 0, Trabajo Autónomo 5,0
Semana 11: Teoría 0, Laboratorio 3, Tutorías 1, Evaluación 0, Trabajo Autónomo 5,0
Semana 12: Teoría 0, Laboratorio 3, Tutorías 0, Evaluación 0, Trabajo Autónomo 5,0
Semana 13: Teoría 3, Laboratorio 0, Tutorías 0, Evaluación 0, Trabajo Autónomo 5,0
Semana 14: Teoría 0, Laboratorio 3, Tutorías 0, Evaluación 0, Trabajo Autónomo 5,0
Semana 15: Teoría 0, Laboratorio 0, Tutorías 0, Evaluación 2, Trabajo Autónomo 0,0

PRESENCIAL: Teoría, Laboratorio, Tutorías, Evaluación

NO PRESENCIAL: Trabajo Autónomo

Recursos que tendrá que utilizar adecuadamente en cada uno de los contextos profesionales.

- Científico: Bibliografía de referencia, enlaces de Internet, Campus Virtual, equipos y material de laboratorio.
- Profesional: Programas de simulación de circuitos RFIC y MMIC, recursos de Internet, webs de fabricantes de circuitos y sistemas RFIC y MMIC.
- Social: foros, redes sociales, campus virtual, medios de divulgación

Resultados de aprendizaje que tendrá que alcanzar al finalizar las distintas tareas.

El estudiante comprende y relaciona los conceptos que describen los RFIC/MMIC, así como las diferentes arquitecturas de transmisores y receptores y las implicaciones que la elección de una u otra tienen en las prestaciones finales del sistema.

El estudiante conoce y comprende el funcionamiento y los parámetros característicos de los diferentes circuitos que componen un RFIC/MMIC, así como las diferentes arquitecturas que se pueden utilizar para su implementación.

El estudiante diseña circuitos RFIC/MMIC haciendo uso de las herramientas específicas para RF: ADS, Momentum, Cadence Spectre/SpectreRF, etc.

Plan Tutorial

Atención presencial individualizada (incluir las acciones dirigidas a estudiantes en 5ª, 6ª y 7ª convocatoria)

Para la atención de los estudiantes en 5ª, 6ª y 7ª convocatoria, se ejecutará el Plan de Acción Tutorial y Orientación al estudiante (PATOE) aprobado por la Comisión Académica del Título del IUMA en sesión del 15 de febrero de 2018.

En caso de que la enseñanza presencial tuviera que transformarse a enseñanza no presencial, la atención tutorial individual se realizaría mediante aplicaciones telemáticas.

Atención presencial a grupos de trabajo

Se podrán concertar tutorías presenciales a grupos de trabajo a petición de un grupo de estudiantes o bien a iniciativa del profesor, dentro de los horarios de atención presencial (tutorías).

En caso de que la enseñanza presencial tuviera que transformarse a enseñanza no presencial, la atención tutorial a grupos se realizaría mediante aplicaciones telemáticas.

Atención telefónica

La atención telefónica se reserva a aquellos casos excepcionales en los que no sea posible la utilización de otro medio. Será dentro del horario de atención presencial individualizada (tutorías).

Atención virtual (on-line)

A través de Campus Virtual o mediante el correo electrónico se pueden realizar consultas o bien estudiante y profesor puedan establecer un diálogo personal de tutoría.

Datos identificativos del profesorado que la imparte.

Datos identificativos del profesorado que la imparte

Dr./Dra. Sunil Lalchand Khemchandani (COORDINADOR)

Departamento: 237 - INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA

Ámbito: 785 - Tecnología Electrónica

Área: 785 - Tecnología Electrónica

Despacho: INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA

Teléfono: 928457330 **Correo Electrónico:** sunil.lalchand@ulpgc.es

Dr./Dra. Francisco Javier Del Pino Suárez (RESPONSABLE DE PRACTICAS)

Departamento: 237 - INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA

Ámbito: 785 - Tecnología Electrónica

Área: 785 - Tecnología Electrónica

Despacho: INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA

Teléfono: 928458046 **Correo Electrónico:** javier.delpino@ulpgc.es

Bibliografía

[1 Básico] RF Microelectronics /

Behzad Razavi.

Prentice Hall PTR,, Upper Saddle River, NJ : (1998)

0138875715

[2 Básico] RF circuit design /

Christopher Bowick ; with John Blyler and Cheryl Ajluni.
, Amsterdam ; (2008) - (2nd. ed.)
9780750685184

[3 Básico] The design of CMOS radio-frequency integrated circuits /

Thomas H. Lee.
Cambridge University Press,, Cambridge : (2004) - (2nd ed.)
0521835399

[4 Recomendado] RFIC and MMIC design and technology /

edited by I. D. Robertson and S. Lucyszyn.
The Institution of Electrical Engineers,, London : (2001)
0-85296-786-1

[5 Recomendado] Design of low-noise amplifiers for ultra-wideband communications /

Roberto Díaz Ortega ... [et al.].
McGraw-Hill Education,, New York ... [etc.] : (2014)
978-0-07-182312-8

[6 Recomendado] RF and microwave circuit design for wireless communications.

Artech House,, Boston : (1996)
0890068186