



PRESENTACIÓN

Breve descripción:

A lo largo de la asignatura se analizarán los componentes de un sistema de recepción/transmisión inalámbrico con respecto a sus principales características. Además, se estudiarán los principales aspectos de dichos estándares inalámbricos. El alumno aprenderá a diseñar un receptor basándose en los requerimientos de un estándar real escogiendo la arquitectura y los componentes adecuados. Como primer ejemplo se estudiarán los requerimientos del estándar GSM1800 y las especificaciones de un receptor válido para dicho estándar.

Titulación (Módulo/Materia):

- Ingeniería en Sistemas de telecomunicación (Bloque Especializado de Sistemas de Telecomunicación/Sistemas de Comunicación)

Detalles:

- ECTS: 4 ECTS
- Curso, semestre: 4.º curso, 2.º semestre
- Carácter: Obligatorio
- Idioma: Castellano/Inglés

Profesores de la asignatura:

- García Muñoz, Francisco Javier/Colaborador docente
- Sánchez Basterrechea, Manuel/Colaborador docente
- Solar Ruiz, Héctor/Profesor titular

RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Competencias)

INGENIERÍA EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN

CG9 - Capacidad de trabajar en un grupo multidisciplinar y en un entorno multilingüe y de comunicar, tanto por escrito como de forma oral, conocimientos, procedimientos, resultados e ideas relacionadas con las telecomunicaciones y la electrónica.

CE22 - Capacidad para aplicar las técnicas en que se basan las redes, servicios y aplicaciones de telecomunicación tanto en entornos fijos como móviles, personales, locales o a gran distancia, con diferentes anchos de banda, incluyendo telefonía, radiodifusión, televisión y datos, desde el punto de vista de los sistemas de transmisión.

CE23 - Capacidad de análisis de componentes y sus especificaciones para sistemas de comunicaciones guiadas y no guiadas.



CE24 - Capacidad para la selección de circuitos, subsistemas y sistemas de radiofrecuencia, microondas, radiodifusión, radioenlaces y radiodeterminación.

CE25 - Capacidad para la selección de antenas, equipos y sistemas de transmisión, propagación de ondas guiadas y no guiadas, por medios electromagnéticos, de radiofrecuencia u ópticos y la correspondiente gestión del espacio radioeléctrico y asignación de frecuencias.

CE20 - Conocimiento de la normativa y la regulación de las telecomunicaciones en los ámbitos nacional, europeo e internacional.

PROGRAMA

TEORÍA

Tema 1. Requerimientos principales de un Transceiver

Linealidad:

- Introducción
- Intermodulación de 2º orden
- Intermodulación de 3º orden
- Componentes en cascada
- Modulación cruzada
- Interferencias con modulación AM

Ruido

- Introducción
- Relación señal a ruido
- Factor de ruido y figura de ruido
- Fórmula de Friis
- Sensibilidad

Rango dinámico

Componentes

- Duplexores, Switches y Filtros de RF
- Amplificadores de Bajo Ruido
- Mezcladores/Demoduladores/Moduladores
- Sintetizadores
- Filtros Paso-Bajo
- Amplificadores de Ganancia Variable
- Convertidores Analógico-Digital
- Amplificadores de Potencia

Tema 2. Estándares de comunicaciones inalámbricos



Introducción

Modulaciones digitales

- Modulaciones binarias: ASK/FSK/PSK/MSK
- Modulaciones en cuadratura: QPSK/QAM
- Pulse shaping
- PAPR y Recrecimiento espectral
- MIMO

Tipos de redes inalámbricas

Métodos de duplexado y acceso múltiple

- FDD/TDD
- FDMA/TDMA/DS-SS/CDMA/FH-SS/OFDMA/SC-FDMA

Requerimientos de los estándares

- Sensibilidad/BER/PER/Throughput
- Tolerancia a interferencias
- Test de Intermodulación
- Emisión de espúreos
- Rango dinámico
- EVM/Máscara espectral/ACLR
- Output power

Tema 3. Diseño de un Receptor desde sus Especificaciones-GSM1800

Introducción

Ejemplo de arquitectura de Receptor

Factor de Ruido

- E_b/N_0 y BER
- SNR y BER

IIP3

- Test de intermodulación

Rechazo a la frecuencia imagen-IRR

PLL Leakage

Ruido de fase del PLL

Supresión de espúreos

IIP2

- Supresión AM



Rango dinámico

- Rango de ganancias de VGA
- Filtro paso bajo
- Rango dinámico de ADC

Tema 4. Principales arquitecturas de Transceivers

Introducción

Receptores heterodinos

- Problema de frecuencia imagen
- Topología Dual IF
- Topología 2nd Zero IF
- Topología Sliding IF
- Frequency planning

Receptores de conversión directa

- Selección de canal
- LO leakage
- Offset de DC
- Distorsión de 2º orden
- Ruido Flicker
- I/Q Mismatch-IRR

Receptores de rechazo de imagen

- Arquitectura Hartley
- Arquitectura Weaver

Receptores de doble cuadratura

Receptores Low IF/Digital IF

Transmisores de conversión directa

- I/Q mismatch
- Injection pulling
- Carrier Leakage

Transmisores de dos pasos

- Carrier Leakage
- Spúreos
- SSB mixing

PROYECTO



Durante la asignatura se realizará el diseño de un receptor 5G. En el proyecto se aplicarán las técnicas aprendidas en teoría para diseñar un receptor en base a un estándar de comunicaciones móviles -3GPP R17 (5G)- para la banda 20.

El primer paso será analizar la documentación oficial de dicho estándar para extraer los requerimientos de ancho de banda, frecuencia, sensibilidad, interferencias, etc.

Posteriormente, el diseño se implementará -a nivel de simulación- en ADS basándose en componentes disponibles en el mercado. Finalmente, dicho receptor se montará físicamente y se medirán sus características, para compararlas con los resultados de simulación en ADS. Los pasos a realizar son:

- Análisis de requerimientos estándar 3GPP R17 (5G) para la banda 20.
- Elección de componentes comerciales.
- Diseño y simulación en ADS del receptor 3GPP R17 (5G) basado en la elección de componentes.
- Montaje y medidas del receptor 3GPP R17 (5G).

SESIONES PRÁCTICAS

Para facilitar la finalización del proyecto se realizarán las siguientes prácticas:

- Simulación de un link budget en ADS.
- Caracterización de los componentes escogidos: ganancia, consumo, ruido y linealidad.
- Montaje y verificación del receptor.

El proyecto finalizará con la entrega de un informe que recoja el proceso de simulación, caracterización y validación del receptor 5G.

CONTENTS OF THE COURSE

THEORY

Unit 1. Main Transceiver Requirements

Linearity

- Introduction
- 2nd order intermodulation
- 3rd order intermodulation
- Cascade components
- Cross modulation
- AM supression

Noise

- Introduction
- Signal to noise ratio
- Noise figure



Universidad de Navarra

- Friss formula
- Sensitivity

Dynamic range

Components

- Duplexers, Switches and Filters
- Low Noise Amplifiers
- Mixers, modulators and demodulators
- Synthesizers
- Low Pass Filters
- Variable Gain Amplifiers
- Analog-to-Digital Converters
- Power Amplifiers

Unit 2. Wireless communication standards

Introduction

Digital modulation

- Binary modulation: ASK/FSK/PSK/MSK
- Quadrature modulation: QPSK/QAM
- Pulse shaping
- PAPR and Spectral regrowth
- MIMO

Wireless networks

Duplexing and multiple access methods

- FDD/TDD
- FDMA/TDMA/DS-SS-CDMA/FH-SS-CDMA/OFDMA/SC-FDMA

Standard requirements

- Sensitivity/BER/PER/Throughput
- Tolerance to interferers
- Intermodulation test
- Spurious emissions
- Dynamic range
- EVM/Spectral mask/ACLR
- Output power

Unit 3. DCS 1800 Receiver design

Introduction

Receiver architecture

Noise factor



Universidad de Navarra

- Eb/No y BER
- SNR y BER

IIP3

- Intermodulation Test

Image rejection ratio-IMRR

PLL Leakage

PLL phase noise

Spur suppression

IIP2

- AM suppression

Dynamic range

- VGA gain range
- Low pass filter
- ADC dynamic range

Unit 4. Transceiver main architectures

Introduction

Heterodyne receivers

- Image frequency problem
- Dual IF topology
- 2nd Zero IF topology
- Sliding IF topology
- Frequency planning

Direct conversion receivers

- Channel selection
- LO leakage
- DC Offset
- 2nd order distortion
- Flicker noise
- I/Q Mismatch-IMRR

Image rejection receivers

- Hartley architecture
- Weaver architecture

Double quadrature receivers

Low IF/Digital IF receivers

Direct conversion transmitters



Universidad de Navarra

- I/Q mismatch
- Injection pulling
- Carrier Leakage

Two stept transmitters

- Carrier Leakage
- Spurs
- SSB mixing

PROJECT

During the course, the design of a 5G receiver will be carried out. The project will apply the techniques learned in theory to design a receiver based on a mobile communications standard - 3GPP R17 (5G) - for band 20.

The first step will be to analyze the official documentation of this standard to extract the requirements for bandwidth, frequency, sensitivity, interference, etc.

Subsequently, the design will be implemented - at the simulation level - in ADS based on components available in the market. Finally, the receiver will be physically assembled, and its characteristics measured to compare them with the simulation results in ADS. The steps to be performed are:

- Analysis of standard 3GPP R17 (5G) requirements for band 20.
- Selection of commercial components.
- Design and simulation in ADS of the 3GPP R17 (5G) receiver based on the choice of components.
- Assembly and measurements of the 3GPP R17 (5G) receiver.

PRACTICAL SESSIONS

To facilitate the completion of the project, the following practical sessions will be conducted:

- Simulation of a link budget in ADS.
- Characterization of the chosen components: gain, consumption, noise, and linearity.
- Assembly and verification of the receiver.
- The project will conclude with the delivery of a report that covers the process of simulation, characterization, and validation of the 5G receiver.

ACTIVIDADES FORMATIVAS

La dedicación de 100-120 horas (4 ECTS) a la asignatura de Mecánica se divide en las siguientes actividades formativas:

- Clases presenciales teóricas: 30 horas
- Clases presenciales prácticas, laboratorios o talleres: 8 horas
- Trabajos dirigidos: 15 horas
- Tutorías: 1 hora
- Estudio personal: 45 horas
- Realización de pruebas evaluadas: 3 horas

METODOLOGÍAS DOCENTES



Universidad de Navarra

- Clases expositivas
- Clases en salas de informática
- Clases en laboratorio
- Trabajo individual
- Trabajo en grupo
- Estudio del alumno basado en diferentes fuentes de información
- Realización de pruebas evaluadas

Durante la asignatura, además de la clases teóricas, se realizará el diseño de un receptor LTE. En el proyecto se aplicarán las técnicas aprendidas en teoría para diseñar un receptor en base a un estándar de comunicaciones móviles -LTE R17 (5G)- para la banda 20.

El primer paso será analizar la documentación oficial de dicho estándar para extraer los requerimientos de ancho de banda, frecuencia, sensibilidad, interferencias, etc.

Posteriormente, el diseño se implementará -a nivel de simulación- en ADS basándose en componentes disponibles en el mercado. Finalmente, dicho receptor se montará físicamente y se medirán sus características, para compararlas con los resultados de simulación en ADS. Los pasos a realizar son:

- Análisis de requerimientos estándar LTE R17 (5G) para la banda 20.
- Elección de componentes comerciales.
- Diseño y simulación en ADS del receptor LTE R17 (5G) basado en la elección de componentes.
- Montaje y medidas del receptor LTE R17 (5G).

Para facilitar la finalización del proyecto se realizarán las siguientes prácticas:

- Simulación de un link budget en ADS.
- Caracterización de los componentes escogidos: ganancia, consumo, ruido y linealidad.
- Montaje y verificación del receptor.
- El proyecto finalizará con la entrega de un informe que recoja el proceso de simulación, caracterización y validación del receptor 5G.

EVALUACIÓN

CONVOCATORIA ORDINARIA

- **Evaluaciones parciales y finales: 50%**
- **Trabajos individuales y/o en equipo: 50%**

Observaciones:

- La evaluación de la asignatura se realizará en base a las entregas, el proyecto de diseño del receptor LTE y una prueba evaluada final.
- Las entregas corresponden a un 10% de la asignatura.
- El proyecto de diseño del receptor 5G corresponde a un 40% de la asignatura.
- La prueba evaluada final corresponde a un 50% de la asignatura. Consistirá en una parte teórica y una parte con cuestiones teórico-prácticas. Para aprobar la asignatura, será necesario aprobar cada una de las dos partes de esta prueba.
- El proyecto de diseño del receptor LTE se presenta como desafío entre equipos. El ganador tendrá 0.5 puntos extra. El resto de equipos recibirá una cantidad de



Universidad de Navarra

puntos extra en función del número de equipos y su posición. En caso de empate, los grupos empatados recibirán los mismos puntos, y quedarán desiertos los puestos posteriores según el número de empatados.

CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA

- **Evaluaciones parciales y finales:** 50%
- **Trabajos individuales y/o en equipo:** 50%

Observaciones:

- La convocatoria extraordinaria será evaluada con una prueba escrita. Consistirá en una parte teórica y una parte con cuestiones teórico-prácticas. Para aprobar la asignatura, será necesario aprobar cada una de las dos partes de esta prueba.
- Para la evaluación de dicha convocatoria se guardarán los resultados de las entregas realizadas a lo largo de la asignatura.

HORARIOS DE ATENCIÓN

- Contactar por correo electrónico con el profesor de la asignatura.
- Se informará oportunamente de sesiones de atención de dudas o seminarios que puedan organizarse a lo largo del semestre.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía básica:

- Apuntes varios de la asignatura: en las diferentes sesiones.

Bibliografía complementaria:

- **RF system design of transceivers for wireless communications.** Qizheng Gu, Springer 2005, ([Localizalo en la biblioteca](#)) Formato papel y electrónico
- **RF Microelectronics, 2nd Edition.** Behzad Razavi, Pearson 2012 ([Localizalo en la biblioteca](#))
- **CMOS Cellular Receiver Front-Ends.** J. Janssens and M. Steyaert, Kluwer 2002 ([Localizalo en la biblioteca](#))