



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de
Telecomunicacion

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

95000029 - Analisis Y Diseño De Circuitos

PLAN DE ESTUDIOS

09TT - Grado En Ingenieria De Tecnologias Y Servicios De Telecomunicacion

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2022/23 - Segundo semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	3
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	9
7. Actividades y criterios de evaluación.....	11
8. Recursos didácticos.....	15
9. Otra información.....	16

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	95000029 - Analisis y Diseño de Circuitos
No de créditos	3 ECTS
Carácter	Obligatoria
Curso	Segundo curso
Semestre	Cuarto semestre
Período de impartición	Febrero-Junio
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	09TT - Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicacion
Centro responsable de la titulación	09 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieros De Telecomunicacion
Curso académico	2022-23

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Jose Ramon Montejo Garai (Coordinador/a)	B-421-I	joseramon.montejo@upm.es	Sin horario. Solicitud de tutoría vía e-mail.
Francisco Jose Alvarez Vaquero	C-311	francisco.alvarez@upm.es	Sin horario. Solicitud de tutoría vía e-mail.

Santiago Torres Alegre	C-309	santiago.torres@upm.es	M - 18:00 - 20:00 Solicitud de tutoría vía e-mail.
Juan Isidoro Seijas Martinez- Echevarria	C-314	juan.seijas@upm.es	Sin horario. Solicitud de tutoría vía e-mail.
Martin Javier Alarcon Mondejar	C-309	martin.alarcon@upm.es	Sin horario. Solicitud de tutoría vía e-mail.
Jose Ignacio Alonso Montes	C-422	joseignacio.alonso@upm.es	Sin horario. Solicitud de tutoría vía e-mail.
Jose Maria Gil Gil	B-416	josemaria.gil@upm.es	Sin horario. Solicitud de tutoría vía e-mail

* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Introduccion Al Analisis De Circuitos
- Metodos Matematicos
- Señales Y Sistemas

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Matlab (nivel comprensivo)

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CECT1 - Capacidad para aprender de manera autónoma nuevos conocimientos y técnicas adecuados para la concepción, el desarrollo o la explotación de sistemas y servicios de telecomunicación

CECT2 - Capacidad de utilizar aplicaciones de comunicación e informáticas (ofimáticas, bases de datos, cálculo avanzado, gestión de proyectos, visualización, etc.) para apoyar el desarrollo y explotación de redes, servicios y aplicaciones de telecomunicación y electrónica.

CECT3 - Capacidad para utilizar herramientas informáticas de búsqueda de recursos bibliográficos o de información relacionada con las telecomunicaciones y la electrónica

CECT4 - Capacidad de analizar y especificar los parámetros fundamentales de un sistema de comunicaciones

CECT5 - Capacidad para evaluar las ventajas e inconvenientes de diferentes alternativas tecnológicas de despliegue o implementación de sistemas de comunicaciones, desde el punto de vista del espacio de la señal, las perturbaciones y el ruido y los sistemas de modulación analógica y digital

CG5 - Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía

4.2. Resultados del aprendizaje

RA302 - Conocer los fundamentos de los métodos de diseño de filtros

RA301 - Conocer y utilizar herramientas de análisis de filtros por ordenador

RA298 - Conocer y utilizar métodos basados en la Transformada Laplace al análisis de circuitos: relaciones tensión-corriente en el dominio de Laplace, leyes de Kirchhoff en el dominio de Laplace

RA299 - Conocer la teoría de cuadripolos

RA300 - Aprender el uso de metodologías de análisis y caracterización de filtros

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

Introducción a la asignatura

La asignatura se configura como la continuación formativa del alumno en el análisis y diseño de circuitos. Es por tanto, la continuación natural de la asignatura de primer curso, *Introducción al Análisis de Circuitos*. El salto cualitativo consiste en la representación gráfica de respuestas circuitales así como en la primera aproximación del alumno al diseño circuital, siendo Matlab la herramienta vehicular del proceso.

El temario se divide en cuatro temas:

1. *Análisis de circuitos mediante la Transformada de Laplace.*
1. *Cuadripolos.*
1. *Funciones de red.*
1. *Diseño de filtros.*

Y además dos practicas de laboratorio utilizando Matlab donde se abordan los contenidos de los cuatro temas anteriores:

- *Práctica 1.*
- *Práctica 2.*

El tema 1 introduce al alumno en el análisis circuital mediante la Transformada de Laplace, ampliando el tipo de señales utilizadas como excitación y el manejo de las condiciones iniciales de los elementos dinámicos, bobinas y condensadores, en la respuesta transitoria. El aparato matemático necesario se circunscribe al uso tabular de la Transformada de Laplace, centrándose el esfuerzo en los conceptos circuitales.

El tema 2 desarrolla la teoría de cuadripolos, de gran aplicación en los sistemas de comunicaciones. Se abordan los diferentes tipos de parámetros, sus propiedades específicas, forma de cálculo y las equivalencias entre ellos. Además se establecen los diferentes tipos de interconexión y las reglas que deben de verificarse para ello. Por

último se analiza el caso de cuadripolos simétricos por su especial relevancia.

El tema 3 presenta el concepto de función de red en el dominio de la frecuencia; funciones de excitación (*driving-point functions*) y funciones de transferencia (*transfer functions*). Se analizan sus propiedades fundamentales tomando como base las funciones reales positivas impares para diseñar inmitancias LC con diferentes topologías, como las formas de canónicas de Foster y Cauver.

El tema 4 se ocupa de la teoría de aproximación para el diseño de filtros. Utilizando los conceptos y herramientas estudiados en los tres temas previos se diseñan filtros de Butterworth (respuesta maximalmente plana) y filtros de Chebyshev (respuesta equirrizada). Se analizan las características fundamentales de ambos tipos de filtros para posteriormente establecer las transformaciones de las cuatro respuestas en frecuencia; paso bajo, paso alto, paso banda y banda eliminada.

Docencia

La docencia consiste en una clase magistral de dos horas por semana en la que se exponen los conceptos teóricos que se desarrollan mediante ejemplos prácticos y ejercicios del nivel requerido en la evaluación de la asignatura.

5.2. Temario de la asignatura

1. Análisis de circuitos mediante la Transformada de Laplace (7h 30m)
 - 1.1. Transformada de Laplace. Conceptos básicos.
 - 1.1.1. Propiedades, tablas de transformación y teoremas límite.
 - 1.1.2. Solución de ecuaciones integro-diferenciales mediante la transformada de Laplace.
 - 1.2. Análisis de circuitos en el dominio de Laplace.
 - 1.2.1. Relación tensión-corriente en el dominio de Laplace en R, L, C.
 - 1.2.2. Incorporación en el dominio de Laplace de las condiciones iniciales en L y C.
 - 1.2.3. Análisis generalizado de circuitos en el dominio de Laplace.
 - 1.2.3.1. Lemas de Kirchhoff en el dominio de Laplace.
 - 1.2.3.2. Impedancia generalizada.
 - 1.3. Transformada inversa de Laplace.
 - 1.3.1. Descomposición en fracciones simples: método de los residuos.

1.3.2. Desarrollo de Heaviside.

1.4. Representación de la señal temporal mediante simulación por ordenador (Matlab).

2. Cuadripolos (6h).

2.1. Definición y clasificación.

2.2. Parámetros inmitancia.

2.2.1. Parámetros impedancia $[Z]$.

2.2.2. Parámetros admitancia $[Y]$.

2.3. Parámetros híbridos.

2.3.1. Parámetros híbridos $[H]$.

2.3.2. Parámetros híbridos $[G]$.

2.4. Parámetros transmisión.

2.4.1. Parámetros cadena $[ABCD]$.

2.4.2. Parámetros cadena inversos.

2.5. Relaciones entre tipos de parámetros.

2.6. Circuitos equivalentes de cuadripolos.

2.7. Conexión de cuadripolos.

2.7.1. Serie-serie mediante matrices $[Z]$.

2.7.2. Paralelo-paralelo mediante matrices $[Y]$.

2.7.3. Serie-paralelo mediante matrices $[H]$.

2.7.4. Paralelo-serie mediante matrices $[G]$.

2.7.5. Conexión en cascada mediante matrices $[ABCD]$.

2.8. Condiciones de Brune para la conexión de cuadripolos.

2.8.1. Concepto de corriente de circulación.

2.8.2. Conexión mediante transformados ideal aislador.

2.9. Teorema de Bartlett aplicado al análisis de cuadripolos.

2.9.1. Cuadripolos simétricos.

2.9.2. Excitación par y excitación impar.

3. Funciones de red (6h).

3.1. Definición de función de red. Conceptos fundamentales.

- 3.1.1. Función de excitación (driving-point function).
- 3.1.2. Función de transferencia (transfer function).
- 3.1.3. Funciones de fase mínima.
- 3.1.4. Representación de ceros y polos.
- 3.1.5. Propiedades de las funciones de red.
- 3.2. Funciones reales positivas impares (FRPI). Propiedades de redes LC.
 - 3.2.1. Teorema de Foster.
 - 3.2.2. Formas canónicas de Foster.
 - 3.2.3. Formas canónicas de Cauer: redes en escalera.
- 3.3. Representación gráfica de funciones de red (Matlab).
- 4. Diseño de filtros (8h).
 - 4.1. Introducción a la teoría de filtros.
 - 4.1.1. Función de transferencia de un filtro; atenuación y retardo de grupo.
 - 4.1.2. Respuestas paso bajo, paso alto, paso banda y banda eliminada.
 - 4.2. Aproximación maximalmente plana. Filtros de Butterworth.
 - 4.2.1. Propiedades básicas.
 - 4.2.2. Polinomios de Butterworth.
 - 4.2.3. Diagrama de polos de un filtro de Butterworth.
 - 4.2.4. Síntesis recursiva de filtros de Butterworth.
 - 4.2.5. Respuesta en frecuencia y retardo de grupo de filtros de Butterworth.
 - 4.3. Aproximación, mini-max. Filtros de Chebyshev.
 - 4.3.1. Propiedades básicas.
 - 4.3.2. Polinomios de Chebyshev.
 - 4.3.3. Diagrama de polos de un filtro de Chebyshev.
 - 4.3.4. Síntesis recursiva de filtros de Chebyshev.
 - 4.3.5. Respuesta en frecuencia y retardo de grupo de filtros de Chebyshev.
 - 4.4. Transformación en frecuencia y escalado en impedancia.
 - 4.4.1. Normalización en frecuencia e impedancia.
 - 4.4.2. Transformación de filtro paso bajo a filtro paso alto.

4.4.3. Transformación de filtro paso bajo a filtro paso banda.

4.4.4. Transformación de filtro paso bajo a filtro banda eliminada.

4.5. Diseño de filtros por ordenador (Matlab).

5. Prácticas de Laboratorio.

5.1. Práctica 1. Análisis de circuitos utilizando ordenador.

5.2. Práctica 2. Análisis de filtros y filtrado de señales.

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Presentación de la asignatura Duración: 00:30 OT: Otras actividades formativas Tema 1: Análisis de circuitos mediante la Transformada de Laplace Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	Tema 1: Análisis de circuitos mediante la Transformada de Laplace Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
3	Tema 1: Análisis de circuitos mediante la Transformada de Laplace Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
4	Tema 1: Análisis de circuitos mediante la Transformada de Laplace Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			Prueba control OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Presencial Duración: 00:15
5	Tema 2: Cuadripolos Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
6	Tema 2: Cuadripolos Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			Control Práctica 1 (la semana puede variar según calendario y ocupación del laboratorio) EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 00:30
7	Tema 2: Cuadripolos Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	Práctica 1. Análisis de circuitos utilizando ordenador Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Prueba control OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Presencial Duración: 00:15
8	Tema 3: Funciones de red Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
9	Tema 3: Funciones de red Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			Prueba control OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Presencial Duración: 00:15

10	Tema 4: Diseño de filtros Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
11	Tema 4: Diseño de filtros Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
12	Tema 4: Diseño de filtros Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
13	Tema 4: Diseño de filtros Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Control Práctica 2 (la semana puede variar según calendario y ocupación del laboratorio) EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 00:30
14	Tema 4: Diseño de filtros Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	Práctica 2. Análisis de filtros y filtrado de señales Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Prueba control OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Presencial Duración: 00:15
15				
16				
17				Examen final EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 03:00

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
4	Prueba control	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:15	3.75%	/ 10	CECT4 CECT5 CECT1 CECT2 CG5
6	Control Práctica 1 (la semana puede variar según calendario y ocupación del laboratorio)	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:30	7.5%	/ 10	CECT2 CG5
7	Prueba control	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:15	3.75%	/ 10	
9	Prueba control	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:15	3.75%	/ 10	CECT3 CECT4 CECT5 CECT1 CECT2 CG5
13	Control Práctica 2 (la semana puede variar según calendario y ocupación del laboratorio)	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:30	7.5%	/ 10	CECT2 CG5
14	Prueba control	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:15	3.75%	/ 10	CECT3 CECT4 CECT5 CECT1 CECT2 CG5
17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	70%	/ 10	CECT3 CECT4 CECT5 CECT1 CECT2 CG5

7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	70%	/ 10	CECT3 CECT4 CECT5 CECT1 CECT2 CG5

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen extraordinario (teoría)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	85%	/ 10	CECT3 CECT4 CECT5 CECT1 CECT2 CG5
Examen extraordinario (prácticas)	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	15%	/ 10	CECT3 CECT2 CG5

7.2. Criterios de evaluación

Disposición General

El plagio total o parcial de ejercicios en cualquiera de las pruebas de evaluación supondrá el suspenso en esa prueba, con calificación 0 puntos.

En el caso de que en el desarrollo de las pruebas de evaluación se aprecie el incumplimiento de los deberes como estudiante universitario, el coordinador de la asignatura podrá ponerlo en conocimiento del Director o Decano del Centro, que de acuerdo con lo establecido en el artículo 74 (n) de los Estatutos de la UPM tiene competencias para "Proponer la iniciación del procedimiento disciplinario a cualquier miembro de la Escuela o Facultad, por propia iniciativa o a instancia de la Comisión de Gobierno" al Rector, en los términos previstos en los estatutos y normas.

NOTA:

Teniendo en cuenta la entrada en vigor de la nueva "Normativa de Evaluación del Aprendizaje de la Universidad Politécnica de Madrid, 26/05/2022" y dado que se van a cambiar las prácticas, no se conserva ninguna nota obtenida anteriormente en el laboratorio.

Evaluación Progresiva:

La evaluación progresiva consiste en:

- Cuatro pruebas realizadas en el aula, una sobre cada tema de la asignatura con un valor total del 15% de la calificación total. No existe nota mínima.
- Dos prácticas de laboratorio con un valor total del 15% de la calificación total. No existe nota mínima.
- Un examen cuyo valor es del 70% de la calificación total. No existe nota mínima.

Esta es la evaluación por defecto para todos los alumnos.

Para superar la asignatura hay que obtener una calificación igual o superior a 5 puntos una vez ponderados los tres apartados.

Evaluación Global:

Aquellos alumnos que opten a la evaluación global, no habiendo realizado ninguna prueba de evaluación en aula ni las dos prácticas de laboratorio, realizarán un examen cuya calificación será como máximo el 70% de la total, de tal manera que para aprobar deberán obtener una calificación de 7.14/10 en dicho examen. La nota máxima a la que optan es 7 puntos.

Convocatoria extraordinaria:

En la convocatoria extraordinaria los alumnos serán evaluados mediante un examen cuya ponderación es el 85%. El 15% restante corresponde a la calificación obtenida en una prueba práctica de laboratorio que se realizará el mismo día del examen.

Para superar la asignatura hay que obtener una calificación igual o superior a 5 puntos una vez ponderados los dos apartados.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Linear Circuit Analysis, Vol. II. Raymond A. DeCarlo and Pen-Min- Lin. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, NJ, 1995	Bibliografía	Bibliografía complementaria Disponible en la Biblioteca UPM
Electric Circuits. 5th Ed. James W. Nilsson, Susan Riedel. Prentice Hall, 1996.	Bibliografía	Bibliografía complementaria Disponible en la Biblioteca UPM
Applied Circuit Analysis. Shlomo Karni. John Wiley&Sons, 1988.	Bibliografía	Bibliografía complementaria Disponible en la Biblioteca UPM

Análisis de Redes M. E. Van Valkenburg. Limusa, 1977	Bibliografía	Bibliografía complementaria. Disponible en la Biblioteca UPM
Analog Filter Design M. E. Van Valkenburg. Holt-Rinehart & Winston, NY, 1982	Bibliografía	Bibliografía complementaria Disponible en la Biblioteca UPM
Introduction to Circuits Synthesis and Design G.C. Temes and J.W. LaPatra. McGraw-Hill, NY, 1977	Bibliografía	Bibliografía complementaria (diseño de filtros). Disponible en la Biblioteca UPM
Página web de la asignatura	Recursos web	https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales
Laboratorio de señales A-202L	Equipamiento	

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

Comunicación

La comunicación con el docente se llevará a cabo en el aula de impartición de la asignatura. Además se puede concertar tutoría personalizada mediante correo electrónico.

Plataformas docentes

Las actividades docentes se llevarán a cabo a través de la plataforma Moodle.

Objetivos de desarrollo sostenible

Esta asignatura es de carácter básico. En algunos problemas se mostrará cómo diversas herramientas matemáticas se emplean en el modelado de sistemas de telecomunicaciones (ODS 9). En otros se ilustrará cómo las técnicas de optimización son de ayuda para el uso eficiente de los recursos energéticos (espectro) (ODS 7).

En términos más generales, la matemática aplicada se emplea de forma exhaustiva en ingeniería y, en particular, incidirá en todo lo relativo a las infraestructuras de telecomunicaciones (ODS 9). La asignatura ayudará también a

los subobjetivos 4.4: Aumentar considerablemente el número de personas con las competencias profesionales y técnicas necesarias para acceder al empleo y al emprendimiento; y 4.7: Asegurar que todos los estudiantes adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible.