

Máster en Nuevas Tecnologías Electrónicas y Fotónicas
curso 2023-2024



Ficha de la asignatura:	Compatibilidad Electromagnética: Análisis, Diseño y Normativas			Código	609234
Materia:	Tecnología electrónica	Módulo:	Tecnologías Electrónicas y Fotónicas		
Carácter:	Optativa	Curso:	1º	Semestre:	2º

	Total	Teóricas	Prácticas	Laboratorio
Créditos ECTS	6	3,73	0,93	1,33
Horas presenciales	45	28	7	10

Profesor/a coordinador/a	Gianluca Susi		Dpto.	EMFTEL
	Despacho:	03.105.0	e-mail	gsusi@ucm.es

Teoría / Práctica - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Período/fechas	Horas	Dpto.
Seminario 3.1	L	9:30 - 10:30	Gianluca Susi	2º semestre	35	EMFTEL
	X	9:30 - 11:00				

Laboratorios – Detalle de horarios y profesorado					
Grupo	Lugar	Sesiones	Profesor	Horas	Dpto.
A1	Prácticas 1 y 2: Aulas 2 y 3 de informática, sin desdoble	X 14:30 a 17:00 fechas a concretar según progreso del curso	Gianluca Susi	10	EMFTEL
A2	Prácticas 3 a 7: Laboratorio de Ingeniería Electrónica 03.210.0	Prácticas 1 y 2 X 14:30 a 17:00 Prácticas 3 a 7 L 14:30 a 17:00 fechas a concretar según progreso del curso		10	

Tutorías – Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	Horarios	e-mail	Lugar
Gianluca Susi	1º Cuatr: M y J: 12:00 a 13:30 2º Cuatr: L: 10:30 a 12:00 J: 11:30 a 13:00	gsusi@ucm.es	03.105.0 (módulo este)

Resultados del Aprendizaje (según documento de verificación)
<ul style="list-style-type: none"> • Que el alumno conozca los distintos problemas que surgen por la interferencia mutua de equipos electrónicos. • Que sea capaz de clasificar dichos problemas y de solucionarlos con las técnicas más apropiadas. • Que el alumno se familiarice con los protocolos establecidos para la caracterización de las interferencias más usuales. • Que sea capaz de diseñar un sistema de apantallamiento a partir de unas determinadas especificaciones.

Competencias
CB6-10, CT1-10, CG1, CG2, CG3, CG5, CG10, CG11, CE3, CE5

Resumen
Introducción, terminología, Normativa y requisitos de la UE en Compatibilidad Electromagnética. Campos de radiación: Aproximaciones. Transmisión y absorción del campo electromagnético. Diseño de absorbentes. Interferencias radiadas.

Interferencias conducidas y transitorios. Apantallamiento del campo electromagnético. Medidas de CEM.

Conocimientos previos necesarios

Electromagnetismo. Lenguajes de programación (preferiblemente Matlab).

Programa de la asignatura

1. Introducción y terminología: Elementos de un problema de compatibilidad electromagnética (CEM). Límites de emisión, susceptibilidad y compatibilidad. Fuentes y tipos de interferencias. Características. Normativas y reglamentos. Organismos de normalización.
2. Conceptos básicos: Repaso de ecuaciones de Maxwell. Materiales. Condiciones de contorno. Ondas planas. Densidad de flujo de potencia media. Línea de transmisión y su circuito equivalente. Transformación de impedancia. Parámetros de dispersión.
3. Campos de radiación y parámetros básicos: Potenciales retardados. Ecuaciones de onda. Campos radiados por un elemento de corriente y por una antena. Campo lejano. Polarización. La antena como elemento circuital. Diagrama de radiación. Intensidad de radiación, directividad, ganancia, potencia isotrópica radiada equivalente (EIRP). Área Equivalente de antena. Fórmula de Friis. Ruido captado por una antena.
4. Transmisión y absorción del campo EM: Apantallamientos: Reflexión, transmisión y absorción en conductores y dieléctricos. Transformación de la impedancia de onda. Ventanas dieléctricas. Estructuras multicapas. Apantallamientos. Absorbentes.
5. Acoplo inductivo y capacitivo: Diafonía: Acoplo inductivo y capacitivo. Inductancia y capacidad mutua. Diafonía: paradiafonía y telediafonía. Forma de onda de la diafonía. Modos par e impar. Impedancias y tiempos de propagación de los modos par e impar. Cable coaxial: Impedancia de transferencia. Diafonía en la red telefónica. ADSL. Cableado estructurado.
6. Interferencias conducidas: Camino de retorno, masa y tierra. Fuentes de ruido e interferencias conducidas. Red trifásica. Norma EN 55022. Interferencias en modo común y modo diferencial. Medidas de interferencias conducidas. Red de estabilización de impedancia de línea (LISN). Transitorios en líneas de transmisión. Tecnología PLC.
7. Descargas electrostáticas y Rayos: Electricidad estática. Modelo de cuerpo humano. Descarga electrostática (ESD). Test de sensibilidad y medidas de protección. Diseño electrónico anti-ESD. Protección frente a rayos. Estándar EN/IEC 62305. Pararrayos. Dispositivos de protección: Diodos TVS. Niveles y zonas de protección.
8. Ruido e interferencias en sistemas de comunicaciones: Relación señal a ruido en comunicaciones analógicas y digitales. Ruido en dipolos, cuádrupolos y cadenas receptoras. Protección electrónica. Expansión espectral por secuencia directa (DSSS) y por salto de frecuencia (FHSS). Bloqueadores: tipos. Bloqueo con seguimiento. Efecto de los códigos de corrección de errores. Efecto de las antenas directivas.

9. Efectos biológicos de los campos electromagnéticos: Radiaciones electromagnéticas y radiaciones ionizantes. El Proyecto Internacional CEM de la OMS. Efectos biológicos y efectos sobre la salud. Interpretación de estudios epidemiológicos. Estudios con muestras. Límites ICNIRP.

Prácticas:

1. Simulación de una antena de bocina.
2. Simulación de apantallamientos.
3. Medida y caracterización de interferencias radiadas.
4. Obtención del diagrama de radiación de una antena y medidas del coeficiente de reflexión de diversos materiales.
5. Transitorios en líneas de transmisión.
6. Diseño, fabricación y caracterización de líneas microstrip. Medidas de diafonía.
7. Medida de interferencias conducidas mediante LISN.

Las prácticas 1 y 2 son de simulación con el software Ansys HFSS, se realizan en las aulas de informática y tienen un grupo único los miércoles de 14:30 a 17:00

Bibliografía

Básica

- "Introduction to Electromagnetic Compatibility", Clayton R. Paul, Willey Inter-Science, 2ª Ed., 2006.
- "Engineering Electromagnetic Compatibility", V. Prasad Kodali, IEE Press Marketing, 2ª Ed., 2001.
- "Electromagnetic Compatibility. Principles and Applications", D. A. Weston. Marcel Dekker Inc., 2ª Ed., 2001.
- "Fundamentos de Compatibilidad Electromagnética". José L. Sebastián, Addison-Wesley, 1999.
- "EMC for product designers" T. Williams, Elsevier, 2017
- "Conducted Electromagnetic Interference (EMI) in Smart Grids", Springer, 2012
- "Electromagnetic Compatibility Engineering", H.W. Ott, John Wiley & Sons, 2009
- "Antenna Theory, Analysis and Design", H.W. C.A. Balanis, 1997

Complementaria

- "Microwave Engineering", D.M. Pozar, John Wiley, 4ª Ed., 2012.
- "Antenas", A. Cardama, L. Jofre, J.M. Rius, J. Romeu, S. Blanch, M. Ferrando. Edicions UPC, 2002
- "Antennas and Radiowave Propagation", R.E. Collin, Mc.Graw Hill, 1985

Recursos en Internet

Asignatura en el Campus Virtual de la UCM.

Metodología

La asignatura posee aspectos teóricos y prácticos.

1. En las clases de teoría el alumno recibirá información detallada acerca de los temas incluidos en el programa. Con el objetivo de favorecer el aprendizaje, se fomentará la interacción entre los alumnos, y entre los alumnos y el profesor.

2. En las clases prácticas se aplicarán los conocimientos adquiridos en clase. Estas se desarrollarán de manera presencial en el aula de informática y en laboratorio.

Evaluación		
Realización de exámenes	Peso	60%
El alumno realizará un examen final puntuable de 0 a 10 puntos.		
Otras actividades de evaluación	Peso	40%
Además de la actitud y entrega de memoria de las prácticas de laboratorio, se realizarán actividades tales como ejercicios entregables, prácticas de simulación o trabajos propuestos al alumno.		

Calificación final
La calificación final C será la obtenida aplicando los porcentajes anteriores a las diferentes partes evaluadas, es decir: $C = 0.6 E + 0.4 P$ siendo E y P, respectivamente (en una escala de 0 a 10), la nota del examen y la nota de las actividades complementarias. Es necesario superar el examen final E con una nota igual o superior a 4 para poder aprobar la asignatura, (siempre que al aplicar los porcentajes anteriores se alcance una calificación C mínima de 5). Este criterio de puntuación es válido para las dos convocatorias del curso académico.