



Guia docent

300217 - SL - Sistemes Lineals

Última modificació: 06/06/2024

Unitat responsable: Escola d'Enginyeria de Telecomunicació i Aeroespacial de Castelldefels
Unitat que imparteix: 739 - TSC - Departament de Teoria del Senyal i Comunicacions.

Titulació: GRAU EN ENGINYERIA DE SISTEMES AEROESPACIALS (Pla 2015). (Assignatura obligatòria).

Curs: 2024 **Crèdits ECTS:** 4.5 **Idiomes:** Català, Castellà

PROFESSORAT

Professorat responsable: Definit a la infoweb de l'assignatura.

Altres: Definit a la infoweb de l'assignatura.

CAPACITATS PRÈVIES

- Càlculs amb les Sèries i Transformada de Fourier.
- Càlculs amb la Transformada de Laplace.
 - Coneixements de mecànica del sòlid rígid (translació i rotació).

REQUISITS

- Haver cursat les assignatures de:
 - o Àlgebra
 - o Fonaments de Física
 - o Ampliació de Matemàtiques
 - o Càlcul

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

CE15. CE 15 AERO. Conocimiento adecuado y aplicado a la Ingeniería de: Los principios de la mecánica del medio continuo y las técnicas de cálculo de su respuesta. (CIN/308/2009, BOE 18.2.2009)

CE17. CE 17 AERO. Conocimiento adecuado y aplicado a la ingeniería de: Los elementos fundamentales de los diversos tipos de aeronaves ; los elementos funcionales del sistema de navegación aérea y las instalaciones eléctricas y electrónicas asociadas; los fundamentos del diseño y construcción de aeropuertos y sus diversos elementos. (CIN/308/2009, BOE 18.2.2009)

CE18. CE 18 AERO. Conocimiento adecuado y aplicado a la Ingeniería de: Los fundamentos de la mecánica de fluidos; los principios básicos del control y la automatización del vuelo; las principales características y propiedades físicas y mecánicas de los materiales. (CIN/308/2009, BOE 18.2.2009)

Genèriques:

CG9. ÚS EFICIENT D'EQUIPS I INSTRUMENTACIÓ - Nivell 1: Utilitzar correctament instrumental, equips i programari dels laboratoris d'ús general o bàsics. Realitzar els experiments i pràctiques proposats i analitzar els resultats obtinguts.

CG1. CG1 - Capacidad para el diseño, desarrollo y gestión en el ámbito de la ingeniería aeronáutica que tengan por objeto, de acuerdo con los conocimientos adquiridos, los vehículos aeroespaciales, los sistemas de propulsión aeroespacial, los materiales aeroespaciales, las infraestructuras aeroportuarias, las infraestructuras de aeronavegación y cualquier sistema de gestión del espacio, del tráfico y del transporte aéreo.

Transversals:

CT6. APRENTATGE AUTÒNOM - Nivell 3: Aplicar els coneixements assolits a la realització d'una tasca en funció de la pertinència i la importància, decidint la manera de dur-la a terme i el temps que cal dedicar-hi i seleccionant-ne les fonts d'informació més adequades.

CT5. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ - Nivell 1: Identificar les pròpies necessitats d'informació i utilitzar les col·leccions, els espais i els serveis disponibles per dissenyar i executar cerques simples adequades a l'àmbit temàtic.

Bàsiques:

CB3. CB3 - Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio)

para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética

METODOLOGIES DOCENTS

En les sessions de teoria (grups de 40 alumnes) basades en classes expositives, es combina l'explicació formal del professor amb interrogacions als alumnes, que afavoreixen el seguiment i la comprensió dels conceptes bàsics de l'assignatura. Es procurarà una bona motivació per a l'estudi dels nous conceptes i tècniques que es vagin presentant, introduint-los a partir de necessitats i evitant al màxim que els alumnes hagin d'estudiar temes sabent perquè serveixen o el que resolen només de manera revelada, però no percebuda.

En les sessions de problemes (grups de 20 estudiants) els alumnes poden treballar, segons la taxonomia de cada classe, des de individualment fins formant grups de, com a molt, 3 persones, tot i resolent exercicis relacionats amb la teoria donada a les classes expositives. El professor resoldrà o donarà directrius per a la resolució de manera conjunta alguns dels exercicis proposats i proposarà exercicis addicionals a resoldre pels estudiants en hores d'aprenentatge autònom. Es procurarà que sigui l'alumne, i no el professor, qui enceti la resolució dels problemes, aspecte més rellevant que la seva posterior conclusió i capacitat, tant per detectar carències en l'assimilació de la teoria prèvia com per evitar que els problemes s'enfoquin de manera purament memorística.

En les sessions de laboratori (grups de 20 estudiants com a màxim) es formaran grups 2 persones. Cada membre del grup haurà de realitzar de forma individual un estudi previ. Posteriorment a la realització de la pràctica, els membres del grup hauran d'elaborar i entregar una memòria (una per grup de 2) on descriguin de manera resumida la feina desenvolupada i els resultats (interpretats), tot relacionant-la amb els conceptes vistos prèviament a teoria i, si s'escau, les principals conclusions que s'extreuen de la pràctica realitzada.

Finalment, en les sessions d'activitats dirigides (grups de 20 estudiants com a màxim) es faran tallers on l'estudiant s'enfrontarà a la resolució de problemes, amb un grau de conductivitat per part del professor que no entrebanqui l'autonomia de l'alumne, sent preferible l'ajut sobre preguntes concretes de problemes ja començats més que consultes generals sobre com enfocar solucions, sovint obvies "a posteriori", fet que pot crear confusió a l'alumne sobre la dificultat real dels exercicis i problemes, i que no hauria de descobrir a l'hora de fer controls o exàmens.

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

L'assignatura és bàsica i de caràcter instrumental, proporcionant eines analítiques d'aplicació a diferents tecnologies emprades en el sector aeronàutic.

En superar l'assignatura de Sistemes Lineals, l'estudiant/a ha de ser capaç de:

o Descriure i classificar senyals i sistemes, trobar paràmetres descriptius dels senyals (criteris de forma i d'energia), operar amb senyals bàsics i les seves combinacions, i operar amb sistemes interconnectats, simplificant estructures i trobant funcions de transferència del conjunt.

o Utilitzar la transformada de Laplace per obtenir models de sistemes en el domini transformat, així com les seves relacions entrada-sortida, en sistemes de diferents tecnologies.

o Obtenir respostes temporals de sistemes, classificar-les pel tipus i per la forma, i descriure-les amb els paràmetres característics més habituals.

o Avaluat dinàmiques temporals (formes, velocitat i estabilitat) a partir de diagrames de pols i zeros (p-z).

o Conèixer les característiques i tècniques fonamentals d'anàlisi de sistemes realimentats.

o Avaluat sistemes en règim permanent senoidal. Esbossar les corbes d'amplificació i de desfasament i trobar els principals paràmetres descriptius.

o Obtenir, amb la transformada de Fourier, els espectres d'amplitud i de fase de senyals, i saber-los interpretar i filtrar.

o Conèixer el tipus de filtres, avaluar-los asimptòticament a partir del diagrama p-z, i descriure aplicacions bàsiques.



HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup gran	26,0	23.11
Hores aprenentatge autònom	63,0	56.00
Hores activitats dirigides	10,5	9.33
Hores grup mitjà	7,0	6.22
Hores grup petit	6,0	5.33

Dedicació total: 112.5 h

CONTINGUTS

Senyals i Sistemes

Descripció:

- Presentació de l'assignatura i del professorat. Revisió d'aspectes preliminars.
- Senyals i Classificació: Classificació segons el domini i rang, Sistema SISO (model E/S), valors característics d'un senyal, Senyals de potència mitja finita i Senyals d'energia finita.
- Tipus bàsics de senyals i propietats. Funcions graó, signe, pols rectangular, triangle. Funció sinc. Impuls unitari. Propietats: Transformació variable temporal, Simetria i periodicitat
- Sistemes, tipus i propietats: Interconnexió de sistemes, Classificacions dels sistemes, Resposta de sistemes lineals LTI. (a nivell de descripció, classificació i operacions elementals es tractaran tant els senyals analògics com els de temps discret)

Activitats vinculades:

Activitat 1: Taller d'activitats en càlculs i representacions de senyals i sistemes

Dedicació: 25h 20m

Grup gran/Teoria: 4h

Grup mitjà/Pràctiques: 1h

Activitats dirigides: 2h

Aprenentatge autònom: 18h 20m

Anàlisi de Sistemes Lineals amb la Transformada de Laplace

Descripció:

- Revisió de la transformada de Laplace. Motivació. Ús del domini transformat. Definició i propietats de la Transformada de Laplace. Transformades bàsiques. Transformada inversa de Laplace, descomposició en fraccions simples.
- Dinàmica dels sistemes lineals: Introducció. Relació entrada-sortida en sistemes lineals. Funció de transferència: Definició, resposta impulsional i indicial. Propietats. Respostes temporals de primer i de segon ordre. Paràmetres descriptius. Tipus de resposta: Natural o forçada, Transitòria o permanent. Cas particular: Règim permanent sinusoidal (revisió).
- Diagrama de pols i zeros. Estabilitat de sistemes lineals. Sistemes de 2n ordre: Forma canònica, Estabilitat dels sistemes de 2n ordre. Lloc de les arrels (LGR). Tipus de respostes.
- Estructures realimentades: Avantatges de la realimentació: modificació ancho de banda (BW), pertorbacions, alinealitats, sensibilitat.
- Àlgebra de blocs. Connexió de funcions de transferència. Mobilitat de blocs. Reducció d'esquemes.
- Modelatge de sistemes: Exemples d'aplicacions (Laplace) .

Activitats vinculades:

- Activitat 2: Taller d'activitats en càlculs i representacions de respostes temporals
Activitat 3: Control de classe de dinàmica de sistemes
Activitat 4: Laboratori de baixa freqüència (bàsic): Pràctica: Dinàmica d'un circuit de 2n ordre.
Activitat 5: Laboratori d'ordinadors: MATLAB, Simulink
Activitat 6: Examen de Mig Quadrimestre (Contingut 1 + part corresponent del Contingut 2)

Dedicació: 44h 50m

- Grup gran/Teoria: 10h
Grup mitjà/Pràctiques: 4h
Grup petit/Laboratori: 4h
Activitats dirigides: 4h 30m
Aprentatge autònom: 22h 20m

Aplicacions de les Sèries i Transformada de Fourier

Descripció:

- Revisió de la resposta en Règim Permanent Sinusoidal (RPS). Corbes d'amplificació i de desfasament. Representació logarítmica de l'amplificació (dB).
- Senyals periòdics en Sistemes Lineals. Revisió de la Sèrie de Fourier. Exemples.
- Revisió de la transformada de Fourier i de la relació de Parseval. Transformades bàsiques: sinusoides, productes (modulació AM, multiplexat en freqüència), Pols rectangular, etc.
- Senyals i sistemes. Espectres d'amplitud i de fase. Concepte de Filtre. Filtre real versus filtre ideal. Realitzabilitat.
- Tipus de Filtres: Passa-baixes; Passa-altes; banda-eliminada; passa-banda, passa-tot.
- Anàlisi asimptòtica. Anàlisi gràfica (qualitativa) a partir del diagrama de pols i zeros, i quantitativa a partir de $H(s)$ i
- Filtres de Primer i de Segon-ordre. Paràmetres descriptius de filtres, especificacions (f de ressonància, de tall, BW). Principals aproximacions (Butterworth, Chebyshev, ...).
- Exemples introductoris d'aplicació de filtres: Modulacions lineals d'amplitud, multiplexat en freqüència.

Activitats vinculades:

- Activitat 7: Taller d'activitats de càlcul de resposta freqüencial i filtratge
Activitat 8: Control de classe de resposta freqüencial i filtratge.
Activitat 9: Laboratori de baixa freqüència (bàsic). Pràctica: Mesura de la resposta freqüencial d'un filtre.
Activitat 10: EXAMEN FINAL: Contingut total del curs.

Dedicació: 42h 20m

- Grup gran/Teoria: 12h
Grup mitjà/Pràctiques: 2h
Grup petit/Laboratori: 2h
Activitats dirigides: 4h
Aprentatge autònom: 22h 20m

ACTIVITATS

TALLER D'ACTIVITATS EN CÀLCULS I REPRESENTACIONS DE SENYALS I SISTEMES

Descripció:

Aquesta activitat dirigida es durà a terme en grups de 20 estudiants i consistirà en la proposta d'activitats complementàries (treballs addicionals) o bé resolució de dubtes de problemes proposats en el tema bàsic de classificació i parametrització de senyals i sistemes.

L'estudiant podrà rebre una atenció personalitzada sobre els dubtes que li hagin sorgit en l'elaboració dels treballs assignats a desenvolupar de forma autònoma i d'aquesta manera preparar-se per a l'examen de mig quadrimestre.

Objectius específics:

Aprendre a classificar, realitzar càlculs i representacions.

Material:

El suport que necessiti l'estudiant li serà donat pel professor al llarg de la sessió.

Lliurament:

Exercicis de senyals i de sistemes.

Dedicació: 10h

Activitats dirigides: 2h

Aprentatge autònom: 8h

CONTROL DE CLASSE DE SENYALS, SISTEMES I CRUITS TRASFORMATS (LAPLACE)

Descripció:

L'estudiant haurà de realitzar un control on se li demanarà que demostrï els coneixements que hauria d'haver adquirit en les classes de teoria, problemes i activitats dirigides prèvies al control.

Objectius específics:

El control està orientat a monitoritzar l'aprenentatge de l'estudiant que, en aquest punt del curs, hauria de ser capaç de:

- Classificar senyals i sistemes
 - Calcular i interpretar valors característics d'un senyal
 - Descriure i operar amb senyals bàsics i amb les seves combinacions
 - Descriure i interpretar la resposta impulsional.
- OBTENIR I ANALITZAR LA RESPOSTA TEMPORAL I LA ESTABILITAT DE CURCUITS AMB LA TRF. DE LAPLACE

Lliurament:

El control té un pes del 15 % sobre la nota final de l'assignatura

Dedicació: 1h

Grup mitjà/Pràctiques: 1h



TALLER D'ACTIVITATS EN CÀLCULS I REPRESENTACIONS DE RESPOSTES TEMPORALS

Descripció:

Aquesta activitat dirigida es durà a terme en grups de 20 estudiants i consistirà en la proposta d'activitats complementàries (treballs addicionals) o bé en la resolució de dubtes de problemes proposats sobre l'avaluació de la resposta temporal de circuits i sistemes lineals, emprant com a eina principal la transformada de Laplace i operant en el domini transformat. L'estudiant podrà rebre una atenció personalitzada sobre els dubtes que li hagin sorgit en l'elaboració dels treballs assignats a desenvolupar de forma autònoma i d'aquesta manera preparar-se per a l'examen de mig quadrimestre.

Objectius específics:

Adquirir operativitat en els punts descrits en els objectius específics de l'activitat 4.

Material:

El suport que necessiti l'estudiant li serà donat pel professor al llarg de la sessió

Lliurament:

Exercicis i treballs proposats.

Dedicació: 11h

Activitats dirigides: 3h

Aprenentatge autònom: 8h

LABORATORI DE BAIXA FREQUÈNCIA (BÀSIC). PRÀCTICA: DINÀMICA D'UN CIRCUIT DE 2N ORDRE.

Descripció:

Organitzada en 1 sessió de 2 hores. Es formaran grups de 2 alumnes per realitzar les pràctiques.

El treball de laboratori consistirà en l'estudi de la dinàmica d'un circuit de Sallen-Key de 2on ordre. (circuits pre-muntats en plaques de circuit imprès).

Per necessitat de la pràctica es descriurà breument el que és un Amplificador Operacional, però sense perseguir que l'alumne tingui operativitat en l'anàlisi de filtres actius amb aquest element.

Objectius específics:

En acabar la pràctica l'alumne haurà de ser capaç de:

- Saber realitzar mesures temporals de senyals.
- Racionar formes de la resposta temporal amb el diagrama p-z.
- Comprendre conceptes d'oscil·ladors (puresa espectral i estabilitat en freqüència).

Material:

Material de pràctiques.

Lliurament:

L'assistència a la pràctica és obligatòria. S'avaluaran les habilitats competencials de laboratori de l'alumne en funció de:

- Assistència i realització de la pràctica
- Estudis previs a realitzar de forma individual
- Memòria o article de pràctiques a realitzar per parelles (es valorarà l'ús de l'anglès en els entregables)

La pràctica té un pes del 5 % sobre la nota final de l'assignatura

Dedicació: 4h

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 2h



LABORATORI D'ORDINADORS: SIMULINK: SIMULACIÓ D'UN MOTOR DE C.C.

Descripció:

Organitzada en 1 sessió de 2 hores. Es formaran grups de 2 alumnes per realitzar les pràctiques. El treball de laboratori consistirà en la identificació paramètrica d'un motor de c.c a partir de la resposta inicial, el seu modelatge i l'avaluació qualitativa d'alguns efectes de la realimentació sobre la dinàmica temporal.

Objectius específics:

En acabar la pràctica l'alumne haurà de ser capaç de:

- Fer una identificació elemental de sistemes de primer i segon ordre.
- Modelar un motor de c.c.
- Descriure qualitativament efectes d'algunes estratègies elementals de realimentació.
- Operar amb el programa de simulació de sistemes Simulink.

Material:

Matlab/Simulink

Lliurament:

L'assistència a la pràctica és obligatòria. S'avaluaran les habilitats competencials de laboratori de l'alumne en funció de:

- Assistència i realització de la pràctica
- Estudis previs a realitzar de forma individual
- Memòria o article de pràctiques a realitzar per parelles (es valorarà l'ús de l'anglès en els entregables)

La pràctica té un pes del 5 % sobre la nota final de l'assignatura

Dedicació: 6h

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 4h

EXAMEN DE MIG QUADRIMESTRE

Descripció:

Examen (22,5% de la nota final) sobre el Contingut 1 i la part corresponent del Contingut 2

Dedicació: 1h 30m

Activitats dirigides: 1h 30m

TALLER D'ACTIVITATS DE CÀLCUL DE RESPOSTA FREQUÈNCIAL I FILTRATGE

Descripció:

Aquesta activitat dirigida es durà a terme en grups de 20 estudiants i consistirà en la proposta d'activitats complementàries (treballs addicionals) o bé en la resolució de dubtes de problemes proposats sobre l'estudi d'espectres de senyals i el seu filtratge. L'estudiant podrà rebre una atenció personalitzada sobre els dubtes que li hagin sorgit en l'elaboració dels treballs assignats a desenvolupar de forma autònoma i d'aquesta manera preparar-se per a l'examen de mig quadrimestre.

Objectius específics:

Adquirir operativitat en els punts descrits en els objectius específics de l'activitat 8.

Material:

El suport que necessiti l'estudiant li serà donat pel professor al llarg de la sessió.

Lliurament:

Exercicis i treballs proposats.

Dedicació: 9h

Activitats dirigides: 2h 30m

Aprenentatge autònom: 6h 30m



CONTROL DE CLASSE DE CONTROL I MODELATGE / CONTROL DE CLASSE DE RPS Y FILTRES

Descripció:

L'estudiant haurà de realitzar un control on se li demanarà que demostrï els coneixements que hauria d'haver adquirit en les classes de teoria, problemes i activitats dirigides prèvies al control.

Objectius específics:

Segons el quadrimestre, el CONTROL es centrara en la part de CONTROL I MODELATGE o en la de RPS i FILTRES. Mai les dos parts simultaniament.

El control està orientat a monitoritzar l'aprenentatge de l'estudiant que, en aquest punt del curs, hauria de ser capaç de:

A) OPCIO CONTROL I MODELATGE

- OBTENIR I SIMPLICAR ESQUEMES DE BLOCS DE SISTEMES MECANICS (DE TRASLACIÓ, ROTACIÓ O TORSIÓ)
- OBTENIR I OPERAR AMB FUNCIONS DE TRANSFERENCIA
- Descriure i interpretar exemples d'aplicació

B) OPCIO RPS i FILTRES:

- Representar les corbes d'amplificació i desfasament d'un sistema lineal a partir d'una anàlisi en RPS. Convertir unitats lineals en dBs, i viceversa.
- Calcular l'espectre de senyals i relacionar-lo amb la resposta de filtres.
- Descriure i classificar filtres, i calcular els principals paràmetres que els caracteritzen.
- Avaluar asimptòticament la resposta de filtres des de la funció de transferència i des del diagrama de pals i zeros.
- Descriure i interpretar exemples d'aplicació

Lliurament:

El control té un pes del 15 % sobre la nota final de l'assignatura

Dedicació: 1h

Grup mitjà/Pràctiques: 1h

LABORATORI DE BAIXA FREQUÈNCIA (BÀSIC). PRÀCTICA: MESURA DE LA RESPOSTA FREQUÈNCIAL D'UN FILTRE

Descripció:

Organitzada en 1 sessió de 2 hores. Es formaran grups de 2 alumnes per realitzar les pràctiques.

El treball de laboratori consistirà en la mesura de la resposta freqüencial d'un filtre passa-banda (amplificació i desfasament). S'estudiarà la relació amb la resposta temporal (conversió d'un senyal quadrat a sinusoidal).

Objectius específics:

En acabar la pràctica l'alumne haurà de ser capaç de:

- Mesurar i caracteritzar un filtre.
- Descriure els seus efectes sobre senyals

Lliurament:

L'assistència a la pràctica és obligatòria. S'avaluaran les habilitats competencials de laboratori de l'alumne en funció de:

- Assistència i realització de la pràctica
- Estudis previs a realitzar de forma individual
- Memòria o article de pràctiques a realitzar per parelles (es valorarà l'ús de l'anglès en els entregables)

La pràctica té un pes del 5% sobre la nota final de l'assignatura

Dedicació: 4h 30m

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 2h 30m



EXAMEN DE FI DE QUADRIMESTRE

Descripció:

Examen de Fi de Quadrimestre (32.5% de la nota final).

Dedicació: 1h 30m

Activitats dirigides: 1h 30m

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

- 55% Exàmenes. Un examen de mig quadrimestre (22.5%) i un examen de final de quadrimestre (32.5%).
- 30% Controles de clase, dos del 15%.
- 15% entre memòries i treballs de Laboratori, validables en preguntes a controls i/o examens.

NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

- La realització d'estudis previs i l'entrega de memòries, treballs i/o articles serà obligatòria. En les memòries es valorarà la interpretació dels resultats per sobre de la seva simple exposició.
- La nota de pràctiques (memòries i treball) es correlarà amb preguntes a controls i/o exàmens relacionades amb les pràctiques, essent d'un 70% el pes entre el treball i la memòria i un 30 les preguntes de controls i/o exàmens

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Ogata, Katsuhiko; Dormido Canto, Sebastián; Dormido Canto, Raquel. Ingeniería de control moderna [en línia]. 5ª ed. Madrid: Pearson Educación, 2010 [Consulta: 26/07/2022]. Disponible a: https://www-ingebook-com.recursos.biblioteca.upc.edu/ib/NPcd/IB_BooksVis?cod_primaria=1000187&codigo_libro=1259. ISBN 9788483226605.
- Oppenheim, Alan V.; Willsky, Alan S. Señales y sistemas. 2ª ed. México [etc.]: Prentice-Hall Hispanoamericana, 1997. ISBN 970170116X.
- Thomas, Roland E.; Rosa, Albert J.; Toussaint, Gregory J. The Analysis and design of linear circuits. 6th ed. Hoboken, NJ [etc.]: John Wiley & Sons, 2009. ISBN 9780470383308.

Complementària:

- Lathi, B.P. Signal processing and linear systems. International ed. New York: Oxford University Press, 2010. ISBN 9780195392579.
- Hostetter, Gene H.; Savant, Clement J.; Stefani, Raymond T. Sistemas de control. México: McGraw-Hill, 1990. ISBN 968422592X.
- Taylor, Fred J. Principles of signals and systems. New York: McGraw-Hill, 1994. ISBN 0079111718.
- Phillips, Charles L.; Parr, John M. Signals, systems, and transforms. 2nd ed. Upper Saddle River: Prentice- Hall, 1999. ISBN 0130953329.
- Oppenheim, Alan V.; Willsky, Alan S. Señales y sistemas. 2ª ed. México [etc.]: Prentice-Hall Hispanoamericana, 1997. ISBN 970170116X.
- Bertran Albertí, Eduard; Montoro López, Gabriel. Circuitos y sistemas lineales : curso de laboratorio [en línia]. Barcelona: Edicions UPC, 2000 [Consulta: 15/04/2020]. Disponible a: <http://hdl.handle.net/2099.3/36416>. ISBN 848301372X.
- Lathi, B. P. (Bhagwandas Pannalal). Introducción a la teoría y sistemas de comunicación. México, [etc.]: Limusa : Noriega, 1974. ISBN 9681805550.

RECURSOS

Altres recursos:

- Apunts i notes de classe, col·lecció de problemes i exercicis disponibles al Campus Digital (ATENEA).
- Software: Matlab/Simulink.