



Universitat de Lleida

GUIA DOCENT

CONTROL REALIMENTAT

Coordinació: CLARIA SANCHO, FRANCISCO

Any acadèmic 2019-20

Informació general de l'assignatura

Denominació	CONTROL REALIMENTAT			
Codi	14537			
Semestre d'impartició	2N Q(SEMESTRE) AVALUACIÓ CONTINUADA			
Caràcter	Grau/Màster	Curs	Caràcter	Modalitat
	Màster Universitari en Enginyeria Industrial (R 2014)	1	OPTATIVA	Presencial
Nombre de crèdits assignatura (ECTS)	6			
Tipus d'activitat, crèdits i grups	Tipus d'activitat	PRAULA		TEORIA
	Nombre de crèdits	3		3
	Nombre de grups	1		1
Coordinació	CLARIA SANCHO, FRANCISCO			
Departament/s	INFORMÀTICA I ENGINYERIA INDUSTRIAL			
Distribució càrrega docent entre la classe presencial i el treball autònom de l'estudiant	(40%) 60 hores presencials (60%) 90 hores treball autònom			
Informació important sobre tractament de dades	Consulteu aquest enllaç per a més informació.			
Idioma/es d'impartició	CATALÀ (40%) CASTELLÀ (40 %) ANGLÈS (20%)			
Distribució de crèdits	1 ECTS 10 hores classe presencial + 15 hores treball autònom.			
Horari de tutoria/lloc	Concertar tutoria amb el professor			

Professor/a (s/es)	Adreça electrònica professor/a (s/es)	Crèdits impartits pel professorat	Horari de tutoria/lloc
CLARIA SANCHO, FRANCISCO	francisco.claria@udl.cat	0	
RIBO PABLO, JOSE	jose.ribo@udl.cat	6	

Informació complementària de l'assignatura

L'assignatura optativa "Control Realimentat" està adreçada als alumnes procedents de graus no especialitzats en les tecnologies elèctriques, electròniques i de control perquè puguin rebre formació específica que integri al seu currículum acadèmic els principis bàsics de la Teoria del Control Automàtic i l'Electrònica, d'acord amb el perfil de la titulació Màster Enginyer Industrial.

Dins del context del Màster, l'assignatura, de caràcter presencial, s'imparteix al segon quadrimestre del primer curs. Enllaça l'assignatura "*Enginyeria de Sistemes*" cursada al primer quadrimestre amb la del segon curs del màster, "*Disseny de Sistemes Electrònics i del Control*".

L'assignatura s'estructura en dues parts:

La primera, amb la finalitat d'abordar l'anàlisi dels sistemes físics realimentats i analitzar la seva resposta en el domini del temps i en el domini de la freqüència. Es parteix de les definicions i fonaments teòrics en que es basa el control realimentat, centrats especialment, en l'anàlisi de la resposta transitòria, l'estabilitat i l'anàlisi en regim estacionari del sistemes realimentats.

La segona, aborda algunes tècniques de compensació usades en la Regulació Automàtica de Sistemes i la seva implementació electrònica en el cas dels sistemes continus i digital en el cas de sistemes de temps discret.

Pel seu desenvolupament s'aplicaran les eines pròpies del càlcul operacional als sistemes en temps continu i en temps discret, representats interna o externament. Es pressuposa que l'alumne ja hagi assolit prèviament els conceptes bàsics de les equacions diferencials, les transformacions de Laplace i de Fourier, així com les tècniques d'anàlisi dels senyals i sistemes, que es completaran amb les transformacions discretes i les equacions en diferències.

Objectius acadèmics de l'assignatura

Tot i que l'abast d'aquesta assignatura es molt ample, es considera necessari que els alumnes del màster, graduats en especialitats diferents de la tecnologia elèctrica, electrònica i de control, adquireixin coneixements en Regulació Automàtica propis de les competències dels Màster Enginyer Industrial.

En definitiva, es pretèn que l'alumne sigui capaç de,

- Dominar les tècniques de modelatge de sistemes que permetin la seva representació externa i interna.
- Simular usant eines apropiades de simulació el comportament dels sistemes físics reals.
- Identificar les variables físiques que intervenen en els processos industrials així com la seva mesura.

- Aplicar les tècniques d'anàlisi de sistemes realimentats usant eines apropiades en el domini del temps i en el domini de la freqüència.
- Dissenyar els compensadors de sistemes anàlogics en el domini dels temps i en el domini de la freqüència.
- Dissenyar els compensadors digitals apropiats per sistemes físics controlats amb computadores d'ígital.

Competències

Competències **Generals** segons Ordre CIN/311/2009 i criteris EPS

- **CG1** Capacitat de planificació i organització del treball personal.
- **CG3** Capacitat de transmetre informació, idees, problemes i solucions a un públic tant especialitzat com no especialitzat.
- **CG4** Capacitat de concebre, dissenyar i implementar projectes i/o aportar solucions noves, utilitzant eines pròpies de l'enginyeria.
- **CG6** Tenir coneixements adequats dels aspectes científics i tecnològics de: mètodes matemàtics, analítics i numèrics en l'enginyeria, enginyeria elèctrica, enginyeria energètica, enginyeria química, enginyeria mecànica, mecànica de mitjans continus, electrònica industrial, automàtica, fabricació, materials, mètodes quantitius de gestió, informàtica industrial, urbanisme, infraestructures, etc.

Competències **Específiques** segons Ordre CIN/311/2009

- **CE7** Capacitat per dissenyar sistemes electrònics i d'instrumentació industrial.

Competències **transversals** aprovades per la Comissió Plenària dels Graus d'Enginyeria Industrial, Enginyeria Informàtica i Enginyeria de l'Edificació, reunida el 16 de Juny de 2008.

- **CT1** Tenir una correcta expressió oral i escrita.
- **CT3** Dominar les TIC.

Continguts fonamentals de l'assignatura

TEMA 1. Introducció als sistemes de control realimentat.

- Fonaments de sistemes dinàmics. Conceptes bàsics. Evolució temporal.
- Linealitat en dinàmica de sistemes. Transformada de Laplace
- Representació i classificació de sistemes. Descripció externa i interna. Espai d'estats del sistemes dinàmics.
- Representació en temps continu o en temps discret.
- Sistemes en bucle obert i sistemes de bucle tancat
- Funció de transferència d'un sistema de control de temps continu
- Topologia en diagrames de blocs o de flux del senyal
- Teorema de mostreig. Reconstrucció en temps discret . Transformada Z. Funció de transferència dels sistemes de temps discret

TEMA 2. Anàlisi de sistemes de temps continu i de temps discret.

- Modelatge i simulació dels sistemes dinàmics: mecànics, hidràulics, elèctrics i tèrmics.
- Linealització de models no lineals.
- Simulacions. Sistemes dinàmics lineals en temps continuo Descripció externa i interna.
- Resposta temporal. Fonts de prova. Sistemes de primer ordre. Sistemes de segon ordre
- Especificacions de la resposta transitòria
- Sistemes de ordre superior.
- Resposta transitòria dels sistemes discrets. Sistema de control en temps discret en llaç tancat.
- Estabilitat absoluta de sistemes lineals. Estabilitat en sistemes de temps continuo. Estabilitat en sistemes de temps discret
- Anàlisi en règim estacionari. Error en règim permanent.
- El lloc geomètric de las arrels. Regles clàssiques de construcció del lloc de les arrels temps continu i en

temps discret

- Correspondència entre el plà S i el plà Z.

TEMA 3. Anàlisi en freqüència dels sistemes realimentats.

- Resposta freqüencial de sistemes de temps continu.
- Representació de la resposta freqüencial.
- Criteri de estabilitat de Nyquist. Transformació conforme.
- Estabilitat relativa. Marge de fase i marge de guany.
- Resposta freqüencial de sistemes de temps discret.
- Caracterització de la resposta freqüencial.

TEMA 4. Disseny de Sistemes de Control en temps continu i discret.

- Disseny de sistemes de control en llaç tancat. Disseny de controladores en el domini del temps i en el domini de la freqüència. Aspectes generals.
- Disseny de reguladors segons el mètode del lloc de les arrels.
- Compensació amb xarxes d'avançament de fase.
- Compensació amb xarxes de retard de fase.
- Compensació amb xarxes de retard-avançament
- Control proporcional. Acció de control integral Acció de control proporcional integral. Control proporcional integral.
- Acció de control de derivativa. Control proporcional derivatiu.
- Diagrama de bloques del control discret. Control PI, PD i PID.

TEMA 5. Disseny de Sistemes de Control en el domini de la freqüència.

- Introducció.
- Compensació amb xarxes d'avançament de fase
- Compensació amb xarxes de retard de fase.
- Compensació amb xarxes de retard-avançament de fase.
- Relació entre la resposta freqüencial i les especificacions en el domini del temps.
- Guany normalitzat. Marge de fase i sobrepuig màxim
- Freqüència de tall i velocitat de la resposta temporal
- Discretització de compensadores freqüencials

TEMA 6. Implementació electrònica dels Sistemes de Control

- Introducció als circuits de control analògics.
- L' amplificador operacional.
- Circuits bàsics amb amplificadors operacionals
- Sistemes de control amb amplificadores operacionals
- Aplicacions no lineals dels amplificadores operacionals
- Control en sistemes de temps discret amb microcontroladors

Eixos metodològics de l'assignatura

- **Classes magistrals:** A las classes magistrals s'exposen els continguts de l'assignatura per part dels professors sense la participació activa dels alumnes.
- **Coloquis:** Consisteixen en activitats de intercanvi d'opinions entre el alumnes sota la direcció del professor.
- **Treball en grup:** Activitat d'aprenentatge que s'ha de fer mitjançant la col·laboració entre els membres d'un grup.
- **Treball escrit:** Activitat consistent en la presentació d'un document escrit.
- **Aprenentatge basat en problemes:** S'utilitza l'aprenentatge basat en problemes com a mètode de promoure l'aprenentatge a partir de problemes seleccionats de la vida real.
- **Resolució de problemes:** En l'activitat de resolució de problemes, el professorat presenta una qüestió complexa que l'alumnat ha de resoldre, ja sigui treballant individualment, o en equip.
- **Elaboració de projectes:** Metodologia d'ensenyament actiu que promou el aprenentatge a partir de la

realització d'un projecte: idea, disseny, planificació, desenvolupament i avaluació del projecte.

- **Pràctiques:** Permeten aplicar i configurar, a nivell pràctic, la teoria d'un àmbit de coneixement en un context concret.

Pla de desenvolupament de l'assignatura

Setmana	Metodologia	Temari	Hores Presencials	Hores de Treball autònom
1-2	Classe magistral.	TEMA 1	8	12
3	Solució de problemes.	TEMA 1	4	6
4-5	Classe magistral.	TEMA 2	8	12
6	Simulacions. Solució de problemes	TEMA 2	4	6
7-8	Classe magistral. Simulacions. Solució de problemes	TEMA 3	8	12
9	Prova escrita. Entrega de treballs	TEMES 1-3	2	
10-11	Classe magistral.	TEMA 4	8	12
12	Classe magistral. Simulacions. Solució de problemes	TEMA 4	4	6
13-14	Classe magistral. Simulacions. Solució de problemes	TEMES 5 - 6	8	12
15	Simulacions. Solució de problemes	TEMA 6	4	6
16	Prova escrita. Entrega de treballs	TEMES 4-5-6	2	

Sistema d'avaluació

Activitats d'avaluació	%	Dates	O/V (1)	I/G (2)	Observacions
PA1: Examen escrit	30	Setmana 9	O	I	Nota mínima, 1 punt sobre 3
PA2: Examen escrit	50	Setmana 17	O	I	Nota mínima, 2,5 punts sobre 5

PA3: Treballs proposats	20	Abans de cada avaluació	O	I	
PA5: Treball voluntari			V		Podrà incrementar en un 10% la nota final
PA6: Examen de recuperació		Setmana 19			

O: Obligatori; V: Voluntari

I: Treball individual; G: Treball en Grup.

Bibliografia i recursos d'informació

REFERÈNCIES

- Sistemas de Control Automático. Benjamin Kuo. Prentice Hall
- Ingeniería de Control Moderna. Katsuhiko Ogata. Prentice Hall.
- Teoría de Control. Diseño Electrónico. Gomariz. Edicions UPC
- Linear Control System Analysis and Design with MATLAB. John D'Azzo. Dekker
- Modern Control Systems Analysis and Design Using MATLAB. Bishop. Addison- Wesley
- Linear Systems Control, deterministic and stochastic methods. Hendricks. Springer
- Sistemas de Control de Procesos. Aplicación, Diseño y Sintonización. Shinskey. McGraw Hill
- Classical Feedback Control with Matlab. Lurie. TKFeBOOK
- Control System Toolbox, for use with Matlab. MathWorks.
- Introducción a los Sistemas de Control con MATLAB. Pearson
- Sistemas de Control en Tiempo Discreto. Ogata. Prentice Hall
- Control System Fundamentals. Levine. CRC Press.
- Modern Control Systems. Richard C. Dorf, Robert H, Bishop. Pearson

Adaptacions als continguts degudes al COVID-19

No hi ha modificacions als continguts de l'assignatura CONTROL REALIMENTAT.

Adaptacions a la metodologia degudes al COVID-19

- Es donaran pautes d'actuació detallades de cada Activitat a través de l'eina "Anuncis"
- Guions detallats de cada Activitat. Es farà referència als objectius, bibliografia de consulta relacionada amb els continguts a tractar en cada activitat, apunts del professor a l'apartat "Recursos" amb resums, simulacions, solucions detallades de problemes i exercicis model, proposta de problemes i treballs que haurà de resoldre cada alumne i enviar el professor per la seva correcció, retorn de les correccions amb els comentaris pertinents a cada alumne, així com recomanacions.
- Interacció: videoconferències programades, intercanvi de dubtes i consultes, forums de debat, tutoria via campus virtual o telefònica si ho demana el participant.

Adaptacions al pla de desenvolupament degudes al COVID-19

PROGRAMACIÓ	ACTIVITAT	CONTINGUTS
16-3 al 29- 3	Activitat 1	Modelatge. Reducció de sistemes, diagrames de blocs i tècniques del flux de senyal.
30-3 al 5-4	Activitat 2	Anàlisi de la resposta dels sistemes en regim permanents.
14-4 al 19-04	Activitat 3	Eines de simulació. Plataformes Matlab i Octave
20-04 al 26-04	Activitat 4	Estabilitat, la tècnica del lloc de les arrels i mètodes clàssics.
27-04 al 3- 5	Activitat 5	Disseny de compensadors en el domini del temps. Lloc de les arrels i tècniques de Ziegler - Nichols
4-5 al 10- 5	Activitat 6	Resposta en freqüència, anàlisi i disseny de compensadors
11-5 al 24 -5	Activitat 7	Sistemes digitals i mètodes de la transformada Z

Adaptacions a l'avaluació degudes al COVID-19

- Seguint les indicacions de la Direcció de l'Escola hi haurà tres notes que formaran part de l'avaluació de l'assignatura.
- La primera nota sortirà dels resultats obtinguts a partir dels exercicis proposats en el seguiment de cada activitat. La solució dels exercicis tindrà un pes màxim del 25% en la nota final. **Es necessària la seva resolució i entrega al professor per participar en l'avaluació.** *Data màxima d'entrega 25 de maig.*
- La segona nota es farà a partir dels treballs proposats. Tindrà un pes màxim del 25% sobre la nota final. **Es necessària la seva resolució i entrega al professor per participar en l'avaluació.** *Data màxima d'entrega 12 de juny.*
- La tercera nota sortirà de l'examen ordinari segons el calendari i horari previst per l'Escola Politècnica. Tindrà un pes màxim del 50% en la nota final, amb una puntuació mínima del 20% per aprovar.
- L'examen de recuperació afectarà la tercera nota. Es farà segons el calendari i horari previst per l'Escola Politècnica. Tindrà un pes del 60% en la nota final, amb una puntuació mínima del 25% per aprovar l'assignatura.
- S'ha previst la resolució de cada examen telemàticament. El seguiment dels esdeveniments determinarà si es podran fer en mode "presencial". En qualsevol cas, s'advertirà oportunament.