



Universitat de Lleida

# GUIA DOCENT **CONTROL REALIMENTAT**

Coordinació: PALLEJA CABRE, TOMAS

Any acadèmic 2022-23

## Informació general de l'assignatura

|  |   |             |                 |                  |
|--|---|-------------|-----------------|------------------|
| <b>Denominació</b>   | CONTROL REALIMENTAT   |             |                 |                  |
| <b>Codi</b>  | 14537   |             |                 |                  |
| <b>Semestre d'impartició</b>   | 2N Q(SEMESTRE) AVALUACIÓ CONTINUADA                           |             |                 |                  |
| <b>Caràcter</b>  | <b>Grau/Màster</b>  | <b>Curs</b> | <b>Caràcter</b> | <b>Modalitat</b> |
|  | Màster Universitari en Enginyeria Industrial                  | 1           | OPTATIVA        | Presencial       |
| <b>Nombre de crèdits assignatura (ECTS)</b>  | 6   |             |                 |                  |
| <b>Tipus d'activitat, crèdits i grups</b>  | <b>Tipus d'activitat</b>                                      | PRAULA      |                 | TEORIA           |
|  | <b>Nombre de crèdits</b>                                      | 3           |                 | 3                |
|  | <b>Nombre de grups</b>  | 1           |                 | 1                |
| <b>Coordinació</b>   | PALLEJA CABRE, TOMAS  |             |                 |                  |
| <b>Departament/s</b>   | INFORMÀTICA I ENGINYERIA INDUSTRIAL                           |             |                 |                  |
| <b>Distribució càrrega docent entre la classe presencial i el treball autònom de l'estudiant</b> | (40%) 60 hores presencials<br>(60%) 90 hores treball autònom  |             |                 |                  |
| <b>Informació important sobre tractament de dades</b>  | Consulteu <a href="#">aquest enllaç</a> per a més informació. |             |                 |                  |
| <b>Idioma/es d'impartició</b>  | CATALÀ (40%)<br>CASTELLÀ (40 %)<br>ANGLÈS (20%)               |             |                 |                  |
| <b>Distribució de crèdits</b>  | 1 ECTS 10 hores classe presencial + 15 hores treball autònom. |             |                 |                  |

| Professor/a (s/es)    | Adreça electrònica professor/a (s/es) | Crèdits impartits pel professorat | Horari de tutoria/lloc |
|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| PALLEJA CABRE, TOMAS  | tomas.palleja@udl.cat                 | 0                                 |                        |
| RIBES MALLADA, URSULA | ursula.ribes@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