



## Jornada d'anàlisi i reflexió sobre el Màster en Automàtica i Robòtica

---

Data: 30 de gener de 2018

Hora de començament: 9:00 h

Hora d'acabament: 17:30 h

Lloc: Aula 3.5 Edifici H. ETSEIB

---

### Assistents:

Bernardo Morcego, Professor del MUAR  
Rita Planas, Professora del MUAR  
Eva Gallardo, Professora del MUAR  
Carlos Ocampo, Professor del MUAR  
Jan Rosell, Professor del MUAR  
Antonio B. Martínez, Professor del MUAR  
Joaquim Blesa, Professor del departament d'ESAI  
Alicia Casals, Professora del MUAR  
Andreu Català, Professor del MUAR  
Cecilio Angulo, Professor del MUAR  
Bruno Domènech, Professor del MUAR  
Alexandre Perera, Professor del MUAR  
Carme Martínez, Professora del MUAR  
Juan Aranda, Professor del MUAR  
Alberto Sanfeliu, Professor del MUAR  
Robert Griñó, Director de l'IOC i Professor del MUAR  
Juan Andrade, Director de l'IRI  
Vicenç Puig, Cap del departament d'ESAI i professor del MUAR  
Ramon Costa, Coordinador Màster  
Manel Mateo, Sotsdirector cap d'estudis de màster

### Excusats:

Ordre del dia

---

	Temàtica	Ponent
9:00-9:10	Presentació i benvinguda	R. Costa
9:10-9:25	Sistemes de Control Lineal Multivariable	R. Griñó
9:25-9:40	Cinemàtica, Dinàmica i Control en Robòtica	R. Planas
9:40-10:05	Modelat, Identificació i Simulació de Sistemes Dinàmics	B. Morcego
10:05-10:20	Optimització en Control i Robòtica	V. Puig
10:20-10:35	Visió per Computador	A. Sanfeliu

	Temàtica	Ponent
11:00-11:15	Sistemes de Control No Lineals	R. Costa

11:15-11:30	Reconeixement de Formes i Aprenentatge Automàtic	A. Català
11:30-11:45	Robots Mòbils i Navegació	A.B. Martínez
11:45-12:00	Administració d'Empreses i Organitzacions	C. Martínez

	Temàtica	Ponent
12:20-12:35	Sistemes Encastats i de Temps Real	S. Tornil
12:35-12:50	Planificació i Implementació de Sistemes Robòtics	J. Rosell
12:50-13:05	Innovació Tecnològica	C. Martínez
13:05-13:20	Recursos Humans	E. Gallardo
13:20-13:35	Organització Industrial	B. Domènech

	Temàtica	
15:00-17:00	Anàlisi de la situació i propostes de futur	

## Desenvolupament

La jornada comença amb la benvinguda del coordinador i recordant que els objectius de la sessió són en primer lloc complir amb les obligacions assumides en el processos de qualitat del MUAR, i sobretot el de promoure i facilitar el coneixement de les diferents assignatures per part del professorat per tal de millorar-ne la coordinació.

El coordinador exposa:

- En la seva opinió hi ha massa professors en les assignatures; els estudiants s'han queixat d'aquest fet perquè no sempre hi ha prou coordinació entre ells.
- Les hipòtesis sobre la formació dels estudiants que es van assumir al crear el màster no s'estan complint, i això crea alguns problemes a certs estudiants (i.e. molts estudiants no tenen coneixement de la formulació en l'espai d'estat, molts estudiants no tenen coneixements de control digital, ....).
- Algunes assignatures estan tenint problemes amb els estudiants.
- Una de les queixes dels estudiants és que el nivell d'anglès d'alguns professors no és l'adient.
- Molts estudiants voldrien uns estudis de caire més pràctic.
- S'ha intentat millorar el procés d'admissió per tal d'obtenir estudiants més homogenis, fet que millora el funcionament del MUAR.

Seguint l'ordre del dia establert, els diferents coordinadors descriuen els continguts i plantejament de les diverses assignatures que formen el MUAR (en l'annex s'inclouen les transparències de les assignatures presentades).

A continuació es recullen alguns comentaris considerats d'especial rellevància:

- Robert Griñó: en l'assignatura "Sistemes de Control Lineal Multivariable" s'ha ampliat la introducció a la formulació del control en l'espai d'estat, per facilitar l'ús d'aquestes eines en altres assignatures.
- Rita Planas: en l'assignatura "Cinemàtica, Dinàmica i Control en Robòtica" hi ha massa estudiants, i aquest fet dificulta que es pugui fer amb rigor (sobretot en la part experimental).

- Bernardo Morcego: en l'assignatura "Modelat, Identificació i Simulació de Sistemes Dinàmics" es torna a repassar la temàtica de l'espai d'estat i la seva relació amb el formalisme de funció de transferència.
- Vicenç Puig: en l'assignatura "Optimització en Control i Robòtica" seria interessant que els estudiants tinguessin coneixement de programació lineal.
- Alberto Sanfeliu: explica que en l'assignatura "Visió per Computador" realitzen pràctiques en format miniprojecte, i que els estudiants ho valoren de manera molt positiva.
- Andreu Català: comenta que està molt content amb el nivell dels estudiants i amb el funcionament de l'assignatura "Reconeixement de Formes i Aprenentatge Automàtic".
- Carme Martínez: l'elevat nombre d'estudiants ERASMUS dificulta la gestió del grup.
- Eva Gallardo: comenta que la presència d'un nombre elevat d'estudiants ERASMUS és un problema. Comenta també que als estudiants locals els costa molt treballar amb articles, i no coneixen les Bases de Dades de recerca.

A les 14.00 es suspèn la sessió per anar a dinar i es reprèn a les 15.00. En aquell moment, s'inicia un torn de paraula per donar l'opinió sobre la situació del MUAR, i realitzar propostes de millora:

- Jan Rosell: manifesta que seria molt interessant poder distribuir la càrrega de treball de forma homogènia durant tot el curs. Una proposta seria establir un calendari d'entrega de pràctiques coordinat.
- Eva Gallardo: proposa que seria interessant realitzar una reunió de coordinació quadrimestral.
- Joan Aranda: comenta que els estudiants d'ERASMUS causen molts problemes i seria molt bo si es pogués racionalitzar la seva presència.
- Carlos Ocampo: comenta que s'hauria d'intentar no repetir conceptes, reduir el nombre de professors per assignatura, i que seria important realitzar un anivellament (tant conceptual com pràctic) dels estudiants.
- Robert Griñó: insisteix en que els estudiants ERASMUS són una càrrega. Els estudiants d'aquest any han tingut un rendiment millor. És cert que molts professors per assignatura no millora però que ja hi estan acostumats. És cert que alguns conceptes es repeteixen però tampoc ho considera crític. També exposa què:
  - Un màster hauria de tenir un nivell d'exigència més elevat que un grau. Fer treballs no sempre implica saber.
  - L'anglès dels estudiants no millora pel fet d'assistir a les classes del MUAR.
  - El pla d'estudis es va fer tenint poc en compte els interessos acadèmics. Per exemple falta una assignatura d'anàlisi de senyals o d'introducció a l'espai d'estat.
- Alberto Sanfeliu: considera que el MUAR està bé en comparació amb altres titulacions. En general, els estudiants són força bons. Creu que el MUAR hauria de tenir una assignatura sobre Deep Learning.
- Eva Gallardo: considera que en general els estudiants estan prou contents i que els que vénen de fora l'han escollit pel prestigi que té. Està d'acord en que els estudiants ERASMUS són un problema. Creu que seria convenient posar-se d'acord en que es valora i de quina manera. La col·laboració interna seria molt convenient.
- Alex Perera: considera que el Deep Learning és d'interès.
- Juan Andrade: indica que actualment el MUAR està ben considerat fora de la UPC. Que s'imparteixi en anglès és un valor afegit. Creu que no hi ha d'haver problema en repetir continguts ja que cadascú els fa a la seva manera. Els estudiants valoren molt les pràctiques que es fan. Creu que s'hauria d'impartir una assignatura de Deep Learning.
- Maria Serra: indica que s'hauria de definir una llista de continguts que es suposen. Opina també que seria interessant que hi hagués un llistat d'ofertes de TFM.
- Bruno Domènech: considera que s'hauria de millorar la coordinació entre assignatures.

- Bernardo Morcego: considera que és molt bo que la demanda sigui elevada perquè això permet fer una tria dels estudiants. Encara que l'enfoc es principalment acadèmic els estudiants volen contactar amb les empreses. Menciona que no ha pogut dirigir cap TFM.
- Antonio Benito: indica que les assignatures obligatòries són la base i que haurien de tenir prioritat. Considera també que s'hauria de facilitar als estudiants utilitzar robots.
- Sebastián Tornil: veu estranya la mida de les assignatures i que en contrapartida el TFM sigui de pocs crèdits.
- Vicenç Puig: creu que en general els estudiants tenen bona opinió de la titulació, i s'ha de procurar que continuï sent així. Hi ha problemàtiques concretes que s'han arreglar. S'ha de fer un esforç conjunt per adaptar-se a l'entorn existent.

A les 17.30 es dona per acabada la jornada.



# *Jornada d'anàlisi i reflexió sobre el Màster en Automàtica i Robòtica*

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona (ETSEIB)  
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

Dimarts 30 de gener de 2018 (Aula 3.5 Edifici H. ETSEIB)

	Temàtica	Ponent
9:00-9:10	Presentació i benvinguda	R. Costa
9:10-9:25	Sistemes de Control Lineal Multivariable	R. Griñó
9:25-9:40	Cinemàtica, Dinàmica i Control en Robòtica	R. Planas
9:40-10:05	Modelat, Identificació i Simulació de Sistemes Dinàmics	B. Morcego
10:05-10:20	Optimització en Control i Robòtica	V. Puig
10:20-10:35	Visió per Computador	A. Sanfeliu

	Temàtica	Ponent
11:00-11:15	Sistemes de Control No Lineals	R. Costa
11:15-11:30	Reconeixement de Formes i Aprenentatge Automàtic	A. Català
11:30-11:45	Robots Mòbils i Navegació	A.B. Martínez
11:45-12:00	Administració d'Empreses i Organitzacions	C. Martínez

	Temàtica	Ponent
12:20-12:35	Sistemes Encastats i de Temps Real	S. Tornil
12:35-12:50	Planificació i Implementació de Sistemes Robòtics	J. Rosell
12:50-13:05	Innovació Tecnològica	C. Martínez
13:05-13:20	Recursos Humans	E. Gallardo
13:20-13:35	Organització Industrial	B. Doménech

	Temàtica	
15:00-17:00	Anàlisi de la situació i propostes de futur	







# Jornada d'anàlisi i reflexió sobre el Màster en Automàtica i Robòtica

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona (ETSEIB)  
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

Dimarts 30 de gener de 2018 (Aula 3.5 Edifici H. ETSEIB)

	Temàtica	Ponent
9:00-9:10	Presentació i benvinguda	R. Costa ✕
9:10-9:25	Sistemes de Control Lineal Multivariable	R. Griñó ✕
9:25-9:40	Cinemàtica, Dinàmica i Control en Robòtica	R. Planas ✕
9:40-10:05	Modelat, Identificació i Simulació de Sistemes Dinàmics	B. Morcego ✕
10:05-10:20	Optimització en Control i Robòtica	V. Puig ✕
10:20-10:35	Visió per Computador	A. Sanfeliu ✕

	Temàtica	Ponent
11:25-11:40	Sistemes de Control No Lineals	R. Costa ✕
11:40-11:55	Reconeixement de Formes i Aprenentatge Automàtic	A. Català ✕
11:55-12:10	Robots Mòbils i Navegació	A.B. Martínez ✕
12:10-12:25	Administració d'Empreses i Organitzacions	C. Martínez ✕

	Temàtica	Ponent
12:40-12:55	Sistemes Encastats i de Temps Real	S. Tornil ✕
12:55-13:10	Planificació i Implementació de Sistemes Robòtics	J. Rosell
13:10-13:25	Innovació Tecnològica	C. Martínez ✕
13:25-13:40	Recursos Humans	E. Gallardo ✕
13:40-13:55	Organització Industrial	B. Doménech

	Temàtica	
15:00-17:00	Anàlisi de la situació i propostes de futur	



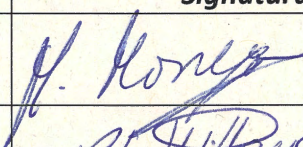
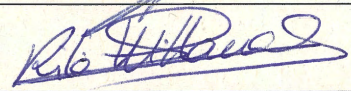
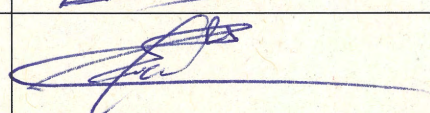
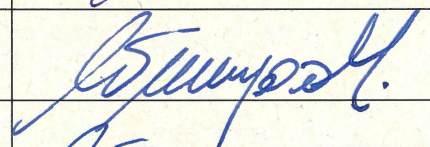
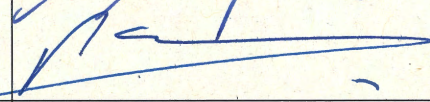
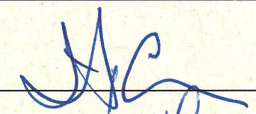
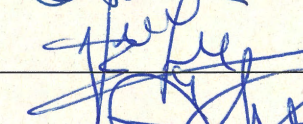
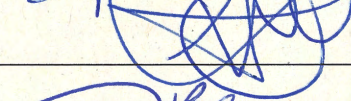
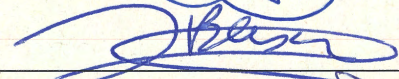
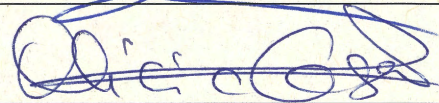
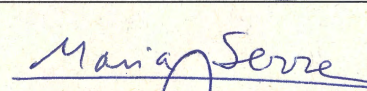
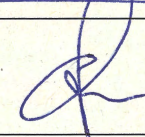




## Jornada d'anàlisi i reflexió sobre el Màster en Automàtica i Robòtica

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona (ETSEIB)  
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

Dimarts 30 de gener de 2018 (Aula 3.5 Edifici H. ETSEIB)

Nom i Cognoms	Signatura
Bernardo Morago	
Ric M. Planas	
Era Gallardo	
Carlos Ocampo Martínez	
Joa Rosell	
Juan Andrade Cetto	
VICENÇ PUIG	
ANTONIO B. MARTINEZ	
Joaquim Blesa	
Alicia Gels	
Maria Serra Prat	
Andreu Cebaló	





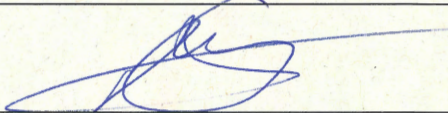
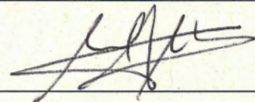




## Jornada d'anàlisi i reflexió sobre el Màster en Automàtica i Robòtica

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona (ETSEIB)  
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

Dimarts 30 de gener de 2018 (Aula 3.5 Edifici H. ETSEIB)

<i>Nom i Cognoms</i>	<i>Signatura</i>
Cecilio Angub Belon	
BRUNO DOMENEC H LEGA	
ALEXANDRE PERERA LLOMA	
Manel Mateo Doll	




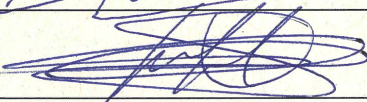






## Jornada d'anàlisi i reflexió sobre el Màster en Automàtica i Robòtica

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona (ETSEIB)  
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

Dimarts 30 de gener de 2018 (Aula 3.5 Edifici H. ETSEIB)

Nom i Cognoms	Signatura
CARME MARTÍNEZ COSTA	
Robert Griño Cubero	
Joan Arak	
Alberto Sanjaume Gots	





# Linear Multivariable Control Systems (LMCS)

Yolanda Bolea, **Robert Griño**, Maria Serra



## Objective

To introduce the students in the analysis and design techniques of feedback control for SISO and MIMO systems from an external description approach (input-output).

## Key points:

- SISO and MIMO, input/output approach.
- Review of relevant (for control) mathematical facts.
- Review of relevant results of linear systems theory and classic control.
- Emphasis on the effect of disturbances and uncertainty.
- Limitations in control system design.
- $\mathcal{H}_\infty$  and  $\mathcal{H}_2$  control (LQG).
- General control problem.
- More qualitative than quantitative approach.
- Only continuous-time systems.

# Program (I)

## Part I: Elements of linear systems theory. (TP: 9h)

1. Matrix theory and norms
  - a. Basic results [A.1]
  - b. Eigenvalues and eigenvectors [A.2]
  - c. Singular value decomposition [A.3]
  - d. Norms [A.5]
2. Review of linear system theory
  - a. System descriptions [4.1]
  - b. State controllability and state observability [4.2]
  - c. Stability [4.3]
  - d. Poles [4.4]
  - e. Zeros [4.5]
  - f. Remarks on poles and zeros [4.6]
  - g. Internal stability of feedback systems [4.7]
  - h. Stabilizing controllers [4.8]
  - i. Stability analysis in the frequency domain [4.9]
  - j. System norms [4.10]
  - k. State feedback and output feedback



## Program (II)

### Part II: Advanced aspects of SISO control systems. Analysis and design. (TP: 15h, P: 4h)

1. Classical feedback control
  - a. Frequency response [2.1]
  - b. Feedback control [2.2]
  - c. Closed-loop stability [2.3]
  - d. Evaluating closed-loop performance [2.4]
  - e. Controller design [2.5]
  - f. Loop shaping [2.6]
  - g. Shaping closed-loop transfer functions [2.8]
2. Limitations on performance in SISO systems
  - a. Input-output controllability [5.1]
  - b. Fundamental limitations on sensitivity [5.2, 5.3]
  - c. Perfect control and plant inversion [5.4]
  - d. Miscellaneous limitations [5.6, 5.7, 5.8, 5.9]
  - e. Performance requirements imposed by references and disturbances [5.10]
  - f. Limitations imposed by input constraints [5.11]
3. Uncertainty and robustness for SISO systems
  - a. Introduction to robustness [7.1]
  - b. Representing uncertainty [7.2]
  - c. Parametric uncertainty [7.3]
  - d. Representing uncertainty in the frequency domain [7.4]
  - e. SISO robust stability [7.5]
  - f. SISO robust performance [7.6]

## Program (III)

### Part III: MIMO control systems. Analysis and design. (TP: 18h, P: 8h)

1. Introduction to multivariable control
  - a. External description of multivariable systems [3.1, 3.2]
  - b. Multivariable frequency response analysis [3.3]
  - c. Relative gain array [3.4]
  - d. Control of multivariable plants [3.5]
  - e. Introduction to multivariable RHP-zeros [3.6]
  - f. General control problem formulation [3.8]
2. Robust stability and performance for MIMO systems
  - a. General control configuration with uncertainty [8.1, 8.2, 8.3]
  - b. Robust stability [8.5, 8.6]
  - c. Robust stability with structured uncertainty [8.7, 8.8, 8.9]
  - d. Robust performance [8.10, 8.11]
  - e.  $\mu$ -synthesis [8.12]
3. Controller design
  - a. Trade offs in MIMO feedback design [9.1]
  - b. LQG [9.2]
  - c.  $H_2$  and  $H_\infty$  control [9.3]



## Course 2017-2018 session planning.

Week	Monday	Tuesday	Wednesday
1	T1		T2
2	T3		T4
3	T5		T6
4	T7		T8
5	T9		T10
6	T11		T12, RG <-
PartEx			
7	T13, MS ->		T14
8	T15	P1-G11 (14/11/2017)	T16
9	T17	P2-G11 (21/11/2017)	P1-G12 (22/11/2017)
10	T18	P3-G11 (28/11/2017)	P2-G12 (29/11/2017)
11	T19	P3-G12 (05/12/2017)	
12	T20	P4-G11 (12/12/2017)	P4-G12 (13/12/2017)
13	T21	Pdoubts (19/12/2017)	<b>Pexam (20/12/2017)</b>
14			

P doubts: H-Inf. 5.4 (18:30h-20:30h)  
H-Inf. 5.4 (18:30h-20:30h)  
H-Inf. 5.4 (15:00h-17:00h)  
Room B-B.4 (15:00h-17:00h)

## Qualification

- Practical sessions, exam (computer room): 30%.
- Practical sessions, homework: 10%.
- Final exam: 60%.

Written information (books and prepared notes) and calculators are allowed in the exams.

## References

### Basic:

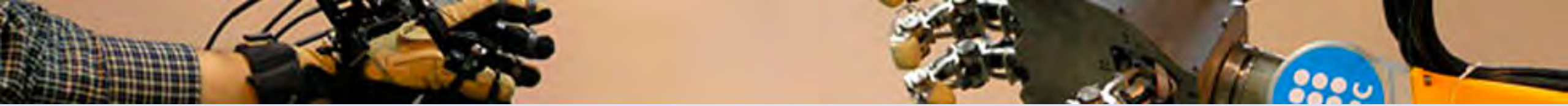
- Skogestad, S. and Postlethwaite, I. (2005), *Multivariable Feedback Control* (2nd ed.), Wiley.

### Complementary:

- Zhou, K. and Doyle, J.C. (1998), *Essentials of Robust Control*, Prentice-Hall.
- Zhou, K., Doyle, J.C. and Glover, K. (1995), *Robust and Optimal Control*, Prentice-Hall.
- Maciejowski, J.M. (1994), *Multivariable Feedback Design*, Addison-Wesley
- Chen, C.T. (1984), *Linear System Theory and Design*, Holt, Rinehart & Winston.
- Kailath, T. (1980), *Linear Systems*, Prentice-Hall.
- Horn, R.A. and Johnson, C.R. (1985), *Matrix Analysis*, Cambridge University Press.
- Horn, R.A. and Johnson, C.R. (1991), *Topics in Matrix Analysis*, Cambridge University Press.
- Marcus, M. and Minc, H. (1992), *A Survey of Matrix Theory and Matrix Inequalities*, Dover Publications.
- Bernstein, D.S. (2009), *Matrix Mathematics: Theory, Facts, and Formulas* (2nd edition), Princeton University Press.



Thank you!



Master's degree in Automatic Control and Robotics

# *Robot Kinematics, Dynamics and Control (240AR012)*

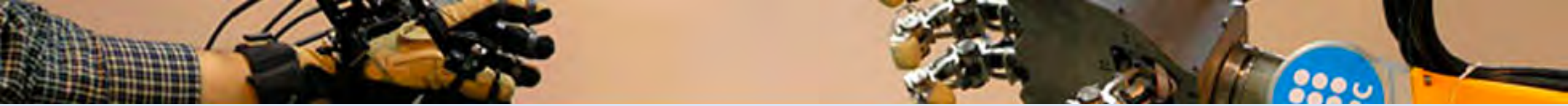
Sessió de treball sobre el MUAR.

30 de gener de 2018



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA**  
**BARCELONATECH**

**Departament d'Enginyeria de Sistemes,  
Automàtica i Informàtica Industrial**



Master's degree in Automatic Control and Robotics

## Equip Docent



Rita M. Planas

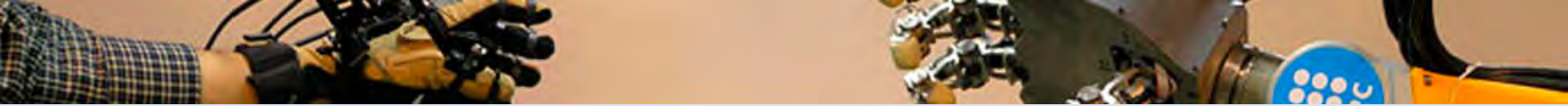


Antonio B. Martinez



Josep Fernandez





# Contiguts

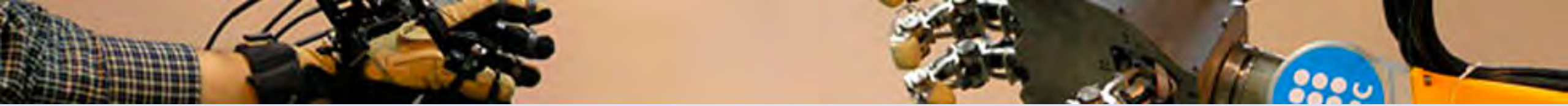
**Introduction.** Morfologia de Robots. Sensors I Actuadors.

**Robot Kinematics.** - Transformacions geomètriques, Cinemàtica directe, Cinemàtica inversa, Singularitats.

**Robot Trajectory Generation.** Camins i Trajectòries,- Conjunt Trajectòries Espai d'Articulacions, Trajectòries espai operacional

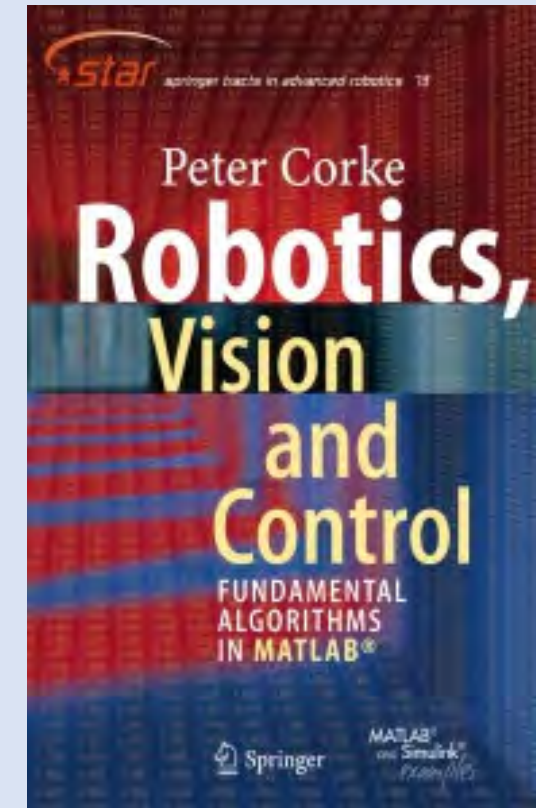
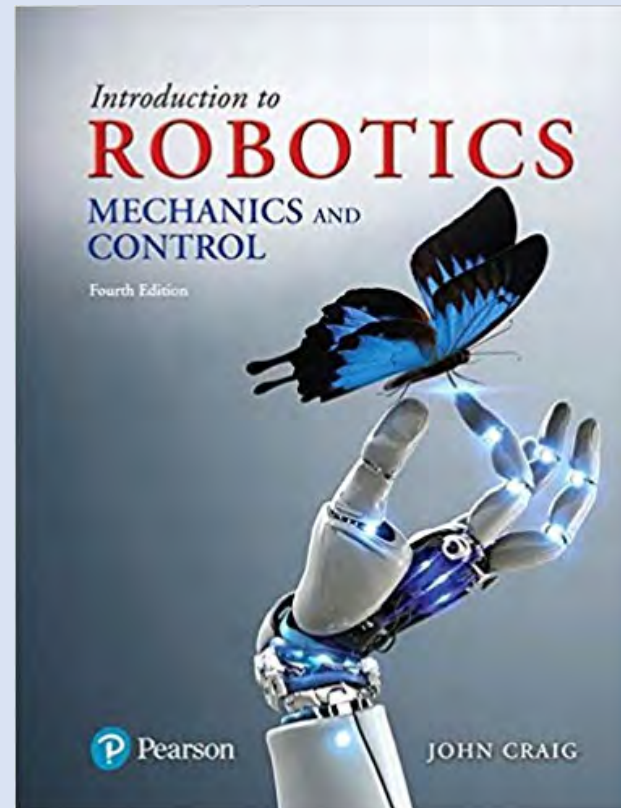
**Robot Dynamics.** Introducció I formulació general. Formulació d'Euler Lagrange, Identificació de paràmetres dinàmics, Formulació de Newton – Euler. Equació Dinàmica d'Espai d'Estats. Equació Dinàmica d'Espai de Configuracions.

**Introduction to Robot Control.** Introducció al control de Robots.



Master's degree in Automatic Control and Robotics

# Bibliografia



Peter Corke's Robotics Toolbox for MATLAB [http://petercorke.com/Robotics\\_Toolbox.html](http://petercorke.com/Robotics_Toolbox.html)



## Bibliografia

- Siciliano, Bruno. Robotics : modelling, planning and control. London: Springer, 2009. ISBN 9781846286414.
- Spong, Mark W; Hutchinson, Seth; Vidyasagar, M. Robot modeling and control. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, cop. 2006. ISBN 9780471649908.
- Khalil, W; Dombre, E. Modeling, identification & control of robots [Rekurs electrònic] [en línia]. London ; Sterling, VA: Kogan Page Science, cop. 2002 Disponible a: <<http://www.sciencedirect.com/science/book/9781903996669>>. ISBN 190399666X.
- Asada, Haruhiko; Slotine, Jean-Jacques E. Robot analysis and control. New York: John Wiley and sons, cop. 1986. ISBN 0471830291.
- Siciliano, Bruno; Khatib, Oussama. Springer handbook of robotics. Berlin: Springer, cop. 2008. ISBN 9783540239574.
- Jazar, Reza N. Theory of applied robotics : kinematics, dynamics, and control. 2nd ed. New York [etc.]: Springer, cop. 2010. ISBN 9781441917492.





# Laboratori

## **1. Pràctica de Cinemàtica (3 hores)**

1. *Lloc: Aula Informàtica de l'ETSEIB*
2. *Treball en parelles*
3. *Recurs: MATLAB i la Robotics Toolbox de Peter Corke*
4. *Realització i entrega d'un MiniProjecte d'unes 8 hores de treball personal.*

## **2. Pràctica de Dinàmica (3 hores)**

1. *Lloc: Aula Informàtica de l'ETSEIB*
2. *Treball en parelles*
3. *Recurs: MATLAB i la Robotics Toolbox de Peter Corke*
4. *Realització i entrega d'un MiniProjecte d'unes 8 hores de treball personal.*



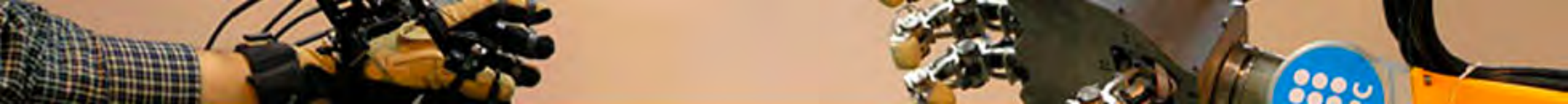
# Laboratori

## **1. Pràctica de Control (3 hores)**

1. *Lloc: Aula Informàtica de l'ETSEIB*
2. *Treball en parelles*
3. *Recurs: Self Balancing Robots contemplant el seu model dinàmic. Programació en entorn Arduino.*
4. *Sense entregable però amb pregunta específica a l'exàmen.*

## **1. Sessió Especial Pràctica de Programació (3 hores).**

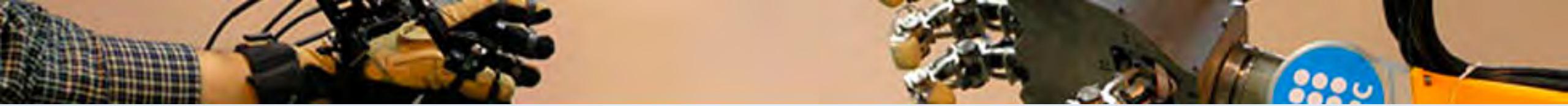
1. *Lloc: Laboratori ESAll-FIB. K2M. Campus Nord*
2. *Treball en grups de 4-5 alumnes.*
3. *Recurs: Braç Robot ABB IRB140*



# Sessions

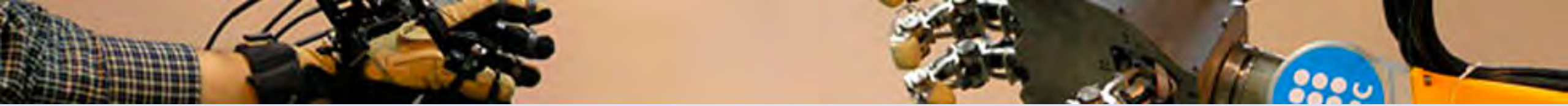
	DL	DM	DX	DJ	DV
10:00-13:00			Lab Grup 3		
15:00-16:30		Teoria		Teoria	
17:00-20:00			Lab Grups 1 i 2		





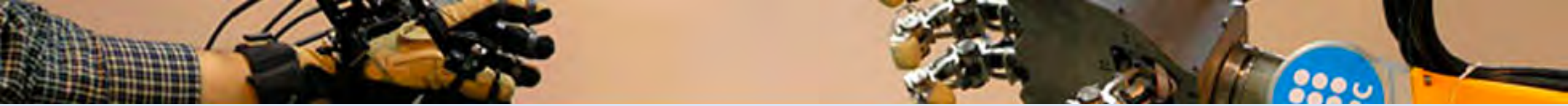
## Competències de la titulació a les quals contribueix l'assignatura Específiques

- 1. L'estudiant / a serà capaç d'analitzar i determinar els models cinemàtics i dinàmics dels robots, i dissenyar sistemes de control de moviments i de força.**
- 2. L'estudiant / a serà capaç d'utilitzar eines d'anàlisi i disseny assistit per ordinador de sistemes de control en les tasques habituals d'anàlisi, simulació i disseny de controladors.**
- 3. L'estudiant / a tindrà coneixements per analitzar, dissenyar i implementar aplicacions robòtiques avançades.**



## Competències de la titulació a les quals contribueix l'assignatura Genèriques

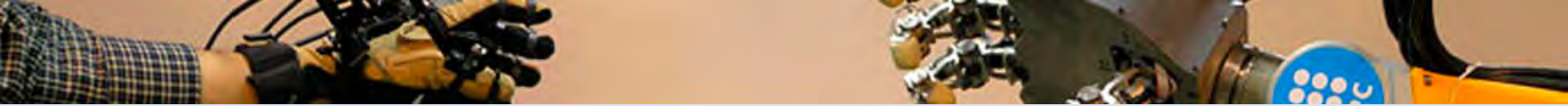
4. Capacitat de fer recerca, desenvolupament i innovació en l'àmbit de l'enginyeria de sistemes, de control i la robòtica, així com de dirigir el desenvolupament de solucions d'enginyeria en entorns nous o poc coneguts, relacionant creativitat, innovació i transferència de tecnologia.
5. Capacitat de raonar i actuar sobre la base de l'anomenada cultura de la seguretat i la sostenibilitat.
6. Tenir els adequats coneixements matemàtics, analítics, científics, instrumentals, tecnològics, d'informació i de gestió.



## Competències de la titulació a les quals contribueix l'assignatura Transversals

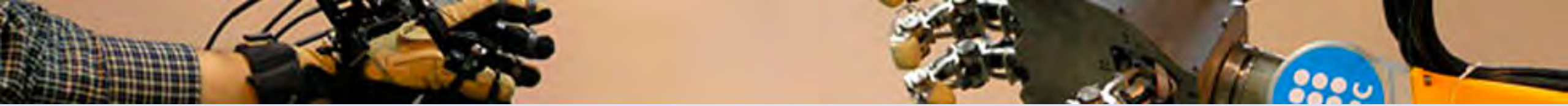
- 7. TERCERA LENGUA: Conèixer una tercera llengua, preferentment l'anglès, amb un nivell adequat oral i escrit i en consonància amb les necessitats que tindran els titulats i titulades.**
- 8. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles**





## Problemàtiques

- Gran afluència d'estudiants Erasmus (assignatura amb un total de 52-54 estudiants)
- Manca de coneixements previs que permeten un correcte desenvolupament del curs.
- Degut a les diferències presentades entre els estudiants propis de Màster i dels Erasmus, sobretot les classes de pràctiques queden realment afectades.
- Queixes de no poder fer més pràctiques sobre Robots reals, i no poder contrastar els conceptes teòrics amb la seva aplicació i/o efectes a la pràctica.
- Problemes entre versions de MATLAB/Simulink, entre els PCs de les aules i el que s'instal·len els estudiants per poder estudiar a casa.
- Necessitat de realitzar molts treballs durant el curs per poder assentar la gran quantitat de conceptes existents dins l'assignatura.



Master's degree in Automatic Control and Robotics

# *Modelling, Identification and Simulation of Dynamic Systems (240AR13)*

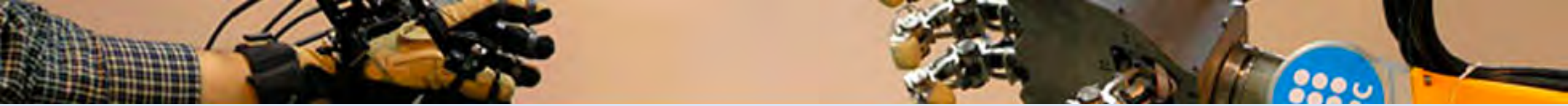
Sessió de treball sobre el MUAR.

30 de gener de 2018



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Departament d'Enginyeria de Sistemes,  
Automàtica i Informàtica Industrial



Master's degree in Automatic Control and Robotics

## Equip Docent



Ramon Pérez

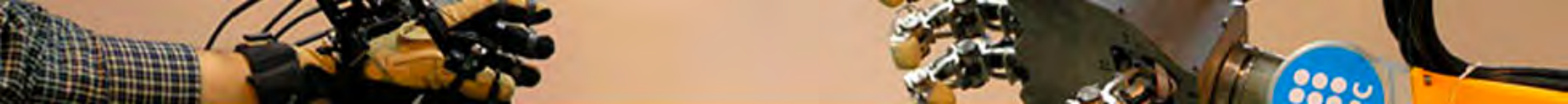


Josep Cugueró



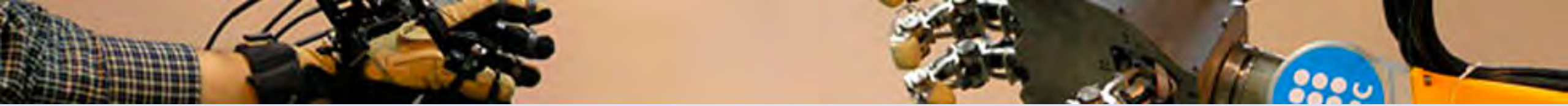
Bernardo Morcego





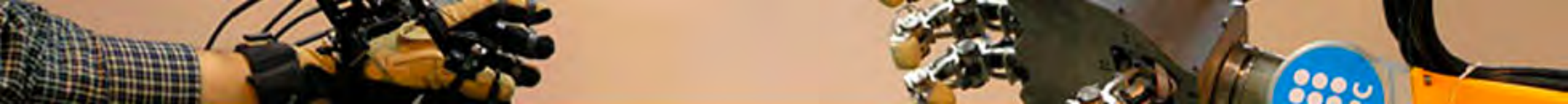
# Contiguts

	Teoria	Problemes	Pràctiques	Treball
T1 External and internal representation of dynamic systems	} 6h	2h	2h	X
T2 Continuous and discrete dynamic systems				
T3 Simulation and prediction models	} 6h	4h	4h	X
T4 Linear systems identification				
T5 Linear and non-linear representation of dynamic systems	} 6h	2h	2h	X
T6 Non-linear system identification				
T7 Uncertainty representation	-			
T8 LPV sytems indetification	-			
T9 Computational representation of systems for simulation	transversal			X
T10Experiment design and validation of models	transversal			



## Bibliografia

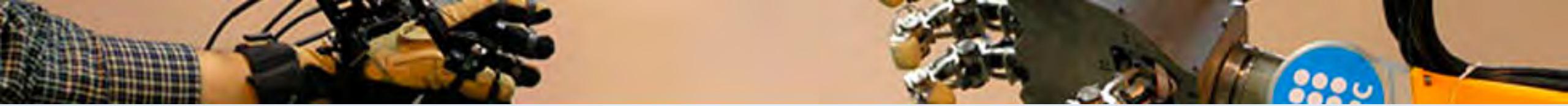
- Ljung, Lennart; Glad, Torkel. *Modeling of dynamic systems*. Englewood Cliffs: PTR Prentice Hall, 1994. ISBN 0135970970.
- Ljung, Lennart. *System identification : theory for the user*. 2nd ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, cop. 1999. ISBN 0136566952.
- Nørgaard, Magnus. *Neural networks for modelling and control of dynamic systems : a practitioner's handbook*. London: Springer-Verlag, 2000. ISBN 1852332271.



# Sessions

	DL	DM	DX	DJ	DV
15:00-16:00					Teoria
16:00-17:00					
					Prob/Lab
17:00-18:00			Lab		
18:00-19:00					
19:00-20:00					





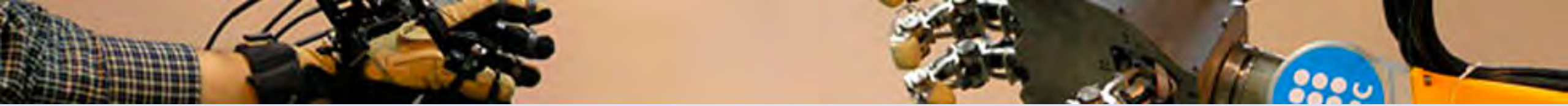
## Master's degree in Automatic Control and Robotics

### Competències de la titulació a les quals contribueix l'assignatura Específiques

- The student will be able to identify, obtain models, simulations, analyze and validate simple dynamic systems in adequate representation for the intended purpose (analysis, simulation and design).
- The student will be able to use analysis tools and computer-aided design of control systems in the tasks usual analysis, simulation and controller design

### Genèriques

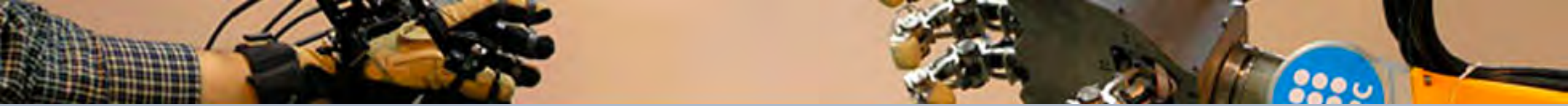
- Ability to conduct research, development and innovation in the field of systems engineering, control and robotics, and as to direct the development of engineering solutions in new or unfamiliar environments, linking creativity, innovation and transfer of technology



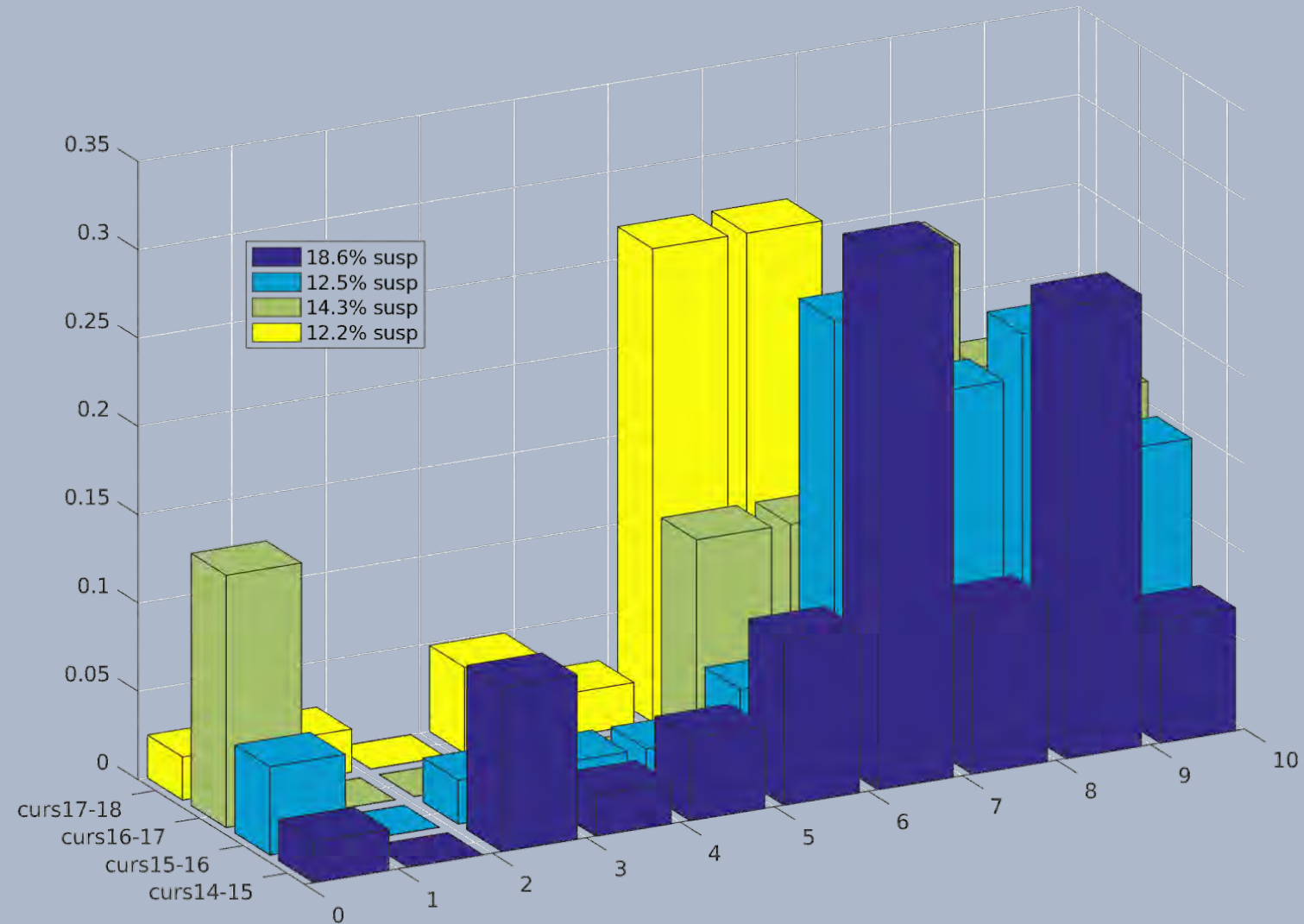
## Competències de la titulació a les quals contribueix l'assignatura

### Transversals

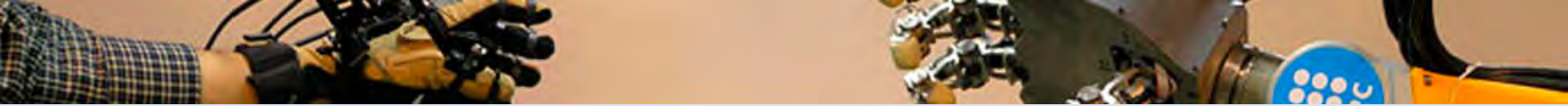
- 6. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ:** Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.
- 7. TERCERA LLENGUA:** Conèixer una tercera llengua, preferentment l'anglès, amb un nivell adequat oral i escrit i en consonància amb les necessitats que tindran els titulats i titulades.
- 8. TREBALL EN EQUIP:** Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.



## Qualifications







## Problemàtiques

- **Disparitat en els nivells inicials dels alumnes. (abans)**
- **Sessions de pràctiques (i problemes) estressants. (en vies de solució)**
- **Coordinació de sessions de pràctiques amb RKD.**

## Optimization in Control and Robotics

**ECTS Credits:** 4.5

**Time:** Monday 17:00 to 19:00 and Friday 18:30 to 20:30

**Responsible Unit:** ETSEIB. School of Industrial Engineering of Barcelona

**Department:** ESAII Automatic Control Department




**Professors:**



Vicenç Puig Cayuela

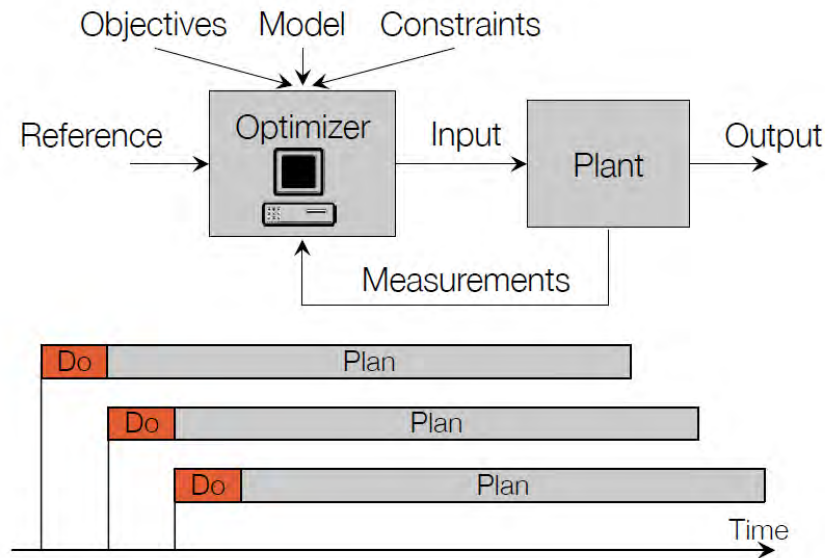


Francisco J Ruiz Vegas

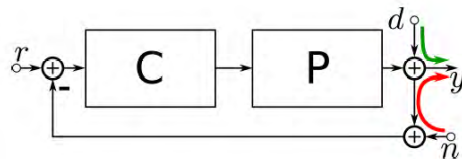
	Subjects	ECTS credits	Type
First semester	Computer Vision 	4.5	Compulsory
	Industrial Organisation 	4.5	Compulsory
	Linear Multivariable Control Systems 	6	Compulsory
	Modelling, Identification and Simulation of Dynamical Systems 	4.5	Compulsory
	Optimization in Control & Robotics 	4.5	Compulsory
	Robotics , Kinematics, Dynamics and Control 	6	Compulsory

	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
17:00	OCR (Lectures) B B4				
17:30					
18:00					
18:30					OCR (Laboratory Sessions) H Inf 5,4
19:00					
19:30					
20:00					
20:30					

## Concepto Asignatura



**Classical design:** design C

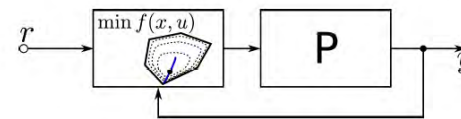


Dominant issues addressed

- Disturbance rejection ( $d \rightarrow y$ )
- Noise insensitivity ( $n \rightarrow y$ )
- Model uncertainty

(usually in *frequency domain*)

**MPC:** real-time, repeated optimization to choose  $u(t)$

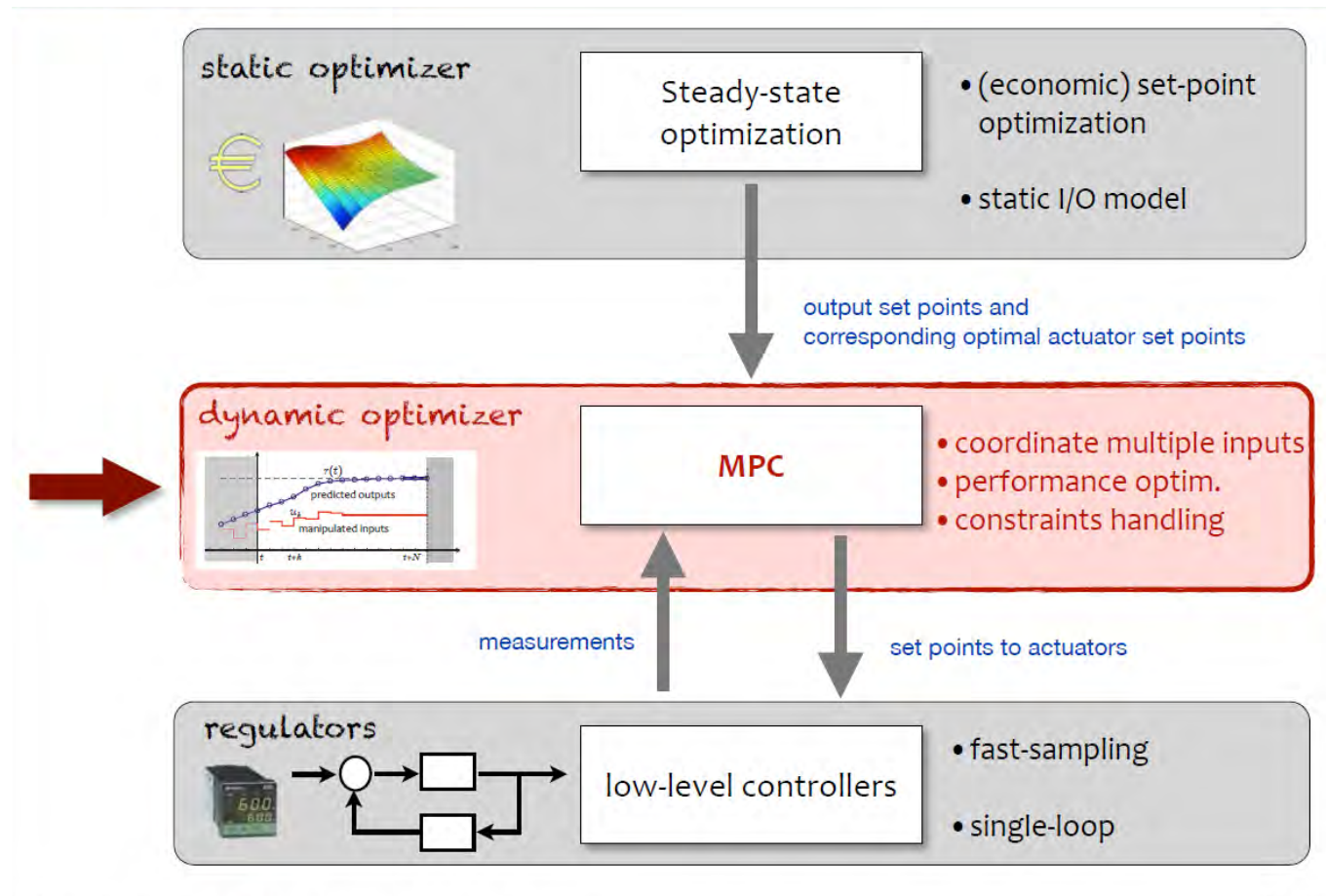


Dominant issues addressed

- Control constraints (limits)
  - Process constraints (safety)
- (usually in *time domain*)



## Rol de la Optimización en el Control



## Rol de la Optimización en la Robótica

**Model-based Optimization for Robotics**  
IEEE RAS Technical Committee

IEEE Robotics & Automation Society  
IEEE

HOME SCOPE EVENTS PUBLICATIONS TC CO-CHAIRS MEMBERS RESOURCES SIGN UP SUBSCRIBE

$$\min_{x,u,p,T} \int_0^T \phi(x(t), u(t), p) dt + \Phi(T, x(T), p)$$

s. t.  $\dot{x}(t) = f_j(t, x(t), u(t), p)$  for  $t \in [\tau_{j-1}, \tau_j]$ ,  $\tau_{ph} = T$

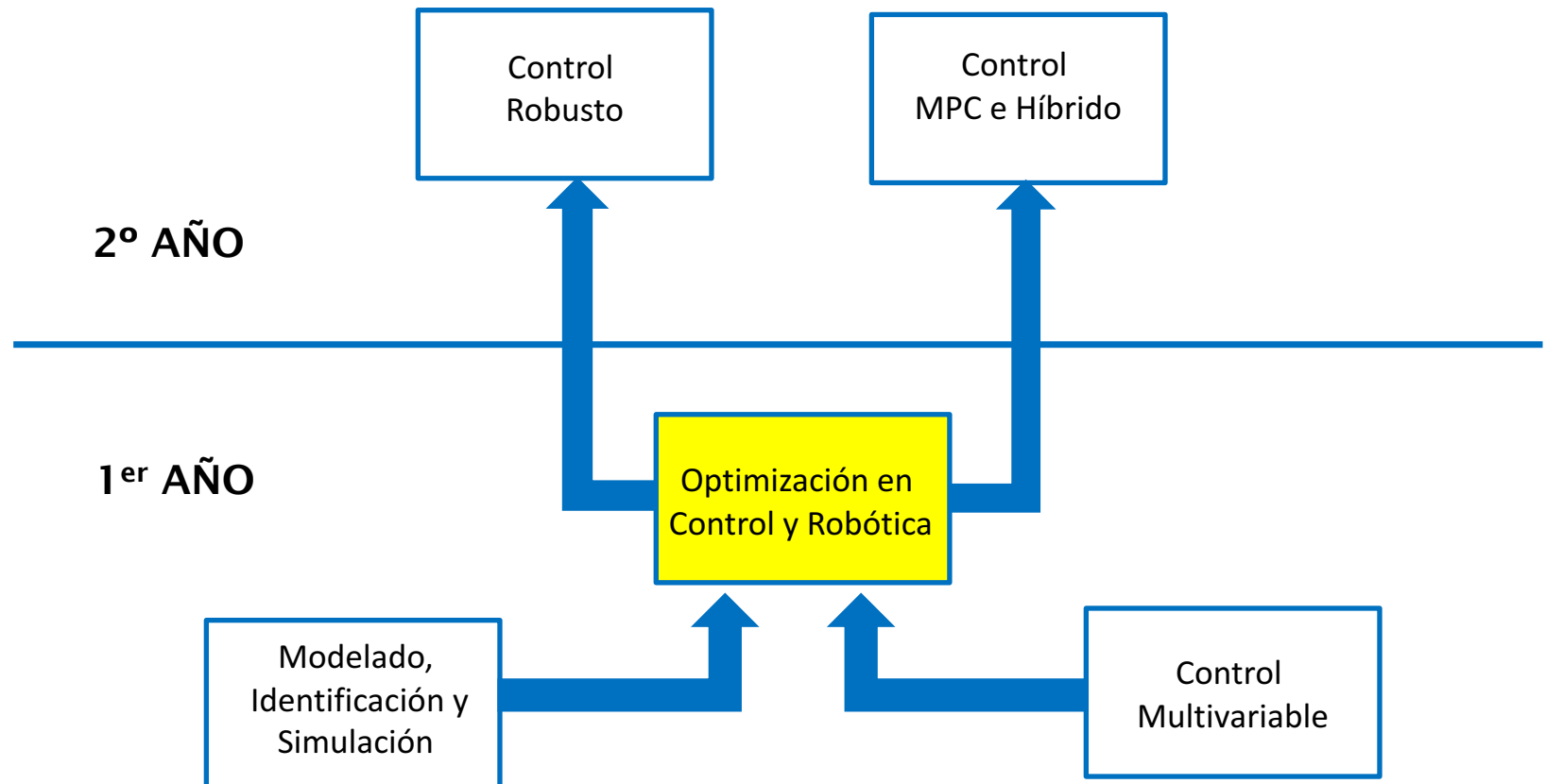


TECHNICAL CONTRIBUTION

## The Optimization Route to Robotics

Marc Toussaint<sup>1</sup> · Helge Ritter<sup>2</sup> · Oliver Brock<sup>3</sup>

## Relación con Otras Asignaturas



## Competencias y Objetivos

Competencias	Descripción
Específicas	<p>El estudiante será capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- aplicar <b><i>los métodos de control y estimación de parámetros/estados basados en optimización</i></b> en el área del control y la robótica.</li><li>- aplicar las <b><i>técnicas de búsqueda y satisfacción de restricciones</i></b> en aplicaciones del área del control y la robótica.</li><li>- reconocer y representar <b><i>problemas en el área de automática y robótica mediante técnicas de optimización</i></b>, para después aplicar métodos analíticos/numéricos para su resolución.</li></ul>
Genéricas	<p>El estudiante será capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- <b><i>realizar investigación, desarrollo e innovación</i></b> en el ámbito de la ingeniería de sistemas, de control y la robótica, así como de dirigir el desarrollo de soluciones de ingeniería en entornos nuevos o poco conocidos, relacionando creatividad, innovación y transferencia de tecnología.</li><li>- <b><i>aplicar conocimientos matemáticos, analíticos, científicos, instrumentales, tecnológicos, de información y de gestión.</i></b></li></ul>



## Course content

**Unit 1.** Continuous Optimization

**Unit 2.** Discrete Optimization

**Unit 3.** Optimal Control

**Unit 4.** Optimal Estimation and Filtering

## Course content

### Unit 1. Continuous Optimization

This Unit concentrates on recognizing and solving convex optimization problems.

The syllabus includes:

- \* Unconstrained optimization,
- \* Equality and inequality constrained optimization (Lagrange multipliers and KKT conditions)
- \* Linear programming
- \* Numerical methods (gradient methods, steepest descent, newton,...)
- \* MATLAB tools (*linprog()*, *quadprog()*, *fmincon()*)

## Course content

### Unit 2. Discrete Optimization

This Unit studies the typical discrete optimization problems (Knapsack problem, travelling salesman problem,...) and some methods for solve them.

The syllabus includes:

- \* Branch and Bound,
- \* Backtracking,
- \* Greedy search
- \* Dynamic programming
- \* Heuristic/stochastic discrete optimization algorithm (Montecarlo, evolutionary algorithm...)
- \* Integer linear programming
- \* MATLAB tools (*inlinprog()*)

## Course content

### Unit 3. Optimal Control

This Unit studies the basics on Optimal Control

The syllabus includes:

- \* Formulation of the problem of optimal control
- \* Performance indices
- \* Solution by means of Lagrange multipliers
- \* Solution by means of dynamic programming
- \* Solution by means of numerical methods
- \* LQR control
- \* Predictive (MPC) control



## Course content

### Unit 4. Optimal Estimation and Filtering

This Unit studies other applications of Optimization in Control systems

The syllabus includes:

- \* Introduction to estimation
- \* Principle of least square estimation
- \* State estimation: Kalman filter
- \* Parameter estimation: Recursive estimation
- \* Relation between the state and parameter estimation
- \* Control LQG: separation principle
- \* MHE
- \* Real applications

## Calendar

mes	dl	dt	dc	dj	dv	ds	d
set.	28	29	30	31	1	2	
	4	5	6	7	8	9	1
	11	12	13	14	15	16	1
	18	19	20	21	22	23	2
oct.	25	26	27	28	29	30	
	2	3	4	5	6	7	
	9	10	11	12	13	14	1
	16	17	18	19	20	21	2
nov.	23	24	25	26	27	28	2
	30	31	1	2	3	4	
	6	7	8	9	10	11	1
	13	14	15	16	17	18	1
des.	20	21	22	23	24	25	2
	27	28	29	30	1	2	
	4	5	6	7	8	9	1
	11	12	13	14	15	16	1
gen.	18	19	20	21	22	23	2
	25	26	27	28	29	30	3
	1	2	3	4	5	6	
	8	9	10	11	12	13	1
	15	16	17	18	19	20	2

### Unit 1. Continuous Optimization

Sep 18<sup>th</sup>, **22<sup>nd</sup>**, Oct 2<sup>nd</sup>

### Unit 2. Discrete Optimization

Oct 9<sup>th</sup>, 16<sup>th</sup>, 23<sup>rd</sup>

### Midterm exam

**Nov 3<sup>th</sup> (18.30 20.30)**

### Unit 3. Optimal Control

Nov 6<sup>th</sup>, 13<sup>th</sup>, 20<sup>th</sup>

### Unit 4. Optimal Estimation and Filtering

Nov 27<sup>th</sup>, Des 4<sup>th</sup>, 11<sup>th</sup>

**Final Review**, Des 18<sup>st</sup>

### Final Exam

### Lab sessions

**Group 1 Group 2**

**Sep 29<sup>th</sup>**

**Oct 6<sup>th</sup>**

**Oct 20<sup>th</sup>**

**Oct 27<sup>th</sup>**

**Nov 10<sup>th</sup>**

**Nov 17<sup>th</sup>**

**Nov 24<sup>th</sup>**

**and**

**Des 15<sup>st</sup>**

**Des 1<sup>st</sup>**

**and**

**Des 22<sup>nd</sup>**

**Jan 15<sup>th</sup> (17.00 h)**

## Laboratory sessions

**Lab activity 1.** Numerical methods for continuous optimization.

**Lab activity 2.** Discrete Optimization.

**Lab activity 3.** Optimal Control.

**Lab activity 4.** Optimal Estimation and Filtering.

## Assessment system

The evaluation will be obtained by means of a partial exam (Units 1 and 2), a final exam (Units 1, 2, 3 and 4) and evaluation of the laboratory activities. The weight of these two exams is 30% and 50% respectively. The weight of the laboratory activities is 20%. To evaluate the laboratory activities, reports of each lab activity will be taken into account. In addition, a writing test will be carried out the same partial and final exam days. Extraordinary evaluation will follow the School rules and it will substitute the final exam.

30 % for the partial exam

50 % for the final exam

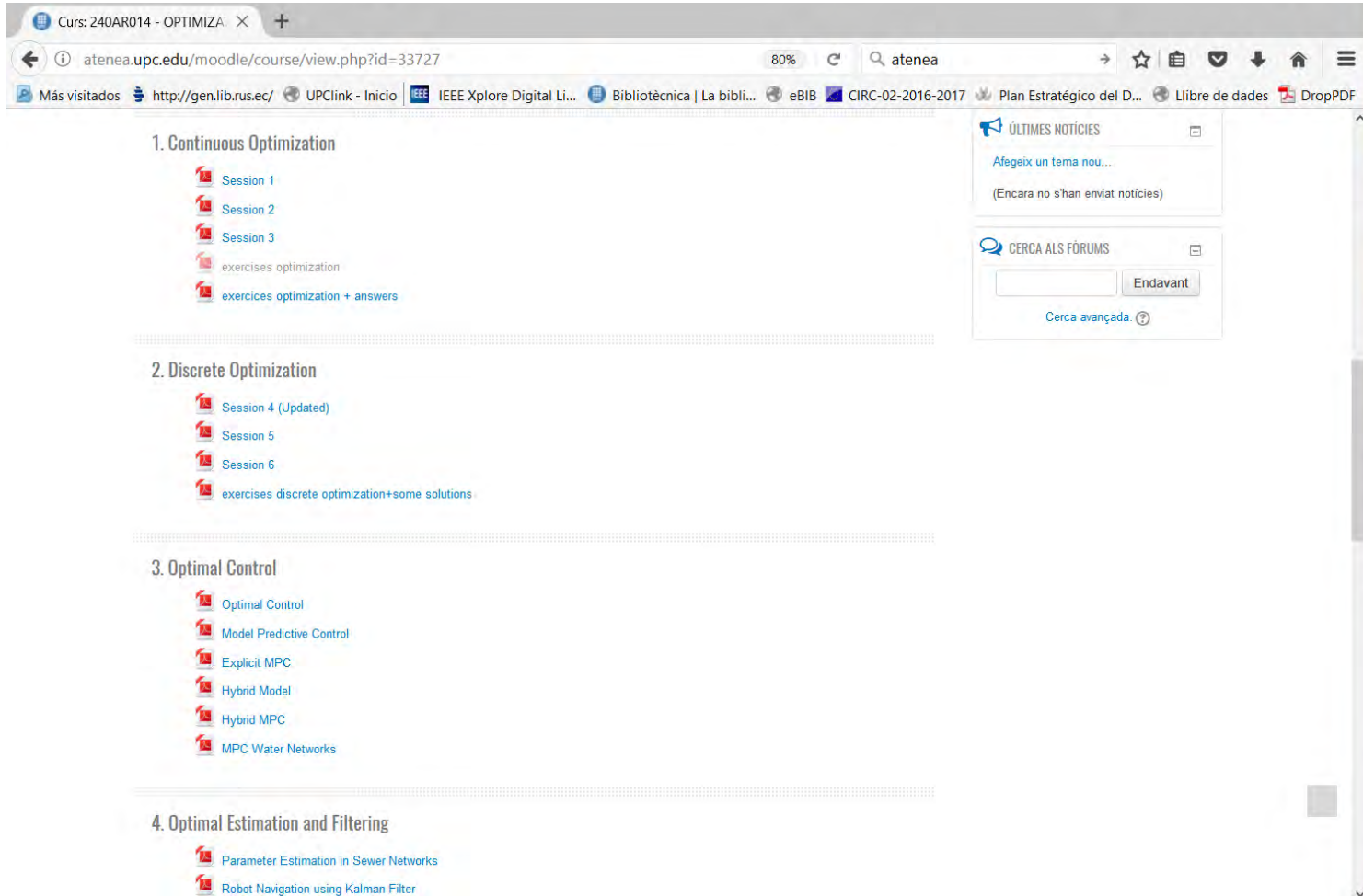
20 % for the lab activities (laboratory reports + laboratory test)

10% laboratory reports

10% laboratory test (the exam days)



## Materials



Curs: 240AR014 - OPTIMIZA

atenea.upc.edu/moodle/course/view.php?id=33727

Más visitados <http://gen.lib.rus.ec/> UPCLink - Inicio IEEE IEEE Xplore Digital Li... Bibliotècnica | La bibli... eBIB CIRC-02-2016-2017 Plan Estratégico del D... Llibre de dades DropPDF

### 1. Continuous Optimization

- Session 1
- Session 2
- Session 3
- exercises optimization
- exercises optimization + answers

### 2. Discrete Optimization

- Session 4 (Updated)
- Session 5
- Session 6
- exercises discrete optimization+some solutions

### 3. Optimal Control

- Optimal Control
- Model Predictive Control
- Explicit MPC
- Hybrid Model
- Hybrid MPC
- MPC Water Networks

### 4. Optimal Estimation and Filtering

- Parameter Estimation in Sewer Networks
- Robot Navigation using Kalman Filter

ÚLTIMES NOTÍCIES

Afegeix un tema nou...

(Encara no s'han enviat notícies)

CERCA ALS FÒRUMS

Endavant

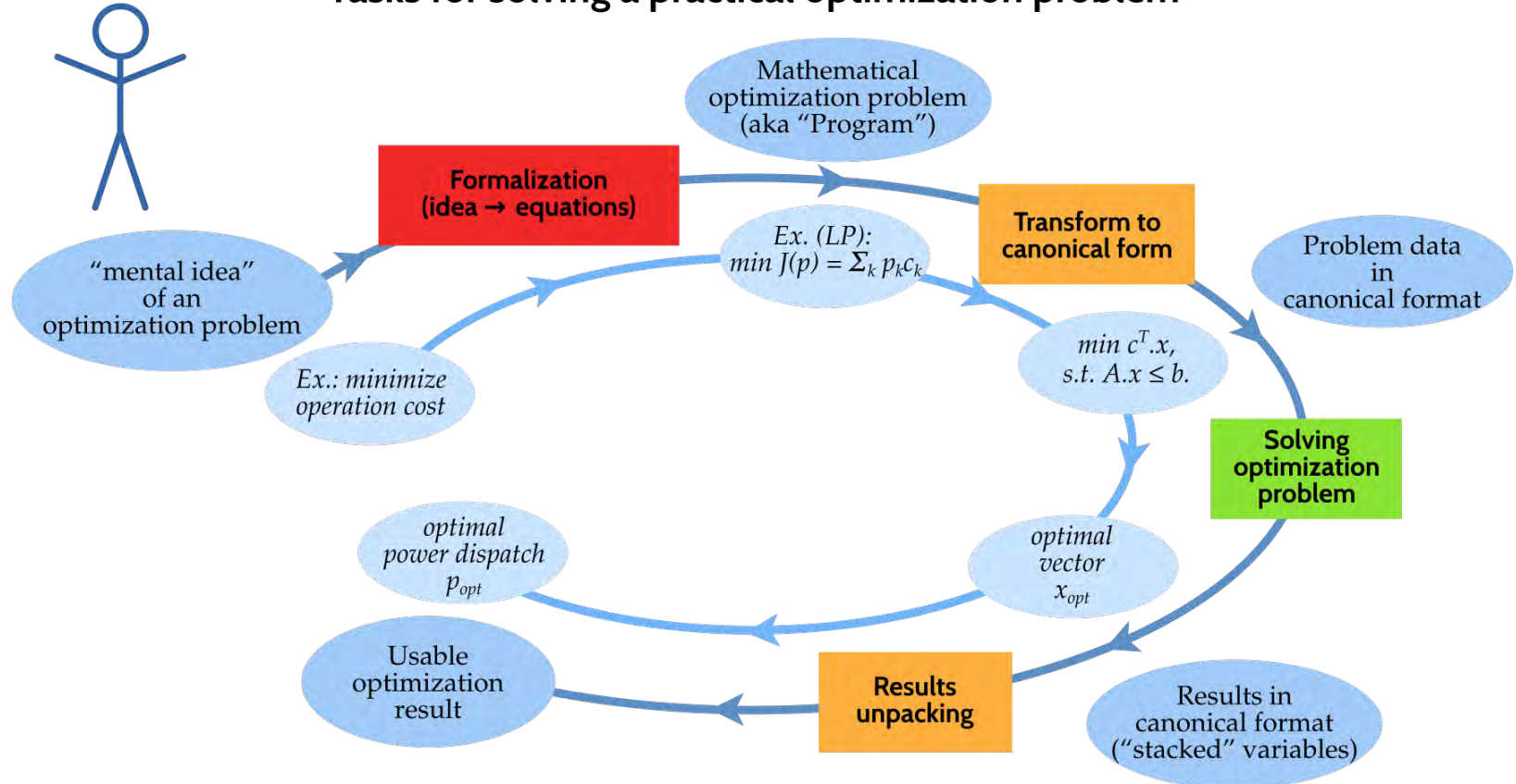
Cerca avançada ?

## Books

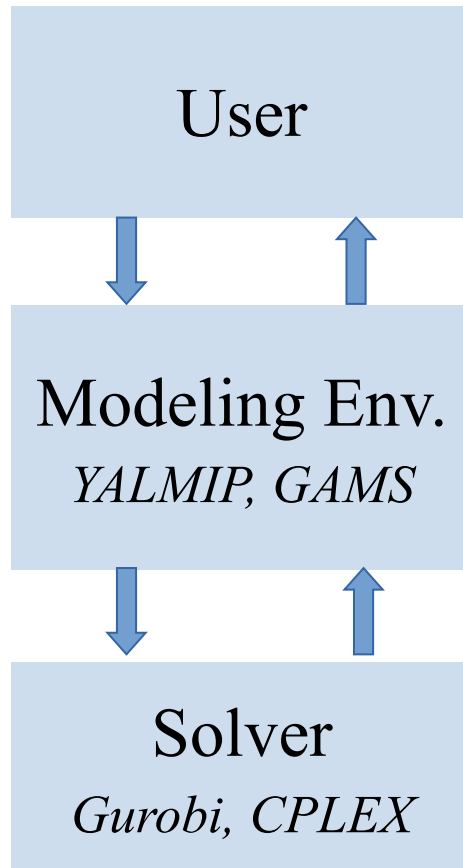
Chapter	Book
Chapter 1: Continuous Optimization Chapter 2: Discrete Optimization	Messac, A. <b>Optimization in Practice with MATLAB.</b> Cambridge University Press, 2015.
Chapter 3: Optimal Control Chapter 4: Parameter and State Estimation	Goodwin, G. C., Seron, M. M. Seron, De Dona, J.A. <b>Constrained Control and Estimation: an Optimization Approach.</b> Springer, 2005. K. Ogata. <b>Discrete-Time Control Systems.</b> Prentice Hall Press, 1995.

## Optimization modelling languages

### Tasks for solving a practical optimization problem



## Optimization modelling languages

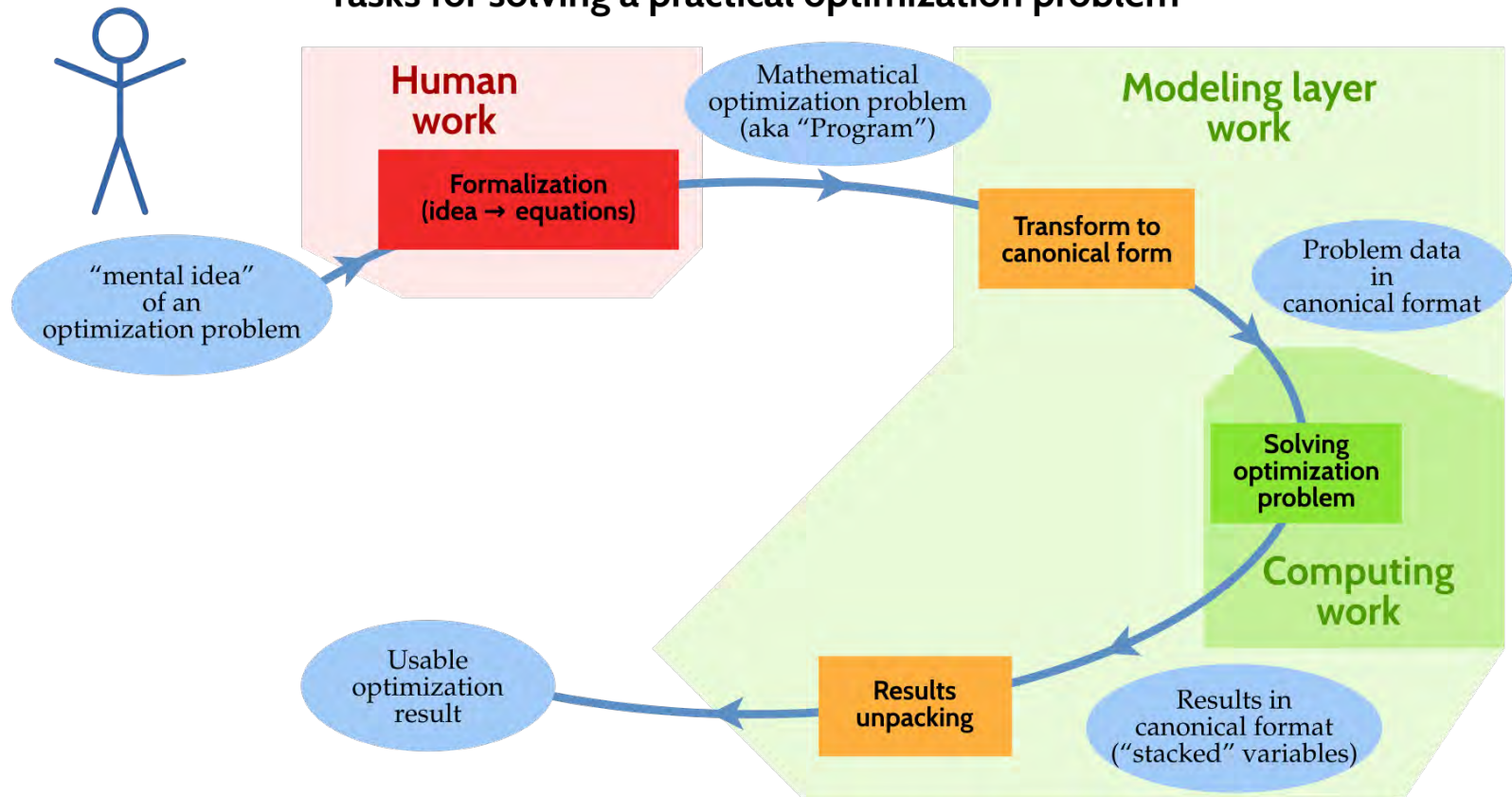


Environment	Software/Toolbox/Package
Standalone	AMPL, GAMS (~1990)
Matlab	<b>YALMIP</b> , CVX (~ 2000)
Python	PuLP, CVXPY
Julia	JuMP, Convex.jl



## Optimization modelling languages

### Tasks for solving a practical optimization problem



# **240AR015 - COMPUTER VISION**

## ***MASTER: AUTOMATION AND ROBOTICS***

*(Course 2017-2018)*

**Professors: Dr. Alberto Sanfeliu (coordinator), Dr. Joan Aranda**

### **1.- OBJECTIVES**

The computer vision goal is to model real world and to recognize objects from digital images. These images can be acquired using still and video cameras, infrared cameras, radars, or specialized sensors such as those used in the medical field. The students will learn the fundamentals of the design of computer vision techniques and their applications for detection, identification, recognition, classification, tracking, etc. The students will acquire theoretical and practical knowledge in computer vision techniques for processing and analyzing images and sequence of images (videos). They will apply some of these techniques in a short project where they have to prove their acquired knowledge.

### **2.- COURSE DESCRIPTION**

#### **T1 PROBLEM DOMAIN**

- \* Basic concepts
- \* Image formation

#### **T2 DIGITAL IMAGE PROCESSING**

- \* Point transformations
- \* Linear and nonlinear filtering
- \* Image enhancement and smoothing
- \* Mathematical morphology

#### **T3 SEGMENTATION AND FEATURE EXTRACTION**

- \* Region based segmentation
- \* Contour detection
- \* Connectivity analysis and labeling
- \* Basic edge and region feature extraction

#### **T4 FEATURE DETECTION AND DESCRIPTORS**

- \* Concepts on feature invariants
- \* Point feature detection and descriptors
- \* Line feature detection and descriptors

#### **T5 REPRESENTATION AND DESCRIPTION**

- \* Contour descriptors
- \* Region and texture description

#### **T6 RECOGNITION**

- \* Basic concepts
- \* Type of classifiers
- \* Classifiers
- \* Boosting

#### **T7 MOTION DETECTION**

- \* Basic concepts
- \* Image difference
- \* Optical flow
- \* Point correspondence
- \* Tracking

### 3- ACTIVITIES DESCRIPTION

#### A1 COMPUTER VISION LAB

##### **Description:**

There will be 4 laboratory classes of 2 h/session for two different groups, for programming computer vision techniques and acquire the knowledge on hardware devices and software tools. The class practices will use a programming language.

##### **Objectives:**

To acquire the basic knowledge of software tools and to practice computer vision techniques

#### A2 SHORT COMPUTER VISION PROJECT

##### **Description:**

As a complement of the evaluation, the students have to do a short computer vision project where they will program some techniques acquired in the course.

##### **Objectives:**

To implement computer vision techniques for a specific problem where the student has to show the acquired knowledge through the course. The project will be implemented in a programming language.

### 3.- BIBLIOGRAPHY

##### **Basic:**

[1] R.C. Gonzalez and R. Woods, Digital image processing. 3rd edition, Prentice Hall, Inc., New Jersey, ISBN 0-13-505267-X, 2008.

[2] R.C. Gonzalez , R. Woods and S.L. Eddins, Digital image processing using MATLAB. Prentice Hall, Inc., New Jersey, ISBN 0-13-008519-7, 2004.

[3] R. Szeliski, Computer Vision: [Computer Vision: Algorithms and Applications](http://szeliski.org/Book/), <http://szeliski.org/Book/> 2010.

[4] R.O. Duda, P.E. Hart and D.G. Stork, Pattern Classification. John Wiley & Sons, Inc., New York, ISBN 0-471-05669-3, 2001.

##### **Complementary:**

[1] D.A. Forsyth, J. Ponce, Computer Vision: A Modern Approach, Prentice Hall 2nd edition, 2011

[2] H. Bunke and A. Sanfeliu, Syntactic and structural pattern recognition: theory and applications. World Scientific, Singapore, ISBN 9971-50-566-5, 1990.

[3] R. Klette, S. Kastern and A. Koschan, Computer Vision: Three dimensional data from images. Springer-Verlag, Singapore Pte.Ltd, ISBN 981-3083-71-9, 1998.

[4] E. Trucco, A. Verri, Introductory Techniques for 3D Computer Vision. Prentice Hall, New Jersey, ISBN 0-13-261108-2, 1998.

**Note:** The book [1] have a web, <http://www.prenhall.com/gonzalezwoods>, where you can find solutions to some of the problems included in the book and also some computer vision algorithms in MatLab.

#### 4- QUALIFICATION

Through the course, the student will have to solve specific exercises of the different topics of the subject. The exercises will be evaluated by the professor. There will be also a short project that will be selected by the student, where the student has to show the acquired knowledge. This short project will be presented and evaluated in an oral presentation. For the solution of some of the exercises and the complete project, the students will use a programming language.

The evaluation system will consist on the following elements:

- Evaluation of the exercises and lab practices: (30% of the course score)
- Evaluation of a final exam: (40% of the course score)
- Evaluation of the short project: (30% of the course score)

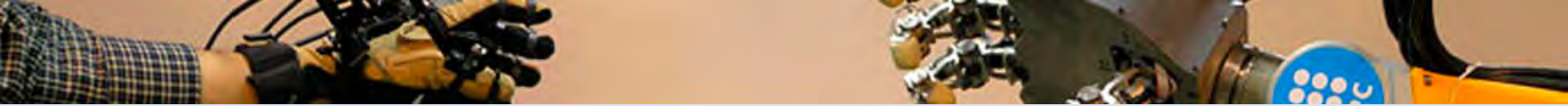
#### **Rules for exam:**

The exam will have two parts, one of theoretical concepts and the second one of exercises.

#### 5- EXAM SCHEDULE

Final exam: 18/01/18 17h





Master's degree in Automatic Control and Robotics

# *Non Linear Control Systems* *(240AR01)*

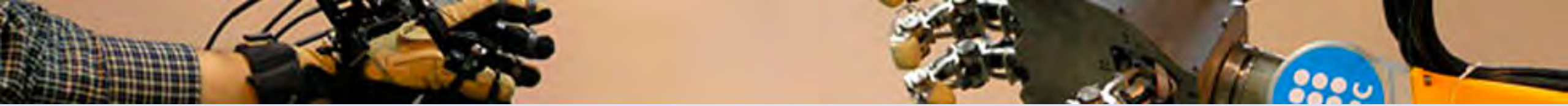
Sessió de treball sobre el MUAR.

30 de gener de 2018



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA**  
**BARCELONATECH**

**Departament d'Enginyeria de Sistemes,  
Automàtica i Informàtica Industrial**



Master's degree in Automatic Control and Robotics

## Equip Docent



Ramon Costa

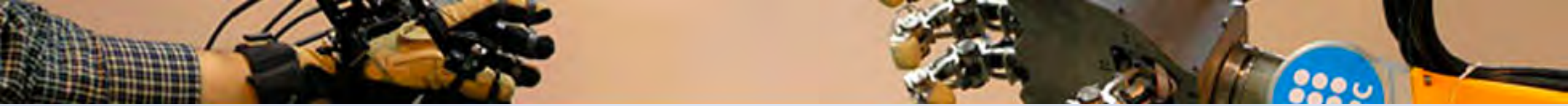


Pau Martí



# Contiguts

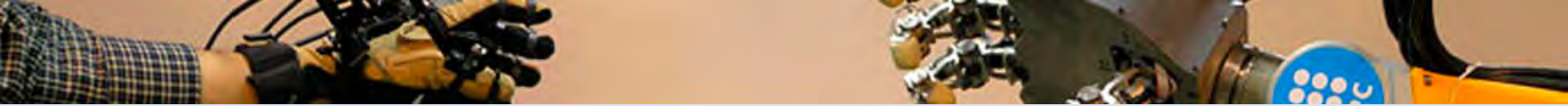
- 1. *Introduction.*** What is a nonlinear system ? Examples of nonlinear systems. [Slotine: Chapter 1]
- 2. *Phase plane.*** Concept. Linear systems phase plane. Nonlinear elements. Nonlinear systems phase plane examples. Construction of Phase planes. Limit cycles. [Slotine: Chapter 2]
- 3. *Describing function.*** Concept. Nonlinear elements. Computing Describing functions. Stability analysis. Practical considerations. Higher order linearizations [Slotine: Chapter 2].
- 4. *Fundamental Lyapunov theory.*** Equilibrium points. Stability of equilibrium points. Stability of Linear Systems. Lyapunov's theorems for local and global stability. Invariant Sets. [Slotine: Chapter 3]
- 5. *Linearization. Concept.*** Linearization around an equilibrium point. Static functions. Variable change linearization. Feedback linearization. Input-output linearization. [Slotine: Chapter 6]



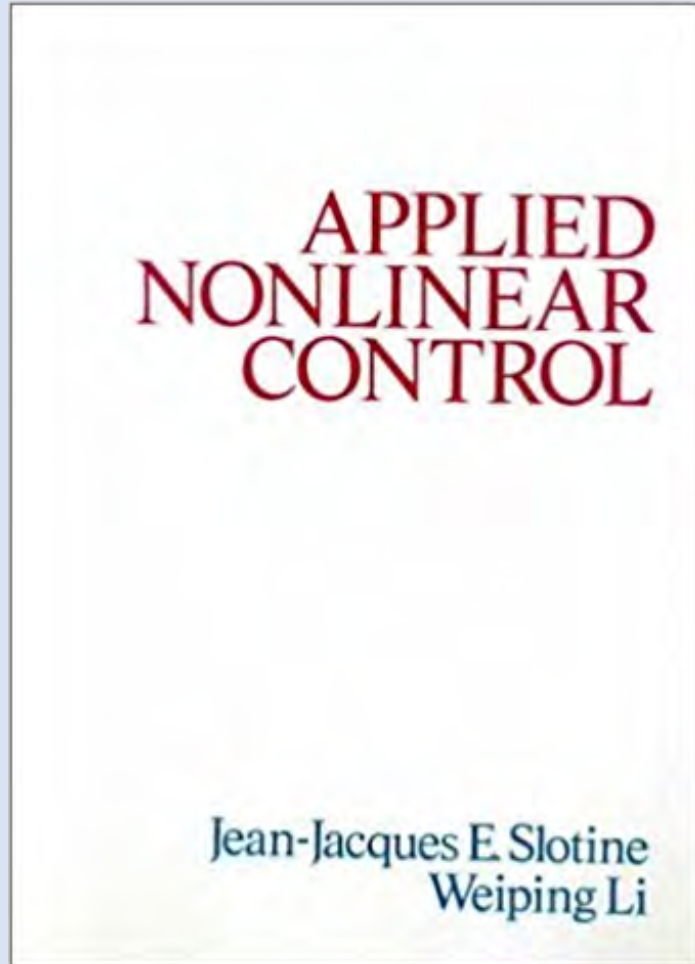
## Contiguts

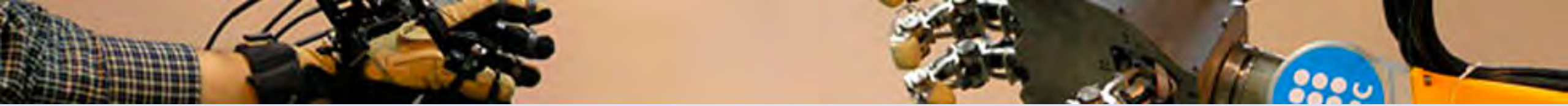
- 6. *Advanced Stability Theory.*** *Stability for Nonlinear Autonomous Systems. Lyapunov Analysis of Linear Time-Varying Systems. The Linearization method for Nonlinear Autonomous Systems. [Slotine: Chapter 4]*
- 7. *Sliding Mode Control.*** *Sliding dynamics. Existence of sliding modes. Reachability. Sliding Mode Control in Single-Input Affine Systems. Sliding Mode Control in Multiple-Input Affine Systems.[Slotine: Chapter 7]*
- 8. *Passivity based design.*** *Concept. [Slotine: Chapter 4]*
- 9. *Adaptive Control. Concept.*** *[Slotine: Chapter 8]*
- 10. *Fuzzy Logic Control systems.*** *Concept. Fuzzy sets. Rules. Defuzzification. Takagi-Sugeno systems. Examples. Stability analysis.*





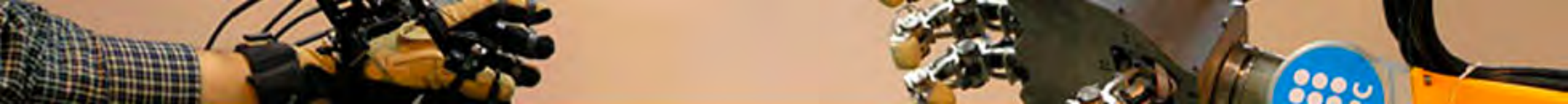
# Bibliografia





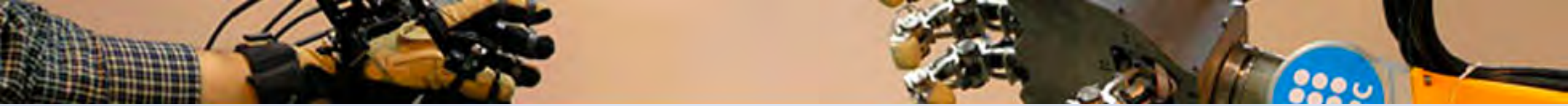
## Bibliografía

- Nonlinear Systems. Hassan K. Khalil. Prentice Hall. (2000). Third Edition. ISBN: 0131227408.
- Teoria del Mando Automatico. Sistemas no lineales y mando en el caso de acciones aleatorias. A. Netushil, A. Baltrushevich, V. Burliaev, P. Kuzin, N. Alexandrovski. Editorial Mir. (1987)
- Control de sistemas no lineales. Linealización aproximada, extendida, exacta. Herbertt Sira-Ramírez, Richard Márquez, Franklin Rivas-Echevarría, Orestes Llanes-Santiago. Pearson. Prentice Hall. (2005) . ISBN: 978-84-205-4449-6
- Sliding Mode Control in Electro-Mechanical Systems, Second Edition (Automation and Control Engineering). Vadim Utkin, Juergen Guldner, Jingxin Shi. CRC Press; 2 edition (May 1, 2009). Taylor & Francis Group, 2009. ISBN: 978-1420065602.



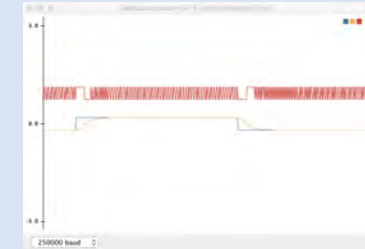
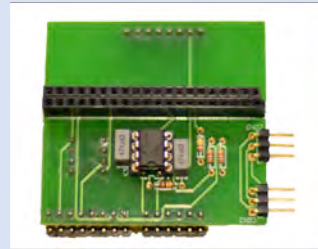
# Sessions

	DL	DM	DX	DJ	DV
15:00-16:00					
16:00-17:00					
17:00-18:00	Teoria		Teoria		
18:00-19:00	Lab		Teoria		
19:00-20:00	Lab				

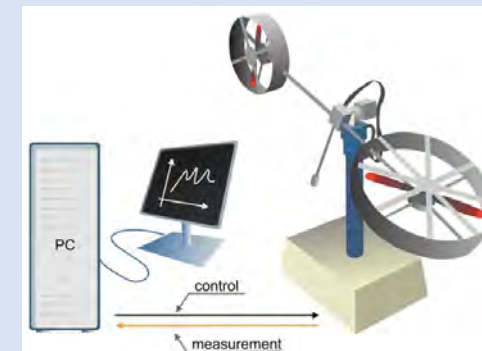
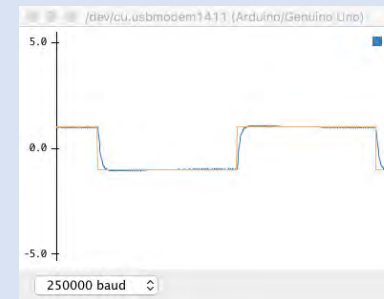


## Practical Labs

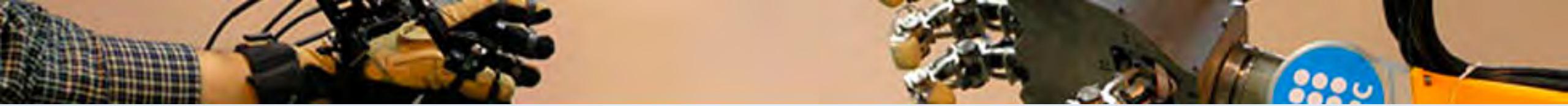
- Sliding mode control of a double integrator system



- Passivity-based control a integrator system (using the same hardware than before)
- Sliding mode control of the Twin Rotor

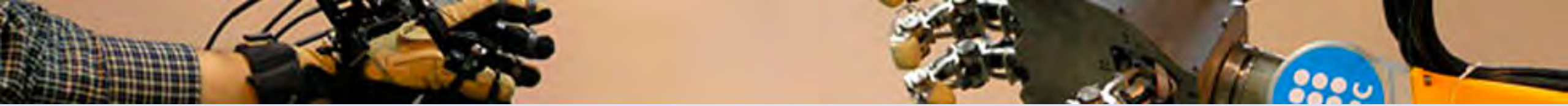






## Competències de la titulació a les quals contribueix l'assignatura Específiques

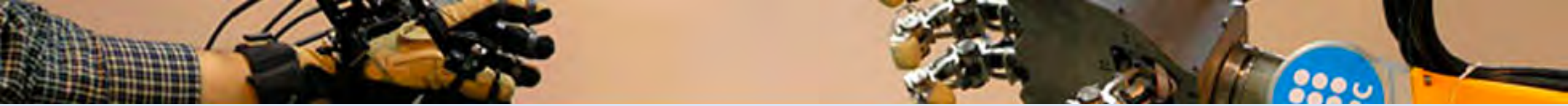
4. L'estudiant / a serà capaç de reconèixer i representar problemes en l'àrea d'automàtica i robòtica mitjançant tècniques d'optimització, per després aplicar mètodes analítics / numèrics per a la seva resolució.
3. L'estudiant / a serà capaç de modelar, formular i resoldre problemes de control, tenint en compte la seva incertesa, mitjançant controladors basats en lògica borrosa.
5. L'estudiant / a serà capaç d'utilitzar eines d'anàlisi i disseny assistit per ordinador de sistemes de control en les tasques habituals d'anàlisi, simulació i disseny de controladors.
9. L'estudiant / a serà capaç d'identificar, obtenir models, fer simulacions, analitzar i validar sistemes dinàmics senzills en la representació adequada per al propòsit desitjat (anàlisi, identificació, simulació i disseny).



Master's degree in Automatic Control and Robotics

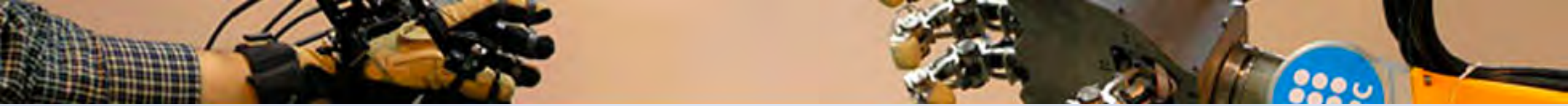
## Competències de la titulació a les quals contribueix l'assignatura Genèriques

- 1. Capacitat de dirigir, planificar i supervisar equips multidisciplinaris.**
- 2. Tenir els adequats coneixements matemàtics, analítics, científics, instrumentals, tecnològics, d'informació i de gestió**



## Competències de la titulació a les quals contribueix l'assignatura Transversals

- 6. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ:** Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.
- 7. TERCERA LLENGUA:** Conèixer una tercera llengua, preferentment l'anglès, amb un nivell adequat oral i escrit i en consonància amb les necessitats que tindran els titulats i titulades.
- 8. TREBALL EN EQUIP:** Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.



## Problemàtiques

- Els estudiants tenen pocs coneixements d'espai d'estat lineal. Això dificulta la introducció.
- Poc receptius a desenvolupaments analítics.
- Els costa fer anar el MATLAB/Simulink.
- Necessitat de realitzar molt treballs durant el curs.



Master's degree in Automatic Control and Robotics

# *Pattern Recognition and Machine Learning (240AR022)*

Sessió de treball sobre el MUAR.

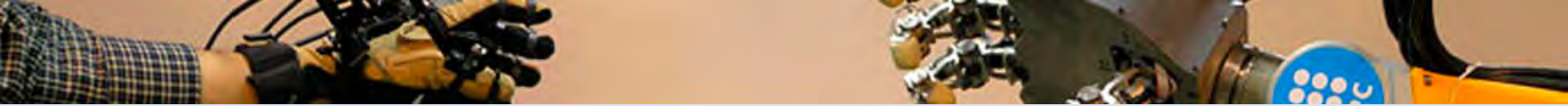
30 de gener de 2018



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA**  
**BARCELONATECH**

**Departament d'Enginyeria de Sistemes,  
Automàtica i Informàtica Industrial**

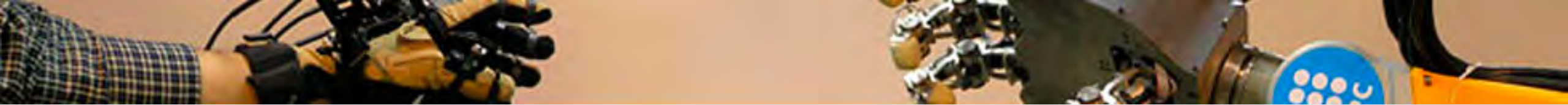




Master's degree in **Automatic Control and Robotics**

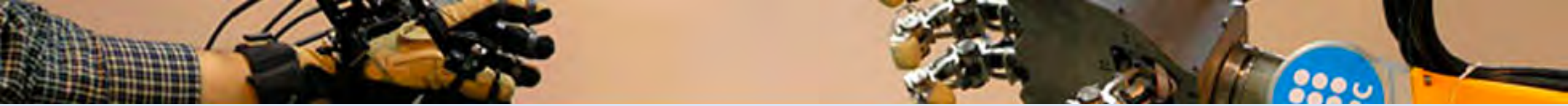
# Equip Docent

**Andreu Català, Cecilio Angulo, Raul Benítez**



# Contiguts

1. *Introductory Concepts* . Probability Theory. Decision Theory.
2. *Clustering, regression and classification. Linear models.* Clustering models. Linear basis function models for regression. Discriminant Functions. Classification. Probabilistic models
3. *Artificial Neural Networks.* Perceptron. NN structure and learning. Feed forward NN and Back Propagation. Radial Basis Functions. Regularization of NN.
4. *Support Vector Machines and Kernel methods.* Statistical Learning Theory. Kernel trick
5. *Learning by demonstration.* Reinforcement Learning. Applications in robotics.
6. *Probabilistics models.* Bayesian networks. Gaussian mixture models.
7. *Dimensionality reduction and data visualization.* Principal Component Analysis (PCA). Feature extraction and dimensionality reduction. Independent Component Analysis (ICA).
8. *Sequential data.* Hidden Markov Models (HHM). Linear dynamical systems (LDS)
9. *Deep Learning fundamentals.* Convolutional Neural Netwoks for Image classification



## Bibliography

**Christopher M. Bishop, Pattern Recognition and Machine Learning  
Springer Verlag, ISBN 978-0-387-31073-2, 2006**

**Duda, R.O., Hart P.E., Stork D.G., Pattern Classification  
John Wiley and Sons, 2012**

## Learning Outcomes

At the end of the course the student should be able:

To identify, select and implement machine learning, features selection, and pattern recognition methods according to the problem's characteristics

To represent adequately the structured spatiotemporal information

To use numerical methods for optimization, machine learning algorithms and pattern recognition systems by considering conventional software packages.



# Sessions

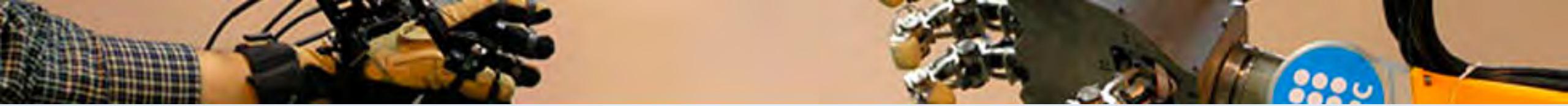
T 13  
P7  
L5

Pattern Recognition & Machine Learning

FEB					MAR				
							1	2	
					5	6	7	8	9
					T.7.2		P.7 [1]	[2]	
					12	13	14	15	16
					T.3.1		L.1 [1]	[2]	
					19	20	21	22	23
					T.3.2		P.3 [1]	[2]	
19	20	21	22	23	26	27	28	29	30
T.1		T.2			EASTER				
26	27	28							
T.7.1		P.2 [1]	[2]						
ABR					MAY				
2	3	4	5	6	1	2	3	4	
EXAM						P.5 [1]	[2]		
9	10	11	12	13	7	8	9	10	11
T.4.1		P.4 [1]	[2]		T.6.2		L.4 [1]	[2]	
16	17	18	19	20	14	15	16	17	18
T.4.2		L.2 [1]	[2]		T.8.1		P.6 [1]	[2]	
23	24	25	26	27	21	22	23	24	25
T.5.1		L.3 [1]	[2]				L.5 [1]	[2]	
30					28	29	30		
T.6.1					T.8.2		P.8 [1]	[2]	

Andreu	10	" +1 "
Cecilio	13	" +1 "
Raúl	14	no examen parcial





## Competències de la titulació a les quals contribueix l'assignatura Specific

CE11: The student will be able to select and set methods of pattern recognition and learning based on the type of problem, having to distinguish if the situation requires it

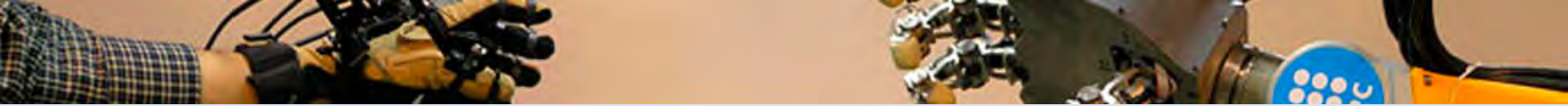
### Generic

CG1: Have adequate mathematical skills, analytical, scientific, instrumental, technological, and management information.

CG3: Ability to perform research, development and innovation in the field of systems engineering, control and robotics, as well as lead the development of engineering solutions in new or unfamiliar environments, linking creativity, innovation and technology transfer.

CG8: Ability to reason and act on the so-called culture of safety and sustainability.





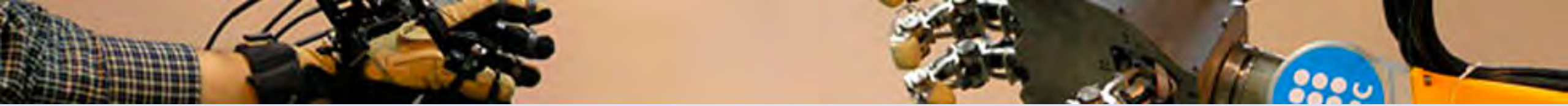
## Competències de la titulació a les quals contribueix l'assignatura Transversal

CT3: Knowing a third language, preferably English. Ability to communicate effectively orally and in writing, to communicate and discuss proposals and conclusions in multilingual forums, specialised or unspecialised, in a clear and unambiguous way.

CT5: Solvent use information resources: ability to manage the acquisition, structuring, analysis and data visualization and information field of expertise and critically assess the results of this management.

CT6. Ability to adapt to changes, being able to apply new and advanced technologies and other relevant developments, initiative and entrepreneurship.

CT7: Independent learning: ability to identify gaps in own knowledge and to overcome them through critical reflection and choice of the best action to extend this knowledge.



## Master's degree in Automatic Control and Robotics

### **Qualification:**

The evaluation system will consist on the following elements:

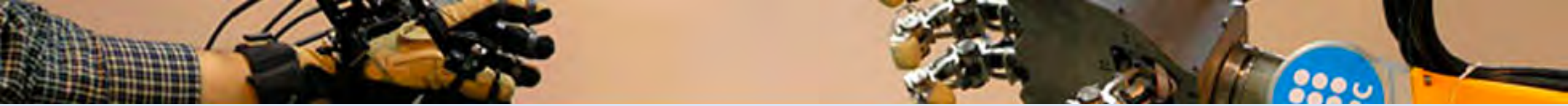
- E1. Writing exams (20%-40%)
- E2. Questions, test, exercises, short reports (0%-30%)
- E3. Project report (20%-40%)

### *2017 Qualification:*

*Exam April      35% (E1+E2)*

*Exam June      35% (E1+E2)*

*Project report   30% (E3)*



Master's degree in Automatic Control and Robotics

## Problemàtiques/

- Disparitat de nivells
- Bon nivell MATLAB, Python o R



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Departament d'Organització d'Empreses

**Master's degree in Automatic Control and Robotics**

# **ADMINISTRACIÓ D'EMPRESES**

**Professors: Carles Martínez-Mari i Antoni Matas**  
**Curs 17-18 QII**

**Sessió de treball sobre el MUAR**  
**30 de gener de 2018**

---



## Objectius aprenentatge

**Objectiu General:** Tenir coneixements sobre el funcionament de l'empresa com un sistema obert amb continua relació amb l'entorn, de les funcions de negoci clau i de la naturalesa de la funció directiva. Capacitat per utilitzar les eines i tecnologies de gestió per la planificació i implantació d'estratègies empresarials, la presa de decisions directives, la resolució de problemes i per gestionar projectes o unitats organitzatives. Tenir capacitat per analitzar la informació de tipus econòmic i avaluar l'impacte de les decisions empresarials en la situació econòmica i financera de l'empresa.

### Objectius específics:

- Tenir coneixements dels conceptes, principis i eines pròpies de l'administració i direcció d'empreses i organitzacions.
  - Tenir una visió global i integrada de l'organització.
  - Capacitat per formular polítiques i estratègies empresarials.
  - Capacitat per analitzar la informació econòmica i financera de l'empresa, per la presa de decisions directives.
  - Desenvolupar habilitats directives.
  - Capacitat d'aplicar els coneixements adquirits en el disseny i gestió d'empreses o unitats organitzatives.
-





## Competències Generals

- CG1 - Tener los adecuados conocimientos matemáticos, analíticos, científicos, instrumentales, tecnológicos, de información y de **gestión**.
  - CG4 - Capacidad de realizar la **planificación estratégica** y aplicarla a sistemas tanto constructivos como de producción, de calidad y de gestión óptima de recursos.
  - G5 - Capacidad de **gestionar técnica y económicamente** proyectos, instalaciones, plantas, empresas y centros tecnológicos y de investigación relacionados con la industria de control de procesos, la robótica, los sectores industriales relacionados y su aplicación en el área de servicios personales
  - CG6 - Capacidad de ejercer funciones de **dirección general, dirección técnica y dirección de proyectos I+D+i** en plantas, empresas y centros tecnológicos y de investigación relacionados con la industria de control de procesos y la robótica
-



## Competències específiques

- CE14 - El/la estudiante será capaz de **dirigir y organizar empresas**, así como sistemas de producción y servicios, aplicando conocimientos y capacidades de organización industrial, **estrategia comercial**, planificación y logística, **legislación mercantil** y laboral, **contabilidad financiera y de costes**.
- CE17 - El/la estudiante será capaz de **adaptarse a los cambios** estructurales de la sociedad motivados por factores o fenómenos de índole económico, energético o natural, para resolver los problemas derivados y aportar soluciones tecnológicas con un elevado **compromiso de sostenibilidad**.
- CE18 - El/la estudiante será capaz de analizar la **viabilidad económica** de un proyecto de ingeniería en automática y/o robótica.

## Competències transversals

- CT1 - Capacidad emprendedora y de innovación. Conocer y comprender la organización de una empresa y las ciencias que definen su actividad, las reglas laborales y las relacionadas con planificación, estrategia, calidad y beneficio.
-



# Continguts

- 1. PROPIETAT, DIRECCIÓ I GOVERN DE L'EMPRESA.** Concepte i classificació organitzacions. Entorn de l'empresa. Separació propietat i direcció. Tipus de control de l'empresa. Funcions i nivells de direcció. Òrgans de govern.
- 2. COMPTES ANUALS.** Introducció a la comptabilitat financera. Balanç de situació. Valoració d'actius. Amortització i deteriorament. Valoració d'actius financers. Compte de Pèrdues i Guanys.
- 3. ANÀLISI ECONÒMIC-FINANCER.** Anàlisi del balanç i del compte de pèrdues i guanys. Fons de maniobra i cicle de caixa. Anàlisi per ràtios. Liquiditat. Solvència. Endeutament. Equilibri patrimonial. Autofinançament. Rendiment, rendibilitat i palanquejament financer.
- 4. PLANIFICACIÓ FINANCERA I PRESSUPOSTOS.** Comptes previsionals. Elaboració de pressupostos. Pressupost de tresoreria.
- 5. COSTOS PER LA PRESA DE DECISIONS.** Concepte de cost. Tipologia de costos. Anàlisi de costos: marges, punt d'equilibri i palanquejament operatiu. Valoració d'existències. Costos rellevants per a la presa de decisions. Decisions d'explotació a baixa i alta capacitat.

# Continguts

- 6. DECISIONS DE FINANÇAMENT.** Fonts de finançament de l'empresa. Finançament bancari i altres instruments financers. Concepte de cost del capital. El cost dels recursos financers. Determinació del cost dels recursos propis i dels recursos aliens.
  - 7. DECISIONS D'INVERSIÓ.** Concepte d'inversió, tipus d'inversions i procés d'inversió. Tècniques d'avaluació i selecció d'inversions.
  - 8. COMERÇ INTERNACIONAL.** Importància. Els cinc pilars principals del comerç internacional. Aspectes culturals en les negociacions internacionals. Gestió operativa: incoterms, diferents preus en base a diferents incoterms, mètodes de pagament-cobrament, tipus de canvi i cobertura de riscos.
  - 9. DIRECCIÓ ESTRATÈGICA.** Concepte d'estratègia. Components de l'estratègia. Procés de la direcció estratègica. Objectius: concepte i tipus. Planificació de l'empresa i tipus de plans. Sistemes de planificació i control. Quadre de comandament integral.
  - 10. DECISIONS COMERCIALS.** Concepte de màrqueting. Investigació i segmentació de mercats. Posicionament. Decisions de producte, preu, distribució i comunicació. Pla de màrqueting.
-



# Metodologia

Número de  
sessions

<b>METODOLOGIA</b>	<b>CLASSES TEÒRIQUES AMB PROFESSOR</b>	<b>17-18</b>
	<b>SESSIONS PRÀCTIQUES</b>	<b>8</b>





## Criteris d'avaluació

NOTA FINAL	PARTICIPACIÓ A CLASSE			5%
	CONTROLS PERIÒDICS A CLASSE			20%
	EXAMEN ESCRIT	TEST PROBLEMES	35% 40%	75%



## Bibliografia

### **Bàsica:**

- Fernández, E.; Junquera, B.; del Brío, J. A. (2008). Iniciación a los negocios para ingenieros. Aspectos funcionales. Paraninfo. Madrid.
- Fernández, E.; Junquera, B.; del Brío, J. A. (2008). Iniciación a los negocios. Aspectos directivos. Paraninfo. Madrid.
- Fuentes, M. M.; Cordon, E. (2011). Fundamentos de dirección y administración de empresas. Pirámide. Madrid.
- Iborra, M.; Dasí, A.; Dolz, C.; Ferrer, C. (2007). Fundamentos de dirección de empresas. Thomson. Madrid.
- Moyano, J.; Bruque, S.; Maqueira, J.M.; Fidalgo, F.A.M Martínez, P. J. (2011). Administración de empresas. Un enfoque teórico-práctico. Pearson. Madrid.

### **Complementària:**

- Garrido, P.; Íñiguez, R. (2010). Análisis de estados contables. Elaboración e interpretación de la información financiera. Pirámide. Madrid.
- Martínez Costa, C. (2007). Administració d'Empreses. Problemes resolts. Segona Edició. Edicions UPC. Col.lecció TOE N° 13. Barcelona.
- Ventura, J. (2008). Análisis estratégico de la empresa. Paraninfo. Madrid.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria  
Industrial de Barcelona



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Departament d'Enginyeria de Sistemes,  
Automàtica i Informàtica Industrial

# ERTS

## Embedded and Real Time Systems

Jornada MUAR,  
30 Enero 2018

# Basic info

---

- Master's degree in Automatic Control and Robotics.
- 3<sup>rd</sup> semester, compulsory.
- 4.5 ECTS (40.5 hours at class;  $112.5 \div 135$  hours of total work for students).
- 50% lectures, 50% work at lab.

# Teachers

---



Sebastian Tornil



Alex Perera



# Goals

---

- Review basic concepts about microcontrollers, C programming, data acquisition, control, ...
- Introduce Real-Time Systems (RTSs): periodic/aperiodic tasks, periods, deadlines, schedulability analysis, ...
- Present two main approaches for the development of RTSs:
  - Low level programming + table driven scheduling.
  - Use of Real Time Operating Systems + schedulability analysis.

# Lectures

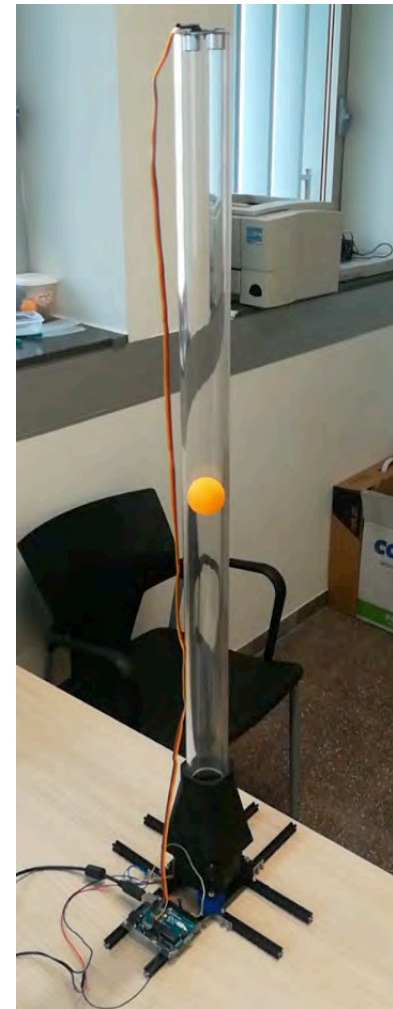
---

1. Introduction.
2. C programming.
3. Introduction to Arduino.
4. Basics of embedded hardware.
5. AVR microcontrollers: hardware and programming.
6. Programming the control loop.
7. Table-driven scheduling.
8. Principles of concurrent programming.
9. FreeRTOS.
10. Real Time Schedulability Analysis.

# Laboratory

---

1. Arduino IDE.
2. Matlab/Simulink.
3. Eclipse and AVR tools.
4. Table driven scheduling.
5. FreeRTOS.
6. The “Ball in Tube platform”.



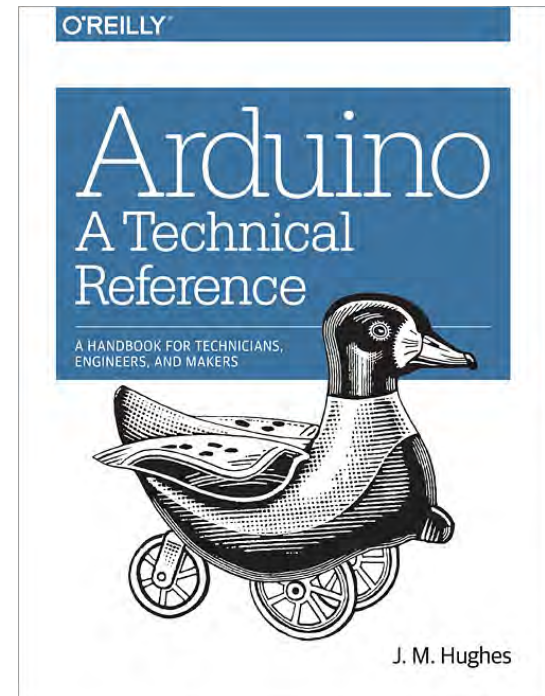
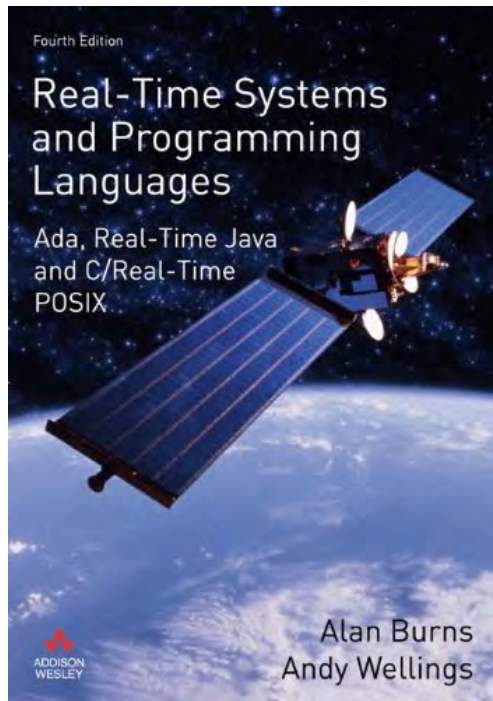
# Evaluation

---

- Laboratory (6 lab. Sessions; in groups of 2-3 students) – **50%**
- Homework (three exercises; one in groups, two individual) – **20%**
- Exam (one final exam) – **30%**

# References

---

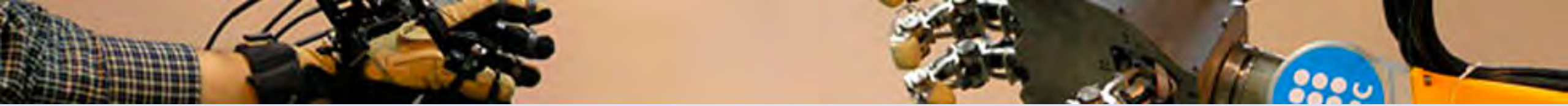




# Reflexiones en voz alta

---

- El *background* y conocimiento previo del tema de los estudiantes es variado.
- Sin embargo, todos tienen alta capacidad de aprendizaje autónomo.
- Cuesta acercar o ilustrar algunas partes de la teoría en la práctica.
- Cuesta justificar la necesidad del análisis temporal formal.
- No nos hemos coordinado con profesores de otras asignaturas para ver qué hacen o necesitan (para eso estamos aquí?!).



Master's degree in Automatic Control and Robotics

# *Planning and implementation of robotic systems (240AR032)*

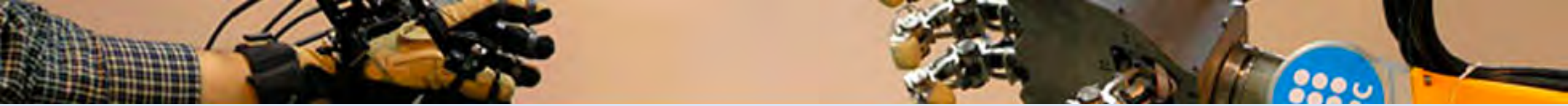
Sessió de treball sobre el MUAR.

30 de gener de 2018



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA**  
**BARCELONATECH**

**Departament d'Enginyeria de Sistemes,  
Automàtica i Informàtica Industrial**



Master's degree in **Automatic Control and Robotics**

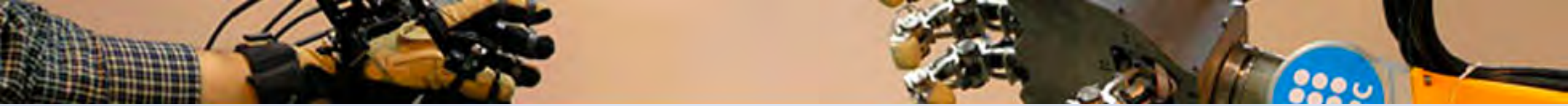
## Equip Docent



Jan Rosell



Raúl Benítez



# Contiguts

## ***ROBOTIC SYSTEMS MODELLING USING PETRI NETS***

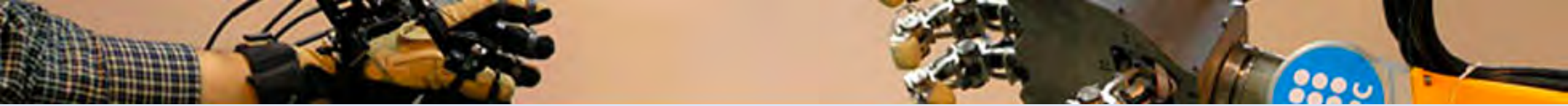
1. Introduction to Petri Nets
2. Qualitative analysis: correctness evaluation

## ***DISCRETE-EVENT ROBOTIC SYSTEMS SIMULATION***

1. Introduction to Discrete Event System simulation
2. Simulation models: input data and validation issues
3. Output analysis and comparison of alternative system designs

### **Learning Objective:**

To analyze the *qualitative properties* (logical correctness) and *quantitative properties* (performance) of robotic systems using Petri nets and discrete-event system simulation.



# Contiguts

## ***ROBOT MOTION PLANNING: MODELLING ISSUES***

1. The configuration space
2. Collision-check and sampling issues

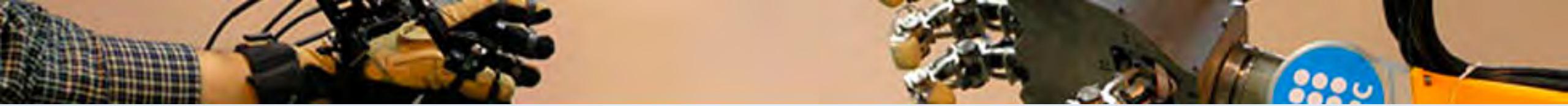
## ***ROBOT MOTION PLANNING: CLASSICAL AND SAMPLING-BASED APPROACHES***

1. Classical methods: roadmaps, cell decompositions and potential fields
2. Basic sampling-based methods: PRM, RRT
3. Improvements and extensions
4. Task planning

### **Learning Objective:**

To describe the *basic robot motion planning methods*, both classic and sampling-based, and propose variants to the basic probabilistic roadmap methods (PRMs) and rapidly-exploring random trees (RRTs).





# Contiguts

## ***IMPLEMENTATION OF ROBOTIC SYSTEMS***

1. The Robot Operating System (ROS): communication issues
2. ROS for task and motion planning

### **Learning Objective:**

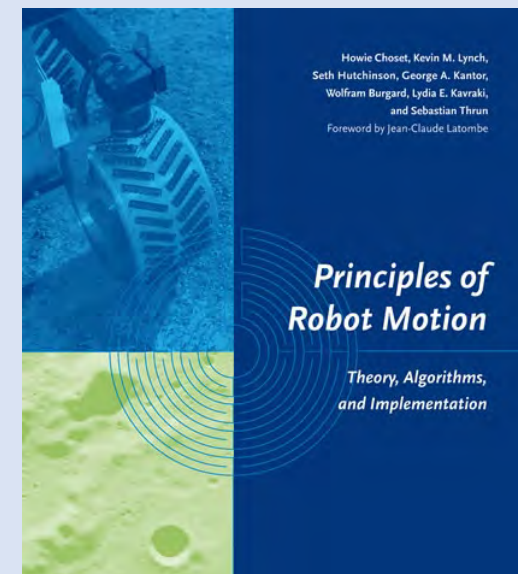
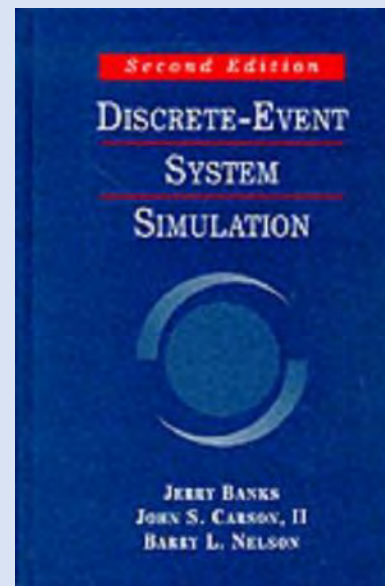
To describe the needs and requirements of software development in robotic applications and to use the Robotic Operating System (ROS) basic communication strategies for task and motion planning.



# Bibliografia

## Basic:

- Banks, Jerr; Nelson, Barry L; Carson, John S, ***Discrete-event system simulation***, 2nd ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, ISBN 0-13-217449-9.
- Choset, Howie M. ***Principles of robot motion: theory, algorithms, and implementation***, Cambridge: MIT Press, 200. ISBN 0-262-03327-5.



## Complementary:

- DiCesare F., et al., *Practice of Petri Nets in Manufacturing*, Chapman & Hall. ISBN: 0-412-41230-6
- LaValle, Steven M., *Planning algorithms*, Cambridge University Press, ISBN 0521862051, available online



## Master's degree in Automatic Control and Robotics

# Material ATENEA

### 1. ROBOTIC SYSTEMS MODELLING USING PETRI NETS

Introduction to Petri nets as a modeling tool for robotic systems, and as a tool for the evaluation of their logical correctness by the analysis of their qualitative properties like boundness, liveness and reversibility


#### SLIDES

 1 ROBOTIC SYSTEMS MODELLING USING PETRI NETS\_2pag.pdf

#### PRACTICALS

 VIDEO TUTORIAL T1 - PIPE

 T1 Modeling and qualitative analysis using Petri Nets.pdf

 Exercises T1: Modelling and qualitative analysis using Petri Nets

 LAB SESSION 1 DELIVERABLES

#### SOFTWARE

 PIPE2: Platform Independent Petri net Editor 2

 PIPE 4.3.0 - Download

#### READINGS

 Introducing Petri Nets

 Petri Nets: Properties, Analysis and Applications

 Petri Nets for the Design and Operation of Manufacturing Systems

### Software:

PIPE2 – *Platform Independent Petri net Editor*  
(<http://pipe2.sourceforge.net/>)

ARENA – *Simulation Software*  
(<https://www.arenasimulation.com/>)

CASA – *Computer Aided Simulation Analysis Tool*

The Kautham Project – *A robot simulation toolkit for motion planning*  
<https://sir.upc.edu/projects/kautham/>





## Master's degree in Automatic Control and Robotics

# Sessions

	DL	DM	DX	DJ	DV
14:00-15:00					
15:00-16:00		Teoria		Aula Infor.	
16:00-17:00					
17:00-18:00					
18:00-19:00					

Week 1	19/09	1.1 Petri Nets 1.2 Quantitative analysis	B-B.5
	21/09	T1: Modelling and qualitative analysis using Petri Nets	H-5.0
Week 2	26/09	2.1 DES simulation	B-B.5
	28/09	T2: Introduction to ARENA	H-5.0
Week 3	03/10	2.2 System modeling	B-B.5
	05/10	T3: Model validation	H-5.0
Week 4	10/10	2.3 Output analysis	B-B.5
	12/10		
Week 5	17/10	3.1 Configuration space	B-B.5
	19/10	T4: Output analysis	H-5.0
Week 6	24/10	3.2 Collision-check & sampling	B-B.5
	26/10	E1: Modelling and analysis of a FMS	H-5.0
Week 7	31/10		
	02/11	First partial exam (18:30)	Pending
Week 8	07/11	4.1 Classical methods	B-B.5
	09/11	T5: Kautham: modelling issues and classical methods	H-5.0
Week 9	14/11	4.2 Basic planners: PRM, RRT	B-B.5
	16/11	T6: OMPL: Sampling issues, PRMs and RRTs	H-5.0
Week 10	21/11	4.3 Extensions	B-B.5
	23/11	T7: PRM with sampling bias / Optimization with RRT*	H-5.0
Week 11	28/11	4.4. Task Planning	B-B.5
	30/11	5.1 The Robot Operating System: communication issues	H-5.0
Week 12	05/12	5.2 ROS for task and motion planning	B-B.5
	07/12		
Week 13	12/12	T8: Task and motion planning using ROS	H-5.2
	14/12	E2: Motion planning for a mobile manipulator	H-5.0
Week 14	19/12	Second partial exam	B-B.5
	21/12	E2: Motion planning for a mobile manipulator	H-5.0



# Avaluació

## Qualification System

Final assessment =  $0.25 \times \text{First Partial Exam} +$   
 $0.25 \times \text{Second Final Exam} +$   
 $0.25 \times \text{Exercises} +$   
 $0.25 \times \text{Final work}$

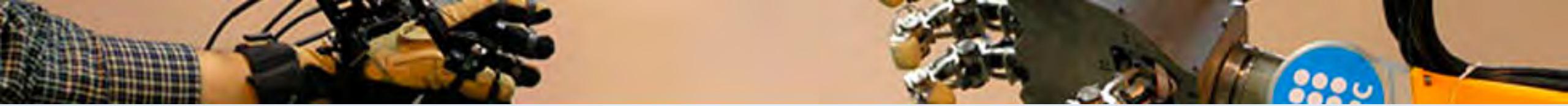
## Regulations

1. The practical sessions are compulsory.
2. The final work and the practicals can be done in teams of two students.
3. The presentation of the Final Work is scheduled on January 19, 2018, at 5pm.
4. Re-assessment exam substitutes the partial and the final exams.

## Tutorials and Exercises

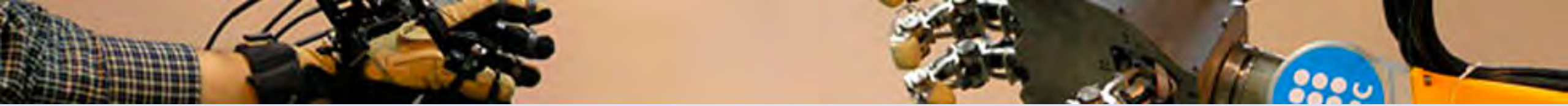
20%	T1: Modelling and qualitative analysis using Petri Nets
	T2: Introduction to ARENA
	T3: Model validation
	T4: Output Analysis
30%	<b>E1: Modelling and analysis of a FMS</b>
20%	T5: The Kautham Project: modelling issues and classical planning methods
	T6: The Open Motion Planning Library (OMPL): Sampling issues, PRMs and RRTs
	T7: PRM with sampling bias / Optimization with RRT*
	T8: Task and motion planning using ROS
30%	<b>E2: Motion planning for a mobile manipulator</b>





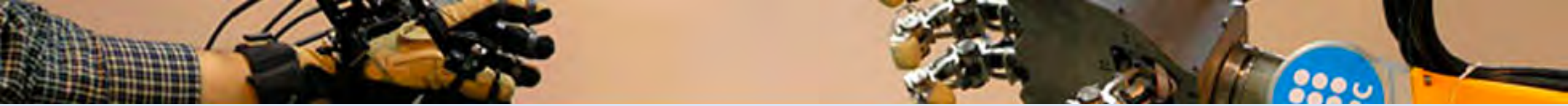
## Competències de la titulació a les quals contribueix l'assignatura Específiques

1. The student will be able to **identify, obtain models, simulations, analyze and validate simple dynamic systems** in adequate representation for the intended purpose (analysis, simulation and design).
2. The student will have knowledge to analyze, design and implement **advanced robotic applications**.



## Competències de la titulació a les quals contribueix l'assignatura Genèriques

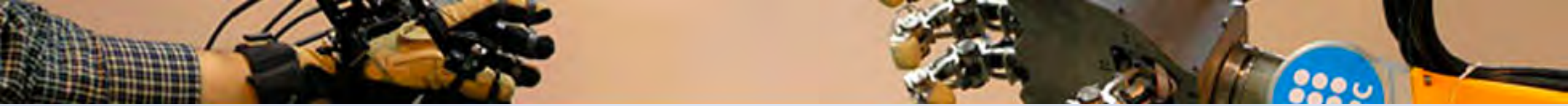
3. Ability to conduct **research, development and innovation** in the field of systems engineering, control and robotics, and as to direct the development of engineering solutions in new or unfamiliar environments, linking creativity, innovation and transfer of technology
4. Ability to conduct **strategic planning** and apply it to both constructive systems of production, quality and optimal resource management.



# Competències de la titulació a les quals contribueix l'assignatura

## Transversals

6. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.
7. TERCERA LENGUA: Conèixer una tercera llengua, preferentment l'anglès, amb un nivell adequat oral i escrit i en consonància amb les necessitats que tindran els titulats i titulades.
8. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.



## Problemàtiques

- Avaluació:

Assignatura amb dues parts molt diferenciades; per la manera d'avaluar poden aprovar l'assignatura sense tenir massa idea d'una de les dues...

El segon parcial cau a finals de quadrimestre quan tenen càrregues de treball grans.

- Falta de coordinació amb robòtica mòbil quant a planificació.
- Manca d'interès en les propostes de treball final amb part de programació (C++).



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Departament d'Organització d'Empreses

**Master's degree in Automatic Control and Robotics**

# **INNOVACIÓ TECNOLÒGICA**

**Professor: Josep Grau**  
**Curs 17-18 QI**

**Sessió de treball sobre el MUAR**  
**30 de gener de 2018**

---





# Objectius aprenentatge

**Objectiu General:** Coneixement de la innovació tecnològica en l'empresa i en particular de la gestió de la innovació a partir dels mecanismes d'obtenció interna i externa de noves idees, tecnologies i innovacions. Pretén aportar a l'alumne coneixements suficient per abordar la gestió de la generació, adquisició i protecció de la innovació tecnològica a l'empresa com a base sobre el quals sostenir un avantatge competitiu en el mercat.

## Objectius específics:

1. Identificar la dinàmica dels processos d'innovació en les seves diferents tipologies i components
2. Relacionar l'estratègia d'innovació amb l'estratègia general de la empresa
3. Conèixer els mètodes de gestió de la innovació i del llançament de nous productes i serveis
4. Conèixer els mecanismes de protecció de la innovació 5- Conèixer les polítiques públiques d'innovació i la creació de les xarxes d'innovació.



## Competències Generals

- CG1 - Tener los adecuados conocimientos matemáticos, analíticos, científicos, instrumentales, tecnológicos, de información y de **gestión**.
- CG3 - Capacidad de realizar investigación, desarrollo e innovación en el ámbito de la ingeniería de sistemas, de control y la robótica, así como de **dirigir el desarrollo de soluciones de ingeniería** en entornos nuevos o poco conocidos, relacionando creatividad, innovación y transferencia de tecnología
- CG6 - Capacidad de ejercer funciones de dirección general, dirección técnica y **dirección de proyectos I+D+i** en plantas, empresas y centros tecnológicos y de investigación relacionados con la industria de control de procesos y la robótica



## Competències específiques

- CE16 - El/la estudiante será capaz de **gestionar la Investigación, Desarrollo e Innovación Tecnológica**, atendiendo a la transferencia de tecnología y los derechos de propiedad y de patentes.
- CE17 - El/la estudiante será capaz de adaptarse a los cambios estructurales de la sociedad motivados por factores o fenómenos de índole económico, energético o natural, para resolver los problemas derivados y aportar soluciones tecnológicas con un elevado compromiso de sostenibilidad.

## Competències transversals

- CT1 - Capacidad emprendedora y de innovación. Conocer y comprender la organización de una empresa y las ciencias que definen su actividad, las reglas laborales y las relacionadas con planificación, estrategia, calidad y beneficio.
- CT3 - Conocer una tercera lengua, preferentemente el inglés. Capacidad de comunicación eficaz oral y escrita, para comunicar y discutir propuestas y conclusiones en foros multilingües, especializados o no especializados, de un modo claro y sin ambigüedades.
- CT4 - Capacidad de trabajo en equipo, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección para desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos considerando los recursos disponibles, en contextos nacionales e internacionales.
- CT6 - Capacidad de adaptación a los cambios, siendo capaz de aplicar tecnologías nuevas y avanzadas y otros progresos relevantes, con iniciativa y espíritu emprendedor.



# Continguts

1. **PRESENTACIÓ.** Presentació assignatura, objectius, metodologia i criteris d'avaluació
2. **TECNOLOGIA.** Concepte, tipus de tecnologia, cicle de vida de la tecnologia
3. **INNOVACIÓ.** Concepte, formes i tipus d'innovació, el procés d'innovació, factors d'èxit, models per a la gestió de la innovació, eines de gestió de la innovació, com mesurar la innovació, indicadors clau
4. **INNOVACIÓ I EMPRESA.** La petita empresa innovadora, factors principals, vigilància tecnològica, innovació oberta, innovació de valor, l'estratègia de l'oceà blau, models de negoci innovadors, model canvas
5. **TRANSFERÈNCIA DE TECNOLOGIA.** Concepte de transferència de tecnologia, formes de transferència de tecnologia, aliances tecnològiques, casos d'èxit
6. **PROTECCIÓ DE LA INNOVACIÓ.** Mecanismes per a la protecció de la innovació, propietat intel·lectual i propietat industrials, patents i models d'utilitat
7. **SISTEMA DE CIÈNCIA I TECNOLOGIA EN EL TERRITORI.** Marc de referència, polítiques de foment a la innovació, espais innovadors



# Metodologia

Número de  
sessions

<b>METODOLOGIA</b>	<b>CLASSES TEÒRIQUES AMB PROFESSOR</b>	<b>8,5</b>
	<b>SESSIONS PRÀCTIQUES</b>	<b>2,5</b>
	<b>SESSIONS D'AVAUACIÓ</b>	<b>2+1</b>





## Criteris d'avaluació

NOTA FINAL	PARTICIPACIÓ A CLASSE			10%
	TREBALL FINAL	TREBALL ESCRIT	20%	40%
		PRESENTACIÓ ORAL	15%	
		AVALUACIÓ 360º	5%	
	EXAMEN ESCRIT	TEST	25%	50%
		CAS	15%	
		CONFERÈNCIES	10%	

## Bibliografia

*Leer libros sobre innovación es una gran forma de obtener ideas*



Para innovar un producto o un servicio no necesariamente se tiene que crear algo nuevo, se puede utilizar una vieja idea para modificarla y renovarla

- **Barba, E. Innovación : 100 consejos para inspirarla y gestionarla.**  
Barcelona: Ed. Libros de Cabecera, 2011
- **Kelley, Tom. Las Diez caras de la innovación : estrategias para una creatividad excelente.**  
Barcelona: Ed. Paidós Ibérica, 2010
- **Chesbrough, Henry William. Open Innovation: The new imperative for creating and profiting from technology.**  
Boston: Harvard Business School Press, 2003.
- **William C. Taylor, Hazlo distinto y triunfa**  
Gestión 2000, 2012
- **Michael L. Tushman, Charles A. O'Reilly, Winning Through Innovation: A Practical Guide to Leading organizational Change and Renewal**  
Harvard Business Press Books. 2002



## Conferències virtuals

- [Xavier Sala-Martin : Ec  nomia en Colors](#)
  - [Xavier Ferr  s : TEC - Olas de la Innovación](#)
  - [Xavier Verdaquer : entrevista con Bibiana Ballb  ](#)
-

## Sessions Conferències QI 2018

- Oriol Bes, de transForma Partnering i the Founder Institute.  
“Startup based innovation”
  - Lluís Coromina, director de la Farinera Coromina, premi a la innovació tecnològica 2016
  - Daniel Serra, responsable de la plataforma CARNET i que han rebut el premi nacional de recerca 2017 a la millor partenarietat públic-privat.
  - Jordina Arcal, premi MIT per joves emprenedors amb la seva iniciativa del GARAGE LAB.
-



# Treball de curs

## OBJECTIU

- Preparar una proposta de projecte innovador amb una marcada component tecnològica.
- El treball simula una de les fases més importants del funnel de la innovació, consistent en la selecció i aprovació de nous projectes.
- Això significa que la proposta s'ha de redactar (en l'informe escrit del treball) i ser presentada (en la presentació oral del treball) amb la finalitat d'aconseguir l'aprovació del projecte.

Grups per al treball de 4 persones

## Parts i avaluació del treball

- **Informe escrit**: documents (màxim 35 pàgines) amb la proposta de projectes – **50% de la nota del treball**. La nota de la part escrita és la mateixa per a tots els membres del grup.
  - **Presentació oral (format Pitch)**: presentació individual sobre la proposta de projectes – **37,5% de la nota del treball**. La nota és la mateixa per a tots els membres del grup.
  - **Avaluació 360º**: cada un dels membres del grup avaluarà i posarà nota la resta de membres del grup. Es tracta d'una avaluació totalment anònima – **12,5% de la nota del treball**. La nota és individual per a cada membre del grup.
-





## RESUMEN EJECUTIVO (extensión **máxima** de una página)

- Parte clave del documento: es lo último que debéis escribir, y será la primera impresión que nosotros tendremos del proyecto. Concreto, breve, llamativo y que nos atraiga a seguir leyendo.
- Elegir e indicar 10 *keywords* con los cuales posicionar el trabajo. Han de ser los más representativos y específicos posibles, diferenciando vuestro trabajo dentro de una potencial gran base de datos de proyectos innovadores.

## CAPÍTULO 1 – OPORTUNIDAD

### 1.1 Objeto y propuesta

### 1.2 Justificación y dimensionamiento de la oportunidad

### 1.3 Entorno (vigilancia tecnológica)

## CAPÍTULO 2 – PROPUESTA

### 2.1 Visión e impacto

### 2.2 Innovación tecnológica

### 2.3 Protección de la innovación

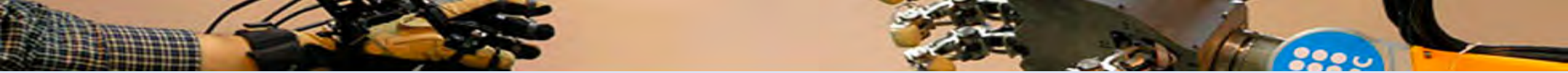
## CAPÍTULO 3 – EJECUCIÓN

### 3.1 MVP (*Minimum Viable Product*)

### 3.2 Plan de trabajo

### 3.3 Transferencia tecnológica

### 3.4 Recursos necesarios



Master's degree in **Automatic Control and Robotics**

Sessió de treball sobre el MUAR.

30 de gener de 2018

# *Human Resources*

## *(240AR034)*



# Profesora y Horarios

**Eva Gallardo Gallardo**

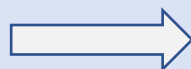
Departamento de Organización de Empresas (DOE)

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
15:00-16:00					Teoria
16:00-17:00					Teoria
17:00-18:00					



# Enfoque de la la asignatura

**Recursos Humanos**



**PERSONAS**



**Trabajan en grupos en Organizaciones**



**HABILIDADES INTERPERSONALES**

Gestión del  
tiempo

Liderazgo

Motivación

Comunicación

Trabajo en  
equipo



# Objetivos generales

Tras haber cursado esta asignatura el estudiantado deberá ser capaz de:

- § **Comunicarse** (tanto oral como escrita) de forma eficiente.
- § Aplicar la **escucha activa** en tus comunicaciones
- § **Gestionar el tiempo** de forma eficiente y eficaz
- § Organizar **reuniones** de forma efectiva
- § Distinguir **el trabajo en equipo** del trabajo en grupo
- § Aplicar los conceptos clave del trabajo en equipo para mejorar el **desempeño** en los trabajos grupales.
- § Distinguir entre **‘jefe’ y ‘líder’** de forma rigurosa.
- § Formular **un estilo de liderazgo** apropiado para situaciones concretas
- § Identificar los **factores clave de la motivación**
- § Utilizar las teorías motivacionales para explicar posibles comportamientos en la empresa





# Competencias ESPECÍFICAS

*Integrar-se amb facilitat a l'equip tècnic interdisciplinari i creatiu de qualsevol empresa del sector químic o centre de recerca.*

*Dirigir i gestionar l'organització del treball i dels recursos humans aplicant criteris de seguretat industrial, gestió de la qualitat, prevenció de riscos laborals, sostenibilitat, i gestió mediambiental.*



## Competencias TRANSVERSALES

- 6. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.***
- 7. TERCERA LENGUA: Conèixer una tercera llengua, preferentment l'anglès, amb un nivell adequat oral i escrit i en consonància amb les necessitats que tindran els titulats i titulades.***
- 8. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.***



# Competencias GENÉRICAS

*Liderar i definir equips multidisciplinaris capaços de resoldre canvis tècnics i necessitats directives en contextos nacionals i internacionals.*

*Comunicar i discutir propostes i conclusions en fòrums multilingües, especialitzats i no especialitzats, d'una manera clara i sense ambigüitats*

*Ser capaç de dirigir, planificar i supervisar equips multidisciplinaris.*



# SISTEMA DE EVALUACIÓN DE LA ASIGNATURA

$$\text{NOTA FINAL ASIGNATURA} = 0,35 \cdot \text{PA} + 0,20 \cdot \text{E} + 0,45 \cdot \text{EF}$$

**PA** = Presentación artículo en EQUIPO

**E** = Entrega

**EF** = Examen Final

*Cada actividad tendrá su normativa y se hará pública en ATENEA cuando se publique el enunciado y/o explicación de la misma.*

La nota del **examen de "re-evaluación"** sustituirá a la nota del examen final.

Es obligatorio presentarse a la convocatoria ordinaria para poder optar a la "re-evaluación"





# Bibliografía

## Bàsica:

Robbins, Stephen P. ; DeCenzo, David A. ; Coulter, Mary. Fundamentals of management : essential concepts and applications. 9th edition. Harlow: Pearson Education Limited, 2015. ISBN 9781292056548.

Robbins, Stephen P. ; Judge, T.. Introducción al comportamiento organizativo. 10a ed. Madrid: Prentice Hall, 2010. ISBN 9788483226568.

Colquitt, J. A. ; Lepine, J. A. ; Wesson, M. J. Organizational Behavior. 4th ed. New York: McGrawHill, 2015. ISBN 9781259252204.

HBR's 10 must reads on communication. Boston: Harvard Business Review Press, 2013. ISBN 9781422189863.

Harvard Business Review Press. HBR's 10 must reads on leadership. Boston: Harvard Business Review Press, 2011. ISBN 9781422157978.

HBR's 10 must reads on teams. Boston: Harvard Business Review Press, 2013. ISBN 9781422189870.

HBR's 10 must reads on collaboration. Boston: Harvard Business Review Press, 2013. ISBN 9781422190128.

HBR's 10 must reads on emotional intelligence. Boston: Harvard Business Review Press, 2015. ISBN 9781633690196.

Hartley, Peter ; Chatterton, Peter. Business communication : Rethinking your professional practice for the post-digital age. 2ª. Oxonorc: Routledge, 2015. ISBN 9780415640282.





## Bibliografía II

### Complementària:

Ober, Scott. Fundamentals of contemporary business communication. 2nd ed. Boston: Houghton Mifflin Company, 2007. ISBN 9780618645176.

Munduate, Lourdes ; Medina, F. J. (coord.). Gestión del conflicto, negociación y mediación. Madrid: Pirámide, 2005. ISBN 9788436819243.

Costa Cabanillas, M. ; López Méndez, E. Los Secretos de la dirección : liderar y fortalecer personas y equipos. 3a ed. Madrid: Pirámide, 2009. ISBN 9788436822663.

Dowling, Peter J. ; Festing, M. ; Engle, A. D. International Human Resource Management. 6th ed. Hampshire: Cengage Learning, 2013. ISBN 9781408032091.

Shriberg, D. ; Dhriberg, A.. Practicing leadership. 4th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2010. ISBN 9780470086988.

Boxall, P. ; Purcell, J.. Strategy and human resource management. 3rd ed. Houndmills: Palgrave Macmillan, 2011. ISBN 9780230579354.

Tomalin, Barry. Key Business Skills. London: Collins, 2012. ISBN 9780007488797.

HBR's 10 Must Reads : The Definitive Management Ideas of the Year from Harvard Business Review. Boston: Harvard Business Review Press, 2015. ISBN 9781633690219.

HBR's 10 Must Reads on Managing Yourself. Boston: Harvard Business Review Press, 2011. ISBN 9781422157992.

Daniels, Hunter... [et al.]. Business communication. Cape Town: Oxford University Press, 2014. ISBN 9780195995268.



# PROBLEMÁTICAS

- **Conocimientos previos: gran disparidad entre diferentes procedencias**
- **Baja capacidad de comunicación (razonamiento y argumentación). Les cuesta interactuar**
- **No les dan importancia alguna a la forma en entregas**
- **Muchos desconocen las bases de datos (sobre todo, los locales)**
- **Erasmus:**
  - **distorsionan evolución del grupo y dinámicas**
  - **aumenta significativamente el número de estudiantes**
- **Se concentran las prácticas/entregas al final.**



GRACIAS POR LA ATENCIÓN...

[e.gallardo@upc.edu](mailto:e.gallardo@upc.edu)



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

# INDUSTRIAL SCHEDULING

**Master's degree in Automatic Control and Robotics (MUAR)**

**School of Industrial Engineering of Barcelona (ETSEIB)**

**Department of Management (DOE)**



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

---

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria  
Industrial de Barcelona



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

---

Departament d'Organització d'Empreses

# Presentation

## ➤ Lecturers:

Bruno Domenech (theory)

Ernesto Garrido (practice)

## ➤ Work load: 4.5 ECTS





# Contents

## ➤ Theory sessions

Approach based on Project Management

**Lesson 1.** Introduction to production systems

**Lesson 2.** Facilities location

One and two-dimensional location

Product assignment into warehouses

Coverage problem

**Lesson 3.** Investments and costs

Break-even point / Investment / Cash flow

Net Present Value / Internal Rate of Return

# Contents

## ➤ Theory sessions

### **Lesson 4.** Project management

Roy / Pert / Gantt chart

Potential / cumulative / disjunctive bonds

### **Lesson 5.** Aggregate planning

Constant and variable production (JIT), shortages

Bowman method

### **Lesson 6.** Material requirement planning

### **Lesson 7.** Inventory management

Harris-Wilson formula, Economic Order Quantity model

# Contents

## ➤ Practice sessions

6 problems related to Lessons 2 to 7:

To be solved in class and at home in groups

The week after, 2-3 teams make an oral presentation

Business Case (real-based project)

To be carried out in class and at home across the semester

Partial submissions through ATENEA within date limits

Each week 2-3 teams make an oral presentation

The last week, each group makes a final presentation

# Industrial Organization 2017-18-Q1: Tentative Schedule

	Monday (19:00-20:30, B-B.4) PRACTICE	Thursday (18:30-20:00, B-B.4) THEORY	Homework
Sep. 18 Week 1	Course overview + Lesson 1 Start BC0	Lesson 2	Review lessons 1, 2 Work on BC0
Sep. 25 Week 2		Lesson 2	Review lesson 2 Work on BC1
Oct. 2 Week 3	Start P1, BC2 Present BC1	Lesson 3	Review lesson 3 Work on P1, BC2
Oct. 9 Week 4	Start P2, BC3 Present P1, BC2		Review lessons 1, 2, 3 Work on P2, BC3
Oct. 16 Week 5	Present P2, BC3	Lesson 4	Review lesson 4 Review BC1 to BC3
Oct. 23 Week 6	Start P3, BC4-BC5	Lesson 5	Review lessons 4, 5 Work on P3, BC4-BC5
Oct. 30 Week 7	MID-TERM EXAM Oct. 30, 18:30-19:45		Review lessons 1 to 5 Work on P3, BC4-BC5

**Nov. 6**  
**Week 8**

Present P3, BC4-BC5

Lesson 6

Review lesson 6  
Review BC1 to BC5

**Nov. 13**  
**Week 9**

Start P4, BC6-BC7

Lesson 7

Review lesson 7  
Work on P4, BC6-BC7

**Nov. 20**  
**Week 10**

Present P4, BC6-BC7

Lesson 8

Review lesson 8  
Review BC1 to BC7

**Nov. 27**  
**Week 11**

Start P5, BC8-BC9

Lesson 9

Review lesson 9  
Work on P5, BC8-BC9

**Dec. 4**  
**Week 12**

Present P5, BC8-BC9

Review lessons 6 to 9  
Review BC1 to BC9

**Dec. 11**  
**Week 13**

Start P6, BC10

Lesson 10

Review lesson 10  
Work on P6, BC10

**Dec. 18**  
**Week 14**

**Business Case**  
Oral Presentations

**Business Case**  
Oral Presentations

Review lessons 1 to 10  
Work on P6, BC10

**FINAL EXAM**  
Jan 22, 17:00-20:00



# Resources

## ➤ Bibliography

Buffa ES, Sarin RK. Modern production / Operations management. (7<sup>th</sup> ed.) New York: John Wiley and Sons (1987).

Company's R, Corominas A. Organización de la producción I. Diseño de sistemas productivos I. Barcelona: Edicions UPC (1993).

Company's R, Corominas A. Organización de la producción II. Dirección de operaciones I. Barcelona: Edicions UPC (1995).

Salvendy, Gavriel. *Handbook of industrial engineering*. 3<sup>rd</sup> ed. New York: John Wiley & Sons (2001).

# Assessment system

## ➤ Final grade

$$\text{FG1} = 0.3 \cdot \text{ME} + 0.5 \cdot \text{BC} + 0.2 \cdot \text{P}$$

$$\text{FG2} = 0.3 \cdot \text{ME} + 0.7 \cdot \text{FE}$$

where:

FG → Final grade

ME → Mid-term exam

BC → Business case, including submissions & presentations

P → Problems, including submissions & presentations

FE → Final exam

# Competencies

## Specific competencies

- CEAR4. The student will be able to use analysis tools and computer-aided design of control systems in the tasks usual analysis, simulation and controller design.
- CEAR8. The student will acquire a set of knowledge and skills to basic and advanced level of mobile robotics, putting special emphasis on probabilistic models applied to mobile robotics.
- CEAR14. The student will be able to direct and organize enterprises and production systems and services, applying knowledge and skills in industrial organization, business strategy, planning and logistics, commercial and labor law, financial and cost accounting.
- CEAR15. The student will be able to lead and manage the organization of work and human resources applying criteria of industrial safety, quality management, risk prevention, sustainability, and environmental management

# Competencies

## Transversal

- 2. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.

# Problems

## ➤ Identified in class

Different starting levels

(specially with some basic concepts as Gantt, NPV, etc.)

Difficulties in understanding complex formulas

No knowledge in mathematical modeling

## ➤ Identified through the SEEQ surveys

Evaluation of “learning”: 3,8 / 5

Evaluation of “course work”: 4,1 / 5

Excessive work load