

## 240AR012 - Cinemàtica, Dinàmica i Control en Robòtica

Unitat responsable: 240 - ETSEIB - Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona  
Unitat que imparteix: 707 - ESAII - Departament d'Enginyeria de Sistemes, Automàtica i Informàtica Industrial  
Curs: 2019  
Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN AUTOMÀTICA I ROBÒTICA (Pla 2012). (Unitat docent Obligatòria)  
Crèdits ECTS: 6 Idiomes docència: Anglès

### Professorat

Responsable: Rosell Gratacos, Joan  
Altres: Rosell Gratacos, Joan  
Lampon Diestre, Cristina

### Capacitats prèvies

Àlgebra Lineal, Càlcul Diferencial, nocions de sistemes de control lineals i no lineals

### Requisits

No hi ha requisits

### 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.

#### 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.

#### Transversals:

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.

## 240AR012 - Cinemàtica, Dinàmica i Control en Robòtica

### Metodologies docents

Els continguts teòrics del curs es desenvolupen en sessions de 1.5 h, dues sessions per setmana, on el professor explica la teoria i també resol els problemes per tal de millorar la comprensió dels temes i per entrenar els estudiants en la resolució de casos pràctics. A més hi ha sessions de laboratori, on els estudiants utilitzen paquets de simulació i experimentació amb robots reals.

El desenvolupament de les sessions de classe magistral segueix una metodologia similar a la d'un seminari, en el qual la participació activa dels assistents és un aspecte fonamental. En aquest sentit, la tasca del professor és, en essència, per dirigir la sessió, la presentació i configuració dels temes en un context, i liderar el debat i la discussió entre els estudiants. Per facilitar aquest debat i fomentar la participació, el professor introdueix, al final de cada sessió, els temes que es tractaran en la següent sessió, de manera que els estudiants poden preparar-se les classes amb antelació, de conformitat amb les orientacions bibliogràfiques donades pel professor.

En la presentació de cada tema, s'analitzen casos pràctics per tal d'introduir els alumnes en els aspectes metodològics, i mostrar-los les dificultats reals, l'abast i les limitacions dels mètodes i tècniques estudiades en el curs.

### Objectius d'aprenentatge de l'assignatura

La robòtica s'ocupa de l'estudi d'aquelles màquines que poden substituir als éssers humans en l'execució de tasques, tant en les activitats físiques com a la hora de prendre decisions. En totes les aplicacions amb robots la realització d'una tasca requereix l'execució d'un moviment específic preescrit per al robot. La correcta execució d'aquest moviment es confia al sistema de control que hauria de proporcionar als actuadors del robot les ordres compatibles amb el moviment desitjat. El control de moviment requereix una anàlisi precisa de les característiques de l'estructura mecànica, actuadors i sensors. L'objectiu d'aquest anàlisi és la derivació dels models matemàtics (cinemàtics i dinàmics que descriuen la relació d'entrada/sortida de la caracterització dels components del robot. Per tant, el modelat d'un robot per a manipulació és una premissa necessària per al desenvolupament de estratègies de control de moviment.

L'objectiu del curs és donar a conèixer les bases metodològiques del modelatge i control de robots, així com els principals aspectes teòrics i pràctics d'aquests temes. Per assolir aquest objectiu, el curs presenta les idees clau en la morfologia, la cinemàtica i la dinàmica dels robots, passant després a analitzar el control dels moviments i la força. Els continguts del curs es completen amb l'estudi del control guiat per la visió, conclouent amb els aspectes pràctics de l'arquitectura dels sistemes de control de robots i programació.

El resultat esperat d'aquest curs és que els estudiants arribin a la formació necessària per abordar els temes de recerca aplicada i en el camp de la modelització robot i el control.

### Hores totals de dedicació de l'estudiantat

Dedicació total: 150h	Hores grup gran:	26h 24m	17.60%
	Hores grup petit:	12h	8.00%
	Hores activitats dirigides:	15h 36m	10.40%
	Hores aprenentatge autònom:	96h	64.00%

## 240AR012 - Cinemàtica, Dinàmica i Control en Robòtica

### Continguts

<p>1. Fonaments</p>	<p>Dedicació: 6h Grup gran/Teoria: 6h</p>
<p>Descripció:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1.1. Introducció</li> <li>1.2. Conceptes bàsics d'àlgebra lineal i de control realimentat</li> <li>1.3. Sòlids rígids i transformacions homogènies</li> <li>1.4. Modelat de robots</li> </ul>	
<p>2. Cinemàtica</p>	<p>Dedicació: 18h Grup gran/Teoria: 14h Grup mitjà/Pràctiques: 2h Grup petit/Laboratori: 2h</p>
<p>Descripció:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2.1. Cinemàtica directa</li> <li>2.2. El problema de la cinemàtica inversa</li> <li>2.3. Planificació de trajectòries</li> <li>2.4. Jacobià geomètric / Jacobià analític</li> <li>2.5. Singularitats i redundància</li> <li>2.6. Algorismes de cinemàtica inversa</li> <li>2.7. Estàtica i manipulabilitat</li> </ul> <p>Activitats vinculades:</p> <p>P1: Solucions cinemàtiques i planificació de trajectòries</p>	
<p>3. Dinàmica</p>	<p>Dedicació: 12h Grup gran/Teoria: 8h Grup mitjà/Pràctiques: 2h Grup petit/Laboratori: 2h</p>
<p>Descripció:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>3.1. Formulació de Lagrange</li> <li>3.2. Propietats del model dinàmic</li> <li>3.3. Model dinàmic d'estructures simples de manipuladors</li> <li>3.4. Identificació de paràmetres dinàmics</li> <li>3.5. Model dinàmic en l'espai operacional</li> </ul> <p>Activitats vinculades:</p> <p>P2: Cinemàtica diferencial</p>	

## 240AR012 - Cinemàtica, Dinàmica i Control en Robòtica

4. Control	Dedicació: 18h Grup gran/Teoria: 14h Grup mitjà/Pràctiques: 2h Grup petit/Laboratori: 2h
<p>Descripció:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>4.1. El problema de control</li><li>4.2. Control descentralitzat de moviment</li><li>4.3. Compensació feed-forward</li><li>4.4. Control centralitzat de moviment</li><li>4.5. Control de força</li><li>4.6. Control servovisual</li></ul> <p>Activitats vinculades:</p> <p>P3: Control de força</p>	

### Sistema de qualificació

Lab deliberables 25%; Problem deliverables: 15%; Final work: 25%; Final exam: 35%

### Normes de realització de les activitats

Practical sessions are mandatory.

## 240AR012 - Cinemàtica, Dinàmica i Control en Robòtica

### Bibliografia

#### Bàsica:

Siciliano, Bruno. Robotics : modelling, planning and control [en línia]. London: Springer, 2009 [Consulta: 28/05/2019]. Disponible a: <<http://dx.doi.org/10.1007/978-1-84628-642-1>>. ISBN 9781846286414.

Corke, Peter I. Robotics, vision and control : fundamental algorithms in Matlab. 1st ed. New York: Springer, 2011. ISBN 978-3-642-20143-1.

#### Complementària:

Spong, Mark W; Hutchinson, Seth; Vidyasagar, M. Robot modeling and control. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, cop. 2006. ISBN 9780471649908.

Craig, John J. Introduction to robotics : mechanics and control. 3rd ed. Upper Saddle Hall: Pearson Educacion Internacional, cop. 2005. ISBN 0201543613.

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.

Kelly, Rafael; Santibàñez, Víctor; Loría, Antonio. Control of robot manipulators in joint space [en línia]. London: Springer, cop. 2005 [Consulta: 28/05/2019]. Disponible a: <<http://dx.doi.org/10.1007/b135572>>. ISBN 1852339942.

Asada, Haruhiko; Slotine, Jean-Jacques E. Robot analysis and control. New York: John Wiley and sons, cop. 1986. ISBN 0471830291.

Ghosh, B. K; Xi, Ning; Tarn, T. J. Control in robotics and automation : sensor-based integration. San Diego [etc.]: Academic Press, cop.1999. ISBN 0122818458.

Siciliano, Bruno; Khatib, Oussama. Springer handbook of robotics [en línia]. 2nd Ed. Cham: Springer, cop. 2016 [Consulta: 28/05/2019]. Disponible a: <<http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-32552-1>>. ISBN 9783319325521.

Bajd, T.; Mihelj, M.; Lenar, J.; Stanovnik, A.; Muni, M. Robotics. Dordrecht: Springer, c2010. ISBN 9789048137756.

Jazar, Reza N. Theory of applied robotics : kinematics, dynamics, and control. 2nd ed. New York [etc.]: Springer, cop. 2010. ISBN 9781441917492.

#### Altres recursos:

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

Universal Robots Simulator - <https://www.universal-robots.com/download/?option=38719#section16632>

Universal Robots UR3 available at the ESAII robotics lab (second floor ETSEIB).

#### Enllaç web

On-line tutorial for computer-room sessions

[https://sir.upc.edu/projects/kinematics\\_dynamics\\_control/](https://sir.upc.edu/projects/kinematics_dynamics_control/)