

**Offerta didattica**
**Primo anno**
**Primo semestre**

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
<b>10596147 - NONLINEAR SYSTEMS AND CONTROL</b> MODULE II MODULE I	B	ING-INF/04	0	0	AP	ENG
	B	ING-INF/04	6	60		
<b>10596148 - FILTERING AND OPTIMAL CONTROL</b> MODULE II MODULE I	B	ING-INF/04	0	0	AP	ENG
	B	ING-INF/04	6	60		
<b>Gruppo opzionale:</b> Gruppo OPZIONALE: Lo studente deve scegliere 36 Cfu (l'acquisizione è da intendersi relativa a tutta la durata del corso di studi)	B					

**Secondo semestre**

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
<b>10596147 - NONLINEAR SYSTEMS AND CONTROL</b> MODULE II MODULE I	B	ING-INF/04	0	0	AP	ENG
	B	ING-INF/04	6	60		
<b>10596148 - FILTERING AND OPTIMAL CONTROL</b> MODULE II MODULE I	B	ING-INF/04	0	0	AP	ENG
	B	ING-INF/04	6	60		
<b>Gruppo opzionale:</b> Gruppo OPZIONALE: Lo studente deve scegliere 36 Cfu (l'acquisizione è da intendersi relativa a tutta la durata del corso di studi)	B					
<b>Gruppo opzionale:</b> Gruppo OPZIONALE: Lo studente deve scegliere 18 cfu (l'acquisizione è da intendersi relativa a tutta la durata del corso di studi)	C					
<b>-- A SCELTA DELLO STUDENTE</b>	D		6	60	AP	ENG

**Secondo anno**
**Primo semestre**

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
<b>Gruppo opzionale:</b> Gruppo OPZIONALE: Lo studente deve scegliere 36 Cfu (l'acquisizione è da intendersi relativa a tutta la durata del corso di studi)	B					
<b>Gruppo opzionale:</b> Gruppo OPZIONALE: Lo studente deve scegliere 18 cfu (l'acquisizione è da intendersi relativa a tutta la durata del corso di studi)	C					
<b>-- A SCELTA DELLO STUDENTE</b>	D		6	60	AP	ENG

**Secondo semestre**

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
<b>Gruppo opzionale:</b> Gruppo OPZIONALE: Lo studente deve scegliere 36 Cfu (l'acquisizione è da intendersi relativa a tutta la durata del corso di studi)	B					
<b>Gruppo opzionale:</b> Gruppo OPZIONALE: Lo studente deve scegliere 18 cfu (l'acquisizione è da intendersi relativa a tutta la durata del corso di studi)	C					
<b>AAF1041 - TIROCINIO</b>	F		3	30	I	ENG
<b>AAF1025 - PROVA FINALE</b>	E		27	270	I	ENG

**Dettaglio dei gruppi opzionali**

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
<b>Gruppo opzionale: Gruppo OPZIONALE: Lo studente deve scegliere 36 Cfu (l'acquisizione è da intendersi relativa a tutta la durata del corso di studi)</b>						
<b>1041422 - PROCESS AUTOMATION</b> <i>(primo semestre)</i>	B	ING-INF/04	6	60	AP	ENG
<b>1023235 - ROBOTICS I</b> <i>(primo semestre)</i>	B	ING-INF/04	6	60	AP	ENG
<b>1041453 - ROBUST CONTROL</b> <i>(primo semestre)</i>	B	ING-INF/04	6	60	AP	ENG
<b>1041426 - MULTIVARIABLE FEEDBACK CONTROL</b> <i>(secondo semestre)</i>	B	ING-INF/04	6	60	AP	ENG
<b>1021883 - ROBOTICS II</b> <i>(secondo semestre)</i>	B	ING-INF/04	6	60	AP	ENG
<b>1022775 - AUTONOMOUS AND MOBILE ROBOTICS</b> <i>(primo semestre)</i>	B	ING-INF/04	6	60	AP	ENG
<b>1041429 - CONTROL OF COMMUNICATION AND ENERGY NETWORKS</b> <i>(primo semestre)</i>	B	ING-INF/04	6	60	AP	ENG
<b>1041428 - DIGITAL CONTROL SYSTEMS</b> <i>(primo semestre)</i>	B	ING-INF/04	6	60	AP	ENG
<b>1041454 - DYNAMICS OF ELECTRICAL MACHINES AND DRIVES</b> <i>(primo semestre)</i>	B	ING-IND/32	6	60	AP	ENG
<b>1041431 - VEHICLE SYSTEM DYNAMICS</b> <i>(secondo semestre)</i>	B	ING-IND/13	6	60	AP	ENG
<b>1041427 - CONTROL OF AUTONOMOUS MULTI-AGENT SYSTEMS</b> <i>(secondo semestre)</i>	B	ING-INF/04	6	60	AP	ENG

<b>Gruppo opzionale: Gruppo OPZIONALE: Lo studente deve scegliere 18 cfu (l'acquisizione è da intendersi relativa a tutta la durata del corso di studi)</b>						
<b>10592834 - NEUROENGINEERING</b> <i>(secondo semestre)</i>	C	ING-INF/06	6	60	AP	ENG
<b>1021883 - ROBOTICS II</b> <i>(secondo semestre)</i>	C	ING-INF/04	6	60	AP	ENG
<b>1054963 - SYSTEMS AND CONTROL METHODS FOR CYBER-PHYSICAL SECURITY</b> <i>(secondo semestre)</i>	C	ING-INF/04	6	60	AP	ENG

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
<b>1022863 - MEDICAL ROBOTICS</b> (secondo semestre)	C	ING-INF/04	6	60	AP	ENG
<b>10592976 - ADVANCED METHODS IN CONTROL</b> (secondo semestre)	C	ING-INF/04	6	60	AP	ENG
<b>1022775 - AUTONOMOUS AND MOBILE ROBOTICS</b> (primo semestre)	C	ING-INF/04	6	60	AP	ENG
<b>1022792 - COMPUTER AND NETWORK SECURITY</b> (primo semestre)	C	ING-INF/05	6	60	AP	ENG
<b>1041429 - CONTROL OF COMMUNICATION AND ENERGY NETWORKS</b> (primo semestre)	C	ING-INF/04	6	60	AP	ENG
<b>1055496 - CONTROL PROBLEMS IN ROBOTICS</b> (primo semestre)	C	ING-INF/04	6	60	AP	ENG
<b>1041428 - DIGITAL CONTROL SYSTEMS</b> (primo semestre)	C	ING-INF/04	6	60	AP	ENG
<b>1022858 - MACHINE LEARNING</b> (primo semestre)	C	ING-INF/05	6	60	AP	ENG
<b>1041427 - CONTROL OF AUTONOMOUS MULTI-AGENT SYSTEMS</b> (secondo semestre)	C	ING-INF/04	6	60	AP	ENG

### Legenda

**Tip. Att. (Tipo di attestato):** **AP** (Attestazione di profitto), **AF** (Attestazione di frequenza), **I** (Idoneità)

**Att. Form. (Attività formativa):** **A** Attività formative di base **B** Attività formative caratterizzanti **C** Attività formative affini ed integrative **D** Attività formative a scelta dello studente (art.10, comma 5, lettera a) **E** Per la prova finale e la lingua straniera (art.10, comma 5, lettera c) **F** Ulteriori attività formative (art.10, comma 5, lettera d) **R** Affini e ambito di sede classe LMG/01 **S** Per stages e tirocini presso imprese, enti pubblici o privati, ordini professionali (art.10, comma 5, lettera e)

## Obiettivi formativi

### FILTERING AND OPTIMAL CONTROL

in Ingegneria Automatica (Percorso valido anche ai fini del conseguimento del doppio titolo italo-venezuelano) - Primo anno - Primo semestre, in Ingegneria Automatica (Percorso valido anche ai fini del conseguimento del doppio titolo italo-venezuelano) - Primo anno - Secondo semestre

**Obiettivi generali (Mod. I)** Il corso illustra le metodologie del controllo ottimo. Lo Studente sarà in grado di formulare e studiare problemi di ottimizzazione di diversa natura, ricercando soluzioni attraverso l'uso di condizioni necessarie e/o sufficienti di ottimalità, con particolare riferimento a problemi di controllo ottimo. **Obiettivi specifici - Conoscenza e comprensione** Lo Studente apprenderà i metodi della teoria del controllo ottimo da applicare in ambiti diversi - **Applicare conoscenza e comprensione** Lo Studente deve essere in grado, dato un sistema di controllo, di proporre la migliore strategia di controllo ottimo, dipendentemente dal problema in esame. - **Capacità critiche e di giudizio** Lo Studente sarà in grado di analizzare un problema di controllo, modellarlo e proporre la migliore strategia nell'ambito del controllo ottimo, implementandola per valutarne i risultati - **Capacità comunicative** Le attività del corso consentiranno allo Studente di comunicare e condividere le principali problematiche in specifici campi di applicazione, evidenziando le scelte progettuali, i relativi punti di forza e punti deboli - **Capacità di apprendimento** Le modalità di svolgimento del corso mirano a potenziare le capacità critiche dello Studente, dall'analisi di un problema, allo studio della letteratura, alla fase progettuale e di implementazione **Obiettivi generali (Mod. II)** Il corso illustra le metodologie di base di stima e filtraggio. Lo studente sarà in grado di utilizzare le principali tecniche di stima e di formulare e studiare problemi di ottimizzazione di diversa natura. **Obiettivi specifici - Conoscenza e comprensione** Lo Studente apprenderà i metodi della teoria della stima ottima da applicare in ambiti diversi - **Applicare conoscenza e comprensione** Lo Studente deve essere in grado, a partire dai dati disponibili, di elaborare algoritmi di stima di parametri caratteristici di un processo. - **Capacità critiche e di giudizio** Lo Studente sarà in grado di analizzare un problema di stima, modellarlo e proporre la migliore strategia di stima, implementandola per valutarne i risultati - **Capacità comunicative** Le attività del corso consentiranno allo Studente di comunicare e condividere le principali problematiche in specifici campi di applicazione, evidenziando le scelte progettuali, i relativi punti di forza e punti deboli - **Capacità di apprendimento** Le modalità di svolgimento del corso mirano a potenziare le capacità critiche dello Studente, dall'analisi di un problema, allo studio della letteratura, alla fase progettuale e di implementazione

(English)

**General goals (Mod. I)** The course illustrates the methodologies of optimal control. The student will be able to formulate, analyze, and search for solutions of optimization problems of different nature by an appropriate use of optimality conditions, with emphasis on optimal control problems. **Specific outcomes - Knowledge and understanding** The Students will learn the methods of optimal control theory and the main applications in different fields. - **Capability to apply knowledge and understanding** The Students will be able to propose the optimal control strategies depending on the specific problem at hand. - **Critical and judgment skill** The Students will be able to analyze control problems, proposing and implementing optimal control strategies. - **Communication skills** The course activities will allow the Students to increase their communication capabilities in scientific fields. - **Learning skills** One of the aim of the course is to increase the critical skills of the Students; they will be able to tackle a control problem, starting from the literature analysis, to the optimal control aspects, up to the implementation. **General goals (Mod. II)** The course illustrates the basic estimation and filtering methodologies. The student will be able to use the most important estimation techniques and to formulate and study optimization problem of different kinds. **Specific objectives - Knowledge and understanding** The student will learn the estimation and filtering methodologies for being applied to different frameworks. - **Capability of applying knowledge and understanding** The student must be able, from the available data, of designing estimation algorithm for characteristic parameters of a process. - **Critical and judgement skills** The student will be able to formulate an estimation problem and design the optimal estimate, by implementing it to evaluate the consequent results - **Communication skills** The course will allow the student to communicate and share the main problems in specific application fields, by focusing on the possible design procedures and evaluating their strength or weakness - **Learning skills** The course will empower the analytical skills of the student, from the problem analysis to the study of the available scientific literature and down to the design and implementation

**MODULE I:** in Ingegneria Automatica (Percorso valido anche ai fini del conseguimento del doppio titolo italo-venezuelano) - Primo anno - Primo semestre

**Obiettivi generali** Il corso illustra le metodologie del controllo ottimo. Lo Studente sarà in grado di formulare e studiare problemi di ottimizzazione di diversa natura, ricercando soluzioni attraverso l'uso di condizioni necessarie e/o sufficienti di ottimalità, con particolare riferimento a problemi di controllo ottimo. **Obiettivi specifici - Conoscenza e comprensione** Lo Studente apprenderà i metodi della teoria del controllo ottimo da applicare in ambiti diversi - **Applicare conoscenza e comprensione** Lo Studente deve essere in grado, dato un sistema di controllo, di proporre la migliore strategia di controllo ottimo, dipendentemente dal problema in esame. - **Capacità critiche e di giudizio** Lo Studente sarà in grado di analizzare un problema di controllo, modellarlo e proporre la migliore strategia nell'ambito del controllo ottimo, implementandola per valutarne i risultati - **Capacità comunicative** Le attività del corso consentiranno allo Studente di comunicare e condividere le principali problematiche in specifici campi di applicazione, evidenziando le scelte progettuali, i relativi punti di forza e punti deboli - **Capacità di apprendimento** Le modalità di svolgimento del corso mirano a potenziare le capacità critiche dello Studente, dall'analisi di un problema, allo studio della letteratura, alla fase progettuale e di implementazione

(English)

**General goals** The course illustrates the methodologies of optimal control. The student will be able to formulate, analyze, and search for solutions of optimization problems of different nature by an appropriate use of optimality conditions, with emphasis on optimal control problems. **Specific outcomes - Knowledge and understanding** The Students will learn the methods of optimal control theory and the main applications in different fields. - **Capability to apply knowledge and understanding** The Students will be able to propose the optimal control strategies depending on the specific problem at hand. - **Critical and judgment skill** The Students will be able to analyze control problems, proposing and implementing optimal control strategies. - **Communication skills** The course activities will allow the Students to increase their communication capabilities in scientific fields. - **Learning skills** One of the aim of the course is to increase the critical skills of the Students; they will be able to tackle a control problem, starting from the literature analysis, to the optimal control aspects, up to the implementation.

**MODULE II:** in Ingegneria Automatica (Percorso valido anche ai fini del conseguimento del doppio titolo italo-venezuelano) - Primo anno - Secondo semestre

**Obiettivi generali** Il corso illustra le metodologie di base di stima e filtraggio. Lo studente sarà in grado di utilizzare le principali tecniche di stima e di formulare e studiare problemi di ottimizzazione di diversa natura. **Obiettivi specifici - Conoscenza e comprensione** Lo Studente apprenderà i metodi della teoria della stima ottima da applicare in ambiti diversi - **Applicare conoscenza e comprensione** Lo Studente deve essere in grado, a partire dai dati

disponibili, di elaborare algoritmi di stima di parametri caratteristici di un processo. - Capacità critiche e di giudizio Lo Studente sarà in grado di analizzare un problema di stima, modellarlo e proporre la migliore strategia di stima, implementandola per valutarne i risultati - Capacità comunicative Le attività del corso consentiranno allo Studente di comunicare e condividere le principali problematiche in specifici campi di applicazione, evidenziando le scelte progettuali, i relativi punti di forza e punti deboli - Capacità di apprendimento Le modalità di svolgimento del corso mirano a potenziare le capacità critiche dello Studente, dall'analisi di un problema, allo studio della letteratura, alla fase progettuale e di implementazione

(English)

General goals The course illustrates the basic estimation and filtering methodologies. The student will be able to use the most important estimation techniques and to formulate and study optimization problem of different kinds. Specific objectives - Knowledge and understanding The student will learn the estimation and filtering methodologies for being applied to different frameworks. - Capability of applying knowledge and understanding The student must be able, from the available data, of designing estimation algorithm for characteristic parameters of a process. - Critical and judgment skills The student will be able to formulate an estimation problem and design the optimal estimate, by implementing it to evaluate the consequent results - Communication skills The course will allow the student to communicate and share the main problems in specific application fields, by focusing on the possible design procedures and evaluating their strength or weakness - Learning skills The course will empower the analytical skills of the student, from the problem analysis to the study of the available scientific literature and down to the design and implementation.

## VEHICLE SYSTEM DYNAMICS

in Ingegneria Automatica (Percorso valido anche ai fini del conseguimento del doppio titolo italo-venezuelano) - Secondo anno - Secondo semestre

Obiettivi generali Il corso mira a fornire allo studente una teoria unitaria per lo studio dei veicoli in generale, con particolare riferimento ai veicoli terrestri e marini. L'analisi del sistema veicolo viene affrontata sia per sottosistemi componenti (i) dinamica del copro rigido, (ii) sistema propulsivo (iii) sistema di trasmissione (iv) sistema di spinta e controllo direzionale (v) sistema sospensivo (vi) sistema frenante (vii) sistemi di automazione di guida e controllo, sia in termini globali, integrando tutti i sottosistemi all'interno di un unico modello capace di descrivere manovre complesse del sistema veicolo. Obiettivi specifici Conoscenza e comprensione: Lo studente apprenderà i metodi di base per la modellistica, l'analisi e il controllo dei veicoli. Nella prima parte del corso saranno fornite le nozioni riguardanti la dinamica del veicolo in generale mentre nella seconda parte, viene posta particolare attenzione ai sottosistemi meccanici, sensoristici e hardware in uso. Applicare conoscenza e comprensione: Lo studente sarà in grado di analizzare e progettare differenti architetture di veicoli terrestri e marini. Avrà inoltre le conoscenze sufficienti per scegliere algoritmi di controllo più adatti da usare nei casi di veicoli a guida autonoma. Capacità critiche e di giudizio: Lo studente sarà sia in grado di scegliere la metodologia di modellazione più adatta al problema specifico, sia di esaminare un dispositivo innovativo nel settore della dinamica dei veicoli, comprendendone i principi di funzionamento ed effettuandone un'analisi di fattibilità. Capacità comunicative: Le attività del corso, e specificamente lo sviluppo del progetto d'anno e la sua presentazione da parte del team di progetto nella prova finale, permettono allo studente di essere in grado di comunicare/condividere le principali idee innovative presenti in un progetto tecnologico e di sintetizzarne in una presentazione chiara ed efficace i principali contenuti. Capacità di apprendimento: Lo studente sarà in grado di affrontare un problema di sintesi progettuale grazie alla modalità di esame prevista. Lo studente, opportunamente guidato mette in pratica le tecniche di "problem solving" ovvero l'insieme dei processi atti ad analizzare, affrontare e risolvere un problema specifico sulla base dell'esame di brevetti o di recenti pubblicazioni.

(English)

General objectives The course aims to provide the student with a unified theory for the study of vehicles in general, with particular reference to terrestrial and marine vehicles. On one hand the vehicle is decomposed into sub-systems: (i) propulsion (ii) transmission (iii) thrust and directional components (iv) suspension systems (v) brake systems (vi) guidance and control. On the other hand, a general model of the vehicle integrating the considered sub-systems is developed able to predict the different manoeuvring ability of the vehicle. The theoretical foundation to approach vehicle dynamics is provided. Specific objectives Knowledge and understanding: The student will learn the basic methods for vehicle modelling, analysis and control. In the first part of the course the notions of vehicle dynamics are conveyed to the students, while in the second part, particular attention is paid to the mechanical, sensor and hardware subsystems in use. Apply knowledge and understanding: The student will be able to analyse and design different architectures of terrestrial and marine vehicles. Moreover, the student is required to mature a sufficient knowledge to integrate the mechanical design together with control algorithms for autonomous driving vehicles. Critical and judgment skills: The student will be able to choose both the modelling methodology most suited to the specific problem, and will be able to examine an innovative device in the field of vehicle dynamics, understanding the operating principles and carrying out a feasibility analysis, examining, when needed, the related patents. Communication skills: The course activities allow the student to be able to communicate / share the main content related to the innovation of new devices/vehicles, through the team's work when preparing the team's project. Moreover, the final examination of the team is inherent to market needs, modelling of vehicles, simulations and theoretical analysis of components of vehicles, that are part of a professional presentation prepared by the entire project team. Learning ability: The student will be able to tackle a project synthesis problem thanks to the planned examination method. The student, appropriately guided, puts into practice the "problem solving" techniques, i.e. the set of processes aimed at analysing, facing and solving a specific problem based on the examination of patents and/or recent publications.

## MACHINE LEARNING

in Ingegneria Automatica (Percorso valido anche ai fini del conseguimento del doppio titolo italo-venezuelano) - Secondo anno - Primo semestre

Obiettivi generali: L'obiettivo del corso è presentare un ampio spettro di metodi e algoritmi di apprendimento automatico, discutendone le proprietà e i criteri di applicabilità e di convergenza. Si presentano anche diversi esempi di impiego efficace delle tecniche di apprendimento automatico in diversi scenari applicativi. Gli studenti avranno la capacità di risolvere problemi di apprendimento automatico, partendo da una corretta formulazione del problema, con la scelta di un opportuno algoritmo, e sapendo condurre un'analisi sperimentale per valutare i risultati ottenuti. Obiettivi specifici: Conoscenza e comprensione: Fornire un'ampia panoramica sui principali metodi e algoritmi di apprendimento automatico per i problemi di classificazione, regressione, apprendimento, non-supervisionato e apprendimento per rinforzo. I diversi problemi affrontati vengono definiti formalmente e vengono fornite sia le basi teoriche sia informazione tecniche per comprendere le soluzioni adottate. Applicare conoscenza e comprensione: Risolvere problemi specifici di apprendimento automatico a partire da insiemi di dati, mediante l'applicazione delle tecniche studiate. Lo svolgimento di due homework (piccoli progetti da svolgere a casa) consente agli studenti di applicare le conoscenze acquisite. Capacità critiche e di giudizio: Essere in grado di valutare la qualità di un sistema di apprendimento automatico usando opportune metriche e metodologie di valutazione. Capacità comunicative: Produrre un rapporto tecnico che descrive i risultati degli homework, acquisendo quindi la capacità di comunicare i risultati ottenuti dall'applicazione delle conoscenze acquisite nella soluzione di un problema specifico. Assistere ad esempi di comunicazione e condivisione dei risultati raggiunti in applicazioni reali forniti da esperti all'interno di seminari

erogati durante il corso. Capacità di apprendimento: Approfondimento autonomo di alcuni argomenti presentati nel corso tramite lo svolgimento di homework, con possibilità anche di lavorare insieme ad altri studenti (lavoro di gruppo) per risolvere problemi specifici.

(English)

**General Objectives:** The objectives of this course are to present a wide spectrum of Machine Learning methods and algorithms, discuss their properties, convergence criteria and applicability. The course will also present examples of successful application of Machine Learning algorithms in different application scenarios. The main outcome of the course is the capability of the students of solving learning problems, by a proper formulation of the problem, a proper choice of the algorithm suitable to solve the problem and the execution of experimental analysis to evaluate the results obtained. **Specific Objectives:** Knowledge and understanding: Providing a wide overview of the main machine learning methods and algorithms for the classification, regression, unsupervised learning and reinforcement learning problems. All the problems are formally defined and theoretical basis as well as technical and implementation details are provided in order to understand the proposed solutions. Applying knowledge and understanding: Solving specific machine learning problems starting from training data, through a proper application of the studied methods and algorithms. The development of two homeworks (small projects to be developed at home) allows the students to apply the acquired knowledge. Making judgements: Ability of evaluating performance of a machine learning system using proper metrics and evaluation methodologies. Communication skills: Ability of writing a technical report describing the results of the homeworks, thus showing abilities in communicating results obtained from the application of the acquired knowledge in solving a specific problem. Being exposed to examples of communication of results obtained in practical cases given by experts within seminars offered during the course. Learning skills: Self-study of specific application domains, problems and solutions during the homeworks, with possible application of teamwork for the solution of specific problems.

## COMPUTER AND NETWORK SECURITY

in Ingegneria Automatica (Percorso valido anche ai fini del conseguimento del doppio titolo italo-venezuelano) - Secondo anno - Primo semestre

**Obiettivi generali** Fornire i concetti necessari a: (a) comprendere il significato di sicurezza delle informazioni e di sicurezza delle infrastrutture e delle reti; (b) abilitare lo studente a fare analisi delle caratteristiche fondamentali di sicurezza di una rete/infrastruttura; (c) fornire gli strumenti fondamentali per le attività di progettazione e assessment delle soluzioni realizzate su rete in presenza di esigenze di sicurezza delle informazioni. Le metodologie e le nozioni includono la crittografia, il controllo degli accessi, protocolli e architetture di sicurezza, firewall. **Obiettivi specifici** Capacità di - riconoscere in fase di analisi/progettazione i requisiti di confidenzialità, integrità, autenticità, autenticazione e non ripudio, individuando strumenti idonei a garantirli; - supportare il processo di analisi e definizione di politiche di sicurezza a livello di organizzazione; - valutare criticamente infrastrutture ed applicazioni rispetto alle specifiche di sicurezza; - valutare la presenza di vulnerabilità rilevanti nelle infrastrutture e nelle applicazioni; - studiare e comprendere standard di sicurezza. **Conoscenza e comprensione** Conoscenza della crittografia di base. Comprensione dei meccanismi di certificazione e firma digitale. Comprensione delle minacce cyber derivanti dall'interazione con il web ed internet in generale. **Applicare conoscenza e comprensione** Selezionare ed usare standard di cifratura efficaci e sicuri. Selezionare ed usare standard di fingerprinting di documenti efficaci e sicuri. Usare firme digitali. Scegliere meccanismi di autenticazione sicuri. **Capacità critiche e di giudizio:** Essere in grado di valutare l'adeguatezza delle misure di sicurezza IT impiegate da una piccola/media impresa. **Capacità comunicative:** Essere in grado di interagire agevolmente ed efficacemente con specialisti di domini industriali e ICT per tutte le problematiche connesse alla sicurezza delle informazioni. Saper motivare valutazioni e requisiti. **Capacità di apprendimento:** Saper leggere e comprendere documenti con standard tecnici e materiali relativi alla divulgazione di nuove minacce IT.

(English)

**General objectives** To provide the concepts necessary to: (a) understand the meaning of information security and security of infrastructures and networks; (b) enable the student to make analysis of the fundamental security features of networks and infrastructures; (c) provide the fundamental tools for the design and the assessment of the solutions implemented in the network for the information security requirements. Methodologies and notions include cryptography, access control, security protocols and architectures, firewalls. **Specific objectives** Capacity to - recognize the requirements of confidentiality, integrity, authenticity, authentication and non-repudiation during the analysis/design phase, identifying suitable standards to guarantee them; - support the process of analysis and definition of security policies at the organization level; - critically evaluate infrastructures and applications with respect to security requirements; - assess the presence of significant vulnerabilities in infrastructures and applications; - study and understand security standards. **Knowledge and understanding** Knowledge of the fundamentals of cryptography. Understanding of certification mechanisms and digital signature. Understanding of cyber threats arising from interaction with the web and the internet in general. **Apply knowledge and understanding** To select and use effective and secure encryption standards. To select and use effective and secure document fingerprinting standards. To use digital signatures. To choose secure authentication mechanisms. **Critical and judgment skills** Being able to assess the adequacy of IT security measures employed by a small/medium enterprise. **Communication skills** Being able to easily and effectively interact with industrial and ICT domain specialists for all issues related to information security. **Knowing how to motivate results of analyses and requirements.** Learning ability: Ability to read and understand documents with technical standards and/or for the disclosure of new IT threats.

## CONTROL OF AUTONOMOUS MULTI-AGENT SYSTEMS

in Ingegneria Automatica (Percorso valido anche ai fini del conseguimento del doppio titolo italo-venezuelano) - Secondo anno - Secondo semestre, in Ingegneria Automatica (Percorso valido anche ai fini del conseguimento del doppio titolo italo-venezuelano) - Secondo anno - Secondo semestre

**Obiettivi generali** Il corso verte sulla modellistica, l'analisi e il controllo dei sistemi multi-agente, con particolare riferimento alle reti di comunicazione/distribuzione e ai sistemi multi-robot. **Obiettivi specifici** Conoscenza e comprensione: Lo studente apprenderà i metodi di base per la modellistica, l'analisi e il controllo dei sistemi multi-agente, con particolare attenzione alle strategie di controllo distribuite. Nella prima parte del corso saranno presentate applicazioni alle reti di comunicazione, di distribuzione di energia, di trasporto, nonché alle infrastrutture critiche e alle piattaforme di telemedicina; nella seconda parte, vengono considerati esplicitamente i sistemi multi-robot, sia terrestri e aerei. **Applicare conoscenza e comprensione:** Lo studente sarà in grado di analizzare e progettare architetture e algoritmi per il controllo di sistemi multi-agente in vari campi applicativi. **Capacità critiche e di giudizio:** Lo studente sarà in grado di scegliere la metodologia di controllo più adatta a un problema specifico e di valutare la complessità della soluzione proposta. **Capacità comunicative:** Le attività del corso permettono allo studente di essere in grado di comunicare/condividere le principali problematiche inerenti le reti e i sistemi presentati nel corso, nonché le possibili scelte progettuali per il controllo di tali reti/sistemi. **Capacità di apprendimento:** Le modalità di svolgimento del corso mirano a creare una forma mentis dello studente orientata al controllo di sistemi complessi su reti, combinando in maniera opportuna, metodologie provenienti dall'automatica e da vari altri ambiti dell'ingegneria.

(English)

**General objectives** This course deals with modeling, analysis and control of multi-agent systems, with emphasis on communication/distribution networks and multi-robot systems. **Specific objectives** Knowledge and understanding: Students will learn basic methods for the modeling, analysis and control of multi-agent systems, with particular attention to distributed control strategies. In the first part of the course, applications will be presented to communication, energy distribution, transport networks, as well as to critical infrastructures and e-health platforms; in the second part, multi-robot systems will be studied, both terrestrial and aerial. Apply knowledge and understanding: Students will be able to analyze and design architectures and algorithms for the control of multi-agent systems in various application fields. Critical and judgment skills: Students will be able to choose the most suitable control methodology for a specific problem and to evaluate the complexity of the proposed solution. Communication skills: The course activities allow the student to be able to communicate/share the main problems concerning networks and systems presented in the course, as well as the possible design choices for the control of such networks/systems. Learning ability: The course development aim at giving the student a mindset oriented to the control of complex systems/networks by appropriately combining methodologies coming from the control theory as well as from other engineering disciplines.

## CONTROL OF COMMUNICATION AND ENERGY NETWORKS

in Ingegneria Automatica (Percorso valido anche ai fini del conseguimento del doppio titolo italo-venezuelano) - Secondo anno - Primo semestre, in Ingegneria Automatica (Percorso valido anche ai fini del conseguimento del doppio titolo italo-venezuelano) - Secondo anno - Primo semestre

**Obiettivi generali** Il corso... **Obiettivi specifici** Conoscenza e comprensione: Il corso si propone di applicare metodologie di controllo alle reti/sistemi, con l'adozione di un approccio indipendente dalla tecnologia che affronta il problema del controllo della rete o dei sistemi a prescindere dalle specifiche tecnologie. Tali metodologie saranno applicate alle reti di comunicazione, di distribuzione di energia, di trasporto, nonché alle infrastrutture critiche e alle piattaforme di telemedicina. Applicare conoscenza e comprensione: Gli studenti saranno consapevoli delle principali problematiche e in grado di progettare azioni di controllo per reti di comunicazione, di distribuzione di energia, di trasporto, nonché per infrastrutture critiche e per piattaforme di telemedicina. Capacità critiche e di giudizio: Gli studenti saranno in grado di scegliere le metodologie di controllo più adatte ai problemi specifici e di valutare la complessità delle soluzioni proposte. Capacità comunicative: Le attività del corso permettono allo studente di essere in grado di comunicare/condividere (i) le principali problematiche inerenti le reti di comunicazione, di distribuzione di energia, di trasporto, nonché le infrastrutture critiche e le piattaforme di telemedicina, (ii) possibili scelte progettuali per il controllo di tali reti/sistemi. Capacità di apprendimento: Le modalità di svolgimento del corso mirano a creare una forma mentis dello studente orientata al controllo di sistemi/reti complessi, combinando, in maniera opportuna, metodologie provenienti dall'automatica e da vari altri ambiti dell'ingegneria.

(English)

**General objectives** The course ... **Specific objectives** Knowledge and understanding: The course aims to apply control methods to networks/systems, with the adoption of a technology-independent approach that addresses the problem of controlling the network or systems regardless of specific technologies. These methodologies will be applied to communication, energy distribution and transport networks, as well as to critical infrastructures and e-health platforms. Apply knowledge and understanding: Students will be aware of the main problems and able to design control actions for communication, energy distribution, transport networks, as well as for critical infrastructures and e-health platforms. Critical and judgment skills: Students will be able to choose the most suitable control methodologies for specific problems and to evaluate the complexity of the proposed solutions. Communication skills: The course activities allow the student to be able to communicate/share (i) the main problems related to communication, energy distribution, transport networks, as well as critical infrastructures and e-health platforms, (ii) possible design choices for the control of such networks/systems. Learning ability: The course development methods aim to create a mindset of the student oriented to the control of complex systems/networks, by appropriately combining methodologies coming from the automation field and from various other engineering areas.

## DIGITAL CONTROL SYSTEMS

in Ingegneria Automatica (Percorso valido anche ai fini del conseguimento del doppio titolo italo-venezuelano) - Secondo anno - Primo semestre, in Ingegneria Automatica (Percorso valido anche ai fini del conseguimento del doppio titolo italo-venezuelano) - Secondo anno - Primo semestre

**Obiettivi generali** Il corso fornisce le metodologie per l'analisi dei sistemi dinamici lineari e non lineari a tempo discreto e a segnali campionati, il progetto di controllori digitali con particolare enfasi sul caso dei sistemi lineari, e l'implementazione basata su microcontrollori embedded. Lo studente sarà in grado di ricavare modelli matematici di sistemi a tempo discreto, di sistemi equivalenti a tempo discreto di sistemi con dinamica continua, di progettare leggi di controllo digitale per sistemi a tempo discreto e continuo, e di impiegare microcontrollori standard per la loro implementazione. **Obiettivi specifici** Tecniche di analisi e progettazione per sistemi a tempo discreto e digitali. Conoscenza e comprensione: Lo studente acquisirà le metodologie per l'analisi dei sistemi a tempo discreto lineari e non lineari, e per la progettazione di controllori con particolare attenzione ai sistemi lineari. Applicare conoscenza e comprensione: Al termine del corso lo studente sarà in grado di associare ad un processo discreto o processo continuo campionato un modello matematico accurato e quindi di progettare leggi di controllo adeguate alla risoluzione del problema considerate. Capacità critiche e di giudizio: Al termine del corso lo studente sarà in grado di individuare la migliore metodologia da utilizzare in base alla problematica in esame. Capacità comunicative: Al termine del corso lo studente sarà in grado di motivare le proprie scelte di progettazione. Capacità di apprendimento: Lo studente svilupperà capacità di studio autonome.

(English)

**General objectives** The course provides methodologies for the analysis of linear and nonlinear discrete time and sampled dynamics, the design of digital controllers with a major focus on linear systems, and implementation on embedded microcontrollers. The student will be able to compute digital models of given discrete time systems as well as digital discrete time equivalent models of continuous dynamics, to design digital control laws both for discrete and for continuous systems and to use standard microcontrollers for their implementation. **Specific objectives** Analysis and design techniques for discrete time and digital systems. Knowledge and understanding: The course provides methodologies for the analysis of linear and nonlinear discrete time and sampled dynamics, and for the design of digital controllers with a major focus on linear systems. Apply knowledge and understanding: The student will be able to compute digital models of given discrete time systems as well as digital discrete time equivalent models of continuous dynamics, to design digital control laws both for discrete and for continuous systems. Critical and judgment skills: The student will be able to choose between different methodologies, in order to solve the given problem in the best way. Communication skills: At the end of the course the student will be able to motivate his/her own design choices. Learning ability: The student will learn to develop independent studies by him/herself.

## ROBUST CONTROL

in Ingegneria Automatica (Percorso valido anche ai fini del conseguimento del doppio titolo italo-venezuelano) - Primo anno - Primo semestre

**Obiettivi generali** Il corso presenta metodi avanzati di sintesi per la stabilizzazione robusta, in presenza di incertezze di modello, di sistemi lineari a molte variabili e di sistemi non lineari. **Obiettivi specifici** Conoscenza e comprensione: Lo studente apprenderà metodi di progetto dei sistemi di controllo in presenza di incertezze strutturate o meno sul modello del sistema controllato. Le tecniche di stabilizzazione robusta sono basate sull'impiego di diseuguaglianze matriciali lineari (LMI) o sulla linearizzazione esatta per mezzo di feedback e sua estensione al caso di stato non misurabile. Applicare conoscenza e comprensione: Lo studente sarà in grado di sviluppare l'analisi dei problemi di stabilizzazione robusta di sistemi dinamici lineari o non lineari e di utilizzare tecniche avanzate di sintesi della legge di controllo per la loro risoluzione. **Capacità critiche e di giudizio:** Lo studente sarà in grado di individuare le caratteristiche di incertezza strutturata e/o non strutturata del sistema sotto esame, di analizzare la complessità di realizzazione delle leggi di controllo, le loro prestazioni ed eventuali criticità. **Capacità comunicative:** Il corso abilita a presentare soluzioni metodologiche avanzate e robuste per il problema classico della stabilizzazione tramite feedback dei sistemi dinamici. **Capacità di apprendimento:** Il corso mira a creare attitudini di apprendimento autonomo per l'analisi e la soluzione di problemi di controllo di sistemi lineari multi-variabili e non lineari.

(English)

**General objectives** The course presents advanced synthesis methods for the robust stabilization of linear multivariable and nonlinear systems in the presence of model uncertainties. **Specific objectives** Knowledge and understanding: Students will learn control design methods that handle the presence of structured or unstructured uncertainties on the model of the controlled system. The presented robust stabilization techniques will be based on the use of linear matrix inequalities (LMI) or on exact linearization via feedback and its extension to the case of non-measurable state. Apply knowledge and understanding: Students will be able to analyze robust stabilization problems for linear and nonlinear dynamical systems and to use advanced design techniques in the synthesis of control laws for their resolution. **Critical and judgment skills:** Students will be able to characterize structured and/or unstructured uncertainties of the considered system, and to analyze the complexity of control law implementations, of their performance and critical issues. **Communication skills:** The course enables students to present some advanced and robust methods of solution for the classical problem of stabilization through feedback of dynamic systems. **Learning ability:** The course aims to create autonomous learning attitudes for the analysis and solution of control problems for linear multi-variable and nonlinear systems.

## NONLINEAR SYSTEMS AND CONTROL

in Ingegneria Automatica (Percorso valido anche ai fini del conseguimento del doppio titolo italo-venezuelano) - Primo anno - Primo semestre, in Ingegneria Automatica (Percorso valido anche ai fini del conseguimento del doppio titolo italo-venezuelano) - Primo anno - Secondo semestre, in Ingegneria Automatica (Percorso valido anche ai fini del conseguimento del doppio titolo italo-venezuelano) - Primo anno - Primo semestre, in Ingegneria Automatica (Percorso valido anche ai fini del conseguimento del doppio titolo italo-venezuelano) - Primo anno - Secondo semestre

**Obiettivi generali** Il corso presenta i metodi di base per studiare le proprietà e progettare sistemi di controllo a partire da modelli non lineari del processo. I modelli ai quali si farà riferimento sono quelli caratterizzati da una struttura differenziale affine rispetto al controllo; modelli adatti a rappresentare una larga varietà di processi di interesse nelle applicazioni dell'ingegneria. **Obiettivi specifici** Conoscenza e comprensione: Lo studente apprenderà (1) i metodi di base per lo studio delle proprietà salienti dal punto di vista del controllo, e (2) i principali metodi di controllo non lineare e le architetture implementate. Applicare conoscenza e comprensione: Lo studente sarà in grado di applicare a sistemi e processi di diversi settori disciplinari i metodi di analisi e di progetto proposti nel corso. **Capacità critiche e di giudizio:** Lo studente sarà in grado di scegliere tra i diversi strumenti proposti quelli più adatti a risolvere il problema di controllo specifico. Egli sarà anche in grado di valutare tra diverse scelte progettuali. **Capacità comunicative:** Le attività del corso metteranno lo studente in grado di comunicare/condividere le principali problematiche, nonché le possibili scelte progettuali per il controllo dei sistemi non lineari. **Capacità di apprendimento:** Le modalità di svolgimento del corso mirano a sviluppare la capacità di saper comprendere metodi diversi, eventualmente elaborarne di individuali, nella soluzione dei problemi di analisi e controllo allo studio.

(English)

**General objectives** The course presents the basic methodologies for studying the properties of processes described by a nonlinear model and design the necessary controller. The considered model are those described by a system of differential equations affine in the control; these models are successfully used to describe a variety of processes of interest in the engineering domain. **Specific objectives** Knowledge and understanding: Students will learn (1) the basic methodologies for studying the main properties from a control point of view and (2) the fundamental methodologies of nonlinear control and implemented architectures. Apply knowledge and understanding: Students will be able to apply the different methodologies for the analysis and control of nonlinear systems learnt in the course, to systems describing processes in different applicative fields. **Critical and judgment skills:** Students will be able to choose the most suitable control tools, between those studied in the course, to solve a specific control problem. they will be able to choose between different control strategies. **Communication skills:** The course activities will allow students to be able to communicate/share the main problems concerning nonlinear systems, as well as the possible design choices for the control of such systems. **Learning ability:** The course development aim at giving the student a mindset oriented to the comprehension of different methodologies, the capacity of setting up new ones in the solution of problems for the analysis and control of nonlinear systems

## PROCESS AUTOMATION

in Ingegneria Automatica (Percorso valido anche ai fini del conseguimento del doppio titolo italo-venezuelano) - Primo anno - Primo semestre

**Obiettivi generali** Il corso mira a fornire concetti e metodologie di base relative alle metodologie di controllo più utilizzate nel quadro dell'automazione dei processi e ad applicarli ad esempi di processi industriali adeguatamente modellati. **Obiettivi specifici** Conoscenza e comprensione: Gli studenti apprenderanno metodologie per il controllo robusto dei sistemi lineari con ritardo, controllo a modello interno e Model Predictive Control con riferimento specifico ai problemi di controllo di processo. Applicare conoscenza e comprensione: Gli studenti saranno in grado di progettare controllori robusti per dispositivi di automazione di processo, ad esempio per ottenere una robusta messa a punto dei controllori PID, e di applicare algoritmi di Model Predictive Control industriali. **Capacità critiche e di giudizio:** Lo studente sarà in grado di scegliere la metodologia di controllo più adatta per uno specifico problema di controllo di processo partendo da un modello nello stato-spazio o da un sistema modellato da una funzione di trasferimento. **Abilità comunicative:** Le attività

del corso consentono allo studente di essere in grado di comunicare e discutere i principali problemi di controllo relativi all'automazione di processo e le possibili scelte progettuali per le loro soluzioni in termini di leggi di controllo. Capacità di apprendimento: Lo scopo del corso è quello di rendere gli studenti consapevoli su come affrontare i problemi di controllo nel contesto dell'automazione di processo.

(English)

**General objectives** The course aims at providing basic concepts and methodologies related to the most used control methodologies in the framework of process automation and at applying them to suitably modelled industrial process examples. **Specific objectives** Knowledge and understanding: The students will learn methodologies for the robust control of linear time-delay systems, Internal Model Control and Model Predictive Control with specific reference to process control problems. Apply knowledge and understanding: Students will be able to design robust controllers for process automation equipment, e.g., to achieve robust tuning of PID controllers, and to apply industrial Model Predictive Control algorithms. Critical and judgment skills: The student will be able to choose the most suitable control methodology for a specific process control problem starting from its state-space model or from its transfer-function model. Communication skills: The course activities allow the student to be able to communicate and discuss the main problems concerning process control and the possible design choices for their solutions in terms of control laws. Learning ability: The aim of the course is to make the students aware on how to deal with control problems in the context of process automation.

## ROBOTICS II

in Ingegneria Automatica (Percorso valido anche ai fini del conseguimento del doppio titolo italo-venezuelano) - Primo anno - Secondo semestre, in Ingegneria Automatica (Percorso valido anche ai fini del conseguimento del doppio titolo italo-venezuelano) - Primo anno - Secondo semestre

**Obiettivi generali** Il corso fornisce strumenti per l'analisi della dinamica dei robot manipolatori, per l'uso della ridondanza cinematica, per il comando in feedback dei movimenti, incluso il caso di asservimento visuale, e per il controllo dell'interazione con l'ambiente. **Obiettivi specifici** Conoscenza e comprensione: Lo studente apprenderà i metodi per la modellistica dinamica dei manipolatori, le tecniche di utilizzo della ridondanza cinematica, la progettazione di schemi di controllo del moto e dell'interazione con l'ambiente. Applicare conoscenza e comprensione: Lo studente sarà in grado di analizzare la dinamica dei manipolatori robotici e di progettare algoritmi e moduli per il controllo del moto libero e delle forze di contatto con l'ambiente. Capacità critiche e di giudizio: Lo studente sarà in grado di individuare le caratteristiche dinamiche di un sistema robotico con riferimento al tipo di compito, di analizzarne la complessità di realizzazione, le possibili prestazioni e le eventuali debolezze. Capacità comunicative: Il corso mette in grado lo studente di presentare le problematiche avanzate e le relative soluzioni tecniche riguardanti l'uso dei robot in condizioni dinamiche. Capacità di apprendimento: Il corso mira a creare attitudini di apprendimento autonomo orientate all'analisi e alla soluzione di problemi avanzati connessi all'uso dei robot.

(English)

**General objectives** The course provides tools for the dynamic modeling of robot manipulators, the use of kinematic redundancy, the design of feedback control laws for free motion and interaction tasks, including visual servoing. **Specific objectives** Knowledge and understanding: Students will learn the methods for the dynamic modelling of manipulators, for the use of kinematic redundancy, as well as how control laws can be designed to execute robotic tasks in free motion or involving interaction with the environment. Apply knowledge and understanding: Students will be able to analyze the robot dynamics and to design algorithms and modules for controlling robot trajectories and contact forces with the environment. Critical and judgment skills: Students will be able to characterize the dynamic functionality of a robotic system with reference to a given task, analyzing the complexity of the solution, its performance, and the possible weaknesses. Communication skills: The course will allow students to be able to present the advanced problems and related technical solutions when using robots in dynamic conditions. Learning ability: The course aims at developing autonomous learning abilities in the students, oriented to the analysis and solution of advanced problems in the use of robots.

## NEUROENGINEERING

in Ingegneria Automatica (Percorso valido anche ai fini del conseguimento del doppio titolo italo-venezuelano) - Primo anno - Secondo semestre

\* **Obiettivi generali** Il corso introduce i principi base, le metodologie e le applicazioni delle tecniche ingegneristiche utilizzate per lo studio sistemi neurali e dell'interazione con essi. \* **Obiettivi specifici** - Conoscenza e comprensione Lo studente apprenderà le nozioni di base sul funzionamento e l'organizzazione a diverse scale del cervello umano, nonché le principali applicazioni dell'ingegneria e della tecnologia dell'informazione alle neuroscienze. - Applicare conoscenza e comprensione Lo studente apprenderà l'uso degli strumenti essenziali per acquisire, elaborare e decodificare i segnali neurofisiologici e neuromuscolari, e per il loro interfacciamento con dispositivi artificiali. - Capacità critiche e di giudizio Lo studente imparerà a scegliere la metodologia di controllo più appropriata per indirizzare uno specifico problema, e per valutare la complessità della soluzione proposta. - Capacità comunicative Lo studente imparerà a comunicare in un contesto multidisciplinare i principali problemi dell'interfacciamento di segnali neurofisiologici con un sistema artificiale, e ad argomentare le possibili scelte progettuali per lo scopo. - Capacità di apprendimento Le modalità di svolgimento del corso mirano a creare una forma mentis dello studente orientata all'autoapprendimento di concetti avanzati che non sono stati affrontati nel corso.

(English)

\* **General objectives** The course aims to introduce the principles, methodologies, and applications of the main engineering techniques used to study and interact with neural systems. \* **Specific objectives** - Knowledge and understanding Students will learn the basics of the human brain functioning and organization at different scales, and to the main applications of engineering and information technologies to neuroscience - Applying knowledge and understanding Students will familiarize with basic tools to utilize to acquire, process and decode neurophysiological and muscular signals and to interface them with artificial devices - Critical and judgment skills Students will learn how to choose the most suitable control methodology for a specific problem and to evaluate the complexity of the proposed solution. - Communication skills Students will learn to communicate in a multidisciplinary context the main issues of interfacing neurophysiological signals with artificial systems, and to convey possible design choices for this purpose. - Learning ability Students will develop a mindset oriented to independent learning of advanced concepts not covered in the course.

## ROBOTICS I

in Ingegneria Automatica (Percorso valido anche ai fini del conseguimento del doppio titolo italo-venezuelano) - Primo anno - Primo semestre

**Obiettivi generali** Il corso fornisce gli strumenti di base per l'analisi cinematica, la pianificazione e la programmazione dei movimenti di robot manipolatori in ambienti industriali e di servizio. **Obiettivi specifici** **Conoscenza e comprensione:** Lo studente apprenderà il funzionamento dei componenti di attuazione e sensoriali dei robot, i metodi di base per la modellistica, l'analisi e il controllo cinematico di manipolatori robotici, nonché gli algoritmi per la pianificazione delle traiettorie di moto. **Applicare conoscenza e comprensione:** Lo studente sarà in grado di analizzare le strutture cinematiche dei robot di tipo industriale e di progettare algoritmi e moduli per la pianificazione e il controllo della movimentazione. **Capacità critiche e di giudizio:** Lo studente sarà in grado di individuare le caratteristiche funzionali di un sistema robotico con riferimento al tipo di compito industriale o di servizio, di analizzarne la complessità di realizzazione, le possibili prestazioni e le eventuali debolezze. **Capacità comunicative:** Il corso mette in grado lo studente di presentare le principali problematiche applicative e le soluzioni tecniche riguardanti l'impiego dei robot. **Capacità di apprendimento:** Il corso mira a creare attitudini di apprendimento autonomo orientate all'analisi e alla soluzione di problemi connessi all'uso dei robot.

(English)

**General objectives** The course provides the basic tools for the kinematic analysis, trajectory planning, and programming of motion tasks for robot manipulators in industrial and service environments. **Specific objectives** **Knowledge and understanding:** Students will learn how actuation units and sensing components of robots operate, the basic methods for the kinematic modeling, analysis and control of robot manipulators, as well as the main algorithms for trajectory planning. **Apply knowledge and understanding:** Students will be able to analyze the kinematic structures of industrial robots and to design algorithms and modules for planning and controlling robot trajectories. **Critical and judgment skills:** Students will be able to characterize the functionality of a robotic system with reference to a given industrial or service task, analyzing the complexity of the solution, its performance, and the possible weaknesses. **Communication skills:** The course will allow students to be able to present the main problems and the technical solutions related to the use and application of robotic systems. **Learning ability:** The course aims at developing autonomous learning abilities in the students, oriented to the analysis and solution of problems in the use of robots.

## CONTROL PROBLEMS IN ROBOTICS

in Ingegneria Automatica (Percorso valido anche ai fini del conseguimento del doppio titolo italo-venezuelano) - Secondo anno - Primo semestre

**Obiettivi generali** Il corso consiste di due moduli svolti in forma seminariale su argomenti avanzati di Robotica ed è pensato come introduttivo all'attività di ricerca. Attraverso esemplificazioni tratte dalle attività di ricerca dei docenti, lo studente sarà in grado di affrontare completamente un problema di Robotica, dalla sua analisi alla proposta di metodi di soluzioni e alla loro realizzazione. **Obiettivi specifici** **Conoscenza e comprensione:** Lo studente apprenderà alcune tecniche avanzate di controllo utilizzate in settori della robotica nei quali i docenti svolgono attività di ricerca. **Applicare conoscenza e comprensione:** Lo studente sarà in grado di analizzare e progettare sistemi di controllo complessi a problematica di controllo avanzato in ambito robotico. **Capacità critiche e di giudizio:** Lo studente sarà in grado di valutare alcune metodologie utilizzate nei diversi settori robotici applicativi illustrati. **Capacità comunicative:** Le attività del corso metteranno lo studente in grado di comprendere e condividere possibili soluzioni adottate in ambito della ricerca nei diversi settori applicativi illustrati. **Capacità di apprendimento:** Le modalità di svolgimento del corso mirano a creare una capacità di progettare sistemi di controllo complessi nell'ambito della robotica avanzata.

(English)

**General objectives** The course is composed of two modules and presents a selection of advanced topics in Robotics and is intended as an introduction to research. Guided through case studies taken from the research activities of the teachers, the student will be able to fully develop a problem in Robotics, from its analysis to the proposal of solution methods and their implementation. **Specific objectives** **Knowledge and understanding:** Students will learn some advanced control techniques used in some robotic research areas where the lecturers are active. **Apply knowledge and understanding:** Students will be able to use and design complex control systems for advanced robotic problems. **Critical and judgment skills:** Students will be able to evaluate some methodologies used in the different robotic applied illustrated areas. **Communication skills:** The course activities will allow students to be able to communicate and share the different solutions, adopted in a research framework, for the different illustrated robotic areas. **Learning ability:** The course development aims at giving the student the capacity to design complex control systems for advanced robotic systems.

## AUTONOMOUS AND MOBILE ROBOTICS

in Ingegneria Automatica (Percorso valido anche ai fini del conseguimento del doppio titolo italo-venezuelano) - Secondo anno - Primo semestre, in Ingegneria Automatica (Percorso valido anche ai fini del conseguimento del doppio titolo italo-venezuelano) - Secondo anno - Primo semestre

**Obiettivi generali** Il corso presenta i metodi di base per dotare i sistemi robotici robot di mobilità e autonomia. **Obiettivi specifici** **Conoscenza e comprensione:** Lo studente apprenderà (1) i metodi di base per la modellistica, l'analisi e il controllo dei robot mobili su ruote e su gambe, e (2) gli algoritmi per la pianificazione autonoma del moto. **Applicare conoscenza e comprensione:** Lo studente sarà in grado di analizzare e progettare architetture, algoritmi e moduli per la pianificazione, il controllo e la localizzazione di robot mobili autonomi. **Capacità critiche e di giudizio:** Lo studente sarà in grado di scegliere l'architettura di controllo funzionale più adeguata per uno specifico sistema robotico e di analizzarne la complessità e le eventuali debolezze. **Capacità comunicative:** Le attività del corso metteranno lo studente in grado di comunicare/condividere le principali problematiche concernenti i robot mobili autonomi, nonché le possibili scelte progettuali per il controllo di tali sistemi. **Capacità di apprendimento:** Le modalità di svolgimento del corso mirano a creare una forma mentis dello studente orientata allo sviluppo di moduli per la mobilità autonoma dei robot.

(English)

**General objectives** The course presents the basic methods for achieving mobility and autonomy in robots. **Specific objectives** **Knowledge and understanding:** Students will learn (1) basic methods for the modeling, analysis and control of mobile robots, both wheeled and legged, and (2) fundamental algorithms for autonomous motion planning. **Apply knowledge and understanding:** Students will be able to analyze and design architectures, algorithms and modules for planning, control and localization of autonomous mobile robots. **Critical and judgment skills:** Students will be able to choose the most suitable functional

control architecture for a specific robotic system and to analyze its complexity as well as possible weaknesses. Communication skills: The course activities will allow students to be able to communicate/share the main problems concerning autonomous mobile robots, as well as the possible design choices for the control of such systems. Learning ability: The course development aim at giving the student a mindset oriented to the development of modules for the autonomous mobility of robots.

## ADVANCED METHODS IN CONTROL

in Ingegneria Automatica (Percorso valido anche ai fini del conseguimento del doppio titolo italo-venezuelano) - Secondo anno - Secondo semestre

**Obiettivi generali** Il corso presenta metodi avanzati di controllo per sistemi con ritardi e con parametri non noti. **Obiettivi specifici** **Conoscenza e comprensione:** Lo studente apprenderà tecniche avanzate di controllo per sistemi con ritardi e parametri incogniti **Applicare conoscenza e comprensione:** Lo Studente deve essere in grado, a partire dai dati disponibili, di elaborare algoritmi avanzati di controllo in presenza di ritardi e di parametri incogniti. **Capacità critiche e di giudizio:** Lo Studente sarà in grado di analizzare e formulare un problema di controllo avanzato, modellarlo e proporre la migliore strategia di controllo, implementandola per valutarne i risultati **Capacità comunicative:** Le attività del corso consentiranno allo Studente di comunicare e condividere le principali problematiche in specifici campi di applicazione, evidenziando le scelte progettuali, i relativi punti di forza e punti deboli **Capacità di apprendimento:** Le modalità di svolgimento del corso mirano a potenziare le capacità critiche dello Studente, dall'analisi di un problema, allo studio della letteratura, alla fase progettuale e di implementazione

(English)

**General objectives:** The course presents advanced methods of control for delay systems with unknown parameters. **Specific objectives:** **Knowledge and understanding:** The student will learn advanced techniques of control for delay systems with unknown parameters. **Apply knowledge and understanding:** The student must learn, from the available data, to design advanced algorithms of control in the presence of delays and unknown parameters. **Critical and judgment skills:** The student will be able to analyze an estimation/control problem, formulating it and propose and implement the best estimation/control strategy by evaluating the ensuing results. **Communication skills:** The course activities will allow the Students to increase their communication capabilities in scientific fields. **Learning ability:** One of the aim of the course is to increase the critical skills of the Students; he will be able to tackle a control problem, starting from the literature analysis, to the optimal control aspects, up to the implementation.

## MULTIVARIABLE FEEDBACK CONTROL

in Ingegneria Automatica (Percorso valido anche ai fini del conseguimento del doppio titolo italo-venezuelano) - Primo anno - Secondo semestre

**Obiettivi generali** Analizzare i limiti alle prestazioni relative ad un sistema di controllo. Conoscere le particolarità dei sistemi multivariabili. Formulare problemi con specifiche in frequenza ad anello chiuso e problemi di stabilità e prestazioni robuste. **Obiettivi specifici** **Conoscenza e comprensione:** Lo studente apprenderà (1) gli strumenti per valutare i limiti alle prestazioni e (2) a formulare nel dominio della frequenza problemi di controllo robusto per sistemi multivariabili. **Applicare conoscenza e comprensione:** Lo studente sarà in grado di analizzare e progettare sistemi di controllo multivariabili. **Capacità critiche e di giudizio:** Lo studente sarà in grado di valutare le prestazioni ottenibili da un sistema di controllo. **Capacità comunicative:** Le attività del corso metteranno lo studente in grado di comunicare/condividere le principali problematiche concernenti i sistemi multivariabili. **Capacità di apprendimento:** Le modalità di svolgimento del corso mirano a creare una capacità di progettare sistemi di controllo complessi in ambito lineare.

(English)

**General objectives** Analyze the performance limitations of a control system. Learn the specificities of multivariable systems. Formulate control problem with closed loop specifications in order to achieve robust stability and performance. **Specific objectives** **Knowledge and understanding:** Students will learn (1) the tools for evaluating the performance limitations and (2) to formulate in the frequency domain robust control problems for multivariable systems. **Apply knowledge and understanding:** Students will be able to analyze and design multivariable control systems. **Critical and judgment skills:** Students will be able to evaluate the attainable performance of a control system. **Communication skills:** The course activities will allow students to be able to communicate/share the main problems concerning multivariable control systems. **Learning ability:** The course development aims at giving the student the capacity to design complex control systems in a linear setting.

## DYNAMICS OF ELECTRICAL MACHINES AND DRIVES

in Ingegneria Automatica (Percorso valido anche ai fini del conseguimento del doppio titolo italo-venezuelano) - Secondo anno - Primo semestre

Il corso intende guidare lo studente alla comprensione dei principi di funzionamento degli azionamenti elettrici e dei loro componenti. Il corso fornisce inoltre gli strumenti per analizzare il comportamento di un azionamento elettrico a regime permanente e in regime transitorio. Completano il corso alcuni elementi di progettazione. Alla fine del corso lo studente sarà in grado di comprendere il principio di funzionamento e di analizzare il comportamento a regime permanente e transitorio di un azionamento elettrico. Tali conoscenze lo metteranno in grado di affrontare la progettazione di azionamenti elettrici e il loro controllo.

(English)

The course aims to guide the student in the understanding of the principles of operation of electrical drives and their components. The course provides the tools for analyzing the behavior of an electrical drive at steady state and during transients. The course is completed by some design fundamentals. At the end of the course the student will be able to understand the principle of operation and analyze the behavior of an electrical drive both at steady state and during transients. The acquired knowledge will allow to addressing design and control issues of electrical drives.

## PROVA FINALE

in Ingegneria Automatica (Percorso valido anche ai fini del conseguimento del doppio titolo italo-venezuelano) - Secondo anno - Secondo semestre

La prova finale consiste nella presentazione e discussione di un attività progettuale e di una relazione, supervisionata da un docente, nella quale lo studente dimostra di aver raggiunto una padronanza delle metodologie proprie dell'Ingegneria Automatica e/o della loro applicazione.

(English)

The student will present and discuss the results of a technical activity, producing a written thesis supervised by a professor and showing the ability to master Control Engineering methodologies and/or their application.

## TIROCINIO

in Ingegneria Automatica (Percorso valido anche ai fini del conseguimento del doppio titolo italo-venezuelano) - Secondo anno - Secondo semestre

Obiettivo specifico è quello di consentire allo studente di utilizzare le conoscenze acquisite nel corso di studio e completarle in attività svolte presso una struttura aziendale o industriale o presso un laboratorio di ricerca.

(English)

The specific aim is to allow the student to use and expand the bulk of knowledge acquired during the course of study performing some activities in an industrial setting, a company, or a research laboratory.