



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
DIPARTIMENTO DI
INFORMATICA - SCIENZA E INGEGNERIA

Curriculum INTELLIGENT EMBEDDED SYSTEMS
Course structure diagrams for students enrolled a.y. 2021-22

FIRST YEAR

Compulsory courses	year	Ssd	Cfu	Ore fro.	Ore ese.	Ore lab.	TIP	freq	Ver	ambito
ORGANIZATION, TEAMS AND DIGITAL LEADERSHIP	1	SECS.P/10	6	30			C	no	voto	
At the end of this course students know the basics of organizations' design, how to build, manage and motivate work teams, both physically available and online. Students can make use of conceptual and computational models to manage and understand distributed intelligence.										
FUNDAMENTALS OF CORPORATE FINANCE	1	SECS.P/09	6	30			D	no	voto	
The aim of this course is to provide students with a set of analytical tools to understand how corporations structured and managed financial decisions. Companies face two broad financial questions: What investments should the firm make? And how should a firm raise money to finance those investments? At the end of the course, students can: (a) make investment decisions based on the net present value rule; (b) understand how much should the firm borrow; (c) calculate the opportunity cost of capital in a framework of the risk and return market model.										
CYBERSECURITY	1	ING-INF/05	6	52			B	no	voto	Tecnologie dell'informatica
At the end of the course, the student knows the basic principles of computer security and he/she is able to identify the main problems of computer and network security. He/she gets to understand and explain the main protocols and mechanisms used for securing communications and data transfer. He/she is able to perform a critical evaluation of the security of a computing infrastructure and to suggest the best countermeasures to mitigate the vulnerabilities, reduce the risk and increase the resilience to attacks. He/she is also capable of contributing to the design of systems that are secure by design and understanding the basic problems of computer forensics. Finally, he/she is able to design and contribute to the enhancement of the security of devices exposed to the Internet.										
SOFTWARE ENGINEERING FOR INTELLIGENT DISTRIBUTED SYSTEMS	1	ING-INF/05	6	21		30	B	no	voto	Tecnologie dell'informatica
Students will get acquainted with basic aspects of the following topics: - service-oriented architectures, API, microservices: principles, technologies, enterprise viewpoint - cloud computing: principles, technologies, enterprise viewpoint - agile development: principles and methodologies, the role of testing, the case of SCRUM - devops: DVCS, agile project management tools, continuous development/integration/delivery - intelligent systems: definitions, problems, applications - multi-agent systems for the engineering of intelligent systems: models, technologies, methodologies										
BUSINESS MODELS	1	SECS.P/10	6	30			C	no	voto	
This course provides a relevant knowledge for designing new business models from scratch and for designing experiments concerned with innovating existing business models. At the end of this course students will be able to: - comprehend the basic foundations of business models, their elements and relationships to other management concepts and how to describe and communicate about them on different levels of abstraction - understand what it means to innovate business models versus other types of innovation and understand the relationship between business models, digital technologies and data - acquire and apply design-thinking tools and techniques to design and innovate business models										
PROGRAMMABLE NETWORKING	1	ING-INF/05	6	20		40	B	no	voto	Tecnologie dell'informatica
The student will learn the modern network programming and automation methodologies and the related enabling technologies. The student will learn how to use a platform for virtual network programming and automation in a cloud computing environment and a control plane for software defined networks. Moreover the student will learn how to use specific data models for the design and for the programming of network services, according to the current standards.										



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
DIPARTIMENTO DI
INFORMATICA - SCIENZA E INGEGNERIA

APPLICATIONS OF DIGITAL INNOVATION	1	ING.INF/05	6	150			F	no	Giudizio	
Project work to foster the ability to perform a business development process by means of digital innovation and transformation in the context of a societal relevant thematic area. Understand the process to transform new innovations into viable business solutions on the commercial market as well reflect upon ethical, societal, scientific and sustainability considerations when developing new products/technologies and business models.										
3 Elective Courses Of The Guided Choice (18 CFU).										
Note: Students who have already taken the Embedded Systems and Internet of Things exam in previous careers must take the other 3 recommended exams. We recommend to insert Embedded exam in your teaching plan if you did not take it in previous careers.										
EMBEDDED SYSTEMS and INTERNET OF THINGS	1	ING.INF/05	6	36		24	B	no	Voto	Tecnologie dell'informatica
The course introduces the concepts, methods and techniques concerning design and programming of embedded software, i.e. software for embedded systems, focusing in particular on an Internet of Things (IoT) perspective. More in detail, upon completing this course a student will have:										
<ul style="list-style-type: none"> - a general background about embedded systems, including Cyber-Physical Systems and Internet-of-Things (IoT); - basic knowledge about the hardware of embedded systems, from microcontrollers to SoC (System-on-a Chip), sensors, actuators, wired/wireless communication technologies and protocols; - basic knowledge about real-time operating systems, their organisation and scheduling techniques - solid knowledge about embedded software design and programming techniques, to deal with aspects related to real-time, reactivity, concurrency, and about main models adopted for that purpose (finite state machines - time triggered and event triggered, tasks and their scheduling); - knowledge about design and programming embedded software systems for mobile and wearable computing; - basic knowledge about main aspects and issues concerning Internet of Things and the organisation and architecture of IoT systems; - the capability of developing embedded system & IoT projects, involving the design and programming of embedded software for microcontrollers or SoC based architectures, and their integration/communication with applications running on mobile devices and with services/backends on the server side. 										
PERVASIVE COMPUTING	1	ING.INF/05	6	32		28	B	no	Voto	Tecnologie dell'informatica
At the end of the course, a student:										
<ul style="list-style-type: none"> - knows the main aspects about the design and development of pervasive computing systems and applications; - knows the main technique for modelling, designing, and simulating pervasive computing systems, in particular complex ones (large-scale); - is capable of using reference technologies and tools (e.g. related to Internet of Things) for developing pervasive computing systems and applications; - is capable of designing and implementing pervasive computing systems in specific application domains. 										
INTELLIGENT ROBOTIC SYSTEMS	1	ING.INF/05	6	45		15	B	no	voto	Tecnologie dell'informatica
At the end of the course, students have acquired knowledge and competencies for designing a system composed of one or more robots (here, we call "robot" an autonomous system which exists in the physical world, can sense its environment and can act on it to achieve some goals). In particular, students know the main models, methods, architectures and tools for programming robots equipped with nontrivial computational and cognitive capabilities										
SMART VEHICULAR-SYSTEMS	1	ING.INF/05	6	48			B	no	voto	Tecnologie dell'informatica
Students taking this class: - Will An extended knowledge of challenges and opportunities in the area of vehicular communications including V2V and V2I. The class material will include real world examples and deployments. - Will understand impact of mobility and propagation on Vehicular Systems performances - Will learn vehicular application scenarios and their evolution - Will learn how design and model for connected/autonomous vehicular systems.										

2

SECOND YEAR

ENTREPRENEURSHIP	2	SECS.P/08	6	30			D	no	Voto	
-------------------------	---	-----------	---	----	--	--	---	----	------	--



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
DIPARTIMENTO DI
INFORMATICA - SCIENZA E INGEGNERIA

At the end of this course the student will: - comprehend the role and the function of entrepreneurship with a specific focus on the potential of digital and new technologies in business venturing and business innovation; -be able to indentify, evaluate, and select effective business idea and business opportunities; - be able to deploy business idea and model into a business plan; be able to design and write a business plan; - acquire the basic knowledge for stimulating, coordinating and controlling corporate venture iniatives

Elective Courses Of The Guided Choice for 24 CFU										
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

PERVASIVE COMPUTING	2	ING.INF/05	6	32		28	B	no	Voto	Tecnologie dell'informatica
----------------------------	---	------------	---	----	--	----	---	----	------	-----------------------------

At the end of the course, a student:
- knows the main aspects about the design and development of pervasive computing systems and applications;
- knows the main technique for modelling, designing, and simulating pervasive computing systems, in particular complex ones (large-scale);
- is capable of using reference technologies and tools (e.g. related to Internet of Things) for developing pervasive computing systems and applications;
- is capable of designing and implementing pervasive computing systems in specific application domains.

INTELLIGENT ROBOTIC SYSTEMS	2	ING.INF/05	6	45		15	B	no	Voto	Tecnologie dell'informatica
------------------------------------	---	------------	---	----	--	----	---	----	------	-----------------------------

At the end of the course, students have acquired knowledge and competencies for designing a system composed of one or more robots (here, we call "robot" an autonomous system which exists in the physical world, can sense its environment and can act on it to achieve some goals). In particular, students know the main models, methods, architectures and tools for programming robots equipped with nontrivial computational and cognitive capabilities

VISIONE ARTIFICIALE E RICONOSCIMENTO	2	ING.INF/05	6	32		20	B	No	voto	
---	---	------------	---	----	--	----	---	----	------	--

Il corso ha l'obiettivo di fornire agli studenti le nozioni e gli strumenti necessari per la progettazione e realizzazione di sistemi automatici in grado di analizzare immagini digitali ai fini della localizzazione e riconoscimento di oggetti. In particolare il corso si focalizza principalmente sulle tecniche di estrazione di caratteristiche da immagini digitali (forma, colore e tessitura) e sull'applicazione di tali tecniche alle problematiche tipiche della visione artificiale localizzazione, classificazione e ricerche di similarità con approfonditi esempi applicativi nell'ambito dei sistemi di riconoscimento biometrico (volto e impronte digitali).

PROJECT MANAGEMENT	2	ING.INF/05	6	44		16	B	No	voto	
---------------------------	---	------------	---	----	--	----	---	----	------	--

Al termine del corso lo studente:
- conosce i principi base del Project Management e ha padronanza degli approcci riscontrabili nel settore della produzione di software, partendo da quelli più tradizionali fino agli approcci iterativi e adattivi tipici delle metodologie "agile";
- conosce qualche strumento di supporto alla gestione di progetti e ha approfondito alcuni aspetti pratici anche con esercitazioni di laboratorio;
- è in grado di partecipare e/o gestire un progetto di sviluppo software.

SMART CITY E TECNOLOGIE MOBILI	2	ING.INF/05	6	36		14	B	No	voto	
---------------------------------------	---	------------	---	----	--	----	---	----	------	--

Al termine del corso, lo studente possiede le conoscenze di base - in termini di tecnologie, metodi e strumenti - per la progettazione e lo sviluppo di applicazioni software per servizi innovativi in contesti di città digitali, con particolare riferimento alle tecnologie mobili. Oggi smart city rappresenta un'area di ricerca e applicazione con enormi potenzialità di crescita e coinvolge una molteplicità di aspetti rilevanti: il ruolo delle amministrazioni per la programmazione strategica e lo sviluppo di una nazione, la costruzione di capitale sociale e relazionale, le tecnologie come fattori innovativi facilitanti, il nuovo posizionamento dei cittadini e delle loro associazioni. Il corso vuole porsi nel contesto smart city, in via prioritaria, come base per l'apprendimento di tecniche per la realizzazione di servizi innovativi, con particolare riferimento alle tecnologie mobili. Ruolo fondamentale per servizi smart è da attribuire anche allo sviluppo e alla diffusione di sensori di varia natura, in uno scenario noto col nome di IoT (Internet of Things), così come determinante è l'innovazione nel settore dei sistemi embedded, e in particolare delle tecnologie di Video Content Analysis per visione artificiale, nonché la disponibilità di architetture efficienti di cloud computing e di sistemi informativi distribuiti. A questi ultimi aspetti il corso dedica alcuni spazi specifici che, senza pretesa di esaustività, introducono lo studente alle discipline che non possono essere trascurate quando si affronta un progetto complessone nell'ambito smart city. Ulteriore obiettivo del corso è la presentazione di alcune linee della ricerca scientifica nel settore ICT per smart city che potranno, nel prossimo futuro, innescare processi d'innovazione tecnologica nelle varie applicazioni d'interesse. Il corso è affiancato da esercitazioni guidate in laboratorio, programmate in modo che lo studente possa realizzare praticamente le soluzioni dei problemi illustrati durante le lezioni.

SISTEMI DISTRIBUITI	2	ING.INF/05	6	48		12	B	No	voto	
----------------------------	---	------------	---	----	--	----	---	----	------	--



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
DIPARTIMENTO DI
INFORMATICA - SCIENZA E INGEGNERIA

Al termine del corso, lo studente conosce le questioni fondamentali che riguardano i sistemi distribuiti, i modelli computazionali che ne catturano l'essenza, e le tecnologie che correntemente consentono di affrontarle nella maniera più efficace e sistematica.

In particolare, lo studente conosce le soluzioni, le tecnologie, le architetture e le Metodologie più idonee ad affrontare il progetto di un sistema distribuito, ed è in grado di:

- individuare le criticità di un sistema computazionale derivanti dalla caratteristica distribuzione fisica
- determinare le soluzioni metodologicamente più appropriate
- selezionare le tecnologie più adatte per implementare le soluzioni individuate.

NETWORK DESIGN	2	ING.INF/05	6	60			B	No	voto	
-----------------------	---	------------	---	----	--	--	---	----	------	--

The students will learn the basic of network design. They will learn the basics of teletraffic theory and apply it to realistic use cases, both for circuit and for packet switching networks.

Then they will learn the principles of transport layer congestion control with particular reference to the TCP protocol, and acquire simple analytical tools to analyze control layer performance.

LABORATORIO SISTEMI SOFTWARE	2	ING.INF/05	6	30		30	B	No	voto	
-------------------------------------	---	------------	---	----	--	----	---	----	------	--

Al termine del corso lo studente possiede conoscenze specialistiche avanzate nell'ambito della progettazione e della realizzazione dei moderni sistemi software. In particolare:

- è in grado di impostare efficacemente processi di sviluppo, testing e manutenzione di software basati su approcci agili e meccanismi avanzati di Continuous Integration;
- sa affrontare l'analisi e la progettazione del software in maniera technology independent seguendo approcci Model Driven (con riferimento, tra gli altri, ai meccanismi di definizione di linguaggi domain-specific e di generazione automatica di codice sorgente);
- sa confrontarsi con le crescenti esigenze in termini di progettazione di sistemi software cyber-fisici (che rappresentano il principale contesto di applicazione delle conoscenze acquisite nel corso) con particolare riferimento alla loro natura di sistemi software real-time, multi-utente, cooperativi, context-aware e composti da elementi fortemente autonomi e/o proattivi.

BIG DATA	2	ING.INF/05	6	25		25	B	No	voto	
-----------------	---	------------	---	----	--	----	---	----	------	--

Al termine del corso lo studente:

- Conosce gli ambiti applicativi in cui utilizzare le tecnologie dei Big Data e le relative problematiche
- Conosce le architetture hardware e software che sono state proposte per la loro gestione
- Conosce le tecniche per la memorizzazione, utilizza i linguaggi e i paradigmi di programmazione adottati in questo tipo di sistemi
- Conosce le metodologie di progettazione per le diverse tipologie di applicazioni in ambito Big Data

Acquisisce competenze pratiche nell'utilizzo delle diverse tecnologie mediante attività di laboratorio e di progetto.

In particolare le principali tecnologie utilizzate in laboratorio saranno i DBMS NoSQL e la piattaforma Hadoop: Hive, Spark, Tez, Dremel, Giraph, Storm, Mahout, and Open R

SISTEMI INFORMATIVI	2	ING.INF/05	6	40		16	B	No	voto	
----------------------------	---	------------	---	----	--	----	---	----	------	--

Al termine del corso lo studente:

- ha una visione approfondita sulle problematiche di gestione, organizzazione e pianificazione dei Sistemi Informativi che completano le competenze tecniche, già acquisite nel corso di studi, con competenze di carattere organizzativo e manageriale.
- conosce le tecniche di analisi e classificazione dei moduli di che compongono il sistema informativo aziendale
- è in grado di partecipare a studi di fattibilità e a progetti di Business Process Reengineering che coinvolgano il sistema informativo aziendale
- è in grado di partecipare a progetti di integrazione delle basi di dati e di master data management
- acquisisce competenze pratiche sulle precedenti tematiche grazie allo svolgimento di casi di studio aziendale e alla partecipazione a seminari in aula.

APPLICAZIONI E SERVIZI WEB	2	ING.INF/05	6	40		10	B	No	voto	
-----------------------------------	---	------------	---	----	--	----	---	----	------	--

Al termine del corso, lo studente:

- conosce principi e metodologie di progettazione di applicazioni e servizi Web, client-side e server-side;
- è in grado di sviluppare siti Web basati su tecnologie Web client-side e server-side;
- è in grado di sviluppare front-end basati su app e rich internet application;
- è in grado di sviluppare back-end basati su servizi Web e workflow.

ANALISI DI IMMAGINI 3D E SISTEMI DI COMPUTER VISION	2	ING.INF/05	6	30		24	B	No	voto	
--	---	------------	---	----	--	----	---	----	------	--

L'obiettivo formativo del corso è formare uno studente in grado di progettare sistemi funzionanti nel mondo reale, anche in real time, per scopi industriali, scientifici e ludici, che sfruttano immagini e sequenze video per l'analisi automatica in 3D in numerosi campi applicativi tra cui la visione industriale, l'automotive, il controllo automatico di qualità e la manutenzione predittiva, la sicurezza, l'imaging medico, biomedico e aerospaziale, l'agricoltura di precisione, i beni culturali. In particolare, lo studente è in grado di applicare le competenze acquisite per:



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
DIPARTIMENTO DI
INFORMATICA - SCIENZA E INGEGNERIA

<ul style="list-style-type: none"> - applicare la computer vision in campi multidisciplinari critici, incluso il medical imaging - utilizzare la telecamera per effettuare misure 3D ad elevata accuratezza - realizzare applicazioni di realtà aumentata e mescolata - utilizzare i sensori di visione in applicazioni IoT - effettuare scansioni 3D di oggetti reali, anche per stampa 3D - ricostruire la scena in 3D da drone o veicolo in movimento - effettuare controlli di qualità in 3D in ambito industriale - progettare sistemi di visione in tempo reale su architettura parallela/distribuita 									
DATA MINING	2	ING-INF/05	6	36		22	B	No	voto
<p>Obiettivi: Al termine del corso lo studente:</p> <ul style="list-style-type: none"> -conosce le principali tecniche di data mining e text mining - conosce le metodologie di gestione e sviluppo di progetto - sviluppa competenze pratiche nella generazione, nell'analisi e interpretazione dei risultati mediante esercitazioni pratiche svolte con tool commerciali e/o open source. 									
BUSINESS INTELLIGENCE	2	ING-INF/05	6	40		10	B	No	voto
<p>Al termine del corso lo studente conosce in modo approfondito i sistemi di data warehouse, con particolare riferimento alle architetture e alle tecniche di analisi dei dati, e le principali tecnologie alla base dei sistemi di business intelligence. E altresì in grado di condurre un progetto di data warehouse attraverso le sue fasi di analisi delle sorgenti dati e dei requisiti, e di progettazione concettuale, logica, fisica e dell'alimentazione.</p>									
OPERATIONAL ANALYTICS	2	ING-INF/05	6	28		20	B	No	voto
<p>Operational analytics, a specific type of business analytics, is focused on the analysis of business processes to the end of creating competitive advantage by means of operational data analysis and of the application of analytical algorithms. The course concentrates on the algorithmic side, specifically presenting predictive analytical techniques, forecasting future data on the basis of available time series, and prescriptive analytical techniques, defining optimized usage of available resources. Real world cases will be studied and used as testbed for self-developed systems.</p>									
FINAL EXAMINATION									
FINAL EXAMINATION	2		30				E	No	Giudizio
<p>At the end of the final exam, the student is able to work independently, she masters the disciplines of computer science. He is able to present and discuss the results of an original research project with clarity and awareness, of an experimental or theoretical nature, on a specific theme.</p>									
FINAL EXAMINATION	2		6				E	No	Giudizio
<p>At the end of the final exam, the student is able to work independently, she masters the disciplines of computer science. He is able to present and discuss the results of an original research project with clarity and awareness, of an experimental or theoretical nature, on a specific theme.</p>									
INTERSHIP FOR THE FINAL EXAMINATION PREPARATION	2		24			600	E	No	Giudizio
<p>At the end of the final exam internship, the student gains direct knowledge of possible professional and research areas. This is achieved through participation in the activities of structures outside the University, which operate consistently with the educational goals of the degree program on the topic chosen for the final exam. In particular, the student is able to interact with different professional realities, also working in composite design teams, and is able to develop - even in a foreign language - their communication skills both interpersonal and in terms of technical documentation.</p>									
INTERSHIP ABROAD FOR THE FINAL EXAMINATION PREPARATION	2		24			600	E	No	Giudizio
<p>At the end of the final exam internship, the student gains direct knowledge of possible professional and research areas. This is achieved through participation in the activities of structures outside the University, which operate consistently with the educational goals of the degree program on the topic chosen for the final exam. In particular, the student is able to interact with different professional realities, also working in composite design teams, and is able to develop - even in a foreign language - their communication skills both interpersonal and in terms of technical documentation.</p>									
FINAL EXAMINATION PREPARATION ABROAD	2		24			600	E	No	Giudizio
<p>The student, addressed by a teacher and included in a project carried out abroad, participates in first person collaborating with the structured staff for the preparation of the final exam. At the end of the preparation for the final exam, the student is able to interact with different professionals, knows how to work in a group, develops his/her communication skills in a foreign language, knows how to write technical reports relating to the performed projects and knows how to interpret technical reports written by the collaborators on the internal topic chosen for the final test.</p>									

5