



<b>Denominazione</b>	Fondamenti di Elettronica e Programmazione di dispositivi IoT
<b>Moduli componenti</b>	Modulo A: Fondamenti di Elettronica e dispositivi IoT Modulo B: Modellistica, Simulazione e Controllo
<b>Settore scientifico-disciplinare</b>	Modulo A: IINF-01/A (ex ING-INF/01): Ingegneria Elettronica Modulo B: IINF-04/A (ex ING-INF/04): Automatica
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	Modulo A (6 CFU): 2° anno, 2° semestre Modulo B (6 CFU): 2° anno, 2° semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari</b>	12 Modulo A: 6 CFU Modulo B: 6 CFU
<b>Numero di ore di attività didattica assistita complessive e ripartite tra DE e DI</b>	96 Modulo A: 48 ore (pari a 6 CFU di didattica erogativa) + 8 ore di didattica interattiva/integrativa Modulo B: 48 ore (pari a 6 CFU di didattica erogativa) + 8 ore di didattica interattiva/integrativa
<b>Docenti</b>	Responsabili dell'insegnamento: Modulo A: Alessandro Massaro Modulo B: Nicola Epicoco
<b>Risultati di apprendimento specifici</b>	<p><b>Modulo A</b></p> <p>Obiettivo del Modulo A è acquisire conoscenze di Elettronica di base per poter progettare circuiti e sviluppare codice con schede elettroniche a microcontrollore. In aggiunta, lo studente acquisirà la conoscenza dei protocolli di dati e di reti IoT che saranno funzionali per lo sviluppo di codice firmware. Saranno inoltre svolte in aula attività dimostrative di laboratorio circa l'utilizzo di microcontrollori connessi a sensori. Si raggiungeranno i seguenti risultati di apprendimento, relativi all'indirizzo, espressi in termini di competenza:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• progettare circuiti elettronici di base;</li><li>• progettare una rete IoT;</li><li>• utilizzare microcontrollori connessi a sensori;</li><li>• sviluppare firmware.</li></ul> <p>In termini di autonomia di giudizio, lo studente maturerà la capacità di analizzare in maniera critica le differenti problematiche connesse all'utilizzo di sensori. In particolare, lo studente sarà autonomo nella definizione degli elaborati di progettazione tecnica di circuiti.</p> <p>Lo studente svilupperà, altresì, capacità comunicative specifiche in tema di Elettronica applicata. In questa prospettiva, lo studente sarà in grado di predisporre relazioni tecniche di progettazione.</p> <p><b>Modulo B</b></p> <p>Il Modulo B si propone di fornire agli studenti gli strumenti di base per la modellazione, la simulazione, l'analisi ed il controllo di sistemi elettronici e dispositivi IoT, anche con riferimento al soddisfacimento delle specifiche tecniche richieste e all'ottimizzazione delle prestazioni.</p> <p>Il principale obiettivo formativo è di fornire agli studenti gli strumenti necessari per comprendere i principi di funzionamento e le logiche di analisi, ottimizzazione delle prestazioni, e controllo di dispositivi elettronici e IoT, anche attraverso l'uso di software di simulazione in ambiente informatico, come Matlab e Simulink.</p> <p>Al completamento del corso lo studente sarà in grado di ricavare e implementare modelli in ambiente informatico dei circuiti elettrici e di comprenderne le logiche di funzionamento e gli schemi di controllo.</p> <p>Le conoscenze acquisite in questo modulo aumenteranno le competenze e le abilità dello studente nelle attività di modellistica, simulazione, analisi e progetto di sistemi di controllo sia in ambiti connessi all'elettronica, quali, ad esempio, quello della robotica industriale, sia in settori industriali non strettamente connessi con l'elettronica.</p> <p>Al termine del corso lo studente:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• conoscerà le principali metodologie per la derivazione di modelli dinamici di circuiti elettronici e dispositivi IoT, e per il progetto dei sistemi di controllo;</li></ul>



	<ul style="list-style-type: none"><li>• conoscerà le istruzioni basilari per la modellazione, analisi e controllo di sistemi in ambiente informatico, comprendendone la matematica sottostante;</li><li>• saprà simulare e analizzare criticamente il funzionamento dinamico dei dispositivi elettronici e IoT;</li><li>• saprà discutere e spiegare sia a tecnici che a non tecnici le scelte tecniche derivanti dall'analisi delle simulazioni;</li><li>• saprà generalizzare le metodologie di modellistica e di analisi apprese nel corso ad ambiti industriali differenti.</li></ul> <p><i>Conoscenze e comprensione:</i> Il corso permette di acquisire conoscenze integrate relative ai concetti di base dell'elettronica, della progettazione di circuiti elettronici e reti IoT, alla modellazione, all'analisi, al controllo e all'ottimizzazione delle prestazioni dinamiche di tali circuiti e dispositivi, inquadrandone le principali caratteristiche di base, le esigenze, le problematiche, e le comuni metodologie di risoluzione.</p> <p><i>Capacità di applicare conoscenze e comprensione:</i> Le attività previste nel corso consentono di applicare metodi e strumenti di carattere analitico al contesto industriale moderno caratterizzato da un crescente grado di innovazione tecnologica, elettronica e automazione. Attraverso lo studio di dispositivi reali, inoltre, gli studenti potranno confrontarsi concretamente con le problematiche reali tipiche del contesto industriale, sviluppando così ulteriormente le proprie capacità di analisi e comprensione delle tematiche trattate.</p> <p><i>Autonomia di giudizio e pensiero critico:</i> Il coinvolgimento degli studenti in eventuali attività di project work, da svolgere anche in gruppo e comunque da presentare e discutere con i propri colleghi, ha l'obiettivo di accrescere la capacità di analisi, giudizio e valutazione critica da parte dei singoli studenti.</p> <p><i>Abilità comunicative:</i> Il corso promuove competenze ed abilità comunicative attraverso processi di partecipazione attiva alle lezioni frontali, in cui sono previste apposite sessioni dedicate a domande e riflessione sui temi affrontati, e attraverso la presentazione da parte di tutti i componenti del team delle attività di project work realizzate.</p> <p><i>Capacità di apprendimento:</i> Il corso consente di sviluppare conoscenza e capacità applicativa in contesti tipici delle realtà industriali moderne, caratterizzate da una crescente innovazione tecnologica e un sempre più elevato livello di elettronica ed automazione.</p>
<b>Programma</b>	<b>Modulo A:</b> Il modulo si articola in 4 parti: <b>1. Elementi di Elettronica.</b> L'insegnamento fornisce nozioni di base di Elettronica. Gli argomenti da trattare sono: <ol style="list-style-type: none"><li>1.1 I componenti elettronici (diodi, transistor e elementi circuitali di base);</li><li>1.2 Le porte logiche e le Tabelle della Verità;</li><li>1.3 Il Convertitore Analogico/Digitale e Digitale/Analogico;</li><li>1.4 I Filtri e le Relative Funzioni di Trasferimento;</li><li>1.5 Gli Amplificatori di Segnale e Relative Funzioni di Trasferimento;</li><li>1.6 Gli Oscillatori e i Temporizzatori;</li><li>1.7 I Microcontrollori.</li></ol> <b>2. Sensori e Dispositivi IoT.</b> L'insegnamento consentirà di acquisire conoscenze dei dispositivi IoT e dei relativi protocolli di dati. Gli argomenti da trattare sono: <ol style="list-style-type: none"><li>2.1 Sensoristica e Sistemi di Acquisizione dei Dati;</li><li>2.2 Tecnologia <i>Internet of Things</i> (IoT) e Reti;</li><li>2.3 Tecnologia wireless, Wi-Fi, Bluetooth, BLE, ZigBee;</li><li>2.4 I Protocolli MQTT, CoAP;</li><li>2.5 Interfacce <i>Human Machine Interface</i> (HMI) Integrate a Dispositivi IoT;</li><li>2.6 IOT per Sistemi di Monitoraggio Ambientale, per Sistemi di Sicurezza e Soluzioni di Automazione Domestica.</li></ol> <b>3. Teoria dei Circuiti ed Elementi di Progettazione.</b> L'insegnamento riguarderà la metodologia da acquisire per la progettazione dei circuiti elettrici ed elettronici. Gli argomenti da trattare sono: <ol style="list-style-type: none"><li>3.1 I Circuiti Elettrici Comandati da Dispositivi Elettronici;</li><li>3.2 I Sistemi di Alimentazione;</li></ol>



	<p>3.3 I Regolatori di Tensione Integrati;</p> <p>3.4 I Circuiti Integrati ed Elementi di Progettazione;</p> <p>3.5 I Circuiti Discreti e le Porte Logiche;</p> <p>3.6 La Logica Combinatoria nel Controllo e le mappe di Karnaugh;</p> <p>3.7 I Circuiti di Controllo nella Robotica;</p> <p>4. <b>Programmazione Firmware di Microcontrollori.</b> La quarta parte riguarderà lo sviluppo di soluzioni hardware/firmware mediante l'utilizzo di microcontrollori. Gli argomenti da trattare sono:</p> <p>4.1 I Microcontrollori e La Gestione dei Dati;</p> <p>4.2 I Sistemi Operativi Embedded Arduino, Raspberry Pi, STM32;</p> <p>4.3 La Programmazione Firmware in Ambienti di Sviluppo;</p> <p>4.4 Esempi di Sviluppo di Firmware.</p> <p><b>Modulo B:</b> Il modulo si articola in 3 parti:</p> <p>1. <b>Modellistica dei sistemi dinamici.</b> L'insegnamento fornisce nozioni di base di modellistica e controllo. Gli argomenti da trattare sono:</p> <p>1.1 Sistemi dinamici e loro classificazione;</p> <p>1.2 Rappresentazione ingresso-uscita dei sistemi dinamici e funzioni di trasferimento;</p> <p>1.3 Rappresentazione in variabili di stato;</p> <p>1.4 Stabilità e specifiche di prestazione;</p> <p>1.5 Stabilizzazione con retroazione dall'uscita;</p> <p>1.6 Controllabilità, raggiungibilità e osservabilità;</p> <p>1.7 Stabilizzazione con retroazione dallo stato e formula di Ackermann;</p> <p>1.8 Sistemi non lineari, equilibrio e linearizzazione.</p> <p>2. <b>Simulazione e controllo.</b> L'insegnamento fornisce nozioni di base per la simulazione in ambiente informatico. Gli argomenti da trattare sono:</p> <p>2.1 Basi di Matlab e Simulink;</p> <p>2.2 Modellazione in ambiente informatico di sistemi dinamici;</p> <p>2.3 Simulazione dei sistemi dinamici;</p> <p>2.4 Analisi dei risultati della simulazione;</p> <p>2.5 Implementazione del controllore per garantire i requisiti di stabilità e le specifiche tecniche;</p> <p>2.6 Modellazione e simulazione di circuiti elettrici, filtri e amplificatori di segnale.</p> <p>3. <b>Robotica industriale.</b> L'insegnamento fornisce nozioni di base per l'applicazione delle nozioni apprese nella robotica industriale. Gli argomenti da trattare sono:</p> <p>3.1 Principali componenti dei manipolatori industriali, attuatori, sensori, unità di governo;</p> <p>3.2 Tipologie strutturali di robot;</p> <p>3.3 Definizione delle geometrie e della struttura meccanica e di controllo di robot;</p> <p>3.4 Sistemi di azionamento;</p> <p>3.5 Cenni di cinematica e dinamica dei robot;</p> <p>3.6 Cenni di programmazione dei robot.</p>
<b>Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento</b>	<p><b>Modulo A</b> L'insegnamento è strutturato in lezioni di didattica frontale. La modalità didattica si basa sull'abbinamento delle argomentazioni di tipo teorico con esercitazioni al fine di ottenere una piena comprensione delle tematiche oggetto del corso. Il Modulo A corso prevede un <i>assignment</i> di gruppo (<i>project work</i> per un max di 5 persone) che consiste, come attività di laboratorio svolte in aula, nella progettazione e nello sviluppo di un sistema elettronico (sensori controllati da un microprocessore programmato da firmware). L'elaborato potrà essere parte integrante della valutazione finale dello studente. La traccia del <i>project work</i> sarà assegnata durante il corso. Il corso prevede lezioni in modalità interattiva/integrativa, per un monte ore non superiore a 8, e comunque al di fuori dello svolgimento delle attività didattiche erogate.</p> <p><b>Modulo B</b></p>



	<p>Sono previste lezioni frontali di teoria svolte sia in modalità classica (alla lavagna) sia attraverso l'utilizzo di presentazioni power point e proiezione di video dimostrativi, nonché esercitazioni numeriche e applicative svolte con le stesse modalità. Verranno predisposte attività relative all'applicazione della teoria a situazioni pratiche e casi di studio attraverso la proposizione di esercizi e problemi da svolgere in classe e/o tesine e project work da discutere collettivamente a fine corso. Potranno essere organizzati seminari con esperti della materia e/o provenienti dall'ambito industriale. Il corso prevede lezioni in modalità interattiva/integrativa, per un monte ore non superiore a 8, e comunque al di fuori dello svolgimento delle attività didattiche erogate, da destinarsi ad esercitazioni in ambiente informatico, sviluppo e discussione di project work e attività di tipo eLearning.</p>
<b>Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento</b>	<p><b>Modulo A</b></p> <p>Le modalità d'esame sono differenti a seconda che gli studenti siano frequentanti (partecipazione ad almeno il 70% delle lezioni) o non frequentanti.</p> <p>Studenti frequentanti Gli studenti frequentanti hanno l'opportunità di sostenere alternativamente:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• un esame di prova generale orale*, ovvero</li><li>• una prova orale con discussione del project work svolto durante il corso (relazione tecnica finale del lavoro di gruppo di max 5 persone, con predisposizione di una presentazione in powerpoint).</li></ul> <p>Studenti non frequentanti Gli studenti non frequentanti sostengono l'esame generale in di forma prova generale orale*.</p> <p>*L'esame svolto come prova generale orale ha durata compresa tra i 30 e i 40 minuti. Tale prova è finalizzata a verificare la piena comprensione degli argomenti trattati durante il corso e a valutare l'autonomia di giudizio, tramite 1-2 domande di carattere teorico e metodologico ed 1-2 domande di esercizi sui circuiti da svolgere seduta stante.</p> <p><b>Modulo B</b></p> <p>La valutazione dell'apprendimento da parte degli studenti prevede una prova scritta strutturata su diversi esercizi e domande teoriche in modo da coprire più argomenti del corso.</p> <p>Al termine della prova scritta è inoltre previsto un colloquio orale durante il quale verranno poste domande inerenti gli esercizi della prova scritta e su un ulteriore argomento tra quelli del programma del corso.</p> <p>È possibile, per gli studenti frequentanti almeno il 70% delle lezioni, completare il corso mediante la realizzazione di un project work, singolo o in gruppo, che verrà presentato e discusso in modalità seminario con i propri colleghi. Tale project work, facoltativo, consisterà nell'applicare le metodologie apprese durante il corso alla soluzione di problemi pratici o su casi di studio presenti in letteratura. Il lavoro sarà anch'esso oggetto di valutazione, anche in termini di capacità di presentazione e discussione, concorrendo alla composizione del voto finale.</p>
<b>Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale</b>	<p><b>Modulo A</b></p> <p>La valutazione dell'apprendimento prevede l'attribuzione di un voto finale espresso in trentesimi. <i>Studenti frequentanti e non frequentanti: Esame intero</i> Per la <u>prova generale orale</u> il voto è espresso in trentesimi. Sul voto finale le domande a carattere teorico pesano orientativamente per il 50%, gli esercizi pesano per il 50%.</p> <p>Ai fini della valutazione si tiene complessivamente conto di comprensione degli argomenti, applicazione di strumenti e metodologie, chiarezza e proprietà del linguaggio, autonomia di giudizio.</p> <p>Nel caso degli studenti frequentanti, i lavori di gruppo saranno oggetto di valutazione incrementale (da 0 a 3 punti).</p> <p><b>Modulo B</b></p> <p>La valutazione dell'apprendimento prevede l'attribuzione di un voto finale espresso in trentesimi.</p> <p>Alla determinazione del voto concorrono l'esito della prova scritta, quello dell'orale, ed eventualmente la valutazione del project work per gli studenti frequentanti che avessero scelto di svolgerlo.</p>



	<p>In particolare, la prova scritta consisterà in più esercizi, eventualmente con più domande ciascuno, e ogni domanda avrà un punteggio massimo conseguibile in modo che il totale dei punteggi attribuibili sia pari a 30.</p> <p>La prova scritta e il colloquio orale avranno peso 50% nella composizione del voto finale, per cui la media dei voti conseguiti in ciascuna prova costituirà il voto finale in trentesimi.</p> <p>Lo svolgimento del project work consentirà di aumentare la votazione conseguita fino ad un massimo di 3 punti, attribuiti in base al livello di difficoltà dell'argomento trattato, al numero di partecipanti al gruppo di lavoro, e alla capacità di presentarlo e discuterlo con senso critico da parte di ciascuno studente.</p> <p>L'attribuzione della lode sarà valutata in base al livello di approfondimento dei temi affrontati durante la prova orale e l'eventuale project work per gli studenti che abbiano già raggiunto la valutazione complessiva di 30/30.</p>
<b>Propedeuticità</b>	<p>Fondamenti di Informatica</p> <p>Per la corretta comprensione degli argomenti del corso sono altresì necessarie conoscenze di base di:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Fisica</li><li>- Analisi matematica</li><li>- Fondamenti di algebra lineare e geometria</li></ul>
<b>Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato</b>	<p><b>Modulo A</b></p> <p><u>Testo di riferimento:</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- L'arte dell'Elettronica: analisi e progettazione di circuiti / Paul Horowitz, Winfield Hill. - Bologna: Zanichelli, 2018.</li></ul> <p><u>Materiale didattico di supporto all'apprendimento:</u></p> <p>Dispense e slide del docente.</p> <p><b>Modulo B</b></p> <p>Verranno rese disponibili le slides del corso utilizzate a lezione ed eventuale materiale aggiuntivo (link a video dimostrativi, brochure aziendali, articoli scientifici, dispense, materiale presentato durante gli eventuali seminari organizzati, ...).</p> <p>Il libro di testo di riferimento è il seguente:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- O.M. Grasselli, L. Menini, S. Galeani, "Sistemi Dinamici: Introduzione all'analisi e primi strumenti di controllo", Hoepli, 2007.</li></ul> <p>Per ulteriori approfondimenti sui sistemi dinamici è consigliato il seguente testo:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- L. Benvenuti, A. De Santis, I. Farina, "Sistemi dinamici: Modellistica, analisi e controllo", McGraw Hill, 2009.</li></ul> <p>Per approfondimenti sui concetti di controllo è consigliato il seguente testo:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- P. Bolzern, R. Scattolini, N. Schiavoni, "Fondamenti di controlli automatici", McGraw Hill, 2015.</li></ul> <p>Per approfondimenti sugli argomenti di robotica è consigliato il seguente testo:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- G. Legnani, I. Fassi, "Robotica Industriale: Modellazione, pianificazione, controllo, programmazione, componentistica, normativa e sicurezza", CittàStudi Edizioni, 2019.</li></ul>