



Denominazione	Elettronica e Meccatronica Industriale nella Gestione della Produzione
Moduli componenti	-
Settore scientifico-disciplinare	IINF-01/A (ex ING-INF/01)
Anno di corso e semestre di erogazione	1° anno, 1° semestre
Lingua di insegnamento	Italiano
Carico didattico in crediti formativi universitari	9 CFU
Numero di ore di attività didattica assistita complessive e ripartite tra DE e DI	DE: 72 ore (pari a 9 CFU di didattica erogativa)
Docenti	Responsabile dell'insegnamento: Prof. Alessandro Massaro
Risultati di apprendimento specifici	Obiettivo del corso è acquisire una conoscenza dell'elettronica di controllo della produzione inerente alla transizione tecnologica fra Industria 4.0 e Industria 5.0, con particolare attenzione a fornire elementi e metodi per la progettazione di sistemi elettronici, meccatronici e robotici di tipo industriale. Lo studente saprà progettare processi avanzati di <i>Management</i> della produzione tipici di Industria 5.0, utilizzando le conoscenze acquisite nei primi anni del corso di Laurea di Ingegneria Gestionale. Nello specifico, lo studente sarà in grado dunque di progettare a livello di sistema, e in chiave di gestione della produzione, processi abilitati da tecnologia avanzata di Elettronica/Meccatronica/Robotica. Lo studente saprà utilizzare gli strumenti di progettazione, come software <i>open source</i> di progettazione di processi (BPMN), di progettazione circuiti elettronici e reti logiche, e di esecuzione di algoritmi di <i>Machine Learning</i>. Saranno inoltre svolte in aula attività dimostrative di laboratorio circa l'utilizzo di microcontrollori connessi a sensori di controllo utilizzabili in applicazioni industriali. Al termine del corso lo studente: • utilizzerà la strumentazione di laboratorio, applicando i metodi di misura per effettuare verifiche, controlli e collaudi, utilizzando microcontrollori, e sviluppando di <i>firmware</i> di base; • gestirà progetti di gestione della produzione; • progetterà e gestirà processi produttivi correlati all'utilizzo dell'elettronica industriale e alla meccatronica applicata; • redigerà relazioni tecniche di progetto di circuiti elettronici di controllo della produzione. Conoscenze e comprensione <u>Lo studente acquisirà conoscenze in:</u> a) Elettronica e Sensoristica applicata al controllo dei processi produttivi industriali; b) Tecnologie avanzate di Elettronica, IoT e Robotica abilitanti processi di gestione della produzione e della qualità; c) Applicazione di algoritmi di intelligenza artificiale in scenari di meccatronica di Industria 5.0. <u>Lo studente svilupperà le competenze in:</u> a) Progettazione di circuiti elettronici di base per applicazioni industriali; b) Progettazione dei processi decisionali avanzati mediante approcci digitali; c) Gestione e processing dei <i>dataset</i> industriali di monitoraggio della produzione; d) Sviluppo <i>firmware</i> di base per microcontrollori connessi a sensori. Capacità di applicare conoscenze e comprensione Le attività previste nel corso consentono di applicare metodi e modelli applicati al contesto di produzione industriale nello scenario di Industria 5.0, partendo da basi di conoscenza dell'elettronica, sviluppando così ulteriormente le proprie capacità di analisi e comprensione delle tematiche trattate in un contesto di gestione



	dei processi produttivi. La comprensione degli argomenti del corso sarà finalizzata all'applicazione dei processi di <i>decision making</i> supportati dall'utilizzo di tecnologie avanzate. Autonomia di giudizio e pensiero critico In termini di autonomia di giudizio, lo studente maturerà la capacità di analizzare in maniera critica le differenti problematiche connesse alla misurazione dei parametri dei processi di produzione mediante l'utilizzo di sensori. In particolare, lo studente sarà autonomo nella pianificazione degli elaborati di progettazione tecnica con particolare attenzione alla formulazione di <i>template</i> utili per attività di consulenza di ingegneria gestionale. Il coinvolgimento degli studenti in eventuali attività di <i>project work</i>, 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. Abilità comunicative Lo studente svilupperà, altresì, capacità comunicative specifiche in tema di gestione della produzione in scenari di Industria 5.0, semplificando la comunicazione per agevolare la comprensione di manager industriali e nell'ambito di gruppi di lavoro. In questa prospettiva, lo studente sarà in grado di predisporre, oltre a relazioni di progettazione, anche report semplificati che anticipino in modo comprensibile i risultati di progetto. Capacità di apprendimento Il corso consente di sviluppare conoscenza e capacità applicativa in contesti tipici delle realtà industriali moderne, caratterizzate da una crescente innovazione tecnologica e da un sempre più elevato impiego di elettronica industriale.
Programma	Il corso si articola in 5 parti: 1. Elementi di Elettronica. L'insegnamento fornisce nozioni per la progettazione di circuiti elettronici. Gli argomenti da trattare sono: 1.1 I componenti elettronici (diodi, amplificatori operazionali, transistor e componenti circuitali di base); 1.2 Porte logiche, circuiti digitali e tecnologie dei circuiti integrati; 1.3 Il convertitore analogico/digitale e digitale/analogico; 1.4 Progettazione di circuiti a di porte logiche e sviluppo delle logiche di controllo; 1.5 I microcontrollori e la gestione dei dati di misura acquisiti da sensori; 1.6 I sistemi Operativi Embedded Arduino, Raspberry Pi, STM32. 2. Elettronica e Integrazione in sistemi informativi industriali di gestione della produzione. L'insegnamento consentirà di acquisire conoscenze per la progettazione di nuovi sistemi tecnologici in ambito Industria 5.0, focalizzando l'attenzione sulle tecnologie meccatroniche e sulla loro integrazione con algoritmi di intelligenza artificiale. Gli argomenti da trattare sono: 2.1 Risoluzione di circuiti elettronici; 2.2 I filtri; 2.3 Soluzioni elettroniche integrate per la sensoristica avanzata, e protocolli di misura utili a misurare le diverse grandezze fisiche di interesse per gli specifici processi di produzione; 2.4 Tecnologia <i>Internet of Things</i> (IoT) industriali e circuiti integrati per tecnologie wireless, Wi-Fi, Bluetooth, BLE, ZigBee; 2.5 Interfacce <i>Human Machine Interface</i> (HMI) e loro Integrazione nei processi produttivi di Industria 5.0; 2.6 <i>Supply Chain</i> e ottimizzazione dei processi di <i>Manufacturing</i> in Industria 5.0 mediante intelligenza artificiale. 3. Meccatronica/Robotica Industriale e controllo intelligente dei macchinari e della produzione. L'insegnamento riguarderà la metodologia da acquisire per la progettazione di sistemi robotici auto-adattativi tipici della produzione in ambito Industria 5.0. Gli argomenti da trattare sono: 3.1 Robot collaborativi e soft robot in industria e relativi protocolli; 3.2 Protocolli PLC e programmazione ladder;



	3.3 Progettazione di circuiti elettronici e di logiche intelligenti di controllo/attuazione dei macchinari nel <i>Manufacturing</i>; 3.4 Applicazione degli algoritmi di intelligenza artificiale nei sistemi intelligenti di produzione; 3.5 Elementi di circuiti elettronici avanzati per il controllo auto-adattativo dei robot in processi di <i>Additive Manufacturing</i>; 3.6 Sistemi meccatronici di controllo della produzione, delle difettosità di prodotto, e dei macchinari di produzione (<i>Predictive Maintenance</i> e <i>Quality Assessment</i>); 4. Prototipazione rapida di sensori tecnologicamente avanzati e Reverse Engineering. La quarta parte riguarderà la progettazione di processi e sistemi di <i>Rapid Prototyping</i> con esempi di applicazione di sensori. Inoltre saranno spiegate le metodologie di progettazione dei processi di <i>Reverse Engineering</i> supportati dall' elettronica industriale, metodologie in grado di ottimizzare la qualità di produzione e la reingegnerizzazione di prodotto. Gli argomenti da trattare sono: 4.1 Dispositivi di optoelettronica; 4.2 Elementi di fisica applicata nella realizzazione di sensori prototipali opto-elettronici; 4.3 Processi di gestione delle fasi progettuali della prototipazione veloce; 4.4 Progettazione di setup di misura per il <i>Testing</i> veloce di sensori prototipali; 4.5 Elementi di progettazione di piattaforme di <i>Reverse Engineering</i> in Industria 5.0; 4.6 Progettazione di processi di <i>Reverse Engineering</i> applicati al <i>Rapid Prototyping</i>; 5. Management dei processi industriali abilitati dalla meccatronica. La quinta parte è inerente la progettazione di processi industriali attivati dall'utilizzo di dispositivi elettronici industriali. Gli argomenti da trattare sono: 5.1 Richiami delle notazioni grafica BPMN e UML; 5.2 Modelli BPMN di <i>Process Mining</i> con implementazione delle porte logiche AND/OR di controllo della produzione e delle KPI di efficienza; 5.3 Modelli BPMN di gestione energetica dei processi industriali; 5.4 Metodologia per la stesura di brevetti industriali di dispositivi elettronici nei processi di protezione del <i>Know-how</i> aziendale.
Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento	L'insegnamento è strutturato in lezioni di didattica frontale. La modalità didattica si basa sull'abbinamento delle argomentazioni di tipo teorico con esercitazioni e <i>case study</i> al fine di ottenere una piena comprensione delle tematiche oggetto del corso di Elettronica e Meccatronica/Robotica Industriale applicate alla gestione della produzione industriale. Il 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 di un sistema elettronico (sensori controllati da un microprocessore programmato da firmware), corredato da un elaborato di analisi predittiva dei dati e di relativo processo BPMN di gestione della produzione. L'elaborato potrà essere parte integrante della valutazione finale dello studente. La traccia del <i>project work</i> sarà assegnata durante il corso, sarà comprensiva delle attività di laboratorio, e sarà di tipo "modulare" in modo da aggiungere ulteriori punti di sviluppo in accordo alle tematiche del corso in itinere. Il <i>project work</i> finale sarà comprensivo di tutti i punti svolti.
Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento	Le modalità d'esame sono differenti a seconda che gli studenti siano frequentanti (partecipazione ad almeno il 70% delle lezioni) o non frequentanti. <u>Studenti frequentanti</u> Gli studenti frequentanti hanno l'opportunità di sostenere alternativamente: • un esame di <u>prova generale orale*</u>, o • una prova orale con discussione del <i>project work</i> svolto durante il corso (relazione tecnica finale del lavoro di gruppo di max 5 persone, con predisposizione di una presentazione in powerpoint). <u>Studenti non frequentanti</u> Gli studenti non frequentanti sostengono l'esame generale in di forma <u>prova generale orale*</u>. *L'esame svolto come <u>prova generale orale</u> 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.



Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale	La valutazione dell'apprendimento prevede l'attribuzione di un voto finale espresso in trentesimi. <u>Studenti frequentanti e non frequentanti: Esame Intero</u> 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 50%; 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. Nel caso degli studenti frequentanti, i lavori di gruppo saranno oggetto di valutazione incrementale (da 0 a 4 punti).
Propedeuticità	Non ci sono propedeuticità.
Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato	<u>Testo di riferimento</u> L'arte dell'elettronica: analisi e progettazione di circuiti / Paul Horowitz, Winfield Hill. - Bologna: Zanichelli, 2018. <u>Testo di approfondimento</u> A. Massaro, "Electronic in Advanced Research Industry: From Industry 4.0 to Industry 5.0 Advances" Wiley/IEEE, ISBN: 9781119716877. DOI: 10.1002/9781119716907, 2022. <u>Materiale didattico di supporto all'apprendimento</u> Dispense e slide del docente.