



UNICUSANO

Università degli Studi Niccolò Cusano - Telematica Roma

Insegnamento	Sensori e Trasduttori
Livello e corso di studio	Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica LM-33 Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica LM-29
Settore scientifico disciplinare (SSD)	ING-IND/12
Anno di corso	1
Numero totale di crediti	9
Propedeuticità	Nessuna.
Docente	Fabrizio Patanè Facoltà: Ingegneria Nickname: patane.fabrizio Email: fabrizio.patane@unicusano.it Orario di ricevimento: Consultare il calendario alla pagina seguente del nostro sito verificando gli orari di Videoconferenza http://www.unicusano.it/calendario-lezioni-in-presenza/calendario-area-ingegneristica
Presentazione	Nell'Insegnamento si affronta, nella prima parte, l'argomento delle misurazioni in generale, della nomenclatura metrologica e delle convenzioni tipiche utilizzate nel campo delle misure. Lo studente imparerà a leggere un manuale di un sensore, della relativa strumentazione di condizionamento, ed il certificato di taratura. A tale scopo si esaminano nel dettaglio le caratteristiche statiche e dinamiche degli strumenti, in modo da comprendere anche il concetto di prestazioni e taratura in ambito dinamico. Dopo alcuni rudimenti di misure elettriche, si discutono i sensori utilizzati per le principali grandezze fisiche di interesse in ambito industriale quali temperatura, spostamento, velocità, accelerazione, deformazione, forza, pressione e flusso. Le E-tivity da svolgere per l'Insegnamento sono proposte sotto forma di Case-Study e/o Simulazioni, e sono necessarie per una comprensione più profonda di alcuni argomenti dell'Insegnamento, oltre utili ai fini della determinazione del voto finale. L'approccio è comunque tale che lo studente possa acquisire un metodo di analisi, e sia in grado quindi di estendere a situazioni diverse quanto appreso per specifiche condizioni.
Obiettivi formativi	L'Insegnamento inizia con richiami alle caratteristiche statiche e dinamiche degli strumenti, con le definizioni in ambito tecnico e metrologico delle caratterizzazioni di tutte le caratteristiche statiche e dinamiche principali. In seguito sono descritte le metodologie per misure elettriche, poi si procede con sensori di temperatura, di spostamento, velocità, accelerazione, deformazione, forza, pressione e flusso. Lo studente ha quindi modo di esaminare il principio di funzionamento di numerosi sensori e trasduttori in uso in ambito industriale corrispondenti alle dette grandezze fisiche. Per ogni metodo sono discusse le catene di misura adatte e le tipiche cause di errore e grandezze di influenza. Sono sempre riportati esempi applicativi con discussione di estratti dei manuali tecnici
Prerequisiti	Conoscenze di elettrotecnica e scienza delle costruzioni. Possedere conoscenze di fondamenti di Misure Meccaniche e Termiche al livello di corso di laurea aiuta molto la comprensione di alcuni argomenti dell'Insegnamento.
Risultati di apprendimento attesi	<p>Lo studente al termine dell'insegnamento avrà dimostrato capacità di:</p> <p><i>[Conoscenza e capacità di comprensione]</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • descrivere il funzionamento di metodi di misura di temperatura, di spostamento, velocità, accelerazione, deformazione e forza. <p><i>[Applicazione delle conoscenze]</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • interpretare e utilizzare la terminologia utilizzata in ambito metrologico e misuristico in generale. • individuare le cause di errore più importanti per un dato trasduttore e catena di misura associata. • individuare le caratteristiche utili per l'impiego di uno strumento da un manuale tecnico e da un certificato di taratura. <p><i>[Capacità di trarre conclusioni]</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • determinare la catena di misura più adatta per un dato trasduttore di temperatura, di spostamento, velocità, accelerazione, deformazione o forza. <p><i>[Abilità comunicative]</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • illustrare e descrivere tematiche inerenti le tecniche di misura a specialisti e non.

	<p><i>[Capacità di apprendere]</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • comprendere, con buon livello di autonomia, tematiche in ambito misuristico, anche non direttamente affrontate nell'insegnamento.
<p>Organizzazione dell'insegnamento</p>	<p>Attività Didattiche e Attività di Apprendimento</p> <p>L'insegnamento consiste di attività didattiche e di attività di apprendimento. Le attività didattiche corrispondono a lezioni preregistrate e/o lezioni sincrone in web conference. Le attività di apprendimento corrispondono allo studio autonomo delle slide e delle dispense fornite dal docente, e allo studio autonomo necessario per lo svolgimento dei test di autovalutazione e delle E-tivity. I test di autovalutazione interni alle videolezioni sono necessari per verificare velocemente la comprensione dell'argomento in studio.</p> <p>Calendario di studio</p> <p>In piattaforma è a disposizione il Calendario di Studio avente periodicità bimestrale. Il Calendario di Studio deve essere inteso come calendario suggerito per lo svolgimento delle attività didattiche e di apprendimento. Se non si riesce a seguire le tempistiche suggerite, è probabile che due mesi non siano sufficienti a consentire una preparazione adeguata.</p> <p>L'insegnamento è organizzato secondo due diverse modalità: <i>Modalità Autonoma</i> e <i>Modalità Guidata</i>. Gli studenti devono comunicare al docente con quale modalità intendono iniziare a studiare il materiale didattico. Solo dopo che lo studente ha operato tale scelta, il docente rende il materiale disponibile in piattaforma.</p> <p><i>[Modalità Autonoma]</i></p> <p>Appena lo studente si sente pronto, si scarica l'ultima l'E-tivity 01 disponibile in piattaforma ed inizia lo svolgimento. Nella scheda E-tivity è indicato il termine massimo entro cui riconsegnare l'E-tivity (in genere due settimane); l'E-tivity sarà poi corretta dal docente, che fornirà un feedback sulla stessa ed un voto. Se non si consegna l'E-tivity entro il termine indicato, questa sarà annullata ed occorrerà scaricare una nuova E-tivity. Stesso procedimento per l'E-tivity 02. Si consiglia di pianificare l'Esame di Profitto a non meno di due mesi dall'inizio dello studio.</p> <p><i>[Modalità Guidata]</i></p> <p>Tale modalità nasce per venire incontro agli studenti lavoratori che hanno sempre difficoltà di organizzazione del tempo e hanno maggiore necessità di essere "guidati". Le date in cui è possibile "isciversi" alla Modalità Guidata sono indicate nel Calendario di Studio. L'Esame di Profitto è pianificato a due mesi dall'inizio dello studio. Differentemente rispetto alla Modalità Autonoma, è possibile inviare al docente una bozza, prima della consegna definitiva di ciascuna E-tivity..</p> <p>Classe Virtuale</p> <p>L'Insegnamento è dotato di una classe virtuale, che, per gli studenti che seguono in Modalità Guidata, avanza contemporaneamente nello studio. Tutte le comunicazioni con il docente relativamente agli argomenti dell'Insegnamento devono avvenire nel forum di classe virtuale. Le E-tivity richiedono sempre attività di discussione docente-studente e studente-studente in un forum dedicato.</p> <p>Carico di Studio</p> <p>Il Carico di Studio totale dell'Insegnamento è di circa 234 ore suddivise in circa:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 57 ore necessarie per visualizzare lo studio del materiale videoregistrato • 162 ore dedicate allo studio autonomo.
<p>Contenuti dell'Insegnamento</p>	<p>Modulo M10 - Measurement Basics</p> <p><i>[Carico di Studio: 18 h - 0,7 CFU - 3,5 giorni]</i></p> <p><i>Attività didattiche</i></p> <p>Il modulo prevede l'erogazione di 2,5 ore di lezioni preregistrate. Dato poi il tempo necessario per il riascolto delle lezioni videoregistrate e le eventuali lezioni erogate in modalità sincrona, sono complessivamente richieste 5,0 ore di impegno studente per la fruizione di tali lezioni.</p> <p><i>Risultati di Apprendimento</i></p> <p>Alla fine del modulo lo studente sarà in grado di:</p> <ul style="list-style-type: none"> • illustrare le caratteristiche del processo di misurazione • spiegare il funzionamento generale di un trasduttore • distinguere le caratteristiche dei trasduttori integrati e intelligenti • utilizzare correttamente le unità di misura del sistema internazionale e di quello pratico <p><i>Obiettivi di Apprendimento</i></p> <p>In questo modulo sono forniti allo studente i concetti base per procedere allo studio dei metodi e degli strumenti di misura. Sono quindi solo spiegati i concetti di misurazione diretta e indiretta processo di misurazione, e misura. Sono anche introdotte le normative di riferimento per le definizioni metrologiche utilizzate nei moduli successivi.</p> <p>Si descrive poi il concetto generale di trasduttore e sensore inteso come oggetto multi-input e multi-output e quali sono i criteri di progetto di una catena di misura.</p> <p>Si conclude con richiami al sistema internazionale SI, e a quelli pratici, CGS, MKS e britannici.</p>

Modulo M01 - Static Characteristics

[Carico di Studio: 23 h - 0,9 CFU - 5,0 giorni]

Attività didattiche

Il modulo prevede l'erogazione di 3,4 ore di lezioni preregistrate. Dato poi il tempo necessario per il riascolto delle lezioni videoregistrate e le eventuali lezioni erogate in modalità sincrona, sono complessivamente richieste 6,7 ore di impegno studente per la fruizione di tali lezioni.

Risultati di Apprendimento

Alla fine del modulo lo studente sarà in grado di:

- distinguere le caratteristiche metrologiche fondamentali degli strumenti
- individuare gli elementi caratterizzanti gli strumenti sui manuali tecnici
- leggere e illustrare un documento di taratura
- interpretare le definizioni delle normative e linee guida inerenti temi metrologici
- spiegare il significato dei termini metrologici

Obiettivi di Apprendimento

In questo modulo lo studente è introdotto ai termini metrologici fondamentali utilizzati per caratterizzare le prestazioni degli strumenti in ambito statico. Le definizioni dello standard UNI e del vocabolario V.I.M. sono esaminate una ad una e messe a confronto.

Sono riportate e spiegate nel dettaglio caratteristiche quali, ad esempio sensibilità, linearità, isteresi, le varie declinazioni del campo di misura. E' spiegata la differenza tra ripetibilità e riproducibilità, e tra deriva e stabilità. Una attenzione particolare è posta alla descrizione delle grandezze di influenza. Infine, è spiegato come leggere un certificato di Taratura.

Modulo M06 - Dynamic Characteristics

[Carico di Studio: 31 h - 1,3 CFU - 6,5 giorni]

Attività didattiche

Il modulo prevede l'erogazione di 4,7 ore di lezioni preregistrate. Dato poi il tempo necessario per il riascolto delle lezioni videoregistrate e le eventuali lezioni erogate in modalità sincrona, sono complessivamente richieste 9,3 ore di impegno studente per la fruizione di tali lezioni.

Risultati di Apprendimento

Alla fine del modulo lo studente sarà in grado di:

- analizzare un diagramma di Bode di Risposta in Frequenza
- definire i parametri caratterizzanti un sistema dinamico lineare
- distinguere e differenziare le tecniche di taratura dinamica
- illustrare e modellare fenomeni fisici semplici, mediante sistemi lineari dinamici di primo e secondo ordine
- calcolare i parametri dinamici di sistemi di primo e secondo ordine

Obiettivi di Apprendimento

in questo modulo sono illustrate le caratteristiche utilizzate per classificare e modellare le prestazioni degli strumenti in ambito dinamico. Dopo una breve introduzione di carattere generale sui sistemi dinamici lineari, sono descritti i parametri fondamentali associati alla risposta in frequenza degli strumenti. In seguito sono spiegate le tecniche di taratura e di modellazione dei sistemi di primo e secondo ordine, mediante gli equivalenti meccanici ed elettrici.

Modulo M12 - Temperature Measurement

[Carico di Studio: 62 h - 2,5 CFU - 12,5 giorni]

Attività didattiche

Il modulo prevede l'erogazione di 9,0 ore di lezioni preregistrate. Dato poi il tempo necessario per il riascolto delle lezioni videoregistrate e le eventuali lezioni erogate in modalità sincrona, sono complessivamente richieste 18,0 ore di impegno studente per la fruizione di tali lezioni.

Risultati di Apprendimento

Alla fine del modulo lo studente sarà in grado di:

- descrivere il principio di funzionamento di trasduttori a bulbo, a resistenza metallica e a semiconduttore, le termocoppie, i sensori a circuito integrato
- leggere criticamente un manuale tecnico di un sensore di temperatura
- scegliere la catena di misura più adatta per un dato sensore di temperatura
- utilizzare le tabelle standard di conversione, per termometri metallici e termocoppie

Obiettivi di Apprendimento

In questo modulo lo studente ha modo di conoscere i metodi di misura di temperatura più utilizzati in ambito industriale. Dopo una breve introduzione alle scale termometriche, sono illustrati i punti fissi, i trasduttori a bulbo, a resistenza metallica e a semiconduttore, le termocoppie, i sensori a circuito integrato. Per ogni strumento è esaminata la corretta metodologia di impiego, la catena di misura e l'eventuale condizionamento del segnale. Sono descritte le caratteristiche metrologiche principali per ogni tipologia di trasduttore, con particolare attenzione alle grandezze di influenza e alle cause di errore. Sono spesso riportati e illustrati nel dettaglio esempi commerciali di sensori di temperatura e di strumenti di controllo, con discussione della documentazione tecnica.

Modulo M13 - Displacement, velocity and acceleration Measurement

[Carico di Studio: 28 h - 1,1 CFU - 6,0 giorni]

Attività didattiche

Il modulo prevede l'erogazione di 4,0 ore di lezioni preregistrate. Dato poi il tempo necessario per il riascolto delle lezioni videoregistrate e le eventuali lezioni erogate in modalità sincrona, sono complessivamente richieste 8,0 ore di impegno studente per la fruizione di tali lezioni.

Risultati di Apprendimento

Alla fine del modulo lo studente sarà in grado di:

- descrivere il funzionamento di sensori di spostamento, velocità o deformazione
- leggere criticamente un manuale tecnico di un sensore di spostamento, velocità o deformazione
- scegliere la catena di misura più adatta per sensori di spostamento, velocità o deformazione
- spiegare e descrivere la risposta in frequenza dei trasduttori sismici

Obiettivi di Apprendimento

In questo modulo lo studente ha modo di conoscere i metodi di misura di grandezze cinematiche più utilizzati in ambito industriale. La prima metodologia riguarda le misure di spostamento e velocità, pertanto sono illustrati i sensori di spostamento resistivi (potenziometri), induttivi (LVDT), ultrasonici (piezoelettrici), capacitivi, a estensimetri, laser, a correnti parassite e digitali (encoder). La seconda metodologia riguarda sensori di sismico o inerziale. Lo studente ha quindi modo di imparare il funzionamento di un sensore di spostamento e accelerazione utilizzati, rispettivamente, come vibrometri o accelerometri.

La terza metodologia riguarda le misure di deformazione, limitandosi alla descrizione degli estensimetri elettrici a resistenza, a piezoresistenza, e ad elemento piezoelettrico. Sono sempre sottolineate le caratteristiche metrologiche principali per ogni metodologia, le grandezze di influenza e le cause di errore. Sono riportati anche alcuni esempi commerciali di sensori, con discussione della documentazione tecnica.

Modulo M14 - Force Measurement

[Carico di Studio: 33 h - 1,3 CFU - 6,5 giorni]

Attività didattiche

Il modulo prevede l'erogazione di 4,8 ore di lezioni preregistrate. Dato poi il tempo necessario per il riascolto delle lezioni videoregistrate e le eventuali lezioni erogate in modalità sincrona, sono complessivamente richieste 9,7 ore di impegno studente per la fruizione di tali lezioni.

Risultati di Apprendimento

Alla fine del modulo lo studente sarà in grado di:

- descrivere il funzionamento di un sensore di forza e torsione
- scegliere la catena di misura più adatta per sensori di forza e torsione
- leggere criticamente un manuale tecnico di un sensore di forza e torsione

Obiettivi di Apprendimento

In questo modulo sono illustrati i metodi di misura di forza più utilizzati in ambito industriale. Dopo una breve introduzione alle celle di carico, in termini di caratteristiche metrologiche, realizzazione e criteri di progetto generali, sono discusse le varie tipologie di elementi elastici costituiti i sensori di forza. Iniziando dalla descrizione delle celle di carico a colonna, si passa a quelle a flessione e a taglio, con illustrazione dei disaccoppiatori per la compensazione dei carichi trasversali. In seguito si riporta il funzionamento delle celle di carico piezoelettriche e di altre meno diffuse quali quelle ad elemento vibrante, ad effetto Hall e a fibre ottiche. Particolare attenzione è dedicata al funzionamento dei torsionometri, e alla trasmissione del segnale di coppia su alberi rotanti. Infine sono forniti cenni alla taratura statica e dinamica delle celle di carico. Nel modulo i trasduttori sono sempre descritti riportando le grandezze influenza e le cause di errore. Inoltre, sono sempre riportati e illustrati nel dettaglio esempi commerciali di celle di carico e torsionometri, con discussione della documentazione tecnica.

Modulo E02 - E-tivity

[Carico di Studio: 40 h - 1,6 CFU]

Attività didattiche

Il modulo non prevede erogazione ore di lezione, l'Apprendimento è perseguito solo mediante lo studio autonomo necessario per lo svolgimento delle attività proposte dal docente

Risultati di Apprendimento

Alla fine del modulo lo studente sarà in grado di:

- interpretare linee guida e documentazione tecnica
- utilizzare una terminologia adeguata in ambito metrologico
- individuare e utilizzare i dati di un manuale di taratura
- individuare i componenti più adatti per la realizzazione di una catena di misura di temperatura

Obiettivi di Apprendimento

In questo modulo lo studente si cimenta nella risoluzione di casi tecnici di complessità non banale. I casi vengono proposti allo studente sotto forma di E-tivity (Electronic-Activities) accompagnate da scheda descrittiva e pubblicate secondo il Calendario di Studio presente in piattaforma. Ogni E-tivity consiste nella produzione di un report relativo al case-study proposto e da opportune attività da svolgersi nel forum di classe virtuale. La scheda descrittiva riporta sia le attività da svolgere da parte dello studente, sia le modalità di valutazione da parte del docente ai fini del computo del voto finale d'esame.

Le E-tivity hanno una finalità di apprendimento oltre che di valutazione. Ciò significa che i Risultati di Apprendimento dichiarati nel modulo non sono raggiunti mediante la fruizione di lezioni, ma esclusivamente mediante lo studio autonomo e la risoluzione dei case-study proposti.

	<p>Le E-tivity sono 2, la prima relativa alle caratteristiche metrologiche statiche e al certificato di taratura, la seconda alle misure di temperatura. Le attività delle E-tivity richiedono sempre l'utilizzo del forum di classe virtuale e consistono in discussioni di argomenti teorici e di esercizi.</p> <p>Le E-tivity non sono da considerarsi Esoneri, ma consentono di aggiungere punti alla valutazione dell'Esame di Profitto.</p>
<p>Materiali di studio</p>	<p>Materiali didattici a cura del docente</p> <p>Il materiale didattico presente in piattaforma è suddiviso in 7 moduli, di cui uno dedicato allo svolgimento delle E-tivity, ed i rimanenti organizzati in una serie di videolezioni/slide e test asincroni correlati alle videolezioni. Le slide sono strutturate in modo da riportare anche nel dettaglio, per punti, tutti gli argomenti trattati nelle videolezioni. Alcune lezioni sono fornite con testo in lingua inglese, quando l'argomento è estratto da una normativa tecnica europea o da note tecniche originali. È importante studiare buona parte dell'Insegnamento su materiale non tradotto, poiché la documentazione tecnica nella pratica è generalmente fornita proprio in inglese. È di fondamentale importanza seguire le videolezioni prendendo appunti sulle slide fornite, per poter capire a fondo gli argomenti illustrati. Si consiglia vivamente di procedere alla fruizione dei materiali di studio seguendo il Calendario di Studio disponibile in piattaforma.</p> <p>Materiali didattici consigliati</p> <p>Per la professione di consigliata, a scopo di consultazione, di inserire nella propria libreria di testi fondamentali:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Strumenti e metodi di misura</i>. 2008 di Ernest O. Doebelin (Autore), a cura di A. Cigada e M. Gasparetto. McGraw-Hill <p>Per approfondire o chiarire i contenuti dell'Insegnamento si consiglia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Fondamenti di misure meccaniche e termiche</i>. 2008 di Rinaldo Vallasca. Hoepli
<p>Modalità di verifica dell'apprendimento</p>	<p>Voto Finale</p> <p>La verifica del raggiungimento dei Risultati di Apprendimento è svolta mediante la valutazione delle E-tivity e dell'Esame di Profitto. Il voto finale è dato dalla valutazione dell'Esame di Profitto e delle due E-tivity, valutate nel loro complesso.</p> <p><i>Valutazione E-tivity</i></p> <p>Entrambe le E-tivity non sono obbligatorie, ma sono consigliate fortemente per il raggiungimento positivo e ottimale dei Risultati di Apprendimento dell'Insegnamento. Entrambe le E-tivity devono ricevere giudizio almeno sufficiente, altrimenti l'Esame di Profitto prevederà un quesito aggiuntivo.</p> <p>Le E-tivity sono valutate diversamente a seconda della modalità con cui si segue l'Insegnamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modalità Autonoma: ogni E-tivity è valutata al massimo 3 punti, per un totale massimo di 6 punti • Modalità Guidata: ogni E-tivity è valutata al massimo 4 punti, per un totale massimo di 8 punti <p>L' E-tivity valuta tutti i Risultati di Apprendimento elencati per l'Insegnamento, ed in particolare quelli relativi alla <i>Capacità di apprendere</i>.</p> <p><i>Valutazione Esame di Profitto</i></p> <p>L' E-tivity valuta tutti i Risultati di Apprendimento elencati per l'Insegnamento, ed in particolare quelli relativi alla <i>Capacità di apprendere</i>.</p> <p><i>Valutazione Esame di Profitto</i></p> <p>L'Esame di Profitto in sede contiene tre parti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Parte 0 (max 8 punti): Domanda teorica su modulo M12 • Parte 1 (max 11 punti): Domanda teorica su modulo M01 M10 M06, 3 punti di recupero E-tivity • Parte 2 (max 11 punti): Domanda teorica su tutti i moduli, 3 punti di recupero E-tivity <p>Nel caso di primo Esame parziale: Parte 0 + Parte 1 (ma la parte 0 vale max 4 punti) Nel caso di secondo Esame parziale: Parte 0 + Parte 2 (ma la parte 0 vale max 4 punti)</p> <p>L'Esame di Profitto non in sede è suddiviso in due parti:</p> <p>L'Esame di Profitto non in sede è suddiviso in due parti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Parte 1 (max 24 punti in Guidata, 20 punti in Autonoma): Quiz su tutti i moduli • Recupero E-tivity (max 10 punti): se nelle E-tivity non si è avuto il massimo punteggio, è possibile recuperare rispondendo ad una domanda a risposta aperta su tutti i moduli.
<p>Criteri per l'assegnazione dell'elaborato finale</p>	<p>L'assegnazione dell'elaborato finale avviene in seguito al colloquio con il docente, in cui lo studente esporrà i propri specifici interessi in relazione a qualche argomento che intende approfondire; non esistono preclusioni alla richiesta di assegnazione della tesi.</p>