



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

<b>DIPARTIMENTO</b>	Ingegneria		
<b>ANNO ACCADEMICO OFFERTA</b>	2023/2024		
<b>ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE</b>	2023/2024		
<b>CORSO DILAUREA MAGISTRALE</b>	INGEGNERIA DEI SISTEMI CIBER-FISICI PER L'INDUSTRIA		
<b>INSEGNAMENTO</b>	AUTOMATIC MEASUREMENT SYSTEMS AND SENSORS C.I.		
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	21509		
<b>MODULI</b>	Si		
<b>NUMERO DI MODULI</b>	2		
<b>SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI</b>	ING-INF/07, ING-IND/12		
<b>DOCENTE RESPONSABILE</b>	COSENTINO VALENTINA	Professore Ordinario	Univ. di PALERMO
<b>ALTRI DOCENTI</b>	D'ACQUISTO LEONARDO	Professore Ordinario	Univ. di PALERMO
	COSENTINO VALENTINA	Professore Ordinario	Univ. di PALERMO
<b>CFU</b>	9		
<b>PROPEDEUTICITA'</b>			
<b>MUTUAZIONI</b>			
<b>ANNO DI CORSO</b>	1		
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	2° semestre		
<b>MODALITA' DI FREQUENZA</b>	Facoltativa		
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi		
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	<p><b>COSENTINO VALENTINA</b></p> <p>Lunedì 10:00 17:00 In presenza / In person: Laboratorio didattico misure elettriche, Edificio 9, piano terra, stanza S09PT062 (ex U030) / Electrical measurement teaching lab, Building 9, ground floor, room S09PT062 (ex U030). A distanza / Remotely: Teams call. RICEVIMENTO PREVIO APPUNTAMENTO VIA EMAIL O CHAT TEAMS / APPOINTMENT IS NEEDED, BY EMAIL OR TEAMS CHAT</p> <p>Martedì 10:00 17:00 In presenza / In person: Laboratorio didattico misure elettriche, Edificio 9, piano terra, stanza S09PT062 (ex U030) / Electrical measurement teaching lab, Building 9, ground floor, room S09PT062 (ex U030). A distanza / Remotely: Teams call. RICEVIMENTO PREVIO APPUNTAMENTO VIA EMAIL O CHAT TEAMS / APPOINTMENT IS NEEDED, BY EMAIL OR TEAMS CHAT</p> <p>Mercoledì 10:00 17:00 In presenza / In person: Laboratorio didattico misure elettriche, Edificio 9, piano terra, stanza S09PT062 (ex U030) / Electrical measurement teaching lab, Building 9, ground floor, room S09PT062 (ex U030). A distanza / Remotely: Teams call. RICEVIMENTO PREVIO APPUNTAMENTO VIA EMAIL O CHAT TEAMS / APPOINTMENT IS NEEDED, BY EMAIL OR TEAMS CHAT</p> <p>Giovedì 10:00 17:00 In presenza / In person: Laboratorio didattico misure elettriche, Edificio 9, piano terra, stanza S09PT062 (ex U030) / Electrical measurement teaching lab, Building 9, ground floor, room S09PT062 (ex U030). A distanza / Remotely: Teams call. RICEVIMENTO PREVIO APPUNTAMENTO VIA EMAIL O CHAT TEAMS / APPOINTMENT IS NEEDED, BY EMAIL OR TEAMS CHAT</p> <p><b>D'ACQUISTO LEONARDO</b></p> <p>Giovedì 08:30 10:00 Edificio 8 - stanza docente</p>		

<b>PREREQUISITI</b>	<p>Conoscenze di fisica, elettrotecnica e misure elettriche: principali grandezze fisiche e unità di misura, componenti e circuiti elettrici, metodi e strumenti di misura, incertezza di misura, strumentazione digitale.</p>
<b>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</b>	<p><b>D.1: CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE</b>          Lo studente acquisirà conoscenza, capacità di comprensione e abilità nel campo della sensoristica per il monitoraggio di grandezze fisiche e dei sistemi automatici di misura per la diagnosi, la verifica e il controllo di processi, macchine e sistemi elettrici e industriali. In particolare sono oggetto di studio i sistemi basati su sensori e accessori di condizionamento del segnale, schede di acquisizione dati, strumentazione basata su PC (PC-based instruments) e gli aspetti riguardanti l'acquisizione e l'analisi di segnali e la programmazione di strumenti virtuali.</p> <p><b>D.2: CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensIONE</b>          Lo studente avrà la capacità di applicare le conoscenze e abilità acquisite per realizzare catene di misura, sistemi automatici di misura e strumenti virtuali per la diagnosi, la verifica e il controllo di processi, macchine e sistemi elettrici e industriali, con riferimento agli aspetti riguardanti: la sensoristica, il condizionamento del segnale e i sistemi di acquisizione dati, con particolare attenzione alla scelta ottimale della strumentazione in funzione della specifica applicazione di misura; la gestione di strumentazione e schede di acquisizione dati tramite PC; la progettazione e lo sviluppo di strumentazione virtuale, l'analisi di segnali nel dominio del tempo e della frequenza.</p> <p><b>D.3: AUTONOMIA DI GIUDIZIO</b>          Lo studente sarà in grado di integrare le proprie conoscenze e accrescere le proprie capacità critiche per orientarsi e formulare giudizi riguardanti la scelta della sensoristica e dei componenti fondamentali della catena di misura correlata, i sistemi automatici di misura e lo sviluppo del relativo software, in funzione delle informazioni disponibili, delle specifiche tecniche e dei requisiti richiesti per le applicazioni oggetto di studio.</p> <p><b>D.4: ABILITÀ COMUNICATIVE</b>          Lo studente sarà in grado di interloquire, con esperti o non esperti e con chiarezza e proprietà di linguaggio, in merito a informazioni, idee, problemi e soluzioni riguardanti la realizzazione e gestione di sistemi automatici di misura, le specifiche scelte operate in merito alla sensoristica e agli accessori di condizionamento del segnale e all'esecuzione di misure con sistemi di acquisizione dati.</p> <p><b>D.5: CAPACITÀ D'APPRENDIMENTO</b>          Lo studente svilupperà capacità metodologiche, di collegamento e di rielaborazione delle conoscenze acquisite in merito alla scelta ed impiego della sensoristica e relativa catena di misura per grandezze fisiche, ai sistemi automatici di misura e agli ambiti interdisciplinari ad essi correlati. Tali capacità gli consentiranno di affrontare gli studi successivi o l'attività professionale con alto grado di autonomia e in numerosi contesti in cui le conoscenze e abilità maturate possono trovare applicazione.</p>
<b>VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO</b>	<p><b>MODALITÀ DI ESAME:</b>          L'esame prevede una prova pratica e una prova orale.</p> <p>La prova pratica è basata sull'applicazione delle conoscenze e competenze maturate nei due moduli del corso.          Essa riguarda la realizzazione di un sistema automatico di misura basato sull'acquisizione ed elaborazione di segnali elettrici e/o provenienti da sensori, sulla base delle esercitazioni pratiche svolte in laboratorio durante il corso.          La prova include:          - la scelta, il dimensionamento e la realizzazione della catena di misura (sensori, accessori di condizionamento del segnale, dispositivo di acquisizione dati o strumento di misura);          - lo sviluppo del VI (software) per la gestione dell'hardware di acquisizione e l'elaborazione dei segnali acquisiti;          In sede di esame lo studente dovrà descrivere il lavoro svolto e discutere con la Commissione le scelte e le soluzioni realizzative adottate.</p> <p>La prova orale consiste in un colloquio, con domande sia semi-strutturate che a risposta aperta, sul programma dei due moduli del corso.</p> <p>Per quanto riguarda la prova pratica, sono oggetto di valutazione:          - la padronanza e la capacità di utilizzo del linguaggio LabVIEW e dei concetti applicativi riguardanti la sensoristica, il condizionamento del segnale e la generazione, acquisizione e analisi dei segnali (input/output analogici e/o digitali);          - la capacità di argomentare e analizzare le scelte effettuate</p>

	<p>Nella prova orale si valutano:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- conoscenza e comprensione dei contenuti del corso e capacità di applicare tali competenze a problematiche ed applicazioni in ambiti propri del corso e/o ad esso correlati;</li> <li>- proprietà di linguaggio, chiarezza espositiva e di argomentazione; capacità di collegare e rielaborare le proprie conoscenze e di orientarsi e formulare giudizi in contesti disciplinari e/o interdisciplinari.</li> </ul> <p>L'esame è valutato in trentesimi e il voto minimo per superare l'esame è 18/30.</p> <p><b>CRITERI DI VALUTAZIONE</b> L'attribuzione del voto dipende dal livello complessivo dei risultati raggiunti. Gli elementi che concorrono alla formazione del voto sono riconducibili al seguente schema (vedi quadro dei risultati di apprendimento attesi, descrittori D. 1-D.5).</p> <p><b>29-30 / 30 e lode</b> D.1/D.2: piena padronanza dei contenuti; assenza di errori; correzione di imprecisioni o integrazione delle risposte in autonomia; corretta e rigorosa impostazione dei problemi; soluzioni complete, corrette ed efficaci; elementi di originalità D.3/D.4/D.5: efficace rielaborazione delle conoscenze, autonomia e coerenza nell'orientarsi o esprimere giudizi in contesti disciplinari/interdisciplinari; ottima chiarezza espositiva, argomentazioni articolate; piena proprietà di linguaggio.</p> <p><b>24-28</b> D.1/D.2: buona/ottima padronanza dei contenuti; pochi lievi errori/omissioni, correzioni/integrazioni parzialmente guidate; buona impostazione dei problemi, soluzioni sostanzialmente corrette. D.3/D.4/D.5: buona coerenza nel collegare i concetti e nell'orientarsi in ambiti disciplinari o ad essi correlati; buona chiarezza nell'esposizione, corretta proprietà di linguaggio.</p> <p><b>18-23</b> D.1/D.2: sufficiente conoscenza dei contenuti, accettabile approccio ai problemi, soluzioni complessivamente adeguate; limitata autonomia, errori/omissioni non gravi; D.3/D.4/D.5: coerenza nell'orientarsi e collegare i concetti in ambito disciplinare, sebbene in modo incerto e guidato; sufficiente proprietà di linguaggio, esposizione accettabile.</p> <p>inferiore a 18 (esame non superato) D.1-D.5: risultati di apprendimento non sufficienti.</p>
<p><b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b></p>	<p>Lezioni frontali, esercitazioni in aula e in laboratorio, sviluppo e analisi di progetti/casi di studio e loro discussione in aula.</p> <p>Le attività didattiche sono organizzate in modo da agevolare il raggiungimento dei risultati di apprendimento attesi (D.1-D.5 dell'omonimo quadro). Attraverso le lezioni frontali e le esercitazioni guidate, i contenuti del corso vengono offerti dando rilievo agli aspetti applicativi e alla sinergia tra i diversi argomenti (D.1), e vengono via via applicati per la soluzione delle problematiche oggetto di studio, stimolando così lo sviluppo delle capacità di applicazione delle conoscenze e abilità acquisite (D.2).</p> <p>Durante le lezioni, in parte dialogate e interattive, nonché in occasione delle esercitazioni e delle attività su progetti/casi di studio, lo studente è chiamato ad analizzare in modo critico le problematiche proposte, sviluppando così le proprie capacità di analisi e autonomia di giudizio (D.3).</p> <p>Contestualmente lo studente è incentivato a sviluppare capacità comunicative, di argomentazione e proprietà di linguaggio (D.4), attraverso le diverse occasioni di interazione e dialogo con il docente e gli altri studenti.</p> <p>L'insieme delle attività del corso concorrono infine allo sviluppo delle capacità di apprendimento, attraverso la rielaborazione delle conoscenze acquisite, i riferimenti ad applicazioni reali e interdisciplinari e lo stimolo ad affrontare nuovi problemi in autonomia (D.5).</p>

## MODULO SENSORS

Prof. LEONARDO D'ACQUISTO

### TESTI CONSIGLIATI

- Doebelin, Ernest O. - "Strumenti e metodi di misura" " II edizione – McGraw-Hill, 2008
- Dispense a cura del docente in formato pdf

TIPO DI ATTIVITA'	C
AMBITO	20917-Attività formative affini o integrative
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	64
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITA' DIDATTICHE ASSISTITE	36

### OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO

I sensori e la strumentazione di misura rivestono una enorme importanza in una grande varietà di ambiti applicativi. La crescita del livello tecnologico della strumentazione di misura è stata particolarmente significativa, e tuttavia si pone ancora una limitata attenzione alla validazione dei dati di misura. Lo scopo principale di questo modulo del corso è quello di fornire una solida base per la configurazione di sistemi di misura efficaci per ottenere dati sperimentali validi di grandezze meccaniche e termiche di grande diffusione in diversi ambiti dell'ingegneria.

## PROGRAMMA

ORE	Lezioni
30	<p>Sensori e trasduttori per le misure meccaniche e termiche</p> <p>Misure di moto</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Spostamenti relativi lineari ed angolari: Trasduttori resistivi - Trasformatori differenziali - Captatori induttivi e capacitivi - Sistemi Synchro - Captatori piezoelettrici - Sistemi elettroottici - Sistemi digitali</li><li>- Velocità relative lineari e angolari: Misura indiretta - Tachimetri meccanici ed elettrici - Stroboscopi -</li></ul> <p>Trasduttori elettromagnetici</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Strumenti a massa sospesa per misure di spostamenti, velocità ed accelerazioni assolute</li><li>- Misura di deformazioni - Gli estensimetri elettrici a resistenza. La resistenza elettrica. La sensibilità alla</li></ul> <p>deformazione dell'ER: la sensibilità alle deformazioni assiale e trasversale, il fattore di taratura K, determinazione sperimentale di K. Linearità, coefficiente di temperatura del fattore di taratura. La sensibilità</p> <p>alla temperatura: deformazione termica apparente, compensazione mediante ER compensatori ed ER</p> <p>autocompensati, Il circuito di misura della resistenza. Il ponte di Wheatstone a deviazione – equazione dell'estensimetria. Sistemi di alimentazione del ponte. Tipi di collegamento: quarto di ponte, mezzo ponte, ponte completo. Caratteristiche dinamiche.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Misure di forze e di coppie meccaniche: Elementi primari di conversione - Misure di coppie su alberi rotanti.</li></ul> <p>Celle di carico estensimetriche</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Misure di pressione: Elementi primari di conversione - Manometri a diaframma - Vacuometri elettrici</li><li>- Misure di temperatura: Termometri meccanici - Termocoppie - Termometri a resistenza – Pirometri. Uso della</li></ul> <p>legge di Plank. Pirometri a irraggiamento totale. Pirometri a irraggiamento monocromatico a scomparsa di</p> <p>filamento.</p>
ORE	Esercitazioni
6	Procedure di taratura di strumentazione di misura per misure meccaniche e termiche

**MODULO  
AUTOMATIC MEASUREMENT SYSTEMS**

*Prof.ssa VALENTINA COSENTINO*

**TESTI CONSIGLIATI**

Lecturer course slides (Dispense del corso fornite dal docente)  
LabVIEW manual, available with software.  
NI teaching material, tutorials, white papers, datasheets, scientific articles (chosen during the course for case studies analysis and practical exercises)

<b>TIPO DI ATTIVITA'</b>	C
<b>AMBITO</b>	20917-Attività formative affini o integrative
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	80
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITA' DIDATTICHE ASSISTITE</b>	45

**OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO**

Il modulo ha lo scopo di fare conoscere gli aspetti fondamentali riguardanti i sistemi automatici di misura e la strumentazione virtuale per il monitoraggio, la verifica, il controllo e la gestione di processi, macchine e impianti elettrici e industriali. A tal fine, gli obiettivi formativi del modulo riguardano le seguenti conoscenze e competenze:

- conoscenza delle principali caratteristiche e tipologie di sistemi automatici di misura, nonché dei criteri essenziali per la loro realizzazione e gestione, con particolare riguardo a quelli basati su PC e schede di acquisizione dati;
- conoscenza e comprensione degli aspetti metrologici fondamentali relativi all'acquisizione ed elaborazione numerica dei segnali;
- capacità di affrontare problematiche relative alla progettazione e realizzazione di strumentazione virtuale per l'analisi dei segnali nel dominio del tempo e della frequenza e per la gestione di sistemi di acquisizione dati e di strumentazione di misura tramite PC.

**PROGRAMMA**

ORE	Lezioni
12	Sistemi automatici di misura (SAM). Introduzione ai SAM e ambiti applicativi. SAM per la misura di una grandezza fisica. Tipologie di SAM, principi generali, architettura di base. Catena di misura, elementi di un SAM. Schede di acquisizione dati: caratteristiche generali, tipologie, specifiche tecniche e criteri di scelta. Gestione di input/output analogici e digitali (AIO-DIO). Sistemi basati su PC e schede di acquisizione dati (PC-based instruments). Acquisizione ed elaborazione numerica dei segnali: aspetti metrologici. Conversione A/D: campionamento, quantizzazione e codifica. Tipologie di convertitori analogico-digitali (ADC). Specifiche tecniche, requisiti di accuratezza statici e dinamici dei convertitori. Errore di quantizzazione, risoluzione in ampiezza. Tecniche di riduzione dell'errore di quantizzazione. Teorema del campionamento, aliasing, tecniche anti-aliasing. Analisi in frequenza di segnali digitali. Finestra di osservazione e risoluzione in frequenza. Spectral leakage, scallop loss. Tecniche di riduzione degli errori di scallop loss e interferenza armonica.
9	Elementi di programmazione in LabVIEW. Ambiente di programmazione. Front panel, block diagram, control palette, function palette, tool palette, status toolbar. Creazione e utilizzo di VI in LabVIEW. Block diagram e codice. Dataflow nei programmi di LabVIEW. Comandi principali; collegamenti e tipi di dati; strumenti di debug; Controlli, funzioni, Express VIs, Standard VIs. Strutture di programmazione. Cicli for e while. Array e matrici. Clusters. Case structure. Sequenze structure. Shift register. Software timing dei VIs. Documentazione del codice. Programmazione modulare. SubVIs. Front panel e interfaccia utente. Controllori, indicatori, grafici. Libreria waveform. Libreria Express. Lettura e scrittura di files. DQAmx, DAQ Assistant. Controllo di strumenti di misura tramite LabVIEW, drivers degli strumenti.
ORE	Esercitazioni
6	Esercizi di base di programmazione in LabVIEW.
ORE	Laboratori
18	Sviluppo di strumenti virtuali in ambiente LabVIEW per l'acquisizione di segnali provenienti da sensori e l'analisi dei segnali nel dominio del tempo e della frequenza. Gestione AIO e DIO di schede DAQ. Esempi di controllo di strumentazione di misura tramite LabVIEW. Realizzazione e gestione di SAM basati su PC e schede di acquisizione dati.