
Testi del Syllabus

Resp. Did.	CHIORBOLI Giovanni	Matricola: 004421
Anno offerta:	2016/2017	
Insegnamento:	1005756 - STRUMENTAZIONE ELETTRONICA E SENSORI + LABORATORIO	
Corso di studio:	5013 - INGEGNERIA ELETTRONICA	
Anno regolamento:	2016	
CFU:	12	
Anno corso:	1	
Periodo:	I° semestre	
Sede:	PARMA	



Testi in italiano

Lingua insegnamento	Italiano
Contenuti	<p>Il Corso è dedicato allo studio della moderna strumentazione elettronica e ai sensori e consiste in una parte di teoria (9 CFU) e in una di laboratorio (3CFU).</p> <ol style="list-style-type: none">1. STRUMENTAZIONE ELETTRONICA<ol style="list-style-type: none">1.1. componenti per il condizionamento dei segnali quali:<ol style="list-style-type: none">1.1.1. amplificatori elettronici1.1.2. filtri attivi1.1.3. circuiti non-lineari1.2. oscillatori1.3. rumore elettronico2. SENSORI<ol style="list-style-type: none">2.1. sensori e attuatori: modelli a costanti concentrate,2.2. trasduttori a conservazione di energia, dinamica dei sistemi lineari e non2.3. elasticità, tensori di sforzo e deformazione, matrici di rigidità e cedevolezza. Elementi di strutture meccaniche2.4. principi fisici di trasduzione, modellizzazione e applicazioni<ol style="list-style-type: none">2.4.1. sensori termici2.4.2. sensori di deformazione2.4.3. sensori capacitivi2.4.4. sensori magnetici2.4.5. sensori e attuatori magnetostrittivi2.4.6. sensori e attuatori piezoelettrici <p>Il progetto di laboratorio fornisce agli studenti un'opportunità di consolidare le loro conoscenze teoriche di elettronica e sensori e di introdurli all'arte e alla pratica del progetto circuitale nell'ambito della strumentazione di interfaccia con il mondo fisico. I progetti includono sensori elettrici, magnetici e piezo, strumentazione elettronica quale oscillatori e circuiti di condizionamento dei segnali. Verrà fornita una specifica o una descrizione funzionale, e gli studenti progetteranno il circuito, selezionando i componenti, costruiranno una breadboard o un circuito stampato, e lo caratterizzeranno. L'obiettivo sarà di realizzare progetti funzionali, in modo pragmatico e con attenzione al costo del progetto.</p>

Testi di riferimento

Testi di consultazione

A. S. Sedra, K. C. Smith, Circuiti per la microelettronica, EdiSES, 4a Ed. (sulla 6a in inglese), 2013

P.U.Calzolari, S.Graffi. Elementi di Elettronica, Zanichelli Editore.

S. Franco, Design with operational amplifiers and analog integrated circuits, 3rd ed., McGrawHill, 2002 (ISBN: 0071207031)

S.D. Senturia, Microsystem Design, Springer, 2001, (ISBN: 978-0-7923-7246-2) Cap.5-10

R. Pallas-Areny, J. G. Webster, Sensors and signal conditioning, 2nd ed., J. Wiley & Sons Inc., 2001 (ISBN: 0-471-33232-1)

J. Fraden, Handbook of modern sensors, Springer, 3a Ed.

Practical design techniques for sensor signal conditioning, Analog Devices, <http://www.analog.com/>

ADS manual.

Obiettivi formativi

Il corso si propone di fornire un'approfondita conoscenza e comprensione di:

1. modo di operare di oscillatori quasi-sinusoidali,
2. principi di condizionamento dei segnali nella strumentazione elettronica,
3. analisi di rumore
4. filtri attivi tempo-continui
5. principi fisici di funzionamento dei sensori
6. modelli matematici di trasduzione fra differenti domini energetici

In aggiunta, uno studente che completi con successo il corso, dovrebbe essere in grado di fare le seguenti cose:

1. progettare oscillatori quasi-sinusoidali, filtri e circuiti di condizionamento dei segnali
2. progettare sensori e trasduttori per grandezze fisiche, i rispettivi circuiti d'interfaccia e accurate tecniche di misura

Infine, al termine dell'attività di laboratorio lo Studente potrà dimostrare

1. Abilità hardware e di utilizzo della strumentazione:

- 1.1. Capacità di utilizzo corretto della strumentazione di base da laboratorio
- 1.2. Capacità di verifica/comprendimento di un setup sperimentale
- 1.3. Capacità di progetto, costruzione e caratterizzazione di un insieme di circuiti di condizionamento dei segnali e di trasduttori per fare misure di interesse scientifico/tecnico

2. Abilità sperimentale e analitica:

- 2.1. capacità di progettare/pianificare e completare correttamente l'esperienza di laboratorio,
- 2.2. capacità di saper elaborare e presentare i dati sperimentali,
- 2.3. capacità di analizzare e confrontare i risultati della modellizzazione matematica e delle simulazioni con i risultati sperimentali ottenuti,

3. Abilità tipica della pratica professionale:

- 3.1. capacità di comunicare in modo efficace in forma scritta le scelte di progetto, i passi e le difficoltà realizzative e l'analisi dei risultati sperimentali,
- 3.2. capacità di presentare oralmente in modo efficace le scelte di progetto, i passi e le difficoltà realizzative e l'analisi dei risultati sperimentali

Prerequisiti	<p>Familiarità con l'analisi dei circuiti analogici (modelli dei transistor, analisi ai piccoli segnali, compensazione in frequenza, etc.), blocchi fondamentali (amplificatori, specchi, etc.) come visti in Elettronica 2.</p> <p>Familiarità con l'utilizzo degli strumenti di misura.</p>
Metodi didattici	<p>Ci saranno 33 Lezioni da 2 ore ciascuna e un certo numero di esercizi da svolgere a casa.</p> <p>Verrà inoltre assegnato un progetto di laboratorio, che sarà sviluppato nel corso di 11 settimane (4 ore consecutive alla settimana).</p> <p>Maggiori informazioni saranno disponibili all'inizio del corso sulla pagina web</p>
Altre informazioni	<p>Indirizzo: http://elly.dii.unipr.it</p>
Modalità di verifica dell'apprendimento	<p>Valutazione:</p> <p>Compiti a casa: 2/16</p> <p>Presentazione orale del progetto prima di Natale: 2/16</p> <p>Rapporto dovuto entro la fine di Gennaio: 3/16</p> <p>Esame orale: 9/16</p>
Programma esteso	<p>Argomenti di teoria:</p> <p>1. STRUMENTAZIONE ELETTRONICA (36 ore)</p> <p>1.1. componenti per il condizionamento dei segnali quali: (Totale: 20 ore)</p> <p>1.1.1. amplificatori elettronici (11 ore)</p> <p>1.1.1.1. amplificatori operazionali a retroazione di tensione (VFA): elementi aggiuntivi su compensazione per carichi capacitivi, schemi di pre-amplificazione per fotodiodi e amplificatori di carica, regole di layout per amplificatori con bassissime correnti di leakage in applicazioni elettrometriche e similari (2 ore)</p> <p>1.1.1.2. amplificatori operazionali a retroazione di corrente o trans-impedenza (CFA): schema circuitale semplificato e modello funzionale, caratteristica di banda, slew-rate, problemi di stabilità, circuiti di base (VCVS, VCCS, CCVS, CCCS, integratori) (5 ore)</p> <p>1.1.1.3. amplificatori operazionali a trans-conduttanza (OTA): caratteristiche (1 ora)</p> <p>1.1.1.4. amplificatori ad isolamento, (1 ora)</p> <p>1.1.1.5. differenziali e per strumentazione (soluzioni comuni a VFA, CFA e OTA) (2 ore)</p> <p>1.1.2. filtri attivi (6 ore)</p> <p>1.1.2.1. specifiche</p> <p>1.1.2.2. sintesi di filtri passa-basso di Butterworth e Chebyshev</p> <p>1.1.2.3. trasformazioni di frequenza per la sintesi di filtri passa-alto e passa-banda</p> <p>1.1.2.4. sintesi con sezioni Bi-Lin e Bi-Quad</p> <p>1.1.2.5. Sintesi attiva RC</p> <p>1.1.2.6. Sensitività</p> <p>1.1.3. circuiti non-lineari (amplificatori logaritmici, moltiplicatori) (3 ore)</p> <p>1.2. oscillatori sinusoidali (10 ore)</p> <p>1.2.1. Concetti di oscillatore a retroazione positiva e a resistenza negativa</p> <p>1.2.2. requisiti per l'innescò dell'oscillazione e transitorio</p> <p>1.2.3. Limiti di ampiezza, controllo di frequenza</p> <p>1.2.4. oscillatori RC, LC, al quarzo, schemi a tre punti</p> <p>1.3. rumore elettronico (6 ore)</p> <p>1.3.1. analisi di rumore nei circuiti passivi; rumore nei diodi, BJT e FET noise; rumore $1/f$;</p> <p>1.3.2. analisi di rumore a due-porte, ruolo della resistenza di sorgente, tensione di rumore equivalente in ingresso</p> <p>1.3.3. cifra di rumore, rumore di ingresso totale a blocchi in cascata</p> <p>2. SENSORI (30 ore)</p> <p>2.1. sensori e attuatori: introduzione, modelli a costanti concentrate; (1 ora)</p> <p>2.2. trasduttori a conservazione di energia, dinamica dei sistemi lineari e non-lineare con esempi a trasduttori elettrostatici e magnetici (5 ore)</p>

2.3. Elasticità, tensori di sforzo e deformazione, matrici di rigidità e cedevolezza. Elementi di strutture meccaniche (4 ore)

2.4. Principi fisici di trasduzione, modelli e applicazioni

2.4.1. sensori termici (3 ore)

2.4.1.1. espansione termica, trasferimento del calore, effetti Seebeck and Peltier

2.4.1.2. termocoppie,

2.4.1.3. sensori a giunzione pn,

2.4.1.4. RTD (sensori a conduttore), Termistori NTC e PTC

2.4.1.5. anemometro a filo caldo

2.4.2. sensori di deformazione (4 ore)

2.4.2.1. resistenza e resistività specifica, sensibilità alla temperatura e alle deformazioni nei conduttori, effetto piezoresistivo,

2.4.2.2. tecniche di condizionamento dei segnali per sensori resistivi (ponti, linearizzazione)

2.4.3. sensori capacitivi (1 ora)

2.4.3.1. esempi di applicazione

2.4.4. sensori magnetici (5 ore)

2.4.4.1. magnetismo (leggi di Faraday, Ampère, induzione),

2.4.4.2. applicazioni (fluxgate, search-coil, LVDT), condizionamento (rilevatore sincrono applicato al fluxgate)

2.4.4.3. effetto Hall e magnetoresistenze

2.4.5. magnetostrizione, applicazioni a attuatori e sensori di posizione (1 ora)

2.4.6. sensori piezoelettrici (6 ore)

2.4.6.1. effetto piezoelettrico, modelli

2.4.6.2. condizionamento dei segnali nel progetto pratico di sensori a bassa-frequenza e alla risonanza

Il progetto di laboratorio fornisce agli studenti un'opportunità di consolidare le loro conoscenze teoriche di elettronica e sensori e di introdurli all'arte e alla pratica del progetto circuitale nell'ambito della strumentazione di interfaccia con il mondo fisico. I progetti includono sensori elettrici, magnetici e piezo, strumentazione elettronica quale oscillatori e circuiti di condizionamento dei segnali.

Verrà fornita una specifica o una descrizione funzionale, e gli studenti progetteranno il circuito, selezionando i componenti, costruiranno una breadboard o un circuito stampato, e lo caratterizzeranno. L'obiettivo sarà di realizzare progetti funzionali, in modo pragmatico e con attenzione al costo del progetto.



Testi in inglese

Lingua insegnamento

Italian

Contenuti

To introduce students with the fundamentals of modern electronic instrumentation and sensor principles. 9 CFU will be dedicated to lessons and 3 CFU to a laboratory project.

Topics include:

1. ELECTRONIC INSTRUMENTS

1.1. signal conditioning components such as:

1.1.1. electronic amplifiers

1.1.2. active filters

1.1.3. non-linear circuits

1.2. oscillators

1.3. electronic noise

2. SENSORS

2.1. sensors and actuators: lumped models,

2.2. energy-conserving transducers, linear and non-linear system dynamics

2.3. elasticity, stress and strain tensors, stiffness and compliance matrices.

Elements of mechanical structures
2.4. physical principles of sensing, modeling and applications
2.4.1. thermal sensors
2.4.2. strain sensors
2.4.3. capacitive sensors
2.4.4. magnetic sensors
2.4.5. magnetostrictive sensors and actuators
2.4.6. piezoelectric sensors and actuators

The lab project will be designed to provide students with an opportunity to consolidate their theoretical knowledge of electronics and sensors and to acquaint them with the art and practice of circuit and product design.

Projects include electric, magnetic and piezo sensors, electronic instrumentation such oscillators and signal-conditioning circuits. A specification or functional description will be provided, and the students will design the circuit, select all components, construct a breadboard or a PCB, and test. The objective will be functional, pragmatic, cost-effective designs.

Software: ADS and Matlab

Testi di riferimento

General purpose book:

A. S. Sedra, K. C. Smith, Circuiti per la microelettronica, EdiSES, 4a Ed. (sulla 6a in inglese), 2013

S. Franco, Design with operational amplifiers and analog integrated circuits, 3rd ed., McGrawHill, 2002 (ISBN: 0071207031)

S.D. Senturia, Microsystem Design, Springer, 2001, (ISBN: 978-0-7923-7246-2) Cap.5-10

R. Pallas-Areny, J. G. Webster, Sensors and signal conditioning, 2nd ed., J. Wiley & Sons Inc., 2001 (ISBN: 0-471-33232-1)

J. Fraden, Handbook of modern sensors, Springer, 3a Ed.

Practical design techniques for sensor signal conditioning, Analog Devices, <http://www.analog.com/>

ADS manual.

Obiettivi formativi

The course aims at providing an in-depth understanding of:

1. operation of quasi-sinusoidal oscillators,
2. fundamentals of the analogue signal conditioning chain in electronic instruments,
3. noise analysis
4. continuous-time active filters
5. physical principles of sensors
6. models of transduction between different energy domains

Moreover, a student who successfully fulfills the course requirements, should be able to do the followings:

1. design quasi-sinusoidal oscillators, filters and signal conditioning circuits
2. design of sensor/transducer elements for physical measureands, their respective interface electronics and precision measurement techniques

Finally, thanks to lab practice, students should

1. demonstrate hardware and equipment skills:

- 1.1. Demonstrate the safe and proper use of basic laboratory equipment
- 1.2. Demonstrate proper techniques for debugging/troubleshooting an experimental setup
- 1.3. Design, build, and characterise a custom set of signal conditioning circuits and transducers to make engineering and/or scientific measurements

- 2. demonstrate experimental and analytical skills:
 - 2.1. Demonstrate the design/planning and completion of safe experiments,
 - 2.2. Demonstrate manipulation and presentation of experimentally-obtained data,
 - 2.3. Analyze and compare the results of mathematical and computer modeling of an experiment with actual experimental results
- 3. demonstrate the beginnings of professional practice:
 - 3.1. Effectively communicate in written form the design, completion, and analysis of experiments,
 - 3.2. Effectively communicate by oral presentation the design, completion, and analysis of experiments

Prerequisiti

Familiarity with analog circuit analysis (transistor models, small signal circuit analysis, frequency compensation, etc.), building blocks (amplifiers, mirrors, etc.) as taught in Elettronica 2.
Familiarity with electronic instruments.

Metodi didattici

There will be 33 Lectures of 2 hours each and a number of homework assignments.
Moreover, there will be a laboratory assignment. The project will be developed during 11 weeks (4 consecutive hours per week)
More informations will be available at the beginning of the semester in the web page

Altre informazioni

Address: <http://elly.dii.unipr.it>

Modalità di verifica dell'apprendimento

Grading:
Homework assignments: 2/16
Oral examination: 9/16
Oral presentation of the project, due before Christmas: 2/16
Report due to the end of January: 3/16

Programma esteso

Lessons:

1. ELECTRONIC INSTRUMENTATION (36 h)
 - 1.1. signal conditioning components such as: (Total: 20 h)
 - 1.1.1. electronic amplifiers (11 h)
 - 1.1.1.1. voltage feedback amplifiers (VFA): complements about compensation to handle capacitive loads, photosensor and charge amplifiers, PCB layout issues for ultra-low leakage amplifiers in electrometers (2 h)
 - 1.1.1.2. current feedback amplifiers (CFA): behavioural model and simplified circuit diagram, bandwidth, slew-rate, stability issues, basic circuits (VCCVS, VCCS, CCVS, CCCS, integrators) (5 h)
 - 1.1.1.3. transconductance operational amplifiers (OTA): characteristics (1 h)
 - 1.1.1.4. isolation amplifiers, (1 h)
 - 1.1.1.5. differential amplifiers and instrumentation amplifiers (common solutions using VFAs, CFAs and OTAs) (2 h)
 - 1.1.2. active filters (6 h)
 - 1.1.2.1. specifications
 - 1.1.2.2. synthesis of Butterworth and Chebyshev low-pass filters
 - 1.1.2.3. frequency transformations for the synthesis of high-pass and pass-band filters
 - 1.1.2.4. synthesis by Bi-Lin and Bi-Quad sections
 - 1.1.2.5. active RC synthesis
 - 1.1.2.6. sensitivity
 - 1.1.3. non-linear circuits (logarithmic amplifiers, multipliers) (3 ore)
 - 1.2. oscillators (10 h)
 - 1.2.1. positive feedback and negative resistance oscillator concepts
 - 1.2.2. oscillator start-up requirement and transient
 - 1.2.3. amplitude limits, frequency control
 - 1.2.4. RC, LC, crystal oscillators
 - 1.3. Electronic noise (6 h)

- 1.3.1. noise analysis in passive circuits; diode, BJT and FET noise; $1/f$ noise;
- 1.3.2. two-port noise analysis, role of source resistance, equiv. input noise voltage
- 1.3.3. noise figure, total input noise for cascaded blocks

2. SENSORS (30 h)

- 2.1. sensors and actuators: introductions, lumped modeling; (1 h)
- 2.2. energy-conserving transducers, linear and non-linear system dynamics: applications to electrostatic and magnetic transducers (5 h)
- 2.3. Elasticity, stress and strain sensors, stiffness and compliance matrices. Elements of mechanical structures (4 h)
- 2.4. Physical principles of sensing, modeling and applications
 - 2.4.1. Thermal sensors (3 h)
 - 2.4.1.1. thermal expansion, heat transfer, Seebeck and Peltier effects
 - 2.4.1.2. thermocouples,
 - 2.4.1.3. pn junction sensors,
 - 2.4.1.4. RTD (conductor sensors such as PT100), Thermistors NTC and PTC
 - 2.4.1.5. Hot-wire anemometer
 - 2.4.2. Strain sensors (4 h)
 - 2.4.2.1. resistance and specific resistivity, strain sensitivity in conductors, piezoresistive effect
 - 2.4.2.2. signal conditioning for resistive sensors (bridges, linearization)
 - 2.4.3. capacitive sensors (1 h)
 - 2.4.3.1. applications
 - 2.4.4. magnetic sensors (5 h)
 - 2.4.4.1. magnetism (Faraday, Ampère, induction laws),
 - 2.4.4.2. applications (fluxgate, search-coil, LVDT), conditioning (synchronous detector for instance in the fluxgate)
 - 2.4.4.3. Hall effect and magnetoresistors
 - 2.4.5. magnetostriction, applications to actuators and linear, non-contact sensors (1 h)
 - 2.4.6. piezoelectric sensors and actuators (6 h)
 - 2.4.6.1. piezoelectric effect, models
 - 2.4.6.2. signal conditioning at low-frequency and at resonance

Laboratory: (4 x 11 hours)

The lab project will be designed to provide students with an opportunity to consolidate their theoretical knowledge of electronics and sensors and to acquaint them with the art and practice of circuit and product design.

Projects include electric, magnetic and piezo sensors, electronic instrumentation such as oscillators and signal-conditioning circuits. A specification or functional description will be provided, and the students will design the circuit, select all components, construct a breadboard or a PCB, and test. The objective will be functional, pragmatic, cost-effective designs.