

Testi del Syllabus

Resp. Did. **FERRARI VITTORIO** **Matricola: 001794**

Docenti **FERRARI MARCO, 1.36 CFU**
FERRARI VITTORIO, 7.64 CFU

Anno offerta: **2018/2019**

Insegnamento: **750603 - ELETTRONICA PER STRUMENTAZIONE, SENSORI E MICROSISTEMI**

Corso di studio: **05821 - INGEGNERIA ELETTRONICA**

Anno regolamento: **2017**

CFU: **9**

Settore: **ING-INF/01**

Tipo Attività: **B - Caratterizzante**

Anno corso: **2**

Periodo: **secondo semestre**



Testi in italiano

Lingua insegnamento Italiano, con materiale didattico prevalentemente in Inglese.

Contenuti

La prima parte del corso tratta tecniche e circuiti per l'estrazione e l'elaborazione dell'informazione nella strumentazione elettronica, con particolare riferimento all'interfacciamento di sensori. Sono affrontati l'amplificazione del segnale e la riduzione dei contributi indesiderati di disturbo dovuti a rumore, interferenza e grandezze di influenza, nell'ottica complessiva di massimizzare il rapporto segnale-disturbo. La seconda parte del corso riguarda sensori e microsistemi elettromeccanici (MEMS). Sono affrontati effetti di trasduzione, tecnologie costruttive, e interfacciamento a circuiti elettronici di trattamento del segnale.

Sono presentati metodi di sviluppo e esempi di dispositivi e sistemi, applicazioni attuali in ambito industriale e recenti tendenze di ricerca, tra cui energy harvesting per alimentazione di sensori wireless, sistemi indossabili per rilevazione di parametri fisiologici..

1. Concetti generali

Misura, informazione, segnale. Disturbi, rumore, interferenza. Grandezze di influenza.

2. Amplificazione, rumore, interferenza

Amplificazione DC e AC. Rumore elettronico nei circuiti, rapporto segnale/rumore. Interferenze elettromagnetiche (EMI) e loro contenimento nei collegamenti cablati.

3. Tecniche di estrazione dell'informazione e miglioramento del rapporto segnale-disturbo

Modulazione e demodulazione. Rilevazione sensibile alla fase. Lock-in. Filtraggio. Tecniche di media (averaging). Correlazione.

4. Richiami su sensori, attuatori e sistemi di trasduzione

Caratteristiche e ruolo in differenti applicazioni, dai principi di trasduzione alla realizzazione di sistemi e microsistemi basati su sensori e attuatori.

Tecnologie tradizionali e avanzate.

5. Tecnologie di microlavorazione e MEMS

Tecnologie di microfabbricazione e microlavorazione del silicio (silicon micromachining): sviluppo e evoluzione di microdispositivi e MEMS (MicroElectroMechanical Systems). Il silicio come materiale per sensori: proprietà strutturali, elettriche e meccaniche. Microlavorazione di superficie e di volume (surface e bulk micromachining). Processi di fabbricazione: deposizione, litografia, attacco chimico e fisico (etching) e definizione di geometrie, assemblaggio e incapsulamento (bonding e packaging).

6. Progetto di sensori e MEMS

Effetti fisici utilizzati in sensori e MEMS: piezoresistivo, piezoelettrico, piroelettrico, termoelettrico, capacitivo-resistivo-induttivo e a variazione di impedenza. Configurazioni di sensori: ad anello aperto, retroazionate ad anello chiuso (servo), risonanti. Metodi di ausilio alla progettazione: descrizione analitica, modellizzazione mediante analogie elettromeccaniche e elettrotermiche, simulazioni numeriche a elementi finiti, progettazione assistita al computer. Esempio di utilizzo di strumenti di progettazione software applicato a un processo tecnologico per sensori e MEMS.

Analisi e soluzioni di sviluppo di sensori e MEMS, per esempio per la misura di microdeformazione (strain), pressione, forza, accelerazione, inclinazione, massa, proprietà di film e di liquidi.

7. Sistemi e applicazioni

Sensori e circuiti elettronici di interfaccia e elaborazione del segnale: sistemi a blocchi discreti, microsistemi integrati, sensori intelligenti (smart). Sensori a uscita cablata e senza cavo (wireless). Interfacce di uscita e collegamento tra sensori. Alimentazione di sensori: sorgenti di alimentazione esauribili, ricaricabili, alimentazione tramite tecniche di recupero di energia dall'ambiente (energy harvesting), sensori autonomi.

8. Attività sperimentale e progettuale di laboratorio

Approfondimento di temi specifici riguardanti circuiti elettronici di interfaccia per sensori e microsistemi, MEMS e strumentazione attraverso implementazioni hardware e/o software.

Libri di testo/Libri consigliati (vedere “?” al fine dell’acquisizione dei libri allo SBA)

Materiale didattico predisposto e reso disponibile dal docente on line durante il corso.

Testi di consultazione:

- R. Pallás-Areny, J. G. Webster, “Sensors and Signal Conditioning” 2nd Edition, John Wiley & Sons, 2001.
- S. D. Senturia, “Microsystem Design”, Kluwer Academic Publishers, 2001.

Obiettivi formativi

Il corso mira a fornire conoscenze e sviluppare capacità progettuali su circuiti e tecniche per il trattamento dei segnali nella strumentazione elettronica, e su sensori e microsistemi.

Prerequisiti

Circuiti e sistemi elettronici analogici, digitali e misti, nozioni di teoria dei segnali, nozioni di fisica dei semiconduttori.

Metodi didattici

Seguendo un approccio orientato alla progettazione, il corso comprende una parte di didattica frontale sui contenuti generali, affiancata da un'attività sperimentale e progettuale di laboratorio in cui gli studenti concorderanno col docente l'approfondimento di temi specifici di loro interesse.

Modalità di verifica dell'apprendimento

Prova scritta sull'intero programma, seguita dalla redazione di una relazione sul progetto svolto e dalla sua esposizione in forma orale. Il punteggio finale deriva dalla media ponderata tra voto della prova scritta (massimo 32/30) e voto della relazione di progetto e sua esposizione (massimo 30/30).

Programma esteso

1. Concetti generali

Misura, informazione, segnale. Disturbi, rumore, interferenza. Grandezze di influenza.

2. Amplificazione, rumore, interferenza

Amplificazione DC e AC. Rumore elettronico nei circuiti, rapporto segnale/rumore. Interferenze elettromagnetiche (EMI) e loro contenimento nei collegamenti cablati.

3. Tecniche di estrazione dell'informazione e miglioramento del rapporto segnale-disturbo

Modulazione e demodulazione. Rilevazione sensibile alla fase. Lock-in. Filtraggio. Tecniche di media (averaging). Correlazione.

4. Richiami su sensori, attuatori e sistemi di trasduzione

Caratteristiche e ruolo in differenti applicazioni, dai principi di trasduzione alla realizzazione di sistemi e microsistemi basati su sensori e attuatori. Tecnologie tradizionali e avanzate.

5. Tecnologie di microlavorazione e MEMS

Tecnologie di microfabbricazione e microlavorazione del silicio (silicon micromachining): sviluppo e evoluzione di microdispositivi e MEMS (MicroElectroMechanical Systems). Il silicio come materiale per sensori: proprietà strutturali, elettriche e meccaniche. Microlavorazione di superficie e di volume (surface e bulk micromachining). I processi di fabbricazione: processi di deposizione, litografia, processi di attacco chimico e fisico (etching) e definizione di geometrie, assemblaggio e incapsulamento (bonding e packaging).

6. Progetto di sensori e MEMS

Effetti fisici utilizzati in sensori e MEMS, anche con riferimento ai materiali: piezoresistivo, piezoelettrico, piroelettrico, termoelettrico, capacitivo-resistivo-induttivo e a variazione di impedenza. Configurazioni di sensori: ad anello aperto, retroazionate ad anello chiuso (servo), risonanti. Metodi di ausilio alla progettazione: descrizione analitica, modellizzazione mediante analogie elettromeccaniche e elettrotermiche, simulazioni numeriche a elementi finiti, progettazione assistita al computer. Esempio di utilizzo di strumenti di progettazione software applicato a un processo tecnologico per sensori e MEMS.

Analisi e soluzioni di sviluppo di sensori e MEMS, per esempio per la misura di microdeformazione (strain), pressione, forza, accelerazione, inclinazione, massa, proprietà di film e di liquidi.

7. Sistemi e applicazioni

Sensori e circuiti elettronici di interfaccia e elaborazione del segnale: sistemi a blocchi discreti, microsistemi integrati, sensori intelligenti (smart). Sensori a uscita cablata e senza cavo (wireless). Interfacce di uscita e cenni a standard di collegamento tra sensori. Alimentazione di sensori: sorgenti di alimentazione esauribili, ricaricabili, alimentazione tramite tecniche di recupero di energia dall'ambiente (energy harvesting), sensori autonomi. Discussione e approfondimento di applicazioni attuali in ambito industriale e tendenze di ricerca.

8. Attività sperimentale e progettuale di laboratorio

Approfondimento di temi specifici riguardanti circuiti elettronici di interfaccia per sensori e microsistemi, MEMS e strumentazione attraverso implementazioni hardware e/o software.



Testi in inglese

Italian, with learning material mostly in English.

INSTRUMENTATION ELECTRONICS, SENSORS AND MICROSYSTEMS

The first part of the course deals with techniques and circuits for the extraction and processing of measurement information in electronic instrumentation, with special focus on sensor interfacing. The two combined aspects of signal amplification, plus mitigation of disturbing effects due to noise, interference and influencing quantities are jointly considered, with the general goal of maximizing signal-to-noise ratio.

The second part of the course deals with sensors and microsystems. The main aspects treated are transduction effects, fabrication technologies and interfacing to signal-conditioning electronic circuits.

Techniques, development methods and devices are presented and discussed with reference to up-to-date applications and recent research trends, such as micro-electromechanical systems (MEMS), energy-harvesting for powering wireless autonomous sensors, wearable systems for monitoring physiological parameters in medical applications.

Course syllabus

1. General concepts on information and signals, noise, interference and influencing quantities.
2. Amplification of DC and AC signal sources, electronic noise in circuits, electromagnetic interference (EMI) and mitigation in cabled connections.
3. Techniques for information extraction and signal-to-noise ratio maximization: modulation and demodulation, phase-sensitive detection, lock-in amplifiers, filtering, averaging, correlation.
4. Introduction on sensors, actuators and transduction systems.
5. Microfabrication technologies and MEMS.
6. Sensor and microsystem design.
7. Sensor systems and applications.
8. Project-based laboratory activity.

Lecture short-notes and support material prepared by the instructor and made available on line.

Reference textbooks:

- R. Pallás-Areny, J. G. Webster, "Sensors and Signal Conditioning" 2nd Edition, John Wiley & Sons, 2001.
- S. D. Senturia, "Microsystem Design", Kluwer Academic Publishers, 2001.

The course is intended to provide skills and develop design abilities on circuits and techniques for signal treatment in electronic instrumentation, and on sensors and microsystems.

Electronic circuits and systems (analog, digital and mixed-signal), basics of signal theory, basics of semiconductor physics.

Following a design-oriented approach, the course includes lectures on both fundamentals and more advanced topics, followed by a project-based laboratory activity where students agree with the instructor to deepen into specific topics of interest and design case studies.

Written test on the course contents, delivery of a written report on the laboratory project and oral presentation of the results.

The final grade comes from the weighted average of the results of the written test (maximum 32/30 points) and the report plus presentation (maximum 30/30 points).

Course syllabus

1. General concepts on information and signals, noise, interference and influencing quantities.

2. Amplification of DC and AC signal sources, electronic noise in circuits, electromagnetic interference (EMI) and mitigation in cabled connections.
3. Techniques for information extraction and signal-to-noise ratio maximization: modulation and demodulation, phase-sensitive detection, lock-in amplifiers, filtering, averaging, correlation.
4. Introduction on sensors, actuators and transduction systems.
5. Microfabrication technologies and MEMS.
6. Sensor and microsystem design.
7. Sensor systems and applications.
8. Project-based laboratory activity.