

# Testi del Syllabus

Resp. Did.	<b>CHIORBOLI Giovanni</b>	Matricola: <b>004421</b>
Anno offerta:	<b>2015/2016</b>	
Insegnamento:	<b>02126 - MISURE ELETTRONICHE</b>	
Corso di studio:	<b>3050 - INGEGNERIA INFORMATICA, ELETTRONICA E DELLE TELECOMUNICAZIONI</b>	
Anno regolamento:	<b>2013</b>	
CFU:	<b>6</b>	
Settore:	<b>ING-INF/07</b>	
Tipo Attività:	<b>C - Affine/Integrativa</b>	
Anno corso:	<b>3</b>	
Periodo:	<b>Secondo Semestre</b>	
Sede:	<b>PARMA</b>	



## Testi in italiano

### **Tipo testo**

### **Testo**

#### **Lingua insegnamento**

Italiano

#### **Contenuti**

Il corso si propone di fornire le nozioni di base della moderna metrologia con particolare riferimento alle misure elettroniche.

Il corso tratta i seguenti argomenti:

1) Introduzione di carattere teorico-generale alla metrologia (modello di un sistema di misura, Sistema Internazionale, e campioni) e alla valutazione dell'incertezza di misura.

2) Analisi di alcuni elementi costitutivi di un sistema di misura elettronico: non-idealità di resistori, condensatori e induttori; non-idealità statiche e rumore negli amplificatori operazionali; loro effetto in semplici problemi di misura; caratteristiche metrologiche e architetture di alcuni convertitori analogico-digitali; caratteristiche metrologiche dei convertitori digitali-analogici ed esempio di DAC a rete R-2R.

3) Descrizione e utilizzo di alcuni strumenti elettronici di base: multimetro, oscilloscopio digitale, analizzatore di spettro, frequenzimetro e contatore di intervalli di tempo.

#### **Testi di riferimento**

J. R. Taylor, Introduzione all'analisi degli errori, II edizione, Zanichelli  
oppure, come alternativa,

P. Bevington, D. K. Robinson, Data Reduction and Error Analysis for Physical Sciences, McGraw-Hill; 3rd edition (July 23, 2002)

#### **Obiettivi formativi**

Alla fine del corso, gli studenti saranno in grado di conoscere e comprendere:

- come trattare i dati di misura, interpolare dati sperimentali e valutare la bontà dell'interpolazione;
- come stimare l'incertezza mediante una fase di progetto e misure

## Tipo testo

## Testo

multiple, come si propagano le incertezze individuali sul risultato finale di una misura;

- i principi operativi dell'acquisizione digitale dei dati e dell'analisi spettrale;
- alcuni circuiti di condizionamento dei segnali, valutandone le non-idealità più rilevanti;
- il funzionamento della strumentazione elettronica di base;

Saranno inoltre in grado di fare le seguenti cose:

- utilizzare la strumentazione di base in modo corretto;
- progettare, condurre e analizzare esperimenti di laboratorio;
- riportare in modo proprio i risultati, con un'avanzata competenza nelle comunicazioni e nell'interazione professionale.

## Prerequisiti

Elettronica (in particolare sul funzionamento degli amplificatori operazionali).  
Teoria dei segnali.

## Metodi didattici

Il corso è suddiviso in 17 lezioni da 2 ore ciascuna e 5 esperienze di laboratorio. Un elenco dettagliato degli argomenti delle lezioni, del materiale da leggere, delle attività di laboratorio e degli eventuali compiti a casa è disponibile sul sito on-line del corso.

## Modalità di verifica dell'apprendimento

Non sono previste prove in itinere.

L'esame consiste in un'unica prova divisa in tre fasi

- 1 - un esercizio scritto con semplici calcoli, che fungerà da ammissione alle fasi successive,
- 2 - la descrizione orale di un argomento di teoria,
- 3 - la verifica delle abilità pratiche nella conduzione e nell'analisi di un esperimento di laboratorio (sarà disponibile la strumentazione necessaria per le esercitazioni svolte in laboratorio).

## Programma esteso

1) Elementi teorici di metrologia: (12 ore)

1.1) Le misure per la descrizione dei fenomeni fisici. L'origine dell'incertezza. Grandezze fisiche, unità e campioni. Il Sistema Internazionale.

1.2) L'espressione dell'incertezza. Modello del processo di misura, errori ed incertezze, propagazione degli errori e delle incertezze. Valutazione di categoria A, ripetizioni delle misure e numero di gradi di libertà. Valutazioni di categoria B e assegnazione di una probabilità. Misure dirette ed indirette (incertezza composta). Livello di fiducia (incertezza estesa). Compatibilità delle misure.

1.3) Interpolazione ai minimi quadrati di dati sperimentali. Rigetto dei dati.

2) Componenti di un sistema di misura elettronico: (14 ore)

2.1) Comportamento non-ideale di resistori, condensatori, induttori.

2.2) Comportamento non-ideale di un op-amp: offset, corrente di polarizzazione, rumore (generatori equivalenti). Applicazione a qualche semplice circuito di misura.

2.3) La conversione Analogico-Digitale. L'effetto del campionamento e della quantizzazione sui segnali. Comportamento non ideale dei convertitori reali. Tecniche di dithering. Numero di bit equivalenti.

2.4) Architetture di convertitori A/D:

2.4.1) Convertitori a integrazione (a doppia rampa, multi-rampa, tensione-frequenza);

2.4.2) Convertitori per segnali variabili (flash o parallelo, convertitore con registro ad approssimazioni successive).

3) Strumentazione di misura di base: (8 ore)

3.1) Struttura di un multimetro numerale (Misure in DC ed in AC di

## Tipo testo

## Testo

3.2) Oscilloscopio digitale: struttura, trigger, memoria, campionamento in tempo reale e in tempo equivalente, interpolazione, elaborazione. Specifiche.

3.3) Spettro di un segnale campionato (ripiegamento delle righe, livello del piatto di rumore). Leakage e finestre per la FFT.

3.4) Struttura fisica e funzionamento dell'analizzatore di spettro a supereterodina.

3.5) Misure di intervallo di tempo, periodo e frequenza basate su un contatore elettronico. Contatore convenzionale e reciproco. Tecniche di interpolazione per le misure di intervalli di tempo. Incertezze di misura.

4) Attività di laboratorio:

4.1) realizzazione e caratterizzazione di un trigger di Schmitt e di un multivibratore astabile

4.2) realizzazione e caratterizzazione di un convertitore RMS-to-DC a calcolo implicito

4.3) realizzazione e caratterizzazione di un voltmetro V/f a bilanciamento di carica

4.4) realizzazione e caratterizzazione di un generatore di funzioni / VCO

4.5) realizzazione e caratterizzazione di un PLL



## Testi in inglese

### Tipo testo

### Testo

#### Lingua insegnamento

Italian

#### Contenuti

To introduce students with the fundamentals of modern metrology, with particular reference to the electronic measurements.

Topics include:

1) An introduction to metrology (measuring system modeling, International System of measurement units, electrical standards), and to evaluation of measurement uncertainty.

2) Analysis of some blocks of measurement systems: non-idealities of resistors, capacitors, and inductors; static non-idealities and noise of op-amps; their measurement effects, with reference to simple circuits; metrological characteristics and architectures of Analog-to-Digital converters; metrological characteristics of Digital-to-Analog converters, example of R-2R architecture.

3) Description and use of some basic instruments: multimeter, digital scope, spectrum analyser, frequency meter and time interval counter. Techniques, precautions for each measurement type, and required instrumentation configurations are stressed.

#### Testi di riferimento

J.R. Taylor, Introduction to Error Analysis: The Study of Uncertainties in Physical Measurements, University Science Books; 2nd edition (August 1, 1996)

As an alternative:

P. Bevington, D. K. Robinson, Data Reduction and Error Analysis for Physical Sciences, McGraw-Hill; 3rd edition (July 23, 2002)

#### Obiettivi formativi

By the end of the course, students should be able to understand:

- how to process measurement data, use curve fitting and evaluate the goodness of fit;
- how to estimate measurement uncertainty, using design stage and

## Tipo testo

## Testo

multiple measurement analysis; the propagation of individual uncertainties to final measurement results;

- operational principles of digital data acquisition and spectral analysis of data;
- basic signal conditioning circuits, evaluating more relevant non-idealities;
- basic electronics instruments behaviour.

Moreover, students should be able to do the followings:

- correctly apply basic instrumentation;
- design, conduct, and analyze laboratory experiments;
- properly report the results, with advance proficiency in professional communications and interactions.

## Prerequisiti

It is expected that students will know operational amplifiers and the signal theory

## Metodi didattici

The course is divided roughly in 17 lectures (2 hours each) and 5 labs. A detailed schedule of lectures, material to read, labs, and homework is available on the course website.

## Modalità di verifica dell'apprendimento

No midterm exam.

The examination consists of three steps:

- 1 - a written exercise with some simple computation: the students which pass this step gain access to the following steps,
- 2 - oral analysis of a theoretical argument,
- 3 - verification of practical skills in conducting and analyzing an experiment

## Programma esteso

1) Metrology theory: (12 hours)

1.1) Measurements for monitoring physical phenomena. Errors and uncertainty. Physical quantity, measurement units and standards. The International System of measurement units.

1.2) Modelling the measurement process: identifying sources of error, understanding and quantifying errors, codifying error effects on a specific reported value in a statement of uncertainty. Uncertainty propagation, type A and type B evaluations, composite and extended uncertainty, degrees of freedom. Measurement compatibility.

1.3) Least squares curve fitting of experimental data. Chauvenet's criterion of data rejection.

2) Components of electronic measurement systems: (14 hours)

2.1) Non-idealities in resistors, capacitors, and inductors.

2.2) Op-amp static non-idealities (offset, bias) and noise (input referred sources). Effects on some elementary measurement circuit.

2.3) Analog-to-Digital conversion. Sampling and quantisation. Non-idealities in real A/D converters. Dithering. Effective number of bits.

2.4) A/D converter's architectures:

2.4.1) Integrating converters (dual-slope, multi-slope, voltage-to-frequency);

2.4.2) A/D converters for time-varying signals (flash or parallel converter, interleaving, SAR-ADC).

3) Basic measurement instruments: (8 hours)

3.1) Digital multimeter architecture (DC and AC voltage and current, resistance).

3.2) Digital scope: architecture, trigger, memory, real-time and equivalent-time sampling, interpolation (linear versus sinc), processing. Passive and active probes. Specifications.

## **Tipo testo**

## **Testo**

3.3) Spectrum of a sampled signal (folding, noise level, leakage and windowing).

3.4) Superheterodyne spectrum analyser: architecture and behaviour.

3.5) Interval time, period, and frequency measurements: conventional and reciprocal electronic counter. Analogue and digital interpolation techniques for measuring time-intervals with picosecond resolution. Measurement uncertainty.

4) Laboratory

4.1) design and characterisation of a Schmitt trigger and of an astable multivibrator

4.2) design and characterisation of a RMS-to-DC converter with implicit RMS computation

4.3) design and characterisation of a charge balancing V/f converter

4.4) design and characterisation of a function generator / VCO

4.5) design and characterisation of a PLL