

# Laboratorio multidisciplinare di Elettronica I

## 1. DESCRITTORI

- 1.1 *Settore scientifico-disciplinare:* **FIS/01, ING/INF-02**
- 1.2 *Crediti formativi universitari:* **6**
- 1.3 *Docente:* **Andrea Mostacci, Stefano Pisa**
- 1.4 *Contatti docente:* **A. Mostacci** Tel. 06.49766866, [Andrea.Mostacci@uniroma1.it](mailto:Andrea.Mostacci@uniroma1.it)  
**S. Pisa** Tel. 06.44585842, [pisa@die.uniroma1.it](mailto:pisa@die.uniroma1.it)
- 1.5 *Offerto ai corsi di studio:* **MELR2**
- 1.6 *Calendarizzazione:* **primo semestre**
- 1.7 *Tipologia di valutazione:* **prova di laboratorio, esame orale con votazione in trentesimi**
- 1.8 *Anni accademici di riferimento:* **a.a. 2014/15**

## 2. OBIETTIVI DEL MODULO E CAPACITÀ ACQUISITE DALLO STUDENTE

### ITALIANO

Il modulo affronta i fondamenti delle misure a microonde per caratterizzare i dispositivi comunemente usati nei sistemi a microonde. Sono descritte sia la struttura che il funzionamento dei moderni analizzatori di reti vettoriali e degli analizzatori di spettro oltre che varie tecniche di misura (risposta in frequenza, fattore di rumore, rumore di fase, riflettometria nel dominio del tempo). Si discutono anche le tecniche di calibrazione e la valutazione dell'incertezza di misura. Sono previste svariate prove di laboratorio per la misura di componenti tipici quali filtri, attenuatori, divisori, accoppiatori direzionali, amplificatori, oscillatori, strutture guidanti, risonatori ed antenne.

### INGLESE

The module presents the fundamentals of microwave measurements to characterize the devices used in typical microwave systems. The structure and the operation of state of the art Vector Network Analyzers and Spectrum Analyzers are described as well as various measurement techniques (frequency response, noise factor, phase noise, time domain reflectometry). The calibration techniques and the evaluation of the measure uncertainty are discussed too. Extensive laboratory measurements are foreseen on typical filters, attenuators, dividers, directional couplers, amplifiers, oscillators, guiding structures, resonators and antennas.

## 3. RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

### ITALIANO

Gli studenti che abbiano superato l'esame saranno in grado di misurare i dispositivi a microonde più comuni sia a 1-porta (e.g. elementi concentrati R-L-C, risonatori, antenne), sia a 2-porte (e.g. attenuatori, cavi, guide d'onda, filtri e amplificatori), sia a 3-porte (e.g. divisori di potenza, circolatori) che a 4-porte (e.g. accoppiatori direzionali). Gli studenti saranno in grado di scegliere tanto lo strumento che la sua configurazione più adatta a caratterizzare il dispositivo con l'incertezza richiesta dalla misura. Infine gli studenti prenderanno confidenza con analizzatori di rete vettoriali e analizzatori di spettro allo stato dell'arte.

### INGLESE

Successful students will be able to measure any typical microwave component with 1-port (e.g. lumped element R-L-C, resonators, antennas), 2-ports (e.g. attenuators, cables, waveguides, filters, amplifiers), 3-ports (e.g. power splitters, circulators), 4-ports (e.g. directional couplers). He/She will be able to choose the instrument and its settings most appropriate to measure the device under test with the measurement uncertainty required. Eventually students will get acquainted with state of the art Vector Network Analysers and Spectrum Analysers.

#### **4. PROGRAMMA**

##### ITALIANO

**FONDAMENTI DI MISURE A MICROONDE:** Richiami sulle grandezze e i parametri caratteristici dei circuiti a microonde, richiami sulla teoria per la valutazione dell'incertezza delle misure. Rapporto fra la descrizione di reti a microonde con parametri S e costanti concentrate.

**ANALIZZATORE DI RETI:** Analizzatore di reti scalare e vettoriale (VNA) struttura e funzionamento, calibrazione dell'analizzatore di reti, tecniche di calibrazione SOLT, TRL, misure nel dominio del tempo dirette ed indirette, gating.

**ANALIZZATORE DI SPETTRO:** struttura e funzionamento, parametri degli analizzatori di spettro.

**MISURE SU RISONATORI:** misura di modi in cavità, fattore di qualità ed accoppiamento.

**MISURE DI RUMORE:** figura di rumore in amplificatori e rumore di fase in oscillatori.

**CARATTERIZZAZIONE DI MATERIALI:** tecniche in trasmissione e riflessione.

**MISURE DI CAMPO:** misure a banda stretta.

##### **LABORATORIO**

Descrizione del VNA e delle tecniche di calibrazione;

Misure di

- dispositivi a 1-porta: elementi concentrati R-L-C, risonatori, antenne
- dispositivi a 2-porte: attenuatori, cavi, guide d'onda, filtri e amplificatori
- dispositivi a 3-porte: divisori di potenza, circolatori
- dispositivi a 4-porte: accoppiatori direzionali
- riflettometria nel dominio del tempo
- costanti elettromagnetiche dei materiali

Descrizione dello SA;

Misure di

- oscillatori
- rumore di fase
- segnali modulati
- intercette di 2° e 3° ordine in amplificatori
- campo a banda stretta

##### INGLESE

**MICROWAVE MEASUREMENT FOUNDATIONS:** Description of the most important parameters of microwave circuits, citation of the theory for the evaluation of the measurement uncertainty. Relation between S parameters and lumped elements model of microwave networks.

**NETWORK ANALYZERS:** Scalar and vector network analyzer structure, calibration, SOLT, TRL, direct and indirect time domain measurements, gating.

**SPECTRUM ANALYZERS:** Analyzer structure, spectrum analyzer parameters.

**CAVITY MEASUREMENTS:** cavity modes, Q factor and coupling measurements.

**NOISE MEASUREMENTS:** Noise figure of amplifiers and phase noise of oscillators.

**MATERIAL MEASUREMENTS:** Tecniche in trasmissione ed in riflessione.

**FIELD MEASUREMENTS:** Narrow band measurements.

##### **LABORATORY**

VNA description and calibration techniques;

Practical measurements on:

- 1-port: lumped element R-L-C, resonators, antennas
- 2-ports: attenuators, cables, waveguides and striplines, filters, amplifiers
- 3-ports: power splitters, circulators
- 4-ports: directional couplers
- time domain reflectometry

- electromagnetic constants of materials
- SA description;
- oscillator measurements
- phase noise measurements
- modulated signals
- amplifier 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> order intercept point
- narrow band electromagnetic field measurements

#### **5. MATERIALE DIDATTICO**

- -Appunti delle lezioni scaricabili dal sito dei docenti
- Application notes

#### **6. SITO WEB DI RIFERIMENTO**

- <http://pcaen1.ing2.uniroma1.it/mostacci/didattica/>