

# Testi del Syllabus

Resp. Did. **VANNUCCI ARMANDO** Matricola: **005220**

Docente **VANNUCCI ARMANDO, 9 CFU**

Anno offerta: **2021/2022**

Insegnamento: **1008542 - TEORIA DEI SEGNALI**

Corso di studio: **3050 - INGEGNERIA INFORMATICA, ELETTRONICA E DELLE TELECOMUNICAZIONI**

Anno regolamento: **2020**

CFU: **9**

Settore: **ING-INF/03**

Tipo Attività: **B - Caratterizzante**

Anno corso: **2**

Periodo: **Primo Semestre**

Sede: **PARMA**



## Testi in italiano

<b>Lingua insegnamento</b>	Italiano
<b>Contenuti</b>	<p>Il corso è suddiviso in tre parti:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>-nella prima parte si introducono i segnali determinati (o deterministici) affrontandone lo studio sia nel dominio del tempo sia nel dominio della frequenza e studiandone le trasformazioni attraverso i sistemi lineari e il campionamento;</li><li>--nella seconda parte si forniscono allo studente le conoscenze di base della teoria della probabilità e delle variabili aleatorie con applicazioni all'ingegneria;</li><li>-nella terza parte, che è la sintesi delle prime due, si introduce il concetto di processo stocastico e lo si applica allo studio dei segnali non determinati o aleatori e alle loro trasformazioni attraverso i sistemi.</li></ul>
<b>Testi di riferimento</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- A. Vannucci, "Segnali analogici e sistemi lineari", Pitagora Editrice, Bologna, 2003, ISBN: 88-371-1416-8.</li><li>- A. Bononi, G. Ferrari, "Introduzione a Teoria della probabilità e variabili aleatorie con applicazioni all'ingegneria e alle scienze", Soc. Editrice Esculapio, Bologna, aprile 2008, ISBN: 978-88-7488-257-1.</li><li>- A. Vannucci, "Esercizi d'esame di Teoria dei Segnali", Pitagora Editrice, Bologna, 2018, ISBN: 88-371-1811-2.</li></ul>
<b>Obiettivi formativi</b>	<p>Il corso si propone di introdurre e sviluppare i concetti di segnale determinato e segnale aleatorio come modelli dei segnali fisici di interesse dell'ingegneria dell'informazione (elettronica, informatica, telecomunicazioni e discipline collegate). Vengono inoltre introdotte e studiate le trasformazioni dei segnali come modelli dei più svariati tipi di sistemi che si incontrano in tutti i settori dell'ingegneria dell'informazione (amplificatori, filtri, linee di trasmissione, modulatori, campionatori ecc.).</p> <p>Alla fine del corso, lo studente dovrebbe:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- conoscere le tecniche di analisi dei segnali nel dominio della frequenza;</li><li>- saper applicare le stesse a problemi di filtraggio di segnali analogici e al loro campionamento;</li></ul>

- comprendere e sapere modellare problemi di teoria della probabilità elementare;
- saper gestire in modo autonomo e saper comparare criticamente dei modelli probabilistici basati su variabile aleatorie;
- conoscere e saper comunicare i concetti fondamentali relativi ai segnale aleatori (momenti; stazionarietà; densità spettrale di potenza)
- essere in grado di affrontare e approfondire autonomamente lo studio di specifici processi aleatori (processo armonico, segnale PAM, etc.) alla luce dei concetti generali posseduti.

## Prerequisiti

Conoscenze degli strumenti dell'Analisi Matematica, con particolare riferimento all'algebra dei numeri complessi e alla loro rappresentazione in forma esponenziale (con formule di Eulero collegate).

## Metodi didattici

Il corso, di 9 CFU, prevede 72h di Lezioni Frontali, erogate dal docente, che costituiscono la base per la comprensione e l'elaborazione critica dei temi trattati.

Relativamente a questi, vengono regolarmente proposte e affrontate (con tecniche tradizionali o flipped-classroom) Esercitazioni che sviluppino le capacità applicative.

Altri esercizi/applicazioni vengono proposti e caricati sulla piattaforma di web-learning Elly.

Qualora previsto dalla programmazione didattica triennale, il corso sarà affiancato da Esercitazioni guidate da Tutor.

Adattamento metodologico all'eventuale presenza (rilevata secondo norme) di studenti con DSA/BES.

### NOTA COVID-19:

- il corso viene svolto in presenza e le lezioni NON vengono registrate. Di conseguenza:

a) non vi saranno lezioni registrate o fruibili off-line (c.d. modalità asincrona);

b) non vi saranno lezioni in presenza (rivolte a studenti fisicamente frequentanti) trasmesse in remoto verso studenti videocollegati: quest'ultima è una modalità ibrida, impropriamente chiamata "blended", sconsigliata da ogni buona pratica pedagogica.

- gli studenti impossibilitati a frequentare le lezioni (ivi incluse le categorie di Studenti: in isolamento fiduciario; in quarantena; residenti in "zone colorate"; soggetti fragili e/o con esonero dal vaccino) sono invitati a contattare il docente via email per illustrare e giustificare la propria situazione di non frequentante. Il Docente provvederà ad inviare ai singoli studenti le videolezioni di "Teoria dei Segnali" del Prof. G. Prati (UniPR, Consorzio Nettuno) per uso individuale di visione e studio.

- in assenza di condizioni sanitarie idonee e relativi requisiti di fattibilità, le due "prove in itinere" (vedi sezione "Modalità di verifica dell'apprendimento") non saranno svolte e si accederà direttamente agli appelli invernali.

## Modalità di verifica dell'apprendimento

La valutazione sommativa degli apprendimenti prevede due momenti:

1) una prova scritta strutturata a tre domande aperte. Durante la prova scritta viene richiesto allo studente di:

- saper analizzare un segnale analogico e sue eventuali trasformazioni nel dominio del tempo e della frequenza

- saper modellare e risolvere un problema di teoria della probabilità, con eventuale ausilio di variabili aleatorie;

- saper analizzare un segnale aleatorio e un suo eventuale filtraggio attraverso il calcolo dei momenti e/o dello spettro di potenza.

La durata della prova scritta è pari a 2 ore. La prova scritta è valutata con scala 0-30. La lode viene assegnata nel caso del raggiungimento del massimo punteggio su ogni item a cui si aggiunga la padronanza del lessico disciplinare.

2) una prova orale, consistente in una discussione critica sugli argomenti trattati durante il corso, di cui lo studente dovrà mostrare comprensione a capacità espositiva, con sufficiente proprietà di linguaggio.

E' facoltà dello studente sostenere due prove in itinere, scritte, collocate a metà e alla fine del corso.

La prima prova consta di una serie di 10 domande a risposta multipla

chiusa, seguite da due domande aperte, simili a quelle previste al punto 1)

La seconda prova consta soltanto di due domande aperte, simili a quelle previste al punto 1)

Nel caso di sostenimento di entrambe le prove parziali, la valutazione sommativa terrà conto dell'esito delle due prove, senza necessità di una prova orale successiva.

Si prevede un adattamento dei metodi di verifica dell'apprendimento, attraverso strumenti dispensativi/compensativi, all'eventuale caso (rilevato secondo norme) di studenti con DSA/BES.

## Programma esteso

--Segnali determinati

Definizioni e proprietà elementari dei segnali, potenza ed energia normalizzate.

Segnali notevoli. Segnali generalizzati: la funzione delta di Dirac (impulso unitario) e sue proprietà.

I sistemi: trasformazioni elementari, sistemi tempo invarianti, lineari, con e senza memoria, causali e non, sistemi stabili.

I sistemi lineari tempo invarianti (LTI): risposta all'impulso unitario e suo uso.

La convoluzione. Sistemi LTI stabili e causali. Sistemi LTI in cascata e in parallelo. Equalizzatori. Schemi a blocchi.

Richiami sui numeri complessi e funzioni complesse di variabile reale: l'esponenziale complesso e il suo significato.

Risposta dei sistemi LTI alle sinusoidi e alle somme di esponenziali complessi.

Risposta in frequenza di sistemi LTI. Sviluppo in serie di Fourier di segnali periodici.

La trasformata di Fourier (TdF) di segnali non periodici. Proprietà della TdF e TdF notevoli.

Densità spettrale di energia. Il passaggio di segnali periodici e non periodici attraverso i sistemi LTI. I

filtri ideali, i filtri reali, banda. Sistemi non distorcenti e distorsioni.

Campionamento: campionamento mediante impulsi di Dirac (campionamento ideale), teorema del campionamento, filtro di ricostruzione, aliasing, campionamento a mantenimento (sample & hold), filtro di ricostruzione compensato.

-- Teoria della probabilità e delle variabili aleatorie

Richiami di teoria degli insiemi: assiomi di teoria della probabilità e conseguenze.

Elementi di calcolo combinatorio. Probabilità condizionata, teorema della probabilità totale e formula di Bayes. Prove ripetute.

Variabili aleatorie: introduzione al concetto di funzione di densità di probabilità.

Definizione formale della funzione densità di probabilità e della funzione di distribuzione cumulativa.

Variabili aleatorie continue e discrete. Variabili notevoli.

Trasformazioni di una singola variabile aleatoria e teorema fondamentale.

Valor medio e teorema dell'aspettazione. Momenti. Formula di Bayes mista e versione continua del teorema delle probabilità totali.

Copie di variabili aleatorie e funzioni di coppie di variabili aleatorie.

Estensione del teorema della media.

Densità di probabilità condizionate da altre v.a. ed estensioni del teorema della probabilità totale e della formula di Bayes.

Estensioni a vettori di  $n$  variabili aleatorie.

Correlazione. Indipendenza e incorrelazione. Interpretazione statistica di correlazione e covarianza.

Vettori gaussiani e loro proprietà.

--Processi stocastici

Definizioni, funzione di distribuzione e densità di probabilità dei processi stocastici,

valor medio, funzione di autocorrelazione e autocovarianza.

Processi stazionari in senso stretto e in senso lato.

Densità spettrale di potenza e sue proprietà.

Il rumore bianco.

Filtraggio di processi stazionari. Processi Gaussiani e loro filtraggio.  
Processi ergodici (cenni).



## Testi in inglese

### Language Teaching

Italian

### Course Content

The course is divided in three parts:

- in the first part, we introduce deterministic signals and their analysis, both in the time- and in the frequency-domain. We shall analyze the trasformations that signals undergo through linear systems and through the sampling process;
- the second part is an introduction to the fundamentals of the theory of probability and random variables, with applications to engineering problems;
- the third part sums up the first two in the concept of stochastic process, as a model to study random signals and their transformations through systems.

### Reference Books

- A. Vannucci, "Segnali analogici e sistemi lineari", Pitagora Editrice, Bologna, 2003, ISBN: 88-371-1416-8.
- A. Bononi, G. Ferrari, "Introduzione a Teoria della probabilità e variabili aleatorie con applicazioni all'ingegneria e alle scienze", Soc. Editrice Esculapio, Bologna, aprile 2008, ISBN: 978-88-7488-257-1.
- A. Vannucci, "Esercizi d'esame di Teoria dei Segnali", Pitagora Editrice, Bologna, 2018, ISBN: 88-371-1811-2.

### Learning Goals

This course aims at introducing and developing the concepts of deterministic signal and random signal, as models for physical systems of interest in the engineering contexts (electronics, computer science, telecommunications and related subjects). Signal transformations are introduced, as models of various systems encountered in several areas of ICT (amplifiers, filters, transmission lines, modulators, samplers, etc.).

At the end of the course, the Student should:

- know the techniques for the analysis of signals in the frequency domain;
- being able to apply these techniques to the filtering and sampling of an analog signal;
- understand and being able to model problems in the context of probability theory;
- personally manage simple probabilistic models, and be able to compare them critically, with the tools of random variables;
- know and be able to communicate concepts related to random signal (mean parameters; power spectral density, stationarity,).
- be able to face and deepen autonomously the case-study of specific random processes (harmonic process, PAM signal, etc.).

### Entry Requirements

Knowledge of the fundamentals of Calculus, with specific reference to the algebra of complex numbers and their representation in the exponential form (and related Euler's formulae).

### Teaching Method

This is a course of 9 credits (CFU), for which 72 hours of Class Lectures are foreseen, to build up the understanding and critical processing of the subject matter.

Applications and exercises related to the presented topics are regularly proposed (via traditional or flipped classroom techniques) to develop application skills. Other assignments are given through the web learning platform Elly.

When foreseen by the long-term teaching plan of this University, a Tutor shall give guided exercises.

Teaching methods shall be adapted to the possible presence (detected

according to laws and guidelines) of students with special needs and or disabilities.

#### COVID-19 WARNING:

- this course is held in presence and its lectures will NOT be recorded. Therefore:

a) no recording s of the lectures will be available for off-line viewing;  
b) no lecture shall be given to physically present students and on-line remote students at the same time: this a discouraged hybrid and ineffective teaching method, often and inappropriately called 'blended' by italians.

- students that do not have the possibility to attend the lectures (including those in the following conditions: quarantine; isolation due to Covid; residents in "coloured" italian regions, not allowed to move; exempt from vaccination due to physical fragility) are invited to contact the Instructor via email to illustrate and justify their non-attending student status. The Instructor shall provide those individual students with recording of the lectures by Prof. G. Prati (UniPR, Consorzio Nettuno) per personal viewing and studying.

- in the absence of necessary safety conditions related to the pandemic, the two "intermediate written tests" (see section on exams) shall be abolished, thus accessing directly the exam sessions in january.

### Detailed Description of Assessment Method

The overall assessment of the learning outcomes foresees two tests:

1) a structured written test with 3 open questions, where the student shall demonstrate his/her ability to:

- analyze an analog signal and its possible transformations, in the time and frequency domain;

- model and solve a problem of probability theory, that possibly employs random variables;

- analyze a random signal and its possible filtering, by evaluating its moments and/or power spectrum

The duration of the written test is 2hours. The test is evaluated on a 0-30 scale, plus possible honors, in the case of top grades in all items together with an appropriateness of language.

2) an oral test, consisting of a critical discussion about the topics developed during the course. The student shall demonstrate proper knowledge and ability to illustrate the topic, with sufficient accuracy in the language.

Students can optionally take two intermediate written tests- to take place halfway during the course and at the end of the course, respectively - that shall replace the overall assessment procedure above.

The first test is a sequence of 10 closed multiple choice questions, followed by two open questions, similar to those illustrated at point 1) above.

The second test is is imply made up of two open questions, similar to those illustrated at point 1) above.

In case the student takes both intermediate tests, the overall evaluation shall be assessed without an oral test.ue prove, senza necessità di una prova orale successiva.

Assessment methods shall be adapted to the possible presence (detected according to laws and guidelines) of students with special needs and or disabilities.

### Extended Program