

# Teoria dei Segnali: programma del corso

## Parte I

### *INTRODUZIONE*

Sistemi di comunicazione. Informazione, sorgente, destinatario, trasmettitore, mezzo trasmissivo, segnale, ricevitore. Principali problemi che insorgono nella trasmissione e nella ricezione dei segnali. Necessità di elaborazione dei segnali. Classificazione dei segnali.

### *SEGNALI E SISTEMI*

Segnali tempo continuo e segnali tempo discreto (sequenze). Operazioni elementari sui segnali: trasformazione della variabile indipendente. Segnali pari, dispari, periodici. Segnali elementari tempo continuo e tempo discreto: segnale sinusoidale ed esponenziale complesso, funzione impulsiva ( $\delta$ -Dirac) e impulso unitario, gradino unitario. Sistemi tempo continuo e sistemi tempo discreto. Interconnessione di sistemi. Proprietà dei sistemi: sistemi con e senza memoria, causalità, stabilità, linearità, invarianza nel tempo.

### *SISTEMI LINEARI E INVARIANTI NEL TEMPO (LTI). STUDIO NEL DOMINIO DEL TEMPO.*

Rappresentazione dei segnali tempo-discreto in termini di impulsi unitari

Rappresentazione dei segnali tempo continuo in termini di funzioni impulsive. Risposta impulsiva di un sistema LTI.

Sistemi LTI tempo discreto: somma di convoluzione.

Sistemi LTI tempo continuo: integrale di convoluzione.

Proprietà dei sistemi LTI: sistemi con e senza memoria, causalità e stabilità.

### *SISTEMI LTI. STUDIO NEL DOMINIO DELLA FREQUENZA*

Risposta dei sistemi LTI al segnale esponenziale complesso. Rappresentazione di segnali periodici in termini di segnali sinusoidali ed esponenziali complessi. Serie di Fourier per segnali periodici tempo-continuo, tempo-discreto. Trasformata di Fourier. Spettro di un segnale. Le proprietà della trasformata di Fourier per segnali tempo-continuo e analoghe proprietà della trasformata di Fourier per segnali tempo-discreto: linearità della trasformata, proprietà di simmetria, traslazione temporale e traslazione in frequenza, derivazione (differenza prima) e integrazione (sommatoria), relazioni di Parseval, convoluzione, convoluzione periodica, proprietà di modulazione. La trasformata discreta di Fourier per segnali tempo discreto.

Risposta in frequenza di un sistema LTI e sue proprietà.

## **Parte II**

### *CAMPIONAMENTO*

Segnali a banda teoricamente limitata; segnali a banda praticamente limitata. Teorema del campionamento. Ricostruzione di un segnale campionato come operazione di filtraggio. Aliasing. Conversione di un segnale tempo-continuo in segnale tempo-discreto. Relazioni tra risposta in frequenza di un sistema LTI tempo-discreto e suo equivalente tempo continuo.

### *TRASFORMATA Z*

Definizione della trasformata  $Z$  per un segnale tempo discreto. Circonferenza unitaria sul piano complesso. Zeri e poli, regione di convergenza. Proprietà della regione di convergenza. Inversione della trasformata  $Z$ : formula generale, sviluppo in frazioni parziali, sviluppo in serie di potenze. Proprietà della trasformata  $Z$ : linearità, traslazione nel tempo e nella frequenza, convoluzione, ecc. Uso della trasformata  $Z$  nell'analisi dei sistemi LTI.

### *SEGNALI E SISTEMI PASSABANDA A BANDA STRETTA*

Trasformata di Hilbert di un segnale tempo-continuo e sue proprietà. Segnale analitico associato a un segnale reale. Segnali passa banda a banda stretta, involuppo complesso e involuppo naturale, componenti in fase e in quadratura. Sistemi passa banda e sistema equivalente in banda base.

## **Parte III**

### *PROCESSI ALEATORI E RUMORE*

Motivazioni che suggeriscono una descrizione probabilistica per i segnali tipici delle telecomunicazioni. Richiami di calcolo delle probabilità, variabili aleatorie. Il modello matematico per i segnali aleatori. Classificazione dei processi aleatori. Descrizione probabilistica dei processi aleatori. Funzioni di distribuzione e densità di probabilità di ordine  $n$ -esimo. Processi gaussiani. Descrizione statistica dei processi aleatori. Momenti algebrici di ordine  $n$ ; valore medio, valore quadratico medio, momenti centrali, potenza media di un processo aleatorio. Momenti algebrici misti, funzione di autocorrelazione di insieme. Descrizione congiunta di due processi aleatori, correlazione mutua. Processi stazionari in senso stretto e in senso lato, processi ciclostazionari. Medie temporali, funzione di autocorrelazione temporale. Processi ergodici. Descrizione spettrale dei processi aleatori. Densità spettrale di potenza, teorema di Wiener-Kintchine (solo enunciato). Processi aleatori attraverso sistemi lineari e invariati nel tempo. Caratterizzazione del processo aleatorio di uscita.

### *MODULAZIONI NUMERICHE (CENNI)*

Modulazioni numeriche in banda base.  
Modulazioni numeriche in banda traslata (segnali passabanda).

*TESTI CONSIGLIATI*

Per la parte relativa ai segnali deterministici:

A.V.Oppenheim, A.S.Willsky: "Signals and Systems", Prentice-Hall Int.

Claudio Prati: "Segnali e Sistemi per le Telecomunicazioni", McGraw-Hill

Per la parte relativa ai processi aleatori

J.G.Proakis, M.Salehi: "Communication System Engineering", Prentice-Hall Int.

Claudio Prati: "Segnali e Sistemi per le Telecomunicazioni", McGraw-Hill

Per un riepilogo sul calcolo delle probabilità

R. D. Yates, D. J. Goodman: "Probability and Stochastic Processes: A Friendly Introduction for Electrical and Computer Engineers", John Wiley.