

# **Programma di Teoria dei Segnali**

## **a.a. 2023-2024**

### **Prof. Mario Tanda**

#### **Introduzione allo studio dei segnali**

Che cos'è un segnale. Tipi di segnali. Proprietà elementari dei segnali determinati. Segnali notevoli. Gradino. Esponenziale monolatero. Seno e coseno. Esponenziale complesso. ([1] Cap.1)

#### **Segnali periodici a tempo continuo**

Dall'analisi fasoriale all'analisi di Fourier. Analisi armonica dei segnali periodici. Sviluppo in serie di Fourier in forma reale polare. Sviluppo in serie di Fourier in forma complessa. Sviluppo in serie di Fourier in forma reale rettangolare. Il criterio di Dirichlet. Spettri di ampiezza e di fase. Proprietà dello spettro di un segnale reale periodico. Segnali pari, dispari e alternativi. Sintesi di un segnale con un numero limitato di armoniche. ([1] Cap.2)

#### **Segnali aperiodici a tempo continuo**

Dalla serie all'integrale di Fourier. Proprietà della trasformata di Fourier. Criteri di esistenza. Simmetrie degli spettri. Segnali pari e dispari. Teorema di linearità. Teorema di dualità. Teorema del ritardo. Teorema del cambiamento di scala. Teorema della modulazione. Teoremi di derivazione ed integrazione. Teorema del prodotto. Teorema della convoluzione. Trasformate di Fourier generalizzate. La funzione generalizzata impulsiva o  $\delta$  di Dirac. Proprietà della funzione generalizzata  $\delta(t)$ . Trasformata di Fourier della funzione  $\delta(t)$ . Trasformata della funzione  $1/t$ . Trasformata della funzione gradino. Teorema di integrazione completo. Trasformata delle funzioni seno, coseno e dei segnali periodici. Periodicizzazione e formule di somma di Poisson. ([1] Cap.3)

#### **Sistemi monodimensionali a tempo continuo**

Caratterizzazione dei sistemi a tempo continuo. Dal concetto di segnale al concetto di sistema. Proprietà dei sistemi monodimensionali. Caratterizzazione e analisi dei sistemi lineari e stazionari. La risposta impulsiva. La risposta in frequenza. Il decibel. Sistemi in cascata ed in parallelo. Filtri. Generalità sui filtri e filtri ideali. Criterio di Paley-Wiener e filtri realizzabili. Banda e durata di un segnale e banda di un sistema. Distorsioni introdotte dai filtri. Teorema di Parseval e densità spettrale di energia. Densità spettrale di potenza. Funzione di autocorrelazione e teorema di Wiener-Khinchine. Densità spettrale di potenza dei segnali periodici. Sistemi non lineari. Caratterizzazione dei sistemi non lineari. Nonlinearità essenziali e parassite. Misura delle distorsioni non lineari. ([1] Cap.4)

#### **Segnali a tempo discreto**

Dal tempo continuo al tempo discreto. Campionamento dei segnali a tempo continuo. Alcuni segnali notevoli. Rappresentazione dei segnali aperiodici a tempo discreto nel dominio della frequenza. Trasformata di Fourier di una sequenza. Teoremi sulla trasformata di Fourier di una sequenza. Teorema di linearità. Teorema del ritardo. Teorema della modulazione. Teorema della somma di convoluzione. Teorema del prodotto. Teorema dell'incremento. Teorema della sequenza somma. La condizione di Nyquist e il teorema del campionamento. Interpolazione a mantenimento. Interpolazione cardinale. Analisi di Fourier delle sequenze periodiche. Trasformata discreta di Fourier. Teorema del prodotto. Teorema della convoluzione. Periodicizzazione di una sequenza aperiodica. ([1] Cap.5)

#### **Elementi di teoria della probabilità**

Esperimenti deterministici e aleatori. Elementi di teoria della probabilità. Esperimento aleatorio, spazio di probabilità e proprietà elementari. Esperimento aleatorio composto. Definizione di variabile aleatoria. Funzione distribuzione cumulativa di una variabile aleatoria e sue proprietà. Funzione densità di probabilità di una variabile aleatoria e sue proprietà. Trasformazione di una variabile aleatoria. Indici caratteristici di una distribuzione. Teorema del valor medio. La variabile aleatoria gaussiana. Variabili aleatorie condizionate. Sistemi di variabili aleatorie. Sistemi di due variabili aleatorie. Funzioni distribuzione congiunta e densità di probabilità congiunta. Funzioni distribuzione condizionata e densità di probabilità condizionata. Trasformazione di una coppia di variabili aleatorie. Teorema del valor medio per una coppia di variabili aleatorie. Correlazione e covarianza. Sistemi di  $n$  variabili aleatorie e vettori aleatori. Trasformazione di un vettore aleatorio. Variabili aleatorie congiuntamente gaussiane. Il teorema centrale del limite. ([1] Cap.8)

#### **Riferimenti bibliografici:**

[1] Teoria dei segnali 3/ed", M. Luise e G. Vitetta, Mc Graw-Hill.