

LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

CORSO DI “CIRCUITI A TEMPO DISCRETO”

DOCENTE: RAFFAELE PARISI

PROGRAMMA

1. CIRCUITI E SEGNALI TD

Definizione di grandezze a tempo continuo (TC) e a tempo discreto (TD). Segnali digitali. Definizione di sequenza. Introduzione ai circuiti ed algoritmi per il trattamento dei segnali analogici e digitali. Cenni storici. Sequenze TD tipiche: sequenze impulso e gradino unitario, sequenze esponenziali reali e complesse, sequenze periodiche e loro proprietà. Primi esempi di circuiti TD: filtro in media mobile (versione non causale e causale), filtro in media mobile pesata. Cenni alle tecniche di simulazione di circuiti analogici.

2. CIRCUITI TD NEL DOMINIO DEL TEMPO

Circuiti ad un ingresso ed una uscita. Proprietà generali: linearità, stazionarietà, causalità e stabilità. Circuiti lineari e tempo-invarianti (LTI). Risposta impulsiva e proprietà. Somma di convoluzione. Definizione di circuiti FIR e IIR. Circuiti LTI tipici: ritardatori, accumulatori, differenziatori. Connessione di circuiti in cascata ed in parallelo. Circuiti LTI descritti da equazioni alle differenze, lineari e a coefficienti costanti. Componenti dei circuiti descritti da equazioni alle differenze: moltiplicatori, sommatore, ritardatori. Analisi di circuiti TD: tecniche di risoluzione di equazioni alle differenze. Risposta libera e risposta forzata. Corrispondenza con le tecniche di analisi di circuiti TC nel dominio del tempo.

3. CIRCUITI TD NEL DOMINIO DELLA FREQUENZA

Trasformata di Fourier a tempo discreto (DTFT): spettri di ampiezza e fase di una sequenza. Condizioni di esistenza della DTFT. Proprietà della DTFT: linearità, traslazione, convoluzione, modulazione. Teorema di Parseval. Proprietà di simmetria per sequenze reali e complesse. Trasformate di sequenze tipiche. Risposta in frequenza di un circuito LTI e relazione con la DTFT della risposta impulsiva. Risposta in ampiezza e risposta in fase. Filtri ideali tipici: passa basso, passa alto, passa banda, elimina banda. Risposta impulsiva dei filtri ideali, problemi di troncamento della risposta, fenomeno di Gibbs. Esempi di filtri.

4. CAMPIONAMENTO E RICOSTRUZIONE

Campionamento: conversione C/D, spettro del segnale campionato, filtro di ricostruzione, aliasing. Teorema del campionamento, conversione D/C. Elaborazione numerica di un segnale analogico. Cenni sui circuiti decimatori e interpolatori.

5. RAPPRESENTAZIONE NEL DOMINIO DELLA TRASFORMATA Z

Definizione di trasformata Z bilatera e monolatera. Regione di convergenza (ROC) e sue proprietà. Esempi di trasformate di sequenze. Proprietà principali della trasformata Z e relazione con la DTFT. Funzioni razionali in Z: poli e zeri, ROC. Antitrasformata di funzioni razionali. Risoluzione di equazioni alle differenze finite lineari tramite la trasformata Z. Risposta transitoria e risposta permanente. Corrispondenza con il metodo della trasformata di Laplace per i circuiti TC. Funzione di trasferimento di un circuito LTI e relazione con la sua risposta in frequenza. Circuiti LTI causali con funzione di trasferimento razionale in Z: proprietà della risposta impulsiva, condizioni di stabilità. Filtri inversi. Filtri FIR e IIR. Circuiti a fase minima e “passa tutto”. Circuiti FIR a fase lineare generalizzata.

6. ARCHITETTURE DI CIRCUITI TD

Definizione di “signal flow graph” (SFG). Teorema di Tellegen. Architetture di filtri IIR: forma diretta I normale e trasposta, forma diretta II normale e trasposta, forma in cascata, forma parallela. Architetture di circuiti FIR: forma diretta normale e trasposta, forma in cascata. Architetture di circuiti a fase lineare. Architetture a traliccio. Effetti della precisione numerica finita.

6. SINTESI DI CIRCUITI TD

Tecniche di sintesi di circuiti TD a partire da filtri analogici. Tecnica di invarianza della risposta impulsiva: distribuzione di poli e zeri, aliasing. Tecniche basate sulla soluzione numerica dell'equazione differenziale. Trasformazione bilineare (o metodo trapezoidale), distribuzione di poli e zeri, predistorsione della risposta in frequenza.

7. LA TRASFORMATA DI FOURIER DISCRETA (DFT)

La serie di Fourier discreta, rappresentazione di sequenze periodiche, la DFT e IDFT, proprietà della DFT, zero padding, l'algoritmo FFT, la convoluzione circolare, approssimazione di una convoluzione lineare attraverso una convoluzione circolare, la convoluzione tra sequenza lunghe, overlap and add, overlap and save.

MATERIALE DIDATTICO

[1] Dispense a cura del docente.

[2] A.V. Oppenheim, R.W. Schaffer, J.R. Buck, “Discrete-Time Signal Processing” (2a ed.), Prentice Hall.

[3] A. Papoulis, “Circuits and Systems: a modern approach”, Oxford University Press, 1995.

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso si propone di illustrare le tecniche di analisi automatica e di simulazione dei circuiti a tempo continuo, il passaggio ai circuiti a tempo discreto (TD), le tecniche di analisi e le principali architetture dei circuiti TD, fornendo anche alcuni semplici esempi applicativi. Al termine del corso lo studente acquisirà la capacità di analizzare e mettere a punto semplici circuiti TD per problemi di tipo applicativo (filtri, predittori, classificatori).