

Prelucrarea numerică a semnalelor

Prof.dr.ing. Corneliu RUSU

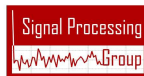
http://sp.utcluj.ro/Teaching_IVTST.html

4 octombrie 2016



<http://etti.utcluj.ro>

Faculty of Electronics,
Telecommunications
and Information Technology



- 1 Conținutul cursului
- 2 Conținutul laboratorului
- 3 Bibliografie
- 4 Pagina disciplinei
- 5 Evaluarea/notarea
- 6 Unde ne putem întâlni?

Conținutul cursului

C. I Semnale și sisteme discrete în timp

- **Semnale și sisteme:** Conceptul de frecvență pentru semnale continue și discrete în timp; Frecvența unghiulară (pulsăția) discretă; Efectul alias
- **Semnale discrete în timp:** Semnale discrete în timp elementare; Clasificarea semnalelor discrete în timp; Manipulări simple ale semnalelor discrete în timp
- **Sisteme discrete în timp:** Diagrame bloc pentru sisteme discrete în timp; Clasificarea sistemelor discrete în timp; Interconectarea sistemelor discrete în timp

Conținutul cursului (cont.)

C. II Analiza sistemelor discrete liniare și invariante în timp (LTI – Linear Time Invariant)

- Suma de convoluție și secvența răspuns la impuls
- Sisteme LTI cauzale
- Stabilitatea sistemelor LTI
- Sisteme cu răspuns finit la impuls (FIR) și sisteme cu răspuns infinit la impuls (IIR): Sisteme discrete în timp recursive și nerecursive; Răspuns forțat și răspuns liber; Sistemele LTI caracterizate prin ecuații cu diferențe finite și coeficienți constanți; Sisteme IIR – soluția ecuațiilor liniare cu diferențe finite și coeficienți constanți; Răspunsul la impuls al unui sistem LTI recursiv
- Corelația semnalelor discrete în timp: Secvența de intercorelație; Secvența de autocorelație; Proprietățile secvențelor de inter și autocorelație; Corelația secvențelor periodice
- Implementarea sistemelor discrete în timp – formele directe: Sisteme IIR; Sisteme FIR

Conținutul cursului (cont.)

C. III Analiza semnalelor și sistemelor discrete în timp în domeniul frecvență

- Seria Fourier – semnale periodice discrete în timp
- Transformata Fourier – semnale aperiodice discrete în timp: Definiție; Proprietăți
- Caracteristicile sistemelor LTI în domeniul frecvență

C. IV Transformata Fourier discretă (DFT – Discrete Fourier transform)

- Eșantionarea în domeniul timp și în domeniul frecvență
- Transformata Fourier discretă: Definiție; Proprietăți; DFT ca transformare liniară; Relația DFT-ului cu alte transformate
- Aplicațiile DFT-ului: Metode de filtrare liniară bazate pe DFT; Analiza semnalelor în domeniul frecvență utilizând DFT-ul

Conținutul cursului (cont.)

C. V Transformata Fourier rapidă (FFT – Fast Fourier transform)

- Transformata Fourier discretă – observații
- Transformata Fourier rapidă – algoritmi radix: Algoritmi FFT radix-2: decimare în timp; Algoritmi FFT radix-2: decimare în frecvență; Algoritmi FFT split-radix

C. VI Transformata în z și aplicațiile acesteia în analiza LTIS

- Transformata în z : definiție, convergență
- Inversarea transformatei în z
- Proprietățile transformatei în z
- Transformata în z rațională: Poli și zerouri; Funcția de sistem/transfer a unui sistem LTI
- Transformata în z unilaterală
- Analiza sistemelor LTI în domeniul z : Răspunsul sistemelor caracterizate de funcții de sistem raționale; Cauzalitate și stabilitate; Testul de stabilitate Schür-Cohn

Conținutul cursului (cont.)

C. VII Implementarea sistemelor discrete în timp

- **Introducere**
- **Structuri pentru sisteme FIR:** Realizarea sub formă directă; Structura cascadă; Structura cu eșantionare în frecvență; Structura laticială
- **Structuri pentru sisteme IIR:** Realizarea sub formele directe; Structura cascadă; Structura paralelă; Structura laticială și laticială-scară

C. VIII Proiectarea filtrelor digitale

- **Proiectarea filtrelor în domeniul frecvență:** Considerații generale; Caracteristicile filtrelor selective în domeniul frecvență, realizabile practic; Relația dintre funcția de sistem și funcția răspuns la frecvență; Sisteme LTI văzute ca filtre selective în domeniul frecvență
- **Proiectarea filtrelor FIR:** Filtre FIR de fază liniară; Proiectarea filtrelor FIR de fază liniară folosind ferestre; Proiectarea filtrelor FIR de fază liniară folosind metoda eșantionării în frecvență; Proiectarea filtrelor FIR de fază liniară optimale, cu riplu egal
- **Proiectarea filtrelor IIR:** Proiectarea filtrelor IIR din filtre analogice; Transformări de frecvență; Proiectarea filtrelor digitale IIR în domeniul discret

Conținutul laboratorului

- 1 Introducere în MATLAB
- 2 Semnale discrete în timp
- 3 Eșantionarea semnalelor analogice
- 4 Sisteme discrete LTI
- 5 Transformata Fourier discretă
- 6 Convoluția liniară și circulară
- 7 *Examen practic 1*
- 8 Filtre FIR. Metode de proiectare
- 9 Sisteme discrete LTI ca filtre selective în domeniul frecvență
- 10 Filtre IIR. Metode indirecte de proiectare
- 11 Filtre IIR. Metode directe de proiectare
- 12 Structuri pentru realizarea sistemelor FIR
- 13 Structuri pentru realizarea sistemelor IIR
- 14 *Examen practic 2. Consultații*

Bibliografie



C. Rusu, Lăcrimioara Grama.

Lecture Notes in Digital Signal Processing. Ed. Risoprint, 2009.



Lăcrimioara Grama.

Prelucrarea numerică a semnalelor - îndrumător de laborator. Ed. U.T.Press, 2014.



John G. Proakis and Dimitris G. Manolakis.

Digital Signal Processing: Principles, Algorithms and Applications. Upper Saddle River, NJ: Pearson, 4th ed., 2014.



Lăcrimioara Grama, C. Rusu.

Prelucrarea numerică a semnalelor - aplicații și probleme. Ed. U.T.Press, 2008.



Lăcrimioara Grama, A. Grama, C. Rusu.

Filtre numerice - aplicații și probleme. Ed. U.T.Press, 2008.



C. Rusu.

Prelucrarea numerică a semnalelor. Ed. Risoprint, 2nd ed., 2002.



C. Rusu.

Prelucrări digitale de semnale. Ed. Mediamira, 2000.

Bibliografie (cont.)



Daniela Tărniceriu, V. Grigoraș.

Prelucrarea numerică a semnalelor. Ed. "Gh. Asachi" Iași, 1995.



Lăcrimioara Grama.

Digital Signal Processing - laboratory guide. Ed. U.T.Press, 2014.



Vinay K. Ingle, John G. Proakis.

Digital Signal Processing Using MATLAB. Cengage Learning, 3rd ed., 2012.



Sanjit K. Mitra.

Digital Signal Processing: A Computer Based Approach. McGraw-Hill Book Co., New York, NY, 4th ed., 2010.



A. V. Oppenheim, R. W. Schaffer.

Discrete-Time Signal Processing. Prentice Hall, 3rd ed., 2009.



Lawrence R. Rabiner, Bernard Gold.

Theory and Application of Digital Signal Processing. Prentice Hall, 1975.



The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing.

<http://www.dspguide.com>.

Pagina disciplinei

- http://sp.utcluj.ro/Teaching_IVTST.html
 - Conținutul cursului
 - Slide-uri
 - Conținutul laboratorului
 - Exemple (implementate în MATLAB)
 - Exerciții (trebuie implementate în MATLAB – examenul practic)
 - Bibliografie
 - Probleme rezovate
 - Probleme propuse
 - Diverse

Evaluarea/notarea

- 1 Examen scris (ES): 1 ÷ 10 puncte – 2 ore
 - 3 probleme
- 2 2 examene practice
 - Examen practic 1 (EP1): 1 ÷ 10 puncte – 30 minute
 - A 7-ea săptămână de școală – 16, 17 noiembrie 2016 (la ora de laborator)
 - 2 exerciții (trebuie implementate în MATLAB) – din exercițiile de la laborator
 - Examen practic 2 (EP2): 1 ÷ 10 puncte – 30 minute
 - A 14-ea săptămână de școală – 18, 19 ianuarie 2017 (la ora de laborator)
 - 2 exerciții (trebuie implementate în MATLAB) – din exercițiile de la laborator

$$\text{Nota finală} = 0,6 \cdot \text{ES} + 0,2 \cdot \text{EP1} + 0,2 \cdot \text{EP2}$$

dacă $\text{ES} \geq 4$ și $0,6 \cdot \text{ES} + 0,2 \cdot \text{EP1} + 0,2 \cdot \text{EP2} \geq 4,5$

Unde ne putem întâlni?

- ① **Curs:** Amfiteatrul 359 (str. G. Barițiu)
- ② **Laborator:** Sala 307 (str. Observatorului)
- ③ **Contact:** Corneliu.Rusu@bel.utcluj.ro