

SEMNALE ȘI SISTEME: DE LA TEORIE LA PRACTICĂ

MATRIX ROM
București, 2021

Capitol I	9
Introducere În Semnale Și Sisteme	9
1.1 Semnale și sisteme	9
1.2 Caracteristici ale semnalelor și sistemelor	14
1.2.1 Semnal continuu, semnal discret	15
1.2.2 Semnal periodic	15
1.2.3 Semnal par, semnal impar	16
1.2.4 Sistem cu memorie	17
1.2.5 Sistem cauzal	18
1.2.6 Sistem invariant în timp	18
1.2.7 Sistem stabil	19
1.2.8 Studiul caracteristicilor sistemului prin exemple de exerciții	19
1.3 Generarea semnalelor în timp continuu și timp discret	24
1.3.1 Exemple de semnale continue	24
1.3.2. Exemple de semnale discrete	25
1.3.3. Defazajul semnalelor	27
1.3.4. Crearea unui semnal audio	29
1.4 Exerciții	33
 Capitol II	 35
Sisteme Liniare Invariante în Timp	35
2.1 Sisteme liniare invariante în timp	35
2.1.1 Convoluția semnalelor continue	36
2.1.2. Convoluția semnalelor discrete	36
2.1.3 Proprietățile sistemelor invariante în timp	37
2.1.4 Ecuații liniare cu diferențe	38
2.1.5 Ecuații diferențiale	40
2.2. Exemple de exerciții pentru calculul convoluției	42
2.3 Convoluția semnalelor discrete/continue folosind MATLAB	47

2.3.1 Convoluția semnalelor finite în timp discret	47
2.3.2 Convoluția semnalelor finite în timp continuu.....	49
2.3.3 Calculul ieșirii unui sistem LIT folosind funcția “filter”	50
2.3.4 Calculul convoluției prin bucle de control “if-then-else”	54
2.3.5 Rezolvarea ecuațiilor cu diferențe folosind o funcție.....	57
2.3.6 Rezolvarea ecuațiilor diferențiale folosind “dsolve”	60
2.4 Exerciții	62
 Capitol III	 65
Aplicații ale Transformatei Laplace	65
3.1 Introducere despre transformata Laplace	65
3.1.1 Transformata Laplace directă.....	65
3.1.2 Proprietățile transformatei Laplace	70
3.1.3 Transformata Laplace inversă	72
3.2 Probleme rezolvate	76
3.3 Calculul transformatei Laplace în MATLAB	84
3.3.1 Calculul transformatei Laplace directe.....	84
3.3.2 Calculul transformatei Laplace inverse	86
3.3.3 Transformata Laplace inversă calculată prin funcția “residue”	89
3.3.4 Rezolvarea ecuațiilor diferențiale folosind transformata Laplace	90
3.4 Exerciții	92
 Capitol IV	 95
Aplicații ale Transformatei Fourier în Timp Continu	95
4.1 Introducere despre transformata Fourier	95
4.1.1 Reprezentarea și calculul transformatei Fourier continuă.....	95
4.1.2 Proprietățile transformatei Fourier în timp continuu.....	97
4.2 Probleme rezolvate	99
4.3 Transformata Fourier implementată în MATLAB	102
4.3.1 Spectrul semnalului: magnitudine și fază.....	103

4.3.2 Integrarea semnalului prin metoda trapezoidală	105
4.3.3 Răspunsul în frecvență	105
4.3.4 Eșantionarea semnalului.....	109
4.4. Exerciții	111
 Capitol V	113
Aplicații ale Transformatei Fourier Discretă	113
5.1 Introducere despre transformata Fourier discretă.....	113
5.1.1 Proprietățile transformatei Fourier în timp discret	114
5.2 Probleme Rezolvate.....	115
5.3 Transformata Fourier discretă în MATLAB	123
5.3.1 Reprezentarea grafică și evaluarea transformatei Fourier	123
5.3.2 Transformata Fourier rapidă (FFT)	126
5.4. Exerciții	127
Anexe:	129
Bibliografie.....	133

CAPITOL 1

INTRODUCERE ÎN SEMNALE ȘI SISTEME

În acest capitol vom discuta despre concepte de bază întâlnite în sistemele liniare și semnalele generate/aplicate acestora. Capitolul este organizat în patru părți. În prima parte se face o prezentare a semnalelor și o clasificare a sistemelor. În a doua parte a capitolului sunt descrise caracteristici și proprietăți ale semnalelor însoțite de exemple cu exerciții propuse pentru studiul caracteristicilor sistemului. În a treia parte a capitolului se trece la implementarea semnalelor într-un mediu de programare folosit de ingineri, iar în a patra parte va fi prezentată o aplicație bazată pe un semnal audio. La finele capitolului sunt propuse o serie de exerciții de evaluare a nivelului de înțelegere al proprietăților și caracteristicilor semnalelor și sistemelor.

1.1 Semnale și sisteme

Prin sistem se înțelege un obiect sau un ansamblu de obiecte din mediul ce ne înconjoară descris de un model matematic, și care expune caracteristicile și proprietățile obiectului într-o manieră mai simplă decât în cazul sistemelor neliniare.

Plecând de la modelul matematic/dinamic al sistemului, prin diverse tehnici matematice și de programare putem extrage informații utile în scopul îmbunătățirii caracteristicilor și performanțelor acestuia. Sistemul funcționează pe baza procesării unui semnal de intrare, producând un semnal de ieșire.

În funcție de complexitatea sistemului, acesta poate să proceseze un singur semnal de intrare și să producă un semnal de ieșire (sistem numit Single-Input-Single-Output sau SISO), sau pot fi aplicate mai multe semnale de intrare sistemului și acesta să producă mai multe semnale de ieșire (sistem numit Multiple-Input-Multiple-Output sau MIMO).

Diagrama unui astfel de proces este reprezentată în Figura 1.1:



Figura 1.1: Aplicarea unui semnal la intrarea unui sistem și răspunsul acestuia.

Un semnal este un set de date procesat de către sistem pentru a produce un efect. Exemple de semnale din mediul înconjurător sunt sunetele, temperatura, semnalele electrice, presiunea, vorbirea omului, semnalul televizorului, salariul lunar, evoluția prețurilor produselor de pe piață, etc. Din punct de vedere matematic, la fel ca și sistemele, semnalele sunt exprimate prin funcții care depind de una sau mai multe variabile, precum timpul, coordonatele spațiale, frecvența.

Revenind la descrierea sistemului, acesta este o colecție de componente conectate între ele. Exemple de sisteme putem considera un circuit electric, un sistem mecanic, sau de ce nu, un sistem din bioinginerie. Mai jos sunt explicate aceste tipuri de sisteme pentru o mai bună înțelegere.

- **Circuitul electric** este compus din rezistențe, capacități și inductanțe (tranzistoare și/sau amplificatoare operaționale). În Figura 1.2 este dat un exemplu de circuit electric, [1].

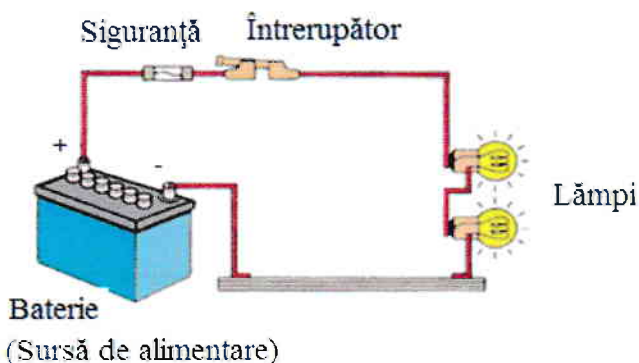


Figura 1.2: Exemplu de circuit electric.

Circuitul din figura de mai sus este compus dintr-o baterie pe care o mai numim și sursă de alimentare, o siguranță, un întrerupător, două lămpi și fire. Curentul este transmis de la terminalul pozitiv al bateriei prin fire, siguranță, întrerupător, lămpi, spre terminalul negativ al bateriei, [1].

- **Sistemul mecanic** poate fi acel sistem compus din mase, resorturi, așa cum este cel prezentat în Figura 1.3. Toate aceste componente conectate între ele, prin interacțiune afectează valoarea unei cantități fizice din sistem, precum tensiune, curent, presiune, forță, concentrație chimică.

Sistemul din Figura 1.3 este un sistem simplu ce conține o masă separată de un perete printr-un resort și amortizor. Masa poate fi reprezentată de o mașină, iar resortul și amortizorul pot reprezenta amortizarea mașinii. Acestei mase îi este aplicată o forță externă, rezultând o deplasare a masei pe planul orizontal. În acest context putem introduce noțiunile de intrare-ieșire la elemente interconectate între ele: forța aplicată masei se referă la semnalul de intrare $x(t)$ în sistem, apoi sistemul procesează această intrare, rezultând efectul deplasării, adică semnalul de ieșire $y(t)$.