

**Univerzitet u Novom Sadu**  
**Tehnički fakultet “Mihajlo Pupin” - Zrenjanin**

**Osnove komunikacionih sistema**  
**sa primerima u Matlab-u**

*Dalibor Dobrilović, Borislav Odadžić*

Zrenjanin

2017

**Autori**

Dr Dalibor Dobrilović, Dr Borislav Odadžić

**Osnove komunikacionih sistema sa primerima u Matlab-u**

Biblioteka Udžbenici 218

**Recenzenti:**

Prof. dr Vladimir Brtka

Doc. dr Željko Stojanov

Doc. dr Vladimir Šinik

**Izdavač:**

Tehnički fakultet “Mihajlo Pupin” – Zrenjanin, Đure Đakovića bb

**Za izdavača:**

Prof. dr Dragica Radosav, dekan Tehničkog fakulteta “Mihajlo Pupin” – Zrenjanin

**Tehnička priprema:**

dr Dalibor Dobrilović

**Grafička obrada:**

dr Dalibor Dobrilović

ISBN: 978-86-7672-267-9

Odlukom Naučno-nastavnog veća Tehničkog fakulteta “Mihajlo Pupin” u Zrenjaninu od 07.12.2016. godine, odobreno je korišćenje ove knjige kao udžbenika.

## **Sadržaj**

Predgovor .....	vi
1. Osnove Matlab programa .....	1
1.1. Pokretanje i organizacija Matlab-a .....	1
1.2. Strukture podataka .....	3
1.3. Operatori .....	3
1.3.1 Relacioni operatori .....	3
1.3.2 Logički operatori .....	4
1.3.3 Aritmetički operatori .....	5
1.4 Promenljive .....	5
1.4.1. Lokalne i globalne promenljive .....	6
1.4.2. Specijalne (ugrađene) promenljive i konstante .....	6
1.4.3. Eksterne ili korisničke promenljive .....	6
1.4.4. Definisane promenljive .....	6
1.4.5. Vektori i matrice .....	7
1.4.6. Prikaz imena i tipova promenljivih .....	13
1.4.7 Cell nizovi .....	14
1.5. Programiranje u programskom paketu Matlab .....	15
1.5.1 Naredbe odluke .....	15
1.5.2 Naredbe ponavljanja .....	16
1.6 Rad sa grafikom .....	17
1.6.2. Trodimenzionalni grafički prikaz .....	23
1.7 Funkcije .....	23
1.8 M funkcije .....	27
1.9 Upotreba naredbe fprintf .....	28
1.10 Upotreba naredbi clear i close .....	29
1.11 Rad sa m fajlovima i pisanje matlab programa .....	29
2. Mera količine informacija .....	31
3. Kapacitet kanala .....	37
4. Signali .....	42
4.1. Analogni, diskretni i digitalni signali .....	42

4.2	Deterministički signali.....	43
4.3	Periodični deterministički signali.....	43
4.4	Koncept frekvencijskog domena.....	49
4.5.1	Grafički prikaz diskretnih signala.....	55
5.	Radio komunikacije.....	61
5.1	Radio spektar.....	61
5.2	LOS (Line-of-sight) propagacija.....	62
5.3	Fresnel-ova zona.....	67
5.4	Snaga signala.....	71
5.5	Antene.....	72
5.6.	Gubici usled propagacije u slobodnom prostoru.....	73
5.7	Friisova formula.....	76
5.7.1	Modifikacija Friis-ove jednačine.....	77
5.8	Prostiranje elektromagnetnih talasa.....	78
5.8.1	Refleksija.....	78
5.8.2	Difrakcija.....	79
5.8.3.	Rasejanje.....	79
5.9	Propagacioni modeli.....	80
5.9.1.	Outdoor propagacioni modeli.....	80
5.9.2	Predikcioni modeli za upotrebu u zatvorenom prostoru.....	94
6.	Satelitske komunikacije.....	98
7.	Linijski kodovi.....	103
7.1	Unipolarni binarni NRZ (Non-Return-to-Zero) kod.....	103
7.2	Polarni binarni NRZ (Non-Return-to-Zero) kod.....	104
7.3.	Bipolarni binarni NRZ (AMI kod).....	106
7.4.	AMI RZ kod.....	107
7.5.	Polarni RZ kod (Return-to-Zero).....	108
7.6.	Unipolarni RZ kod (Return-to-Zero).....	108
7.7.	Manchester kod.....	109
7.8.	Diferencijalno Mančester kodiranje.....	110
7.9.	MLT-3 kodiranje (Multi-Level Transmit).....	111
7.10	Proračun spektralne gustine.....	112

8. Modulacije.....	114
8.1. Digitalne modulacije .....	114
8.1.1. ASK (Amplitude-shift keying) .....	115
8.1.2. FSK (Frequency-shift keying).....	115
8.1.3. PSK (Phase-shift keying) .....	116
9. Proračun BER (Bit Error Rate).....	124
Literatura .....	128

## Predgovor

Ovaj praktikum za vežbe prvenstveno je namenjen po svojoj sadržini studentima III godine studijskog programa Informacione tehnologije i II godine studijskog programa Softversko inženjerstvo za predmete Komunikacioni sistemi i Komunikacione i računarske mreže na Tehničkom fakultetu “Mihajlo Pupin” - Zrenjanin.

Vežbe koje su uvrštene u Praktikum rade se uz upotrebu Matlab-a. Praktikum se može koristiti i kao pomoćni udžbenik i uputstvo za upotrebu Matlab-a za srodne predmete iz oblasti računarskih komunikacija i telekomunikacija, naročito za predmete Napredne telekomunikacije i Računarske mreže.

Prilikom organizovanja redosleda vežbi i oblasti u ovom praktikumu, redosled je odabran tako da prioritet imaju oblasti koje zahtevaju jednostavniju upotrebu Matlab programskog okruženja. Tako da praktikum i njegove oblasti vrše lagan, ali jednostavan uvod u naprednije korišćenje Matlab okruženja. Uporedo sa upoznavanjem rada u Matlab-u, vrši se i upoznavanje studenata sa problemima, pojmovima i temama iz komunikacionih sistema, kao i upotreba Matlab-a u proračunima vezanim za tu oblast.

U skladu sa rastom popularnosti bežičnih tehnologija za prenos podataka, koje predstavljaju ključne tehnologije za savremene tehnološke trendove kao što su bežične senzorske mreže (WSN – Wireless Sensor Networks), Internet stvari (Internet of Things) i pametne tehnologije (Smart Cities, Home and building Automation, Smart Agriculture ...) u ovom udžbeniku je značajan deo posvećen proračunima iz oblasti bežičnih tehnologija, prvenstveno u pogledu proračuna propagacije signala. Takav pristup ovaj udžbenik čini u velikoj meri upotrebljivim za predmet Napredne Telekomunikacije.