



Telekomunikaciona merenja TM P01 2018

Profesor dr Miroslav Lutovac

"This project has been funded with support from the European Commission. This publication [communication] reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein"

Telekomunikaciona merenja

- Status predmeta: **Izborni**
- Broj ESPB: **8**
- Cilj predmeta:
 - **upoznavanje sa principima rada i korišćenjem telekomunikacionih mernih uređaja**

Telekomunikaciona merenja

- Ishod predmeta:
 - **Po završetku kursa studenti će imati potrebna znanja da pravilno upotrebe laboratorijske uređaje i izvrše merenja telekomunikacionih signala**

Sadržaj predmeta, Teorijska nastava

1. Uvod.
Vrste i značaj telekomunikacionih merenja.
Primeri merenja.
2. Karakterizacija signala u frekvencijskom i vremenskom domenu.
3. Analizatori spektra - princip rada.
4. Merenje nivoa signala, širine zauzetog opsega, merenje analizatorom spektra.
5. Merenje modulacije, merenje analizatorom spektra.
6. Merenje šuma, merenje analizatorom spektra.
- ...

Sadržaj predmeta, Teorijska nastava

...

7. Merenje distorzije, merenje analizatorom spektra.
8. Analizator mreža - princip rada.
9. Merenje parametara rasejanja četveropola.
10. Merenje faznog i grupnog kašnjenja.
11. Reflektometrija i reflektometri.
12. Merenja u optičkim sistemima prenosa.
13. BER testeri.
14. Merenja u telekomunikacionim mrežama. Analizatori protokola.
15. Rekapitulacija znanja i završna razmatranja.

Sadržaj predmeta, Praktična nastava

- Praktična nastava prati program predavanja i odvija se u laboratoriji
- Teorijska nastava: 4
- Praktična nastava: 3

Literatura

1. N. Miljković, Metode i instrumentacija za električna merenja, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, 2016.
2. Rauscher C., Fundamentals of Spectrum Analysis, Rohde & Schwarz, 2006.
3. M. Bjelica, Telekomunikaciona merenja 1 - zbirka rešenih zadataka, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, 2013.
4. Witte A. Robert, Spectrum and Network Measurements, SciTech Publishing edition 2006.
5. Time Domain Reflectometry Theory, Application Note, Agilent Technologies, Inc. 2000-2013 Published in USA, May 31, 2013

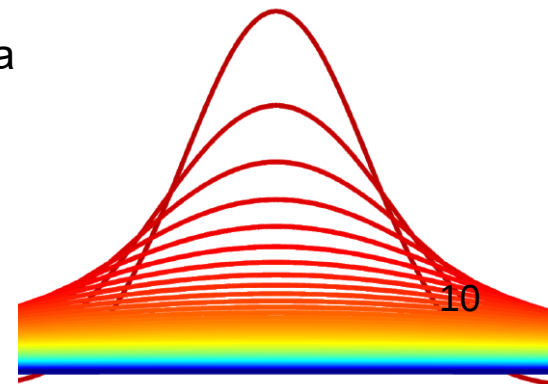
Metode izvođenja nastave

- ✓ Predavanja, vežbe, konsultacije, pismena izrada
 - ✓ Ocena znanja (maksimalni broj poena 100)
 - ✓ aktivnost u toku predavanja 10
 - ✓ praktična nastava 40
 - ✓ kolokvijum 20
 - ✓ pismeni (usmeni) ispit 30
-
- U slučaju mentorske nastave, student radi seminarski rad i brani rad u terminu ispita

N. Miljković,
Metode i instrumentacija za
električna merenja,
Elektrotehnički fakultet,
Univerzitet u Beogradu,
2016.



- Definicija merenja
 - Rezultat merenja8
 - Funkcija raspodele verovatnoće i funkcija gustine verovatnoće
- Merne greške I merna nesigurnost
 - Relativna i apsolutna greška merenja
 - Merna nesigurnost tipa A
 - Merna nesigurnost tipa A za Gausovu funkciju gustine verovatnoće
 - Merna nesigurnost tipa A za negausovske funkcije gustine verovatnoće
 - Primeri računanja merne nesigurnosti tipa A
 - Merna nesigurnost tipa B
 - Merna nesigurnost tipa B analognih instrumenata
 - Merna nesigurnost tipa B digitalnih instrumenata
 - Normalizacija rezultata merenja
 - Kombinovana merna nesigurnost
 - Kombinovana merna nesigurnost nekorelisanih veličina
 - Kombinovana merna nesigurnost korelisanih veličina
 - Kombinovana merna nesigurnost i sistematski efekti
 - Primer računanja kombinovane merne nesigurnosti

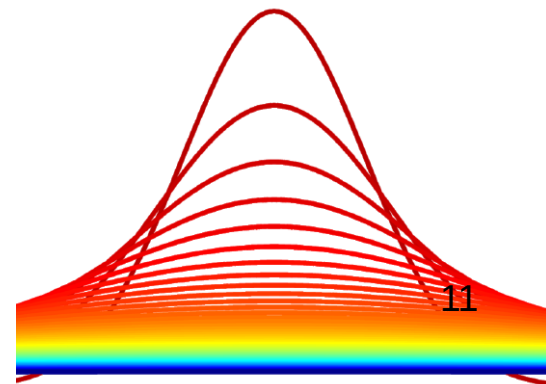


- Izveštaj rezultata merenja i uticaj merene veličine na mernu nesigurnost
- Merna nesigurnost - dodatna razmatranja i rezime
 - Predstavljanje rezultata merenja pomoću medijane i kvartila
- Metode za merenje električnih veličina
 - Merenje otpornosti
 - Ommetar (digitalni multimeter)
 - U/I metoda za merenje nepoznate otpornosti
 - Merenje otpornosti metodom poređenja i metodom zamene
 - Primer merenja otpornosti
 - Merenje kapacitivnosti
 - Primer merenja kapacitivnosti
 - Merenje induktivnosti
 - Merenje impedanse
 - U / I metoda za merenje impedanse
 - Merni mostovi za merenje električnih veličina

UDŽBENIK ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA U BEOGRADU

Metode i instrumentacija za
električna merenja

Nadica Miljković



- Instrumenti za merenje električnih veličina

- Princip rada osnovnih mernih instrumenata

- Instrument sa pokretnim kalemom
 - Instrument sa pokretnim gvožđem
 - Princip rada digitalnih instrumenata
 - Galvanometri u savremenim električnim merenjima

- Karakteristike mernih instrumenata

- Specijalizovani merni instrumenti

- Digitalni multimetar, Osciloskop, LCR metar

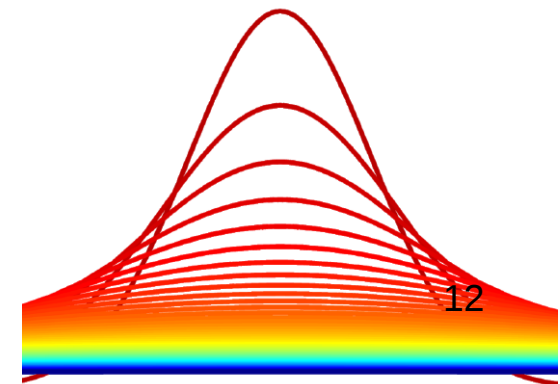
- Merenje neelektričnih veličina

- Princip rada senzora / pretvarača

- Merenje promene otpornosti

- Primeri sa rešenjima

- NTC termistor, PTC termistor,
 - Rezistivni senzor sile
 - Senzori zasnovani na promeni kapacitivnosti
 - Rezistivni ekran osetljiv na dodir
 - Kapacitivni ekrani osetljivi na dodir



- Merni instrumenti zasnovani na primeni računara

- Električni model

- Primer određivanja električnog modela - PTC termistor

- Kola za kondicioniranje signala

- Pojačavači
 - Filtri

- A / D konverzija signala

- Obrada signala

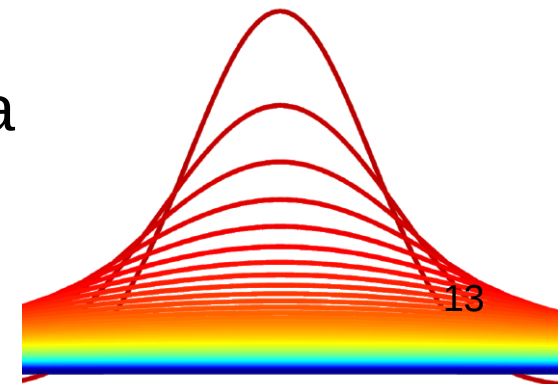
- Prenos podataka

- Softver za akviziciju signala

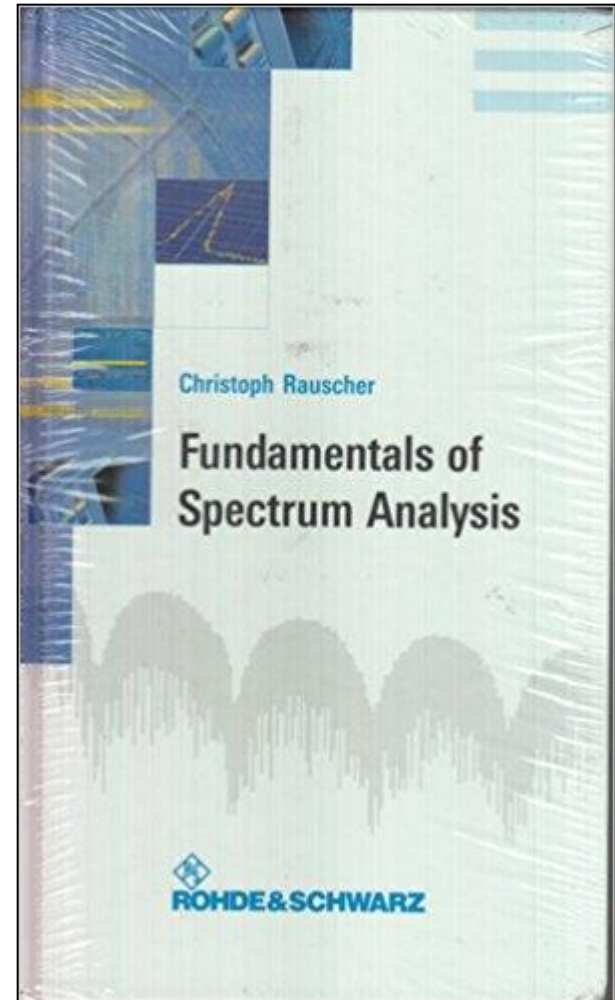
- Ready to run aplikacija
 - Programsko okruženje opšte namene
 - Virtuelni instrumenti i programska okruženja posebne namene
 - SCADA

- Trendovi u savremenim mernim sistemima

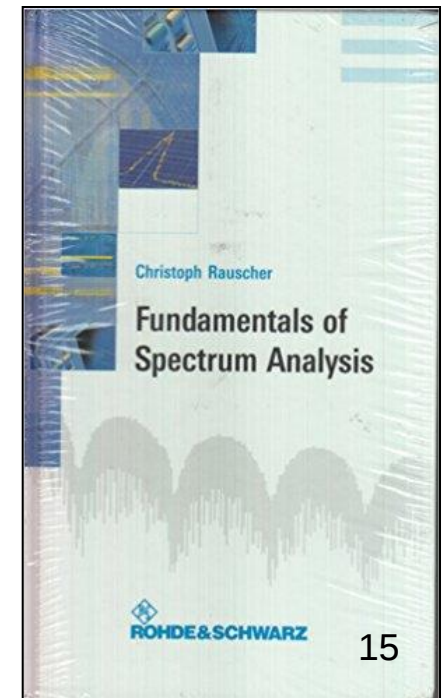
- Merenja u dopunjenoj i pojačanoj realnosti



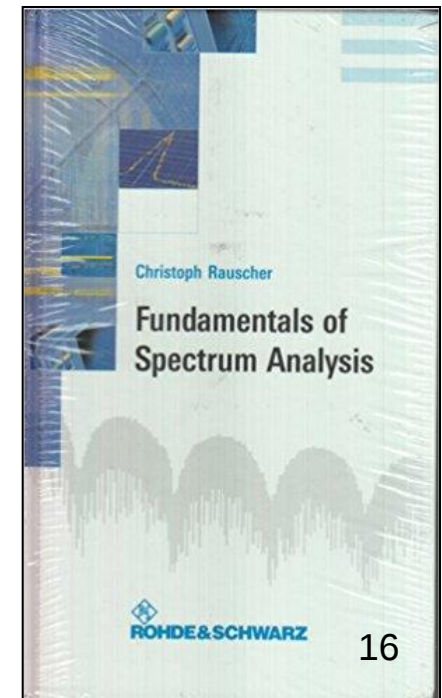
Rauscher C.,
Fundamentals of Spectrum
Analysis,
Rohde & Schwarz, 2006



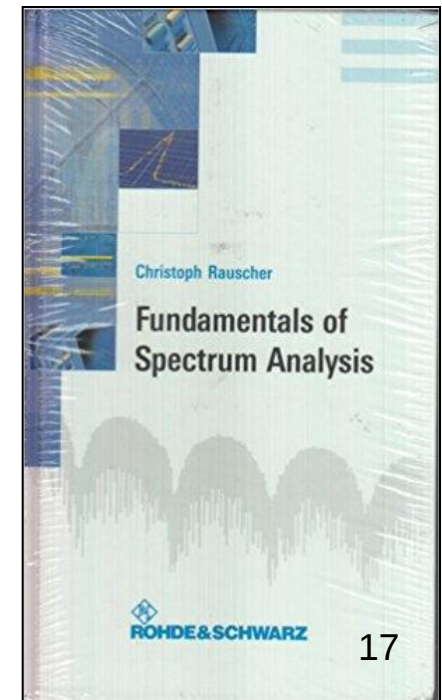
- Signals
 - Signals displayed in time domain
 - Relationship between time and frequency domain
- Configuration and control elements of a spectrum analyzer
 - Fourier analyzer (FFT analyzer)
 - Analyzers operating according to the heterodyne principle
 - Main setting parameters
- Practical realization of an analyzer operating on the heterodyne principle
 - RF input section
 - IF signal processing
 - Determination of video voltage and video filters
 - Detectors
 - Trace processing
 - Parameter dependencies
 - Sweep time, span, resolution and video bandwidths
 - Reference level and RF attenuation



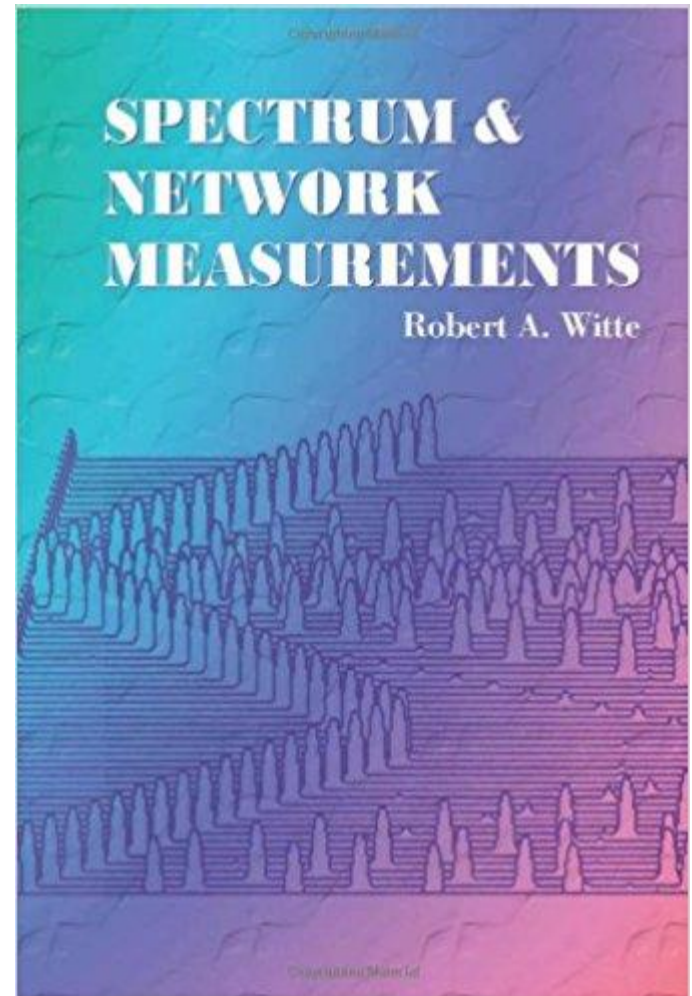
- Performance features of spectrum analyzers
 - Inherent noise
 - Nonlinearities
 - Phase noise (spectral purity)
 - 1 dB compression point and maximum input level
 - Dynamic range
 - Immunity to interference
 - LO feed-through
 - Filter characteristics
 - Frequency accuracy
 - Level measurement accuracy
 - Error components
 - Calculation of total measurement uncertainty
 - Error due to low signal-to-noise ratio
 - Sweep time and update rate



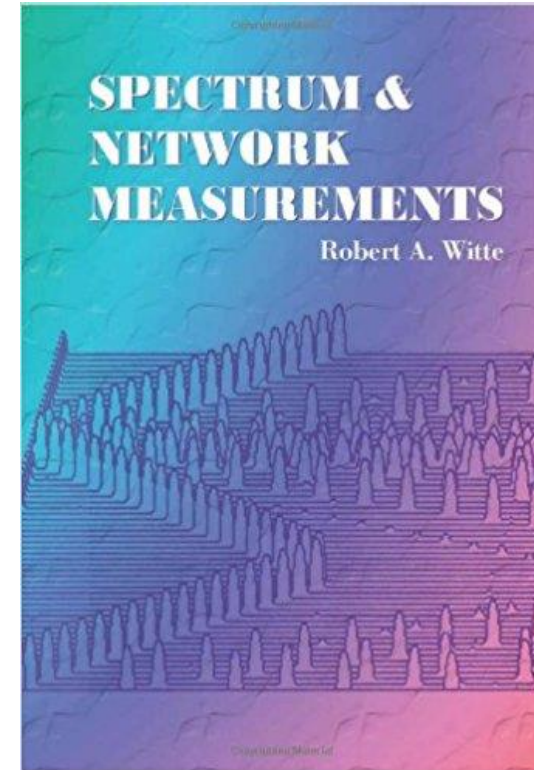
- Frequent measurements and enhanced functionality
 - Phase noise measurements
 - Measurement procedure
 - Selection of resolution bandwidth
 - Dynamic range
 - Measurements on pulsed signals
 - Fundamentals
 - Line and envelope spectrum
 - Resolution filters for pulse measurements
 - Analyzer parameters
 - Pulse weighting in spurious signal measurements
 - Channel and adjacent-channel power measurement
 - Introduction
 - Key parameters for adjacent-channel
 - Dynamic range in adjacent-channel
 - Methods for adjacent-channel power measurement using a spectrum analyzer



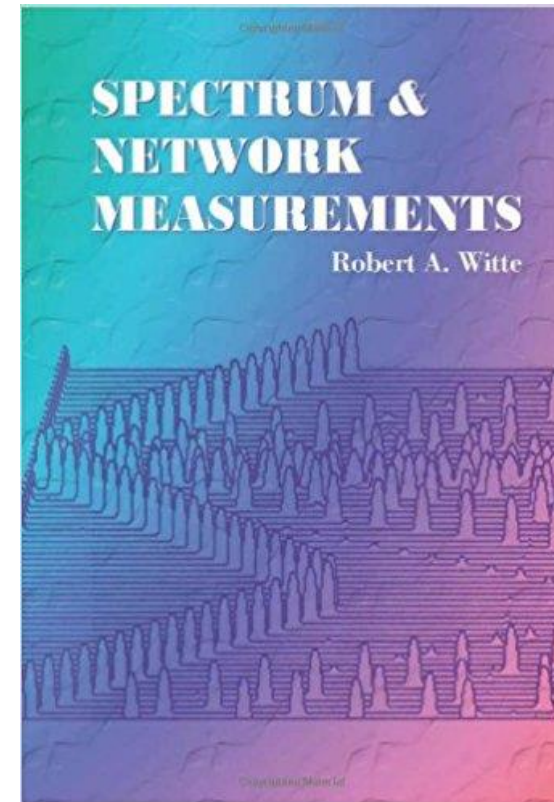
Witte A. Robert,
Spectrum and Network
Measurements,
SciTech Publishing edition
2006



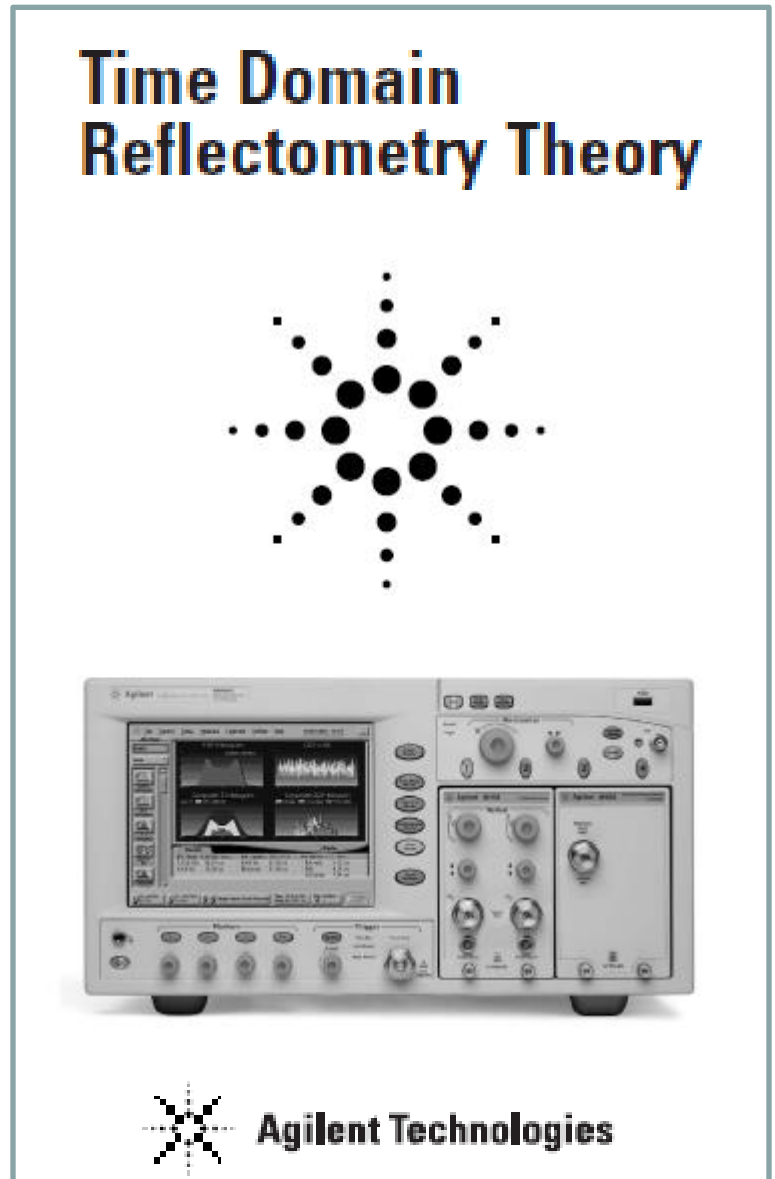
- Introduction to spectrum and network measurements
- Use of Decibels, gain/loss calculations
- Fourier theory, transforms of various signals
- Fast Fourier transform (FFT) analyzers, windowing, real-time bandwidth
- Swept spectrum analyzers, resolution bandwidth, types of detectors
- Modulation measurements, AM, FM, digital, quadrature
- Distortion measurements, harmonic and intermodulation distortion
- Noise and noise measurements, power spectral density, equivalent noise bandwidth
- Pulse measurements, pulse spectrum, pulsed RF



- Averaging and filtering, pre- and post-detection filtering, RMS average
- Transmission lines, theory and measurement errors
- Measurement connections, loading effect, high-Z probes, dividers/splitters
- Two-port networks, impedance, admittance, hybrid, and s-parameters
- Network analyzers, vector network analyzers, directional bridges/couplers
- Vector network measurements, linear phase, group delay, normalization
- EMC measurements, radiated emissions, EMI detectors, troubleshooting
- Analyzer performance and specifications, dynamic range
- Two-port vector error correction

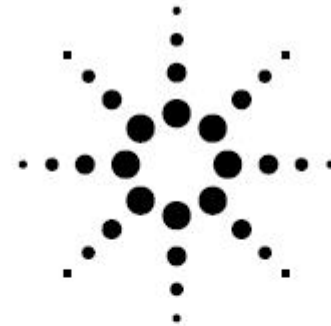


Time Domain Reflectometry
Theory, Application Note,
Agilent Technologies, Inc.
2000-2013 Published in
USA, May 31, 2013



- Introduction
- Propagation on a Transmission Line
- TDR Step Reflection Testing

Time Domain Reflectometry Theory



Agilent Technologies

M. Bjelica,
Telekomunikaciona merenja 1 -
zbirka rešenih zadataka,
Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u
Beogradu, 2013.



Uvod

Pasivne komponente

Izvori signala

Merenje nivoa signala

Merenje frekvencije i vremena

Osciloskopi

Analizatori spektra

Obrada rezultata merenja



Profesor dr Miroslav Lutovac
mlutovac@viser.edu.rs

Ova prezentacija je nekomercijalna.

Slajdovi mogu da sadrže materijale preuzete sa Interneta, stručne i naučne građe, koji su zaštićeni Zakonom o autorskim i srodnim pravima.

Ova prezentacija se može koristiti samo privremeno tokom usmenog izlaganja nastavnika u cilju informisanja i upućivanja studenata na dalji stručni, istraživački i naučni rad i u druge svrhe se ne sme koristiti –

Član 44 - Dozvoljeno je bez dozvole autora i bez plaćanja autorske naknade za nekomercijalne svrhe nastave:

(1) javno izvođenje ili predstavljanje objavljenih dela u obliku neposrednog poučavanja na nastavi;

- ZAKON O AUTORSKOM I SRODNIM PRAVIMA

("Sl. glasnik RS", br. 104/2009 i 99/2011)