



Telekomunikaciona merenja TM P08 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"

Analizator parametara električne mreže

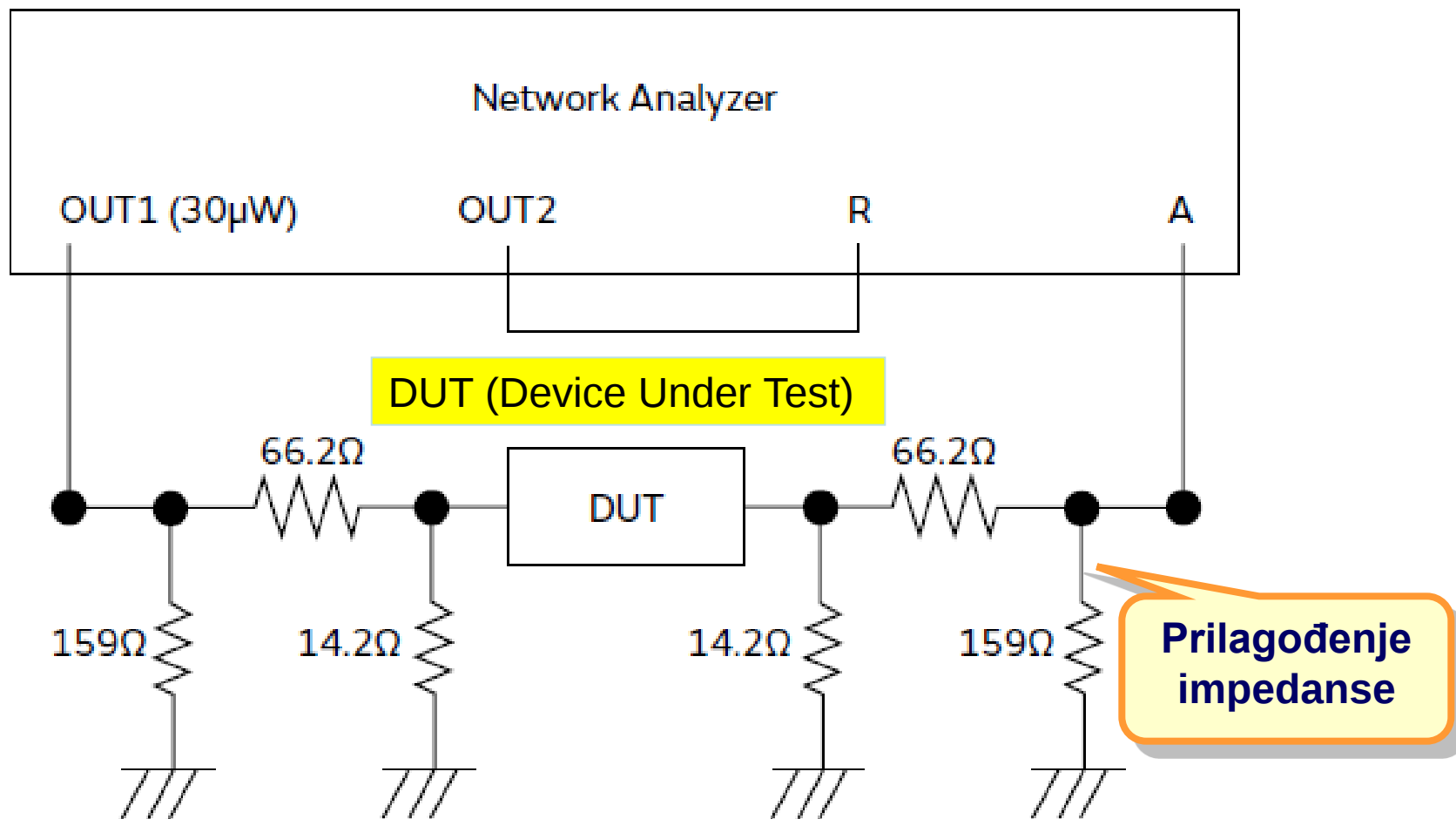


Analizator mreže

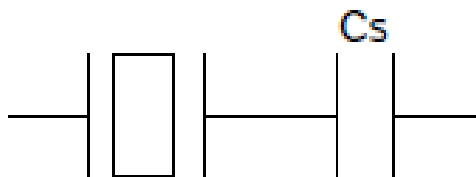
- Analizator mreže je instrument koji meri parametre električne mreže (električnog kola)
 - s-parametri (emitovanje i refleksija električne mreže)
 - y-parametri
 - z-parametri
 - h-parametri
 - Karakteristike dvo–porne mreže (električnog kola)
 - ✓ Pojačavački stepeni, filtri, prenosni mediji
 - Karakteristike mreže sa više portova (el. kola)

Princip rada

snaga generatora $30\mu\text{W}$

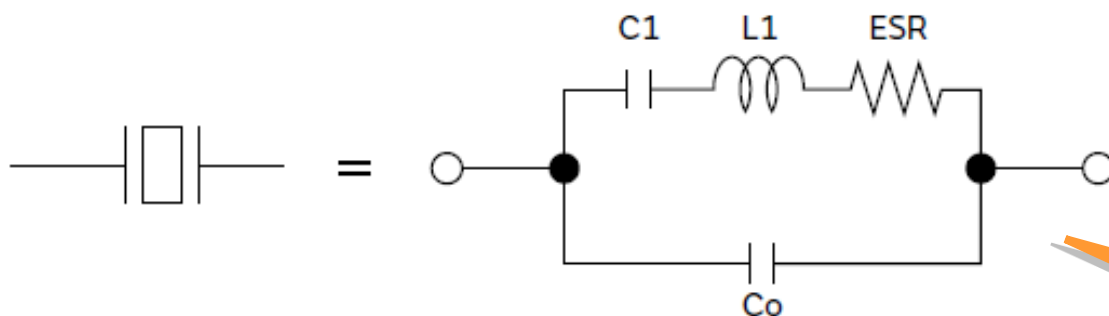


Princip rada



DUT (Device Under Test)

Uslovi rada za merenje
temperatura $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$
vlažnost 45 to 85%R.H.



Ekvivalentno kolo

Signal generator

- Analizator ima Signal generator za generisanje test signala (ili kao poseban uređaj)
- Za kontrolu i programiranje se koristi GPIB konektor
- Savremeni uređaji imaju i dva signal generatora:
 - Za mešače gde se jedan koristi kao signal noseće (RF) učestanosti, a drugi kao LO, pojačavač, za intermodulaciono testiranje

Radna učestanost

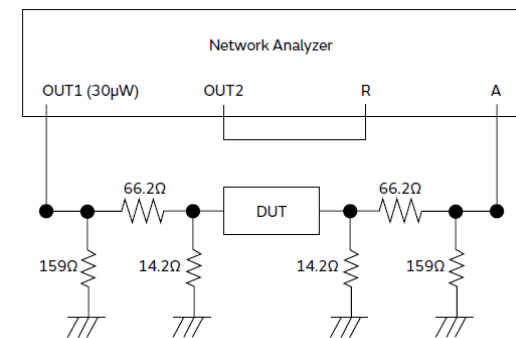
- Od 5 Hz do 1.05 THz
- Neki mogu da rade od 1 Hz
- Za testiranje stabilnosti otvorenih petlji u merenjima audio i ultrasoničnim primenama

Tipovi SNA i VNA

- Skalarni (scalar network analyzer - SNA), za merenje amplitude
- Vektorski (vector network analyzer - VNA) za merenje amplitude i faze
- VNA se često nazivaju za merenje gain-phase meter ili automatic network analyzer
- SNA je po funkciji sličan analizatoru spektra u kombinaciji sa tracking generatorom
- Od 2007, VNA su podrazumevani tip za analizator mreže; proizvođači: Anritsu, Rohde & Schwarz

Test set

- The test set koristi izlaz signal generatora i prosleđuje ga na uređaj koji se testira, kao i na prijemnik
- Spliter se koristi kao referentni kanal za pobudni signal
- Kod SNA, referentni kanal može da bude diodni detektor (prijemnik) čiji izlaz se šalje generatoru signal aza automatsko podešavanje nivoa
- Kod VNA, referentni kanal ide na prijemnik; koristi se kao fazna referenca
- Koristi se i otporni delitelj napona za razdvajanje signala

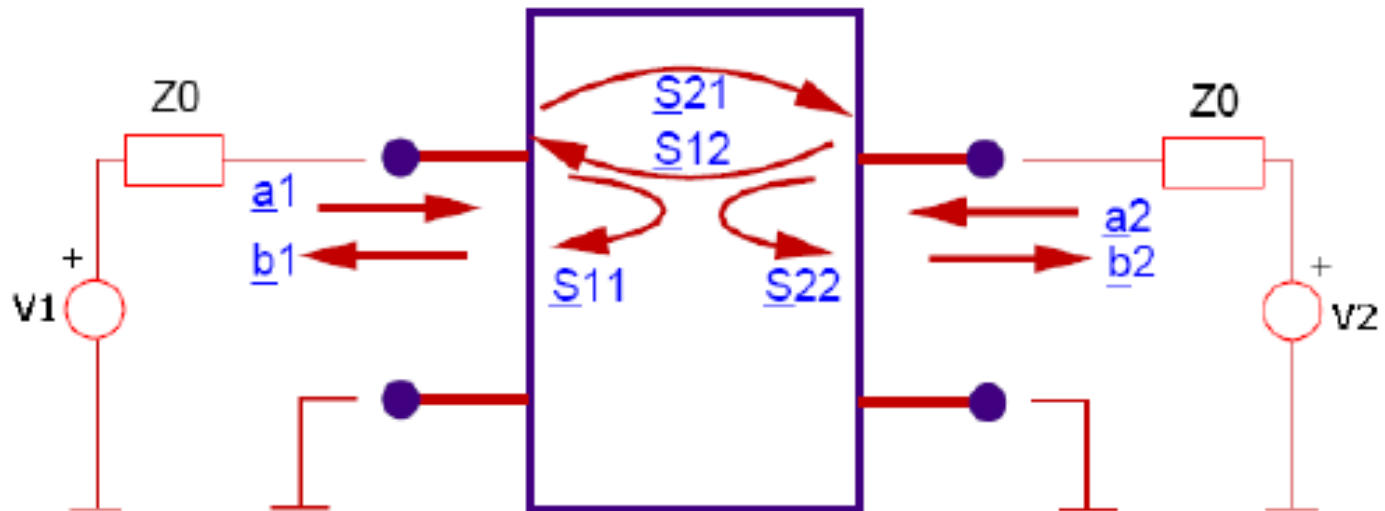


Tipovi MTA i LSNA

- Microwave Transition Analyzer - MTA
- Large Signal Network Analyzer - LSNA
- Mere amplitudu i fazu signala na osnovnoj učestanosti i harmonike
- Imaju user-friendly kalibraciju
- Mogu da mere sva 4 s-parametra

S-parametari

- parametri rasejanja,
poznatiji pod nazivom S-parametari i to
ulazni i izlazni koeficijent refleksije,
izolacija ulaza od izlaza kola i pojačanje.



Mreža sa dva pristupa

- Parametri a i b predstavljaju normalizovane vrednosti ulaznih i reflektovanih napona na krajevima mreže
- V i I su vrednosti napona i struja na ulaznim i izlaznim priključcima, a Z_0 je impedansa transmisionih linija

$$a_{1,2} = \frac{V_{1,2} + I_{1,2}Z_0}{2\sqrt{Z_0}},$$

$$b_{1,2} = \frac{V_{1,2} - I_{1,2}Z_0}{2\sqrt{Z_0}},$$

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix}$$

Mreža sa dva pristupa

$$S_{11} = \frac{b_1}{a_1} \Big| a_2 = 0$$

$$S_{22} = \frac{b_2}{a_2} \Big| a_1 = 0$$

$$S_{21} = \frac{b_2}{a_1} \Big| a_2 = 0$$

$$S_{12} = \frac{b_1}{a_2} \Big| a_1 = 0$$

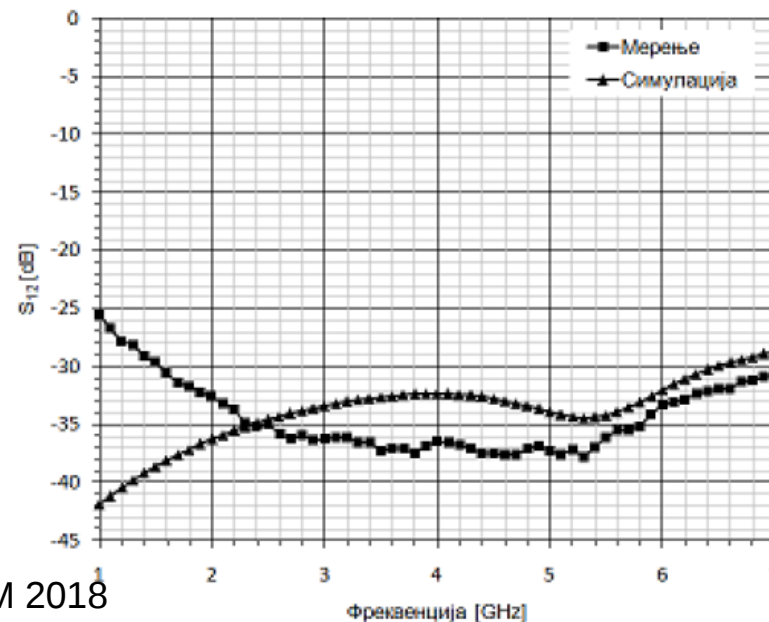
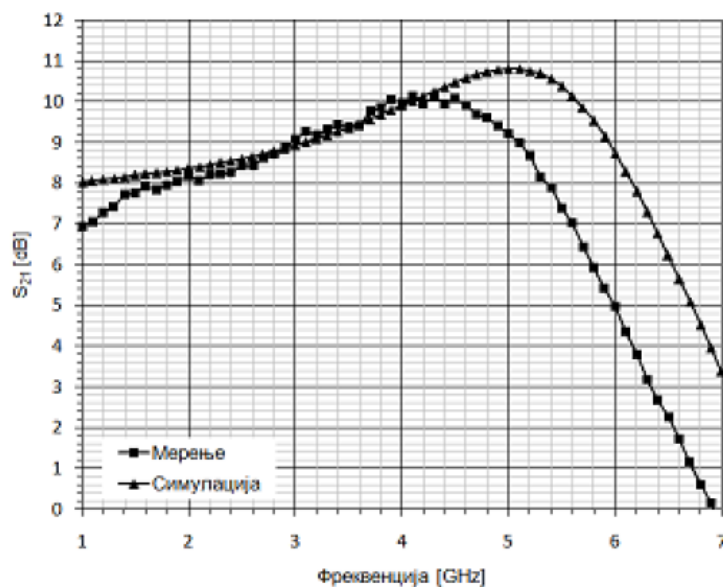
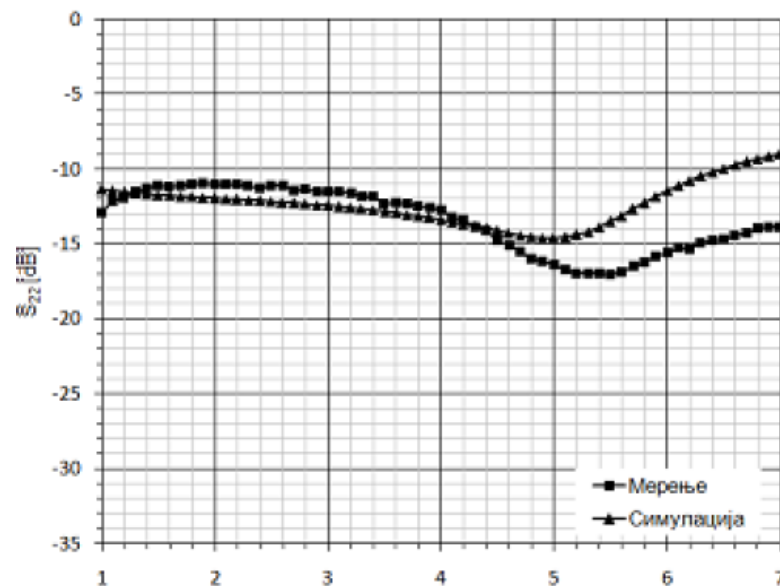
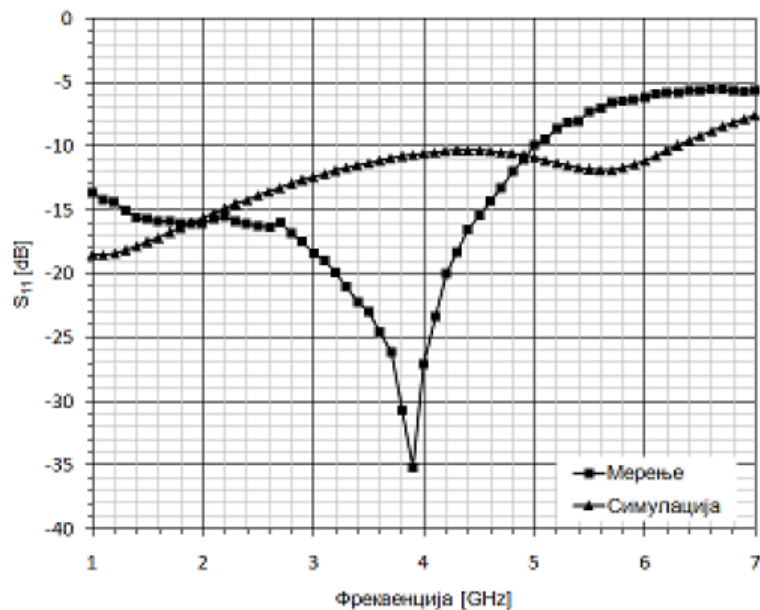
Parametri S_{11} i S_{22} opisuju refleksiju signala na njegovim ulaznim, odnosno izlaznim pristupima.

Njihova amplituda je uvek manja od 1, a u idealnom slučaju njena vrednost je 0.

Preko parametara S_{12} i S_{21} opisuje se prostiranje signala od ulaznog do izlaznog pristupa i obratno.

Njihova vrednost može da bude i veća od 1, a ukoliko je negativna dolazi do promene faze signala.

Primeri merenja



Prijemnik

- Uloga prijemnika je da izvrši merenje
- Analizator mreže ima jedan ili više prijemnika koji su povezani na uređaj koji se testira
- Referencni test port se uobičajeno obeležava **R**
- Primarni test portovi se obeležavaju **A, B, C,....**
- Neki analizatori imaju posebne prijemnike za svaki port
- Neki analizatori dele (koriste) jedan ili više prijemnika između portova

Prijemnik

- Kod SNA, prijemnik meri moduo-amplitudu signala; prijemnik može da bude samo diodni detektor koji radi na test učestanosti
- Najjednostavnij SNA ima samo jedan test port, oni koji su precizniji imaju i referencni port
- Referenncni port treba da kompenzuje promenu amplitude test signala
- Može se koristiti jedan detektor i za referentni i merni test port, u dve faze

SNA - scalar network analyzer

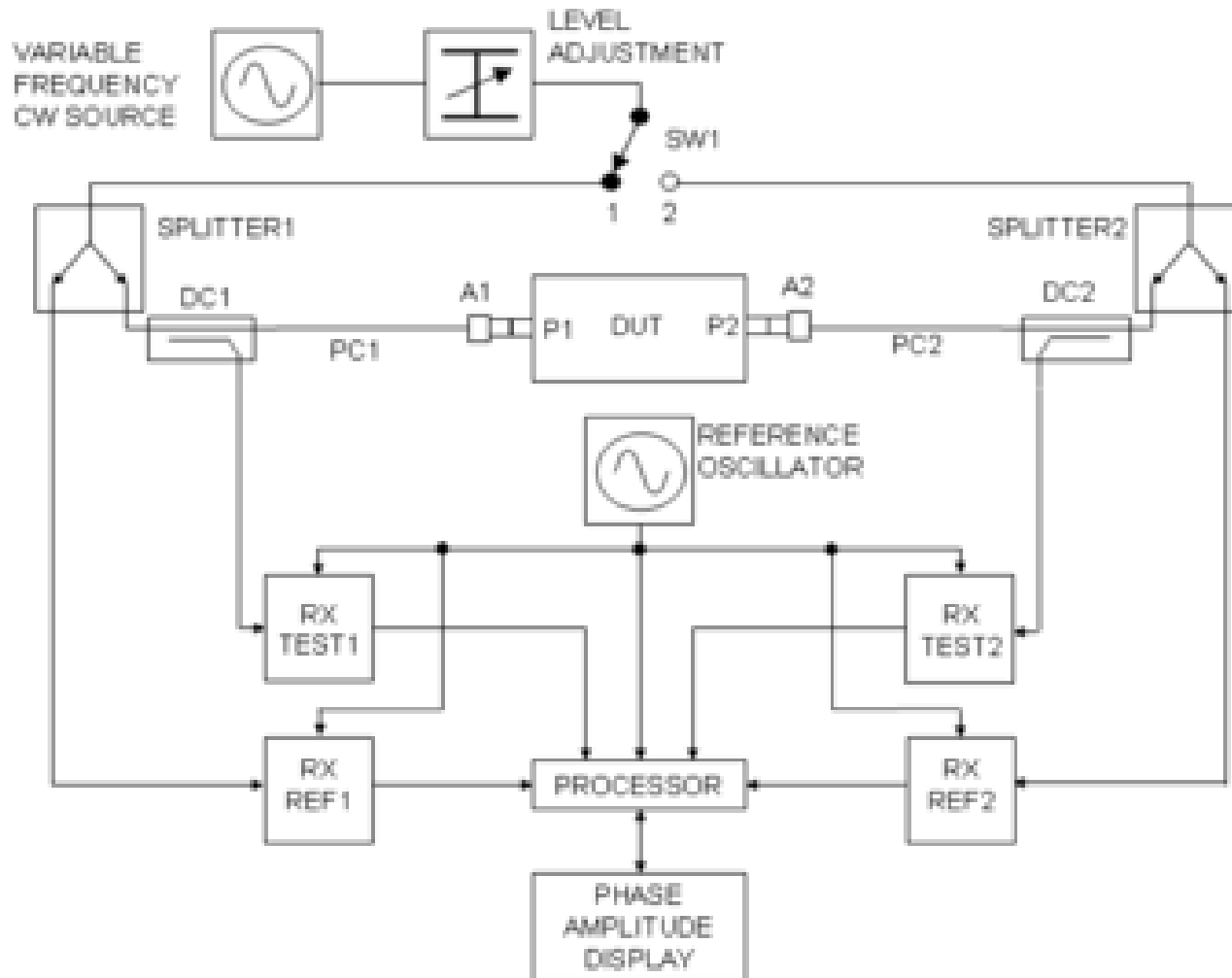
Prijemnik

- Kod VNA, prijemnik meri i amplitudu i fazu signala
- Potreban je referencni kanal (**R**) da bi se odredila faza, zato je potrebno da ima dva prijemnika
- Obično se koriste metoda sa down convertorima kao referencnim i test kanalima, kako bi se merenje obavilo na nižim učestanostima
- Faza može da se meri kvadraturnim detektorom
- VNA zahteva najmanje 2 prijemnika, ali može se koristiti i 3 i 4 prijemnika da bi se istovremeno merilo više različitih parametara

Procesor i displej

- Za potrebu obrade i prikaz rezultata
- Koriste veoma sofisticirane metode
- Reflektovani i predajni podaci se formatiraju da bi prikaz bio moguć i jednostavniji:
 - Linearni i logaritamski sweep
 - linearni i logaritamski format
 - Polarni dijagram
 - Smitov dijagram
 - Trace markeri
 - Linije za limit
 - Prolazi ili ne kriterijum

Vector network analyzer



Kalibracija i korekcija greške

- Kalibracija jednom godišnje u ovlašćenoj laboratoriji
- Ima stiker kada je urađena kalibracija i kada treba da bude sledeća, sertifikat za kalibraciju
- Korekcija sistemske greške – karakteristike kabla, adaptera, i pribor
- Proces korekcije greške može biti potreban i nekoliko puta u toku jednog sata merenja; nekada se naziva i korisnička kalibracija za razliku od godišnje kalibracije

Kalibracija i korekcija greške

- Uticaj promene temperature
- Kalibracija koristi standardne etalon uređaje za kompenzaciju sistemske greške
- Samo sistemske greške mogu da se koriguju
- Slučajne greške ne mogu da se koriguju kalibracijom
- Neki analizatori imaju interne temperature

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



Uvod



Zadatak 1.1 Preračunati nivo od 1 dBm u dBmV, na impedansi od 50Ω

- Nivou signala l_1 u jedinicama dBm, na impedansi Z , odgovara efektivna vrednost napona U

$$l_1 = 10 \log \frac{U^2}{Z \cdot 1 \text{ mW}} \quad l_2 = 20 \log \frac{U}{1 \mu\text{V}}$$

$$l_2 \approx 108 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$l_2 \approx 108 \text{ dB}\mu\text{V}$$

Uvod



Zadatak 1.2 Preračunati nivo od 1 dBmV u dBm, na impedansi od 75Ω

- Nivou signala I_1 u jedinicama dBm, na impedansi Z , odgovara efektivna vrednost napona U

$$I_2 \approx -107.8 \text{ dBm}$$

Uvod



Zadatak 1.3 Snaga signala na ulazu oslabljiivača je 10 W, a na izlazu 0.1 W. Koliko je slabljenje ovoga oslabljiivača u dB?

- snage signala na njegovom ulazu i na izlazu

$$a = 10 \log \frac{P_{in}}{P_{out}},$$

$$a = 20 \text{ dB}$$

Uvod



Zadatak 1.4 Dobitak uređaja je 66 dB. Koliko je njegovo linearno naponsko pojačanje?

- Decibelski dobitak uređaja g i njegovo linearno naponsko pojačanje, G

$$g = 20 \log G_u$$

2000

Uvod



Zadatak 1.5 Snaga signala na ulazu pojačavača je 1 W, a na izlazu 20 W. Koliki je dobitak ovoga pojačavača u dB?

- snage signala na njegovom izlazu i na ulazu

$$g = 10 \log \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

$$g = 13 \text{ dB}$$

Uvod



Zadatak 1.6 Na ulaz pojačavača dobitka $g = 30$ dB dolazi signal snage 1 W. Kolika je snaga signala na izlazu?

$$P_{out} = P_{in} \cdot 10^{g/10}$$

1000 W

Uvod



Zadatak 1.7 Efektivna vrednost napona na ulazu pojačavača je 1 V, a na izlazu 20 V. Koliki je dobitak ovoga pojačavača?

- kada su karakteristične impedanse na ulazu i na izlazu međusobno jednake

$$g = 20 \log \frac{U_{out}}{U_{in}}$$

26 dB

Uvod



Zadatak 1.8 Efektivna vrednost napona na ulazu oslabljivača slabljenja 50 dB je 1 V. Kolika je efektivna vrednost napona na njegovom izlazu?

$$U_{out} = U_{in} \cdot 10^{-a/20}$$

3.2 mV

Uvod



Zadatak 1.9 Na ulaz sabirača dolaze nekorelisani signali čiji su nivoi redom 0 dBm, 3 dBm i -6 dBm. Koliki je nivo signala na izlazu?

- Nekorelisani signali se sabiraju po snazi

$$P_{tot} = P_1 + P_2 + P_3,$$

$$p_{tot} = 10 \log \frac{P_{tot}}{1 \text{ mW}}$$

3.25 mW, 5.12 dBm

Uvod



Zadatak 1.10 Na ulaz sabirača dolaze nekorelisani signali, čiji nivoi redom iznose -6 dBV, 0 dBV i 3 dBV. Koliki je nivo signala na izlazu, u dBV?

- karakteristične impedanse na svim pristupima su uzajamno jednake

$$U_{tot} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2} = 1,8 \text{ V}$$

$$n_{tot} = 20 \log \frac{U_{tot}}{1 \text{ V}}$$

5.12 dBV

Uvod



Zadatak 1.11 Na ulaz sabirača dolaze tri korelisana prostoperiodična signala, čiji su nivoi redom 0 dBV, 2 dBV i 3 dBV. Koliki je vršni nivo signala na izlazu?

- Korelisani signali se sabiraju po trenutnim vrednostima

$$U_{tot, max} = \sqrt{2} (U_1 + U_2 + U_3) = 5,19 \text{ V}$$

$$n_{tot, max} = 20 \log \frac{U_{tot, max}}{1 \text{ V}}$$

14.3 dBV

Pasivne komponente



Zadatak 2.1 Odrediti karakterističnu impedansu koaksijalnog kabla RG-58 C/U, čiji su parametri: prečnik unutrašnjeg provodnika $2a = 0.9$ mm, prečnik spoljašnjeg provodnika $2b = 2.95$ mm, relativna permitivnost izolatora $\epsilon_r = 2.1$?

- c je brzina prostiranja transverznog elektromagnetskog (TEM) talasa u kablju, C' je podužna kapacitivnost kabla, $\mu = \mu_0$

$$Z_c = \frac{1}{cC'} \quad c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}} \quad C' = \frac{2\pi\epsilon}{\ln \frac{b}{a}}$$

$$Z_c \approx \frac{60 \Omega}{\sqrt{\epsilon_r}} \ln \frac{b}{a}$$

$$49.15 \Omega, \approx 50 \Omega$$

Pasivne komponente



Zadatak 2.2 Video signal čiji spektar zauzima opseg frekvencija [556 kHz, 6.056 MHz] prenosi se koaksijalnim kablom čiji su parametri: $a = 1.3$ mm, $b = 4.7$ mm, $\epsilon_r = 1.05$ (styroflex), $\rho_p = 0.01785$ mm²/m ($\sigma_{Cu} = 56$ MS/m), $L = 1200$ m. Ako je nivo signala na ulazu kabla $p_{in} = -3$ dB, koliki je nivo signala na njegovom izlazu?

- Karakteristična impedansa kabla, podužno slabljenje skin efekta

$$Z_c \approx \frac{60 \Omega}{\sqrt{\epsilon_r}} \ln \frac{b}{a} \approx 75 \Omega,$$

$$a = \alpha L$$

$$p_{out} = p_{in} - a = -10,12 \text{ dB.}$$

$$\alpha = \sqrt{\mu_0 \pi f \rho_p} \frac{\frac{1}{a} + \frac{1}{b}}{4\pi Z_c}.$$

$$a = \alpha L \approx 0.82 \text{ Np}$$
$$-10.12 \text{ dB}$$

Pasivne komponente



Zadatak 2.3 Za zadati gabarit (poluprečnik spoljašnjeg provodnika) koaksijalnog kabla, odrediti poluprečnik njegovog unutrašnjeg provodnika tako da podužno slabljenje kabla bude minimalno.

- podužno slabljenje koaksijalnog kabla

$$\alpha = \kappa \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right) \left(\ln \frac{b}{a} \right)^{-1} \quad 1 + \frac{a}{b} = - \ln \frac{a}{b}$$

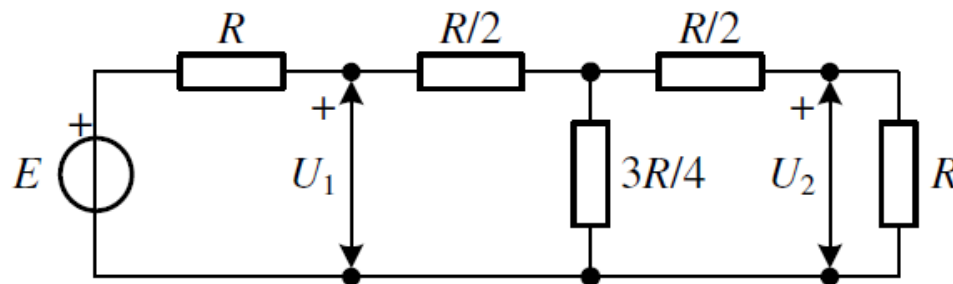
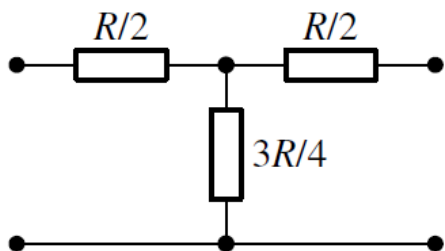
$$\kappa = \sqrt{\frac{\mu_0 \epsilon_r f \rho_p}{\pi}} \frac{1}{240 \, \Omega}$$

$$a \approx 0.278 b$$

Pasivne komponente



Zadatak 2.4 Odrediti slabljenje oslabljivača. Karakteristične impedanse na oba pristupa su jednake i iznose R



$$A = \left(\frac{U_1}{U_2} \right)^2$$

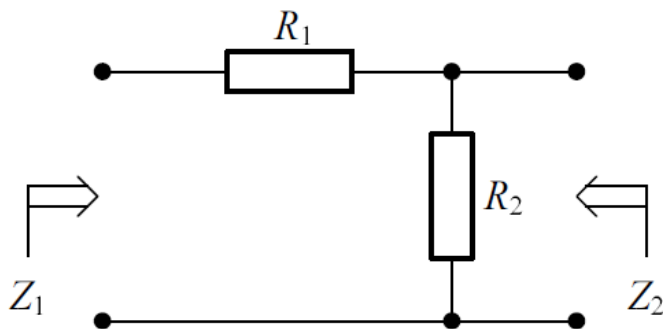
$$U_2 = \frac{U_1}{2} \frac{R}{R + \frac{R}{2}} = \frac{U_1}{3}$$

$$A = 9, a = 10 \log A = 9.5 \text{ dB}$$

Pasivne komponente



Zadatak 2.5 Odrediti vrednosti otpornosti R_1 i R_2 , tako da se L-polučelijom ostvari prilagođenje impedansi između sistema čije impedanse iznose 75Ω i 50Ω .



$$Z_1 = R_1 + \frac{R_2 Z_2}{R_2 + Z_2}$$

$$Z_2 = \frac{(R_1 + Z_1) R_2}{R_1 + Z_1 + R_2}$$

$$R_1 = \sqrt{Z_1 (Z_1 - Z_2)}$$

$$a = 10 \log \frac{u_1^2 / Z_1}{u_2^2 / Z_2}$$

$$R_1 = 43.3 \Omega$$

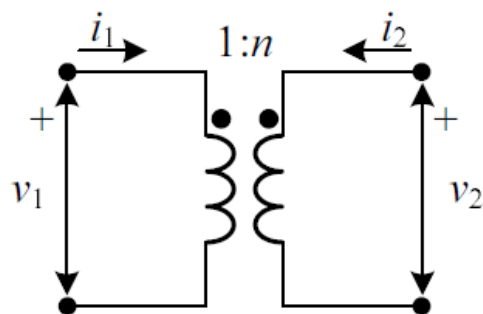
$$R_2 = 86.6 \Omega$$

$$a = 5.7 \text{ dB}$$

Pasivne komponente



Zadatak 2.6 Projektovati transformatorski konvertor
impedanse $150 \, \Omega$ na $600 \, \Omega$



$$v_2 = n v_1 \quad i_2 = -\frac{1}{n} i_1$$

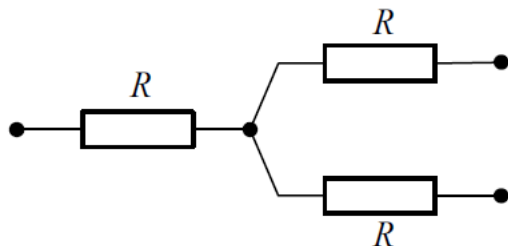
$$Z_2 = -\frac{v_2}{i_2} = n^2 \frac{v_1}{i_1} = n^2 Z_1$$

$$n = 2$$

Pasivne komponente



Zadatak 2.7 Odrediti vrednost otpornosti R , tako da se sklop ponaša kao sabirač/razdelnik snage, karakteristične impedanse 50Ω



$$R = 16.7 \Omega$$

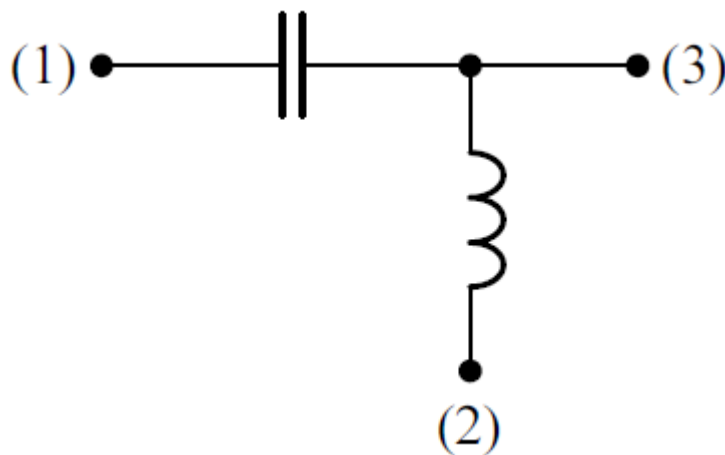
Pasivne komponente



Zadatak 2.8 Predložiti električnu šemu sklopa koji omogućava istovremeni prenos VF signala i DC napajanja jednim kablom.

Šema traženog sklopa, koji se naziva bias T.

VF signal se priključuje na pristup (1),
dok se DC napajanje priključuje na pristup (2)

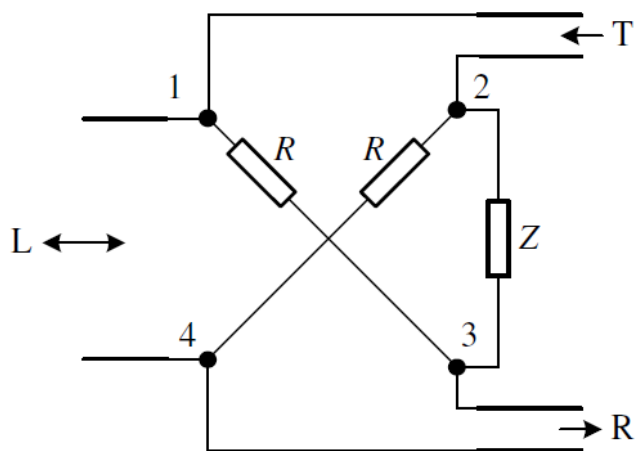


Pasivne komponente

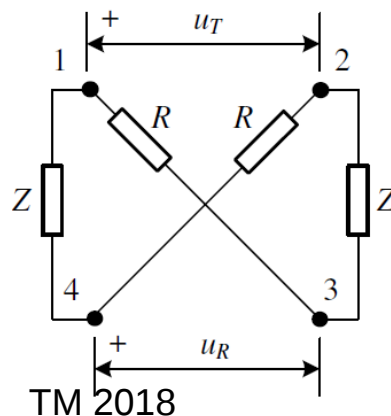


Zadatak 2.9 Prikazana je električna šema diferencijalnog sistema za prelazak sa dvožičnog prenosa na četvorožični. Karakteristične impedanse predajne (T) i prijemne linije (R) su R , a dvosmerne linije (L) Z .

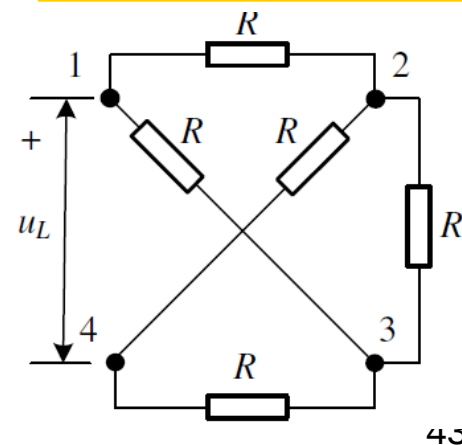
- Odrediti vrednost impedanse Z , tako da se poništi eho.
- Odrediti slabljenja pri prenosu signala.



Poništavanje eha



Prenos signala



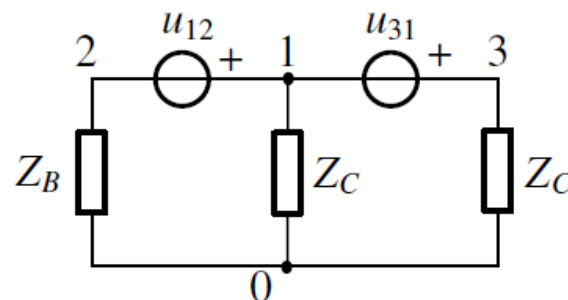
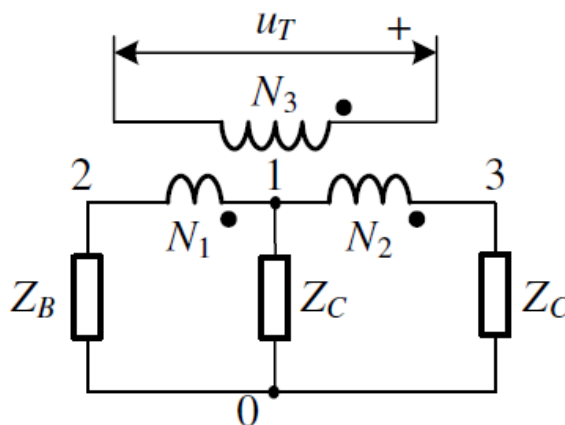
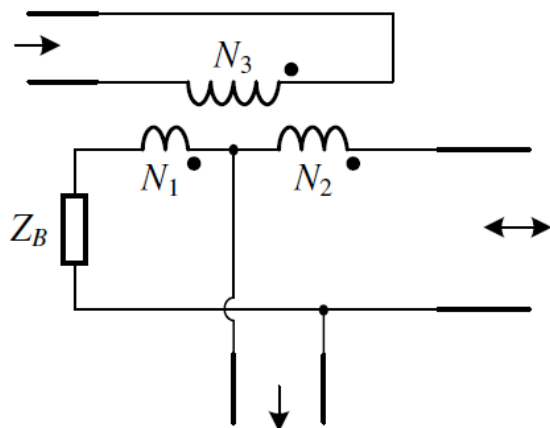
Pasivne komponente



Zadatak 2.10 Prikazan je asimetrični diferencijalni sistem. Karakteristične impedanse linija su Z_C . Transformator je idealan. Odrediti vrednost balansne impedanse, Z_B , tako da se poništi eho.

Poništavanje eha

Ekvivalentno kolo



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)