

Impedanciamérés hálózatanalizátor segítségével

Grabicza Gábor (BUETQ0)

BSc önálló laboratórium

Konzulens: Dr. Orosz György

Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék

2015. 05. 20.

Motivációk

Az impedanciamérés kiemelkedő fontosságú:

- Áramkörök tervezésekor
- Nagyfrekvenciás rendszerek esetén

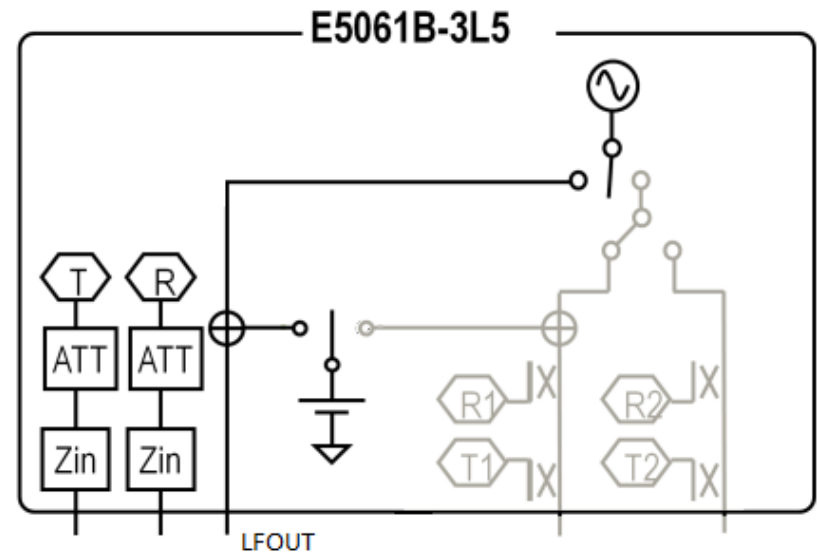
Korábbi tapasztalatok:

- Méréstechnika
- Laboratórium 1 – (Wayne Kerr impedanciaanalizátor)

A Gain-Phase tesztpont

- Agilent E5061B
- 5 Hz – 30 MHz
- LFOUT: gerjesztés
- R, T: állítható csillapítás (0 / 20 dB) és bemeneti impedancia (50Ω/1MΩ)
- Az átvitelt méri:

$$A = \frac{U_T}{U_R}$$

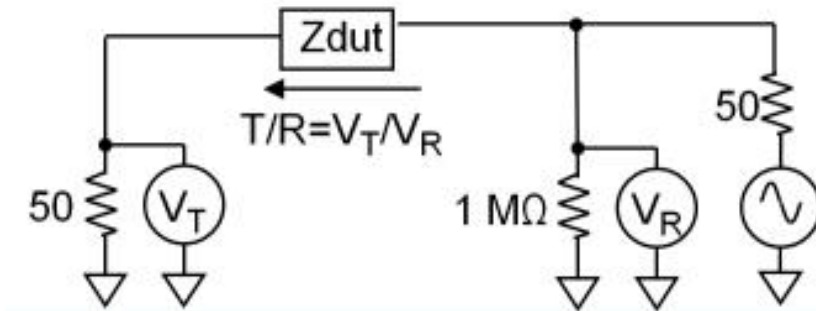


„Soros mérési elrendezés”

(Gain-Phase series-thru method)

Agilent Technologies – Impedance measurement with E5061B LF-Rf network analyzer:

- Elvileg 5Ω - $20\text{k}\Omega$ -ig 10%-os pontosság
- 30 MHz-ig (nagyobb frekvenciákhoz az S-port használatos)
- Földelt impedancia nem mérhető vele



$$A = \frac{U_T}{U_R}$$

$$U_T = U_R \cdot \frac{R_T}{Z + R_T}$$

$$Z = R_T \cdot \frac{1 - A}{A}$$

Mi okozhat hibát a mérésben?

Átvitel mérésének pontossága

- Nincs erre vonatkozó konkrét információ a dokumentációban
- Probléma $A \rightarrow 0$ és $A \rightarrow 1$ esetén van, tehát az adott tartomány határain

$$A = \frac{U_T}{U_R}$$

$$\frac{U_T}{U_R} = \frac{R_T}{Z + R_T}$$

Koaxiális kábelek

- Kezdeti mérések
- Kb. 3-4 méter összesen
- Induktivitás, kapacitás
- Kis impedanciák esetén az ellenállás is számít
- A később alkalmazott elrendezésnél pontatlanabb

Saját mérőpanel



- Kifejezetten a műszerhez készült, kétféle mérési elrendezés valósítható meg a segítségével
- Egyszerű, kezdetleges, kevésbé precíz
- Nincsenek hosszú kábelek
- Ennek is van induktivitása és kapacitása, amivel számolni kell, de a kábelektől jobb
- A környezeti zajok ellen nem megoldás
- Tapasztalatszerzés

Kábelek kontra mérőpanel

Névleges érték	Kábelek	Mérőpanel
1 Ω	-45%	-39,9%
10 Ω	-6,3%	-5%
100 Ω	-2,4%	-1,6%
1 k Ω	-1,3%	-1,2%
10 k Ω	-1,2%	-1,3%
100 k Ω	-2,2%	-0,8%
1 M Ω	-4,2%	-0,6%

- Mért impedancia relatív hibája 1 kHz-en
- Referencia: Wayne Kerr impedanciaanalizátor
- 1 Ω kritikus, nem ez az elrendezés ajánlott
- Jóval pontosabb, mint vártuk, jóval szélesebb skálán

Kompenzáció

Soros

- Induktivitása, ellenállása van a panelnek
- Sorosan kapcsolódik
- Kis impedanciák esetén
- Memória kihasználható
- Pl. 1Ω közel 10%-ra kompenzálható

$$Z = Z_{mért} - Z_{SC}$$

Párhuzamos

- A panelnek kapacitása van
- Párhuzamosan kapcsolódik
- Nagy impedanciák esetén
- Nem célravezető, mivel zajos a mérés

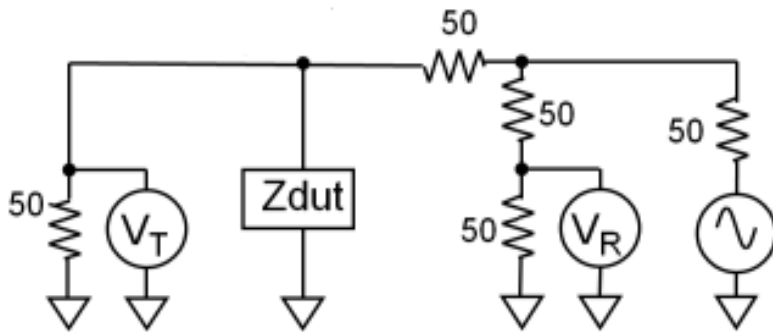
$$\frac{1}{Z} = Y = Y_{mért} - Y_{oc}$$

„Párhuzamos mérési elrendezés”

(Gain-Phase shunt-thru method)

Agilent Technologies – Impedance measurement with E5061B LF-Rf network analyzer:

- Elvileg $1\text{m}\Omega$ - 5Ω -ig 10%-os pontosság
- 100 kHz alatt kifejezetten a Gain-Phase tesztport ajánlott
- Power splitter (illesztő áramkör) helyett ellenállások



$$Z = \frac{R^*}{2} \frac{A}{(1 - A)}$$

100 mΩ-os ellenállás mérése „párhuzamos mérési elrendezéssel”

- $R_R = R_T = R^* = 50 \Omega$,
frekvenciafüggetlen
- A pontatlanság oka a sok feltételezés
- Még így is 10%-on belül

Frekvencia	Hiba
20 Hz	5,33%
200 Hz	5,75%
2 kHz	5,68%
20 kHz	6,04%
200 kHz	5,28%

$$Z = \frac{A \cdot R_2^*}{\frac{R_1^*}{R_R} + 1 - A \cdot \left(\frac{R_2^*}{R_T} + 1 \right)} \quad Z = \frac{R^*}{2} \frac{A}{(1 - A)}$$

Frekvenciafüggő impedanciák

Frekvencia	20 Hz	200 Hz	2 kHz	20 kHz	200 kHz
Induktivitás					
10 mH	0,69%	-0,78%	-1,36%	-1,28%	0,15%
10 μ H	65,46%	104,53%	10,98%	-0,22%	-0,18%
Kapacitás					
47 pF	853,66%	-30,05%	2,09%	3,09%	2,89%
3 nF	-7,14%	1,38%	1,36%	1,26%	1,16%
6 μ F	1,39%	1,35%	1,95%	28,85%	213,35%

Jövőbeli tervek

- Bemeneti impedanciák pontosságának vizsgálata
- Külső zavarok hatásának csökkentése
- Esetlegesen precízebb mérőpanel elkészítése
- Mérések az S-tesztporttal