

Meranie šumového čísla

Metóda Y (Y-method)

Pomôcky: spektrálny analyzátor (Displayed Average Noise Level (DANL) približne -142 dBm)

zdroj šumu (Excess Noise Ratio (ENR)= 14 dB, podľa kalibračnej tabuľky)

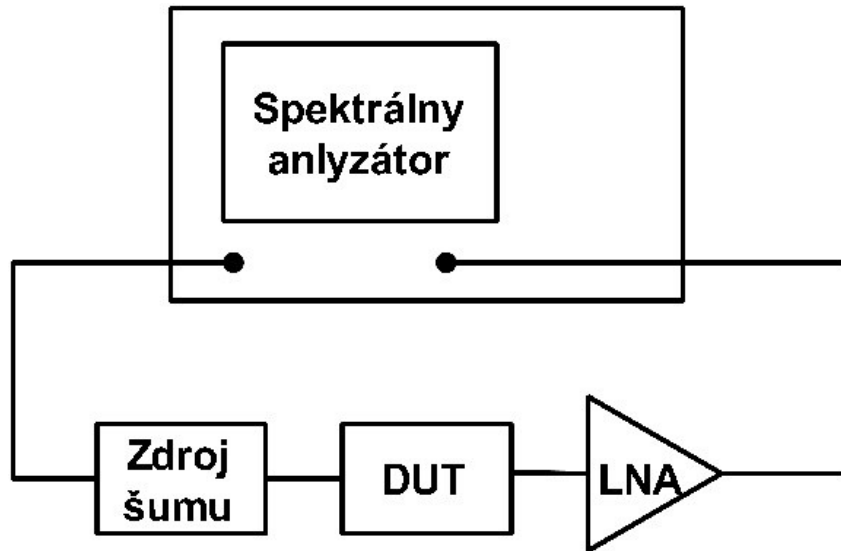
zosilňovač so známymi parametrami ($G_a =$, $NF_a =$)

testované zariadenie (DUT)

napájací zdroj pre zosilňovač a DUT

prepojovacie káble, redukcie a príslušenstvo

Bloková schéma:



Z pomôcok zostavíme systém podľa blokovej schémy. Na vstupe sústavy je šumový zdroj spínaný spektrálnym analyzátorom. Za ním je zaradený DUT v sérii s pomocným zosilňovačom so známymi parametrami (LNA). Výstup

pomocného zosilňovača je zapojený na vstup SA.

Spektrálnym analyzátorom meriame výkon šumu pri vypnutom i pri zapnutom šumovom zdroji. Z ich rozdielu (tzv. Y-faktora) potom vypočítame šumové číslo celej sústavy a následne šumové číslo samotného DUT. Zosilňovač so známymi parametrami je potrebný na to, aby meraný šumový výkon bol detekovateľný nad šumovým prahom spektrálneho analyzátoru.

Postup merania:

1. Približne určíme šumový prah spektrálneho analyzátoru pri vstupe zaťaženom 50 Ohm:

$$\text{NoiseFloor} = \text{DANL} + L - G$$

Kde: L je útlm nastavený na SA a G je zisk predzosilňovača integrovaného v SA (ak týmto zosilňovačom disponuje)

$$\text{NoiseFloor} = -155 + 6 + 0 = -149 \text{ dBm/Hz}$$

Rovnaký údaj by mal ukazovať aj šumový kurzor (Noise marker).

2. Pre porovnanie vyčíslime výkonovú spektrálnu hustotu na výstupe zapnutého zdroja šumu:

$$P_{\text{Nin_hot}} = -174 \text{ dBm/Hz} + \text{ENR} = -174 + 14 = -160 \text{ dBm/Hz}$$

3. Vypočítame minimálny zisk sústavy DUT a známeho zosilňovača potrebný pre detekciu šumu DUT spektrálnym analyzátorom:

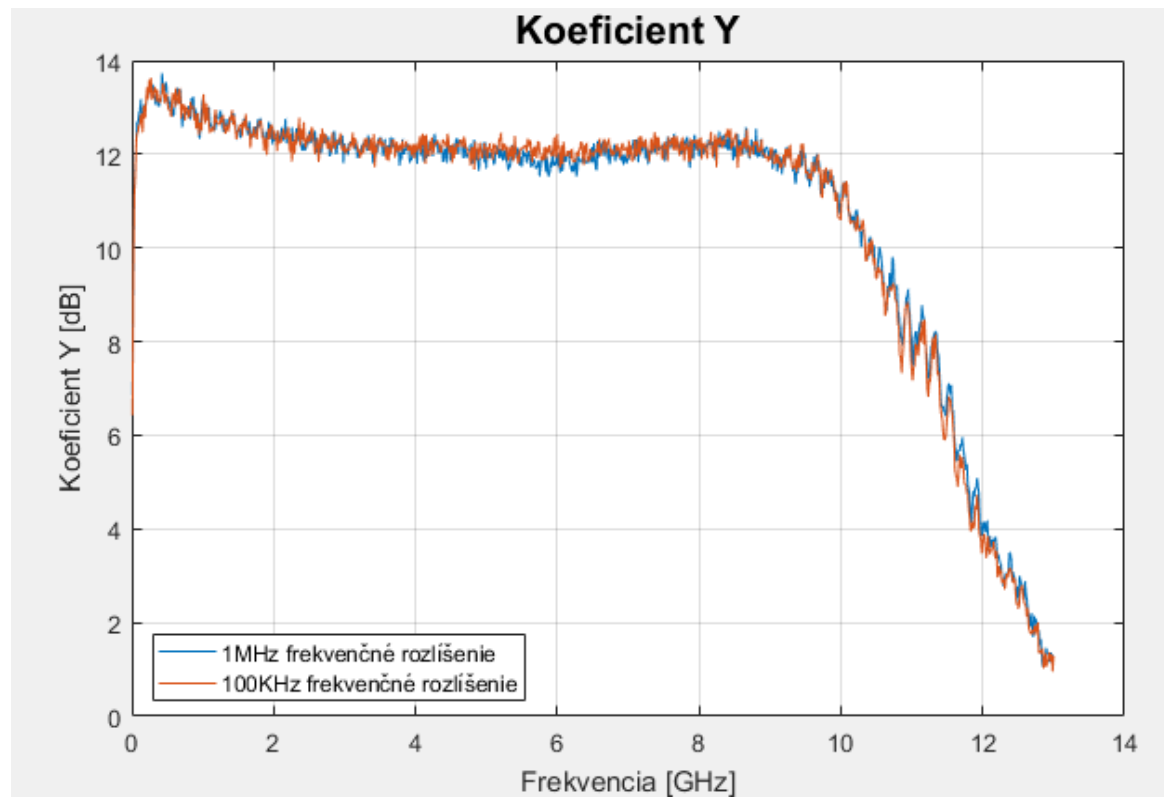
$$G_{min} = NoiseFloor + 174 \text{ dBm/Hz} = -149 + 174 = 25 \text{ dB}$$

Treba brať do úvahy rozptyl hodnôt v závislosti od frekvencie a ďalších parametrov. Na základe skúseností s meracím prístrojom volíme s dostatočnou rezervou zisk sústavy okolo 50 dB.

4. Meriame výstupný výkon sústavy DUT + známy zosilňovač pri zapnutom zdroji šumu P_{Nout_hot} . Odčítame pri viacerých frekvenciách alebo uložíme dáta krivky pre spracovanie v Matlabe.

5. Meriame výstupný výkon sústavy DUT + známy zosilňovač pri vypnutom zdroji šumu P_{Nout_cold} . Znovu odčítame hodnoty z displeja spektrálneho analyzátoru, alebo uložíme súbor hodnôt.
6. Vypočítame koeficient Y ako rozdiel výkonov pri zapnutom a vypnutom zdroji šumu. Všetky veličiny sú v decibelovej mierke. Výpočty vykonávame buď ručne s odčítanými hodnotami, alebo so získanými dátami v prostredí Matlab.

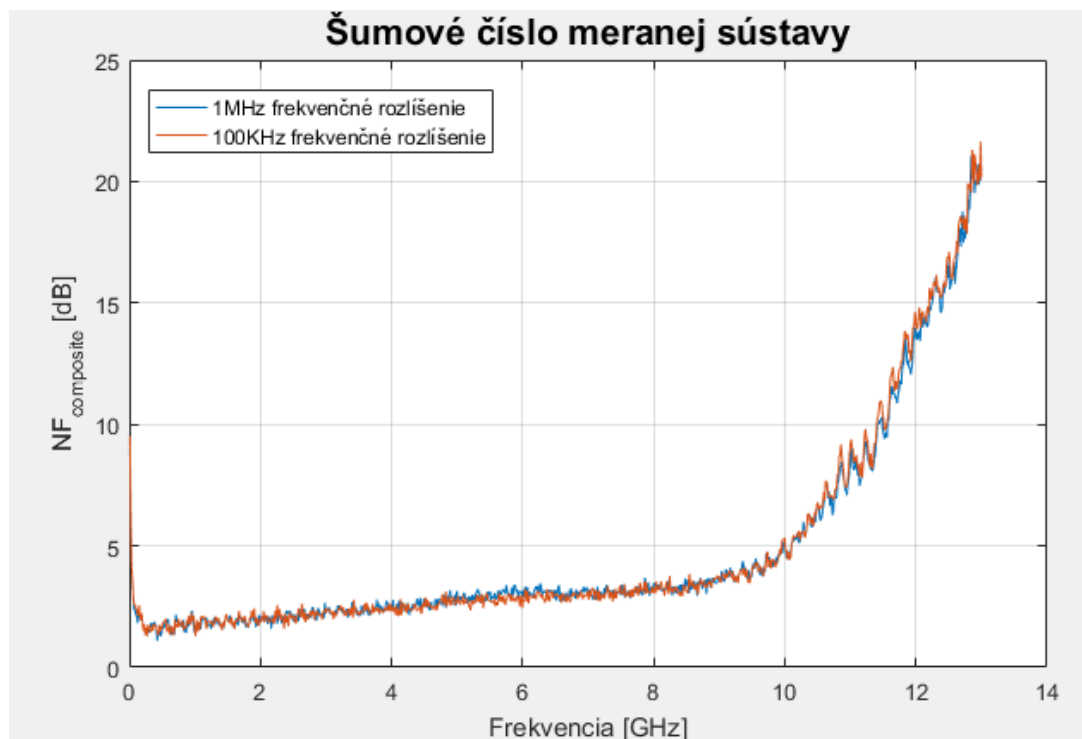
$$Y = P_{Nout_hot} - P_{Nout_cold} \text{ [dB]}$$



Koeficient Y pre frekvenčné rozlíšenie 1MHz a 100KHz

$$Y = P_{Nout_hot} - P_{Nout_cold} [dB]$$

7. Vypočítame šumové číslo meranej sústavy:



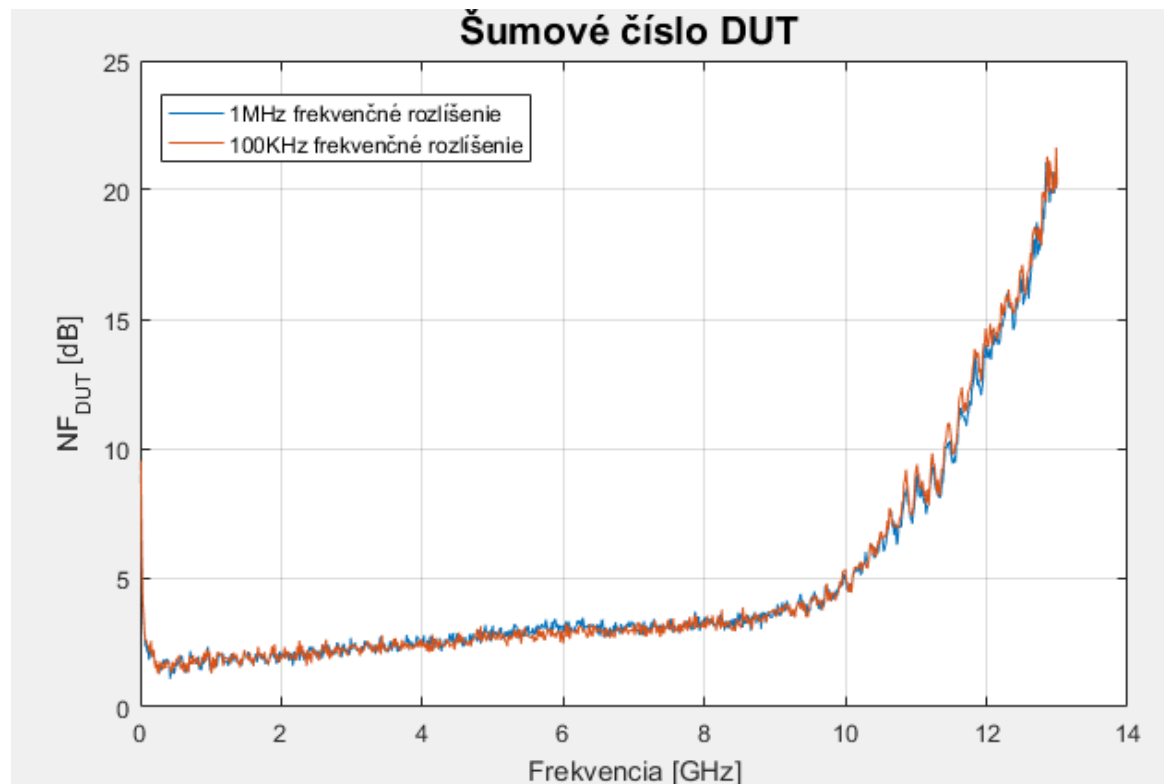
Šumové číslo meranej sústavy pre frekvenčné rozlíšenie 1MHz a 100KHz

$$NF_{composite} = ENR - 10 \cdot \log\left(10^{\frac{Y}{10}} - 1\right)$$

Hodnoty ENR dosadzujeme podľa kalibračnej tabuľky zdroja šumu.

8. Vypočítame šumové číslo DUT podľa Friisovho vzťahu:

$$NF_{DUT} = 10 \log \left[10^{\frac{NF_{composite}}{10}} - \frac{\left(10^{\frac{NF_a}{10}} - 1 \right)}{10^{\frac{G_{DUT}}{10}}} \right]$$



Šumové číslo DUT pre frekvenčné rozlíšenie 1MHz a 100KHz

Šum SA zanedbávame za predpokladu vysokého zisku meracej sústavy.

Zdroje:

[1] Isaakov, V. Microwave Circuits for 24 GHz Automotive Radar in Silicon-based Technologies. Springer-Verlag Berlin, 2010. ISBN 978-3-642-13597-2

[2] Leffel, M., Daniel, R. The Y Factor Technique for Noise Figure Measurements. Application Note. Rhode & Schwarz

[3] Three Methods of Noise Figure Measurement. Tutorial 2875, Maxim Integrated, 2003