**Meranie šumového čísla**

**Metóda Y (Y-method)**

*Pomôcky:* spektrálny analyzátor (DANL približne -142 dBm)

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

 zosilňovač so známymi parametrami (Ga= , NFa= )

 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 analyzátora.

*Postup merania:*

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

*NoiseFloor = DANL + L – G*Kde: L je útlm nastavený na SA a G je zisk predzosilňovača integrovaného v SA (ak týmto zosilňovačom disponuje)
*NoiseFloor = -155 + 6 + 0 = -149 dBm/Hz*Rovnaký údaj by mal ukazovať aj šumový kurzor (Noise marker).

1. Pre porovnanie vyčíslime výkonovú spektrálnu hustotu na výstupe zapnutého zdroja šumu
*PNin\_hot = -174 dBm/Hz + ENR = -174 + 14 = -160 dBm/Hz*
2. Vypočítame minimálny zisk sústavy DUT a známeho zosilňovača potrebný pre detekciu šumu DUT spektrálnym analyzátorom

*Gmin = NoiseFloor + 174 dBm/Hz = -149 + 174 = 25 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.

1. Meriame výstupný výkon sústavy DUT + známy zosilňovač pri zapnutom zdroji šumu PNout\_hot . Odčítame pri viacerých frekvenciách alebo uložíme dáta krivky pre spracovanie v Matlabe.
2. Meriame výstupný výkon sústavy DUT + známy zosilňovač pri vypnutom zdroji šumu PNout\_cold Znovu odčítame hodnoty z displeja spektrálneho analyzátora, alebo uložíme súbor hodnôt.
3. 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 = PNout\_hot – PNout\_cold [dB]*
4. Vypočítame šumové číslo meranej sústavy:
$$NF\_{composite}=ENR-10∙log⁡(10^{\frac{Y}{10}}-1)$$

*//obr. z matlabu*

Hodnoty ENR dosadzujeme poľa kalibračnej tabuľky zdroja šumu.

1. Vypočítame šumové číslo DUT podľa Friisovho vzťahu:
$$NF\_{DUT}=10 log\left[10^{\frac{NF\_{composite}}{10}}- \frac{\left(10^{\frac{NF\_{a}}{10}}-1\right)}{10^{\frac{G\_{DUT}}{10}}}\right]$$

*//obr. z matlabu*

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