

Měření SMD komponent

Laboratorní úloha ukazuje využití vektorového měření pro určování parametrů SMD komponent s referenční rovinou měření přímo na okrajích pouzdra.

Úkoly měření

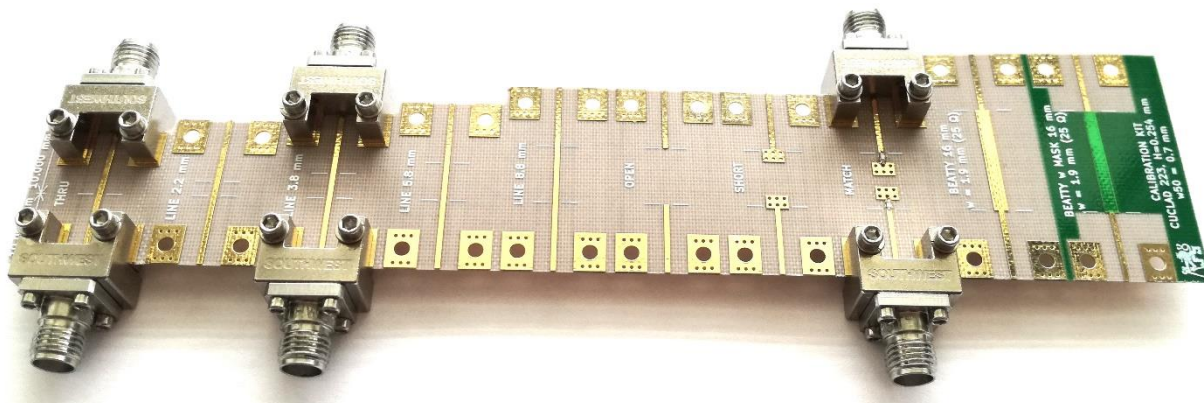
1. Měření kondenzátorů 10 pF od ATC a Johanson Technology
2. Měření induktorů 3,3 nH a 27 nH od Johanson Technology.
3. Určení parametrů náhradního modelu rezistoru v pouzdru 0402.

Použité přístroje a komponenty

- Vektorový analyzátor R&S ZVA67 (10 MHz–67 GHz)
- Kalibrační sada vyrobena na substrátu Rogers CuClad 233 tl. 0,254 mm

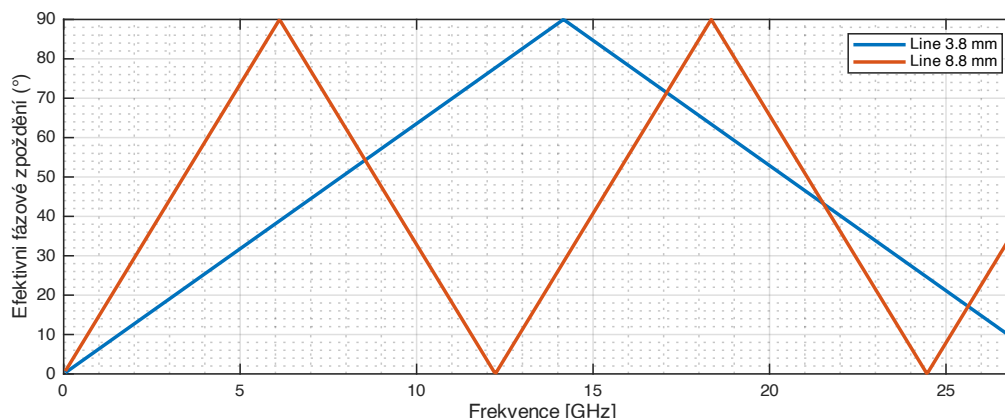
0. Kalibrace vektorového analyzátoru

- Úkolem měření je zjistit S-parametry SMD komponent. Pro měření s referenční rovinou přímo na okrajích jejich pouzdra je potřeba zkalibrovat na plošném spoji. Taková kalibrace se dá provést pomocí správně navržené kalibrační sady, která bude vyrobena na stejném substrátu, jako kde chceme SMD komponenty následně použít. Na nízkých frekvencích do několika GHz se dá využít kalibrační metoda TRM (thru, reflect, match) a na vyšších frekvencích pak TRL (thru, reflect, line).



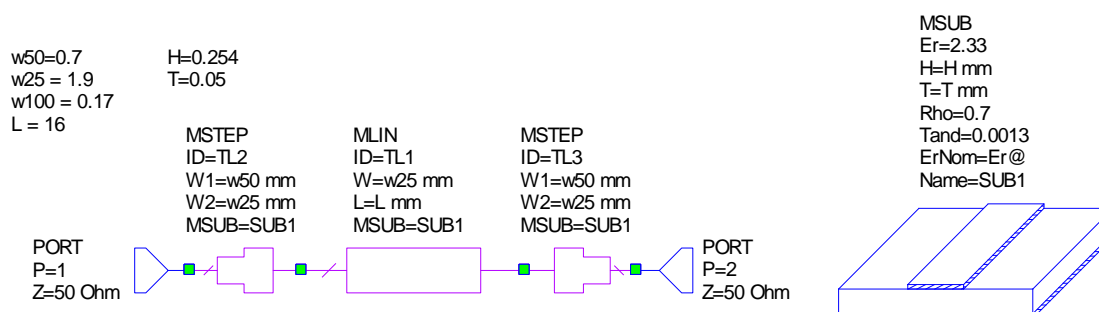
Obr. 1 Kalibrační sada vyrobena na substrátu Rogers CuClad 233.

- Kalibrační sada je zobrazena na obr. 1. Obsahuje několik kalibračních standardů, ke kterým je možné se připojit pomocí SuperSMA [End-Launch](#) konektorů od Southwest Microwave typu 292-04A-5. Tyto konektory pracují do 27 GHz a poskytují přijatelnou opakovatelnost montáže. Referenční rovina kalibračních standardů je 10 mm od okraje plošného spoje, resp. uprostřed standardu thru.
- Na substrátu Rogers CuClad 233 tl. 0,254 mm má 50-Ω mikropáskové vedení šířku 0,7 mm a efektivní permitivitu asi 1,95. Tento údaj je použit k definici kalibrační sady ve vektorovém analyzátoru.
- Kalibrační metoda TRL je ze své podstaty úzkopásmová a je nejpřesnější pouze na těch frekvencích, kde je fázový rozdíl přenosu mezi vedeními představující kalibr thru a line 90°, tedy $\lambda/4$. K tomu dochází jen na diskrétních frekvenčních bodech a v okolním pásmu se již měří méně přesně. Na frekvencích, kde je fázový rozdíl mezi vedeními thru a line 0°, selhává kalibrace zcela. Pro pokrytí širšího frekvenčního pásma se tedy používá více kalibračních standardů line, které musejí mít vhodnou fyzickou délku. Na nízkých frekvencích by délka kalibru line vycházela neprakticky dlouhá a dá se tedy nahradit kalibrem match.
- Vektorový analyzátor uveďte do základního nastavení (tlačítko PRESET) a nastavte pásmo měření na 50 MHz až 27 GHz s krokem 50 MHz a výkonem 0 dBm (menu Channel, Stimulus, Start..., Stop..., Power a menu Channel, Sweep, Frequency Step Size).
- Zobrazte ve dvou grafech měření přenosu a odrazu (pravým tlačítkem na Trc1 v grafu, Trace Manager, Add/Delete..., Add).



Obr. 2 Efektivní fázové zpoždění použitých standardů line.

- Poved'te TRL kalibraci vektorového analyzátoru pomocí kalibrační sady (Channel, Calibration, Start Cal, Two-Port P1 P2, TRL...). Změňte konektor na obou portech na MS 0.7mm CuClad 233 0.254mm. Změřte kalibrační standardy požadované firmwarem analyzátoru, ale line změřte jen s délkami 3,8 a 8,8 mm. Jejich efektivní fázový rozdíl oproti kalibru thru je zobrazen na obr. 2. V okolí pásma 6 GHz se na kalibraci podílí nejdelší line a v okolí 14 GHz až do nejvyšší frekvence ta kratší. Ve vektorovém analyzátoru je použita základní metoda TRL (tzv. přepínaná), která na základě nějakých pravidel rozhodne, pro které pásmo použije jaký kalibr line. Zároveň na nejnižších frekvencích použije kalibr match, ale do jaké frekvence ho použije záleží na konkrétní implementaci. Kalibrační metoda TRM je jen speciální případ metody TRL.

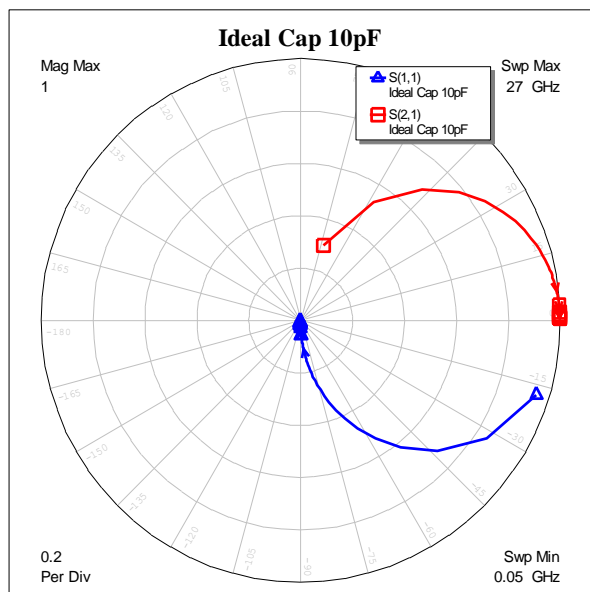


Obr. 3 Simulační model verifikační Beatty line v AWR.

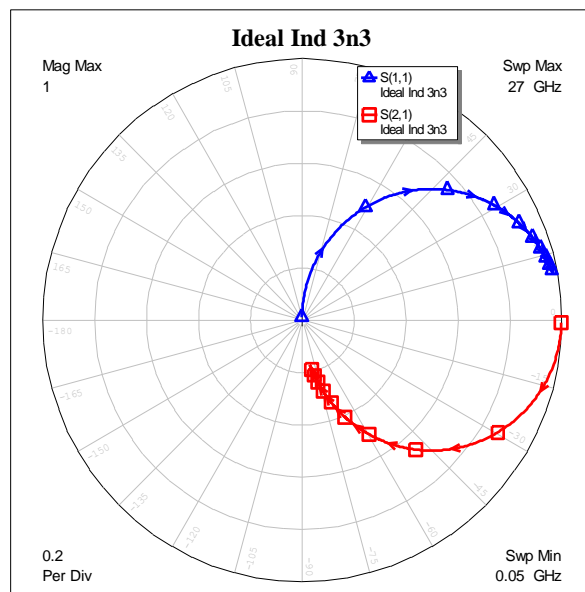
- Pro verifikaci kalibrace využijeme tzv. Beatty line, což je typicky 25 nebo 100- Ω úsek vedení se známou délkou mezi referenčními rovinami měření. Tento obvod tvoří rezonátor, jehož přenos a odrazy jsou analyticky vypočitatelné při zanedbání diskontinuit na okrajích rezonátoru. Měření Beatty line můžeme porovnat s načteným Touchstone souborem tohoto standardu vypočteného v AWR (menu File, Trace Data, Import Complex Data..., Dokumenty/Adler/Beatty_25_Ohm_16_mm.s2p). Je potřeba vždy vybrat který S-parametr se má načíst a mít aktivní ten graf, ve kterém se má zobrazit. Simulační schéma je na obr. 3. Diskutujte rozdíly mezi měřením a v simulaci.

1. Měření kondenzátorů 10 pF od ATC a Johanson Technology

- Kondenzátor od ATC je v pouzdru velikosti 0603 (asi $1,5 \times 0,8$ mm) a S-parametry od výrobce jsou v AWR ve složce Libraries-AWR web site-Parts By Vendor-ATC-Capacitor-500S-SPARAM-500S-10pF ([datasheet](#)).
- Kondenzátor od Johanson Technology je v pouzdru velikosti 0402 (asi $1 \times 0,5$ mm) a S-parametry od výrobce jsou v AWR ve složce Libraries-AWR web site-Parts By Vendor-Johanson-Capacitor-S-Series-Measured Series 0402-10pF ([datasheet](#)).



a)



b)

Obr. 4 a) S-parametry ideálního 10 pF kondenzátoru, b) S-parametry ideálního 3,3 nF induktoru.

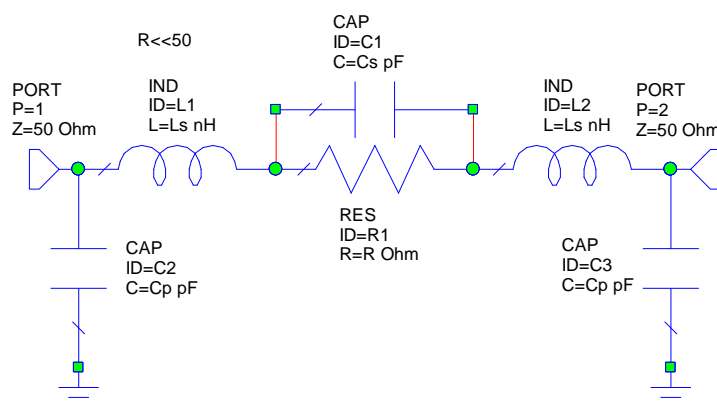
- S-parametry ideálního kondenzátoru zapojeného sériově mezi 50Ω porty je na obr. 4 a).
- Porovnejte kapacity mezi sebou a diskutujte jejich použitelnost.
- Porovnejte změřené S-parametry s parametry od výrobce a diskutujte pozici referenčních rovin měření.

2. Měření induktorů 3,3 nH a 27 nH od Johanson Technology

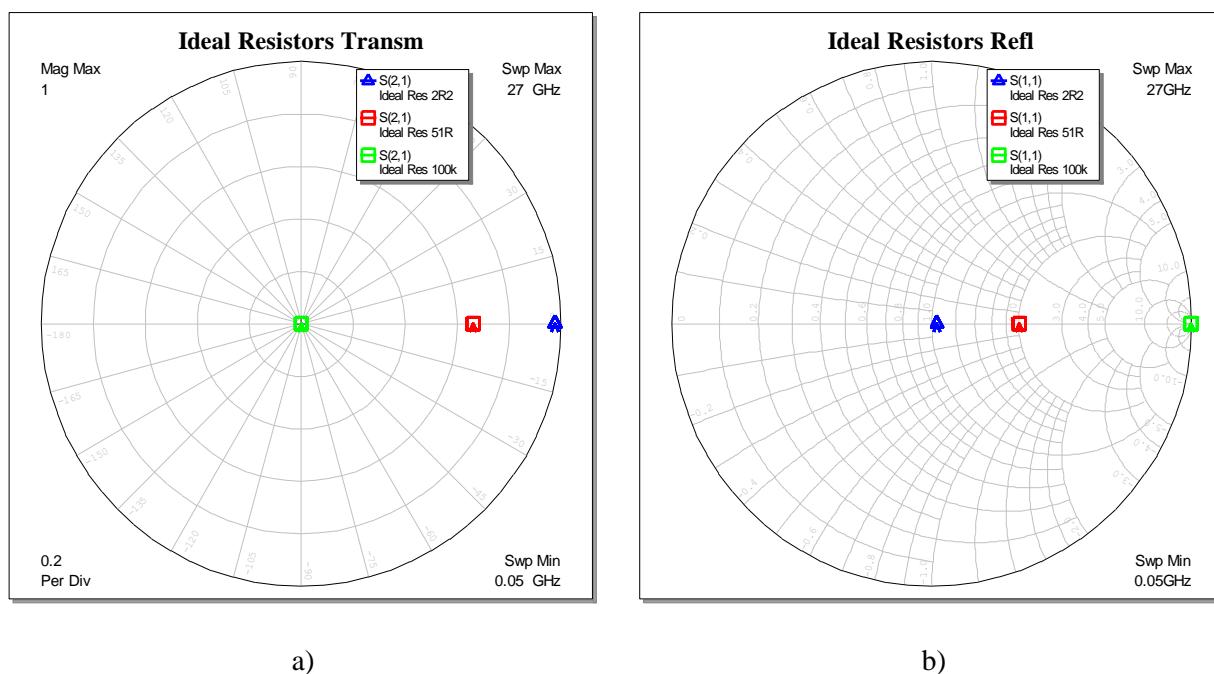
- Oba induktory jsou z řady „RF Wirewound Chip Inductors“ ([datasheet](#)).
- Induktor 3n3 je v pouzdru 0402 a 27n v pouzdru 0603.
- Porovnejte změřené S-parametry s parametry od výrobce, které jsou v AWR ve složce Libraries-AWR web site-Parts By Vendor-Johanson-Inductor-Wirewound-Series Measured 0402 nebo 0603-3.3 nH nebo 27 nH.
- Ideální S-parametry induktoru 3,3 nF je zobrazen na obr. 4 b). Induktor s hodnotou 27 nF by měl tvarově S-parametry stejné, jen s frekvencí rychleji konvergují k nulovému přenosu a k jednotkovému odrazu.

3. Určení parametrů náhradního modelu rezistoru v pouzdru 0402

- Změřte S-parametry rezistorů s hodnotami $2,2\ \Omega$, $51\ \Omega$ a $100\ k\Omega$ v pouzdru 0402. Tato tři měření použijte k odhadu parametrů náhradního modelu pouzdra, který je zobrazen na obr. 5. Model rezistoru s nízkým odporem je nejcitlivější na indukčnost L_s . Na druhou stranu parametry rezistoru s vysokým odporem jsou velmi citlivé na kapacitu C_s .
- Náповěda: počáteční hodnoty L_s můžete zvolit řádově desetiny nH a všechny kapacity řádově setiny pF.
- Ideální přenosy a odrazy přes rezistor v sérii zapojen mezi dva $50\ \Omega$ porty jsou zobrazeny na



Obr. 5 Náhradní model pouzdra SMD rezistoru.



Obr. 6 Přenosy a odrazy od ideálních rezistorů.