طراحی، ساخت و کالیبراسیون دستگاه تحلیل گر شبکه مبتنی بر رادیو نرم افزار برای فرکانس های ۷۰ تا ۶۰۰۰ مگاهرتز

دانشجو: علی آقائی صائم

استاد راهنما: دکتر محمود کمره ای

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تهران

مقدمه

اندازه گیری پهن باند و فرکانس بالای ماتریس های مشخصه شبکه های مخابراتی در امر پیاده سازی و صحت سنجی، از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. مهمترین مشخصه ای که در شبکه های خطی مورد توجه قرار گرفته و به صورت زبانی مشترک در میان طراحان و نرم افزارها در آمده است، ماتریس پراکندگی است که اندازه‌گیری اندازه و فاز آن، وظیفه اصلی دستگاه تحلیل‌گر شبکه یا VNA است.

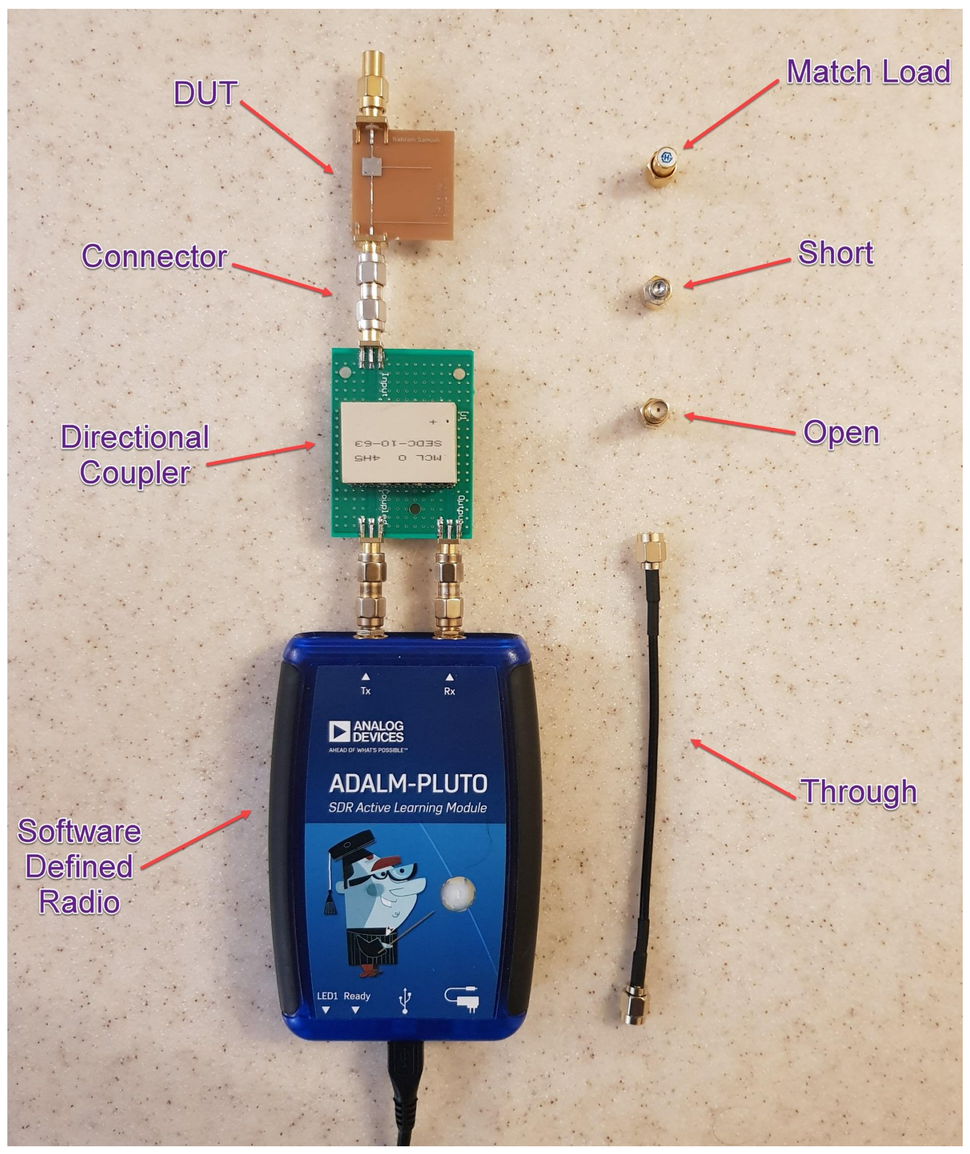
با توجه به قیمت بسیار بالا و همچنین عدم دسترسی به VNA های تجاری، در این پژوهش مطلوب است تا تجهیزی کم قیمت و با کاربری آسان طراحی و پیاده سازی شود. محصول نهایی این پروژه قابلیت استفاده در آزمایشگاه های مایکروویو و مدارهای مخابراتی دانشگاه ها، شرکت های فعال در حوزه مخابرات و طراحی RF و کاربردهای جانبی مانند اندازه گیری پارامترهای الکترومغناطیسی مواد را داراست.

برای دستیابی به هدف بیان شده لازم است تا پایه ای ارزان قیمت و پهن باند برای ارسال و دریافت سیگنال و جداسازی توان بازگشتی انتخاب و پیاده سازی گردد. همچنین باید به کالیبراسیون دستگاه، به عنوان بخش مهمی از اندازه گیری، نیز توجه شود و فرآیند و سخت افزار مناسب آن فراهم گردد. در نهایت نرم افزار مناسب نیز برای کار با دستگاه ایجاد می گردد.

ساختار و فرآیند پیشنهادی

یکی از ساده ترین و ارزان ترین روش ها برای ارسال و دریافت همزمان سیگنال به ازای فرکانس های مختلف، استفاده از مدار مجتمع Transceiver است. راه اندازی اغلب این دسته از مدار مجتمع ها نیازمند طراحی برد مدار چاپی چند لایه با در نظر گرفتن نکات فرکانس بالاست که نیازمند زمان و هزینه بسیار بالاییست. به همین جهت از رادیو نرم افزار Adalm-Pluto شرکت Analog Devices استفاده شده است که یکی از رایج ترین SDR های آموزشی جهان است و در آن AD9363 راه اندازی شده است. همچنین برای جداساز توان، کوپلر جهتی SEDC-10-63+ شرکت Mini-Circuits خریداری و پیاده سازی شده است. نکته دیگر نحوه اندازه گیری دامنه و فاز پارامترهای پراکندگی است که با ارسال و دریافت شکل موج Zadoff code به ازای تمام نقاط فرکانسی ممکن شده است.

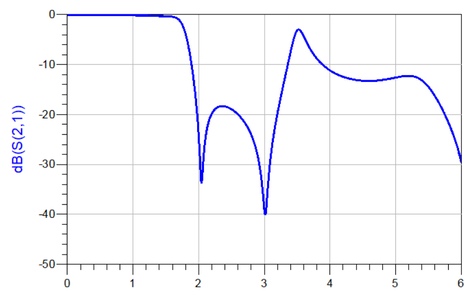
برای فرآیند کالیبراسیون، از مدل چهار جمله ای خطا و روش SOLT استفاده شده و استانداردهای مورد نیاز آن تهیه و ساخته شده است. در انتها با استفاده از ابزار appdesigner نرم افزار MATLAB، محیطی گرافیکی ایجاد شده است که قابلیت بهبود آن با توجه به کاربرد مشخصی که در آینده تعریف می شود وجود خواهد داشت.

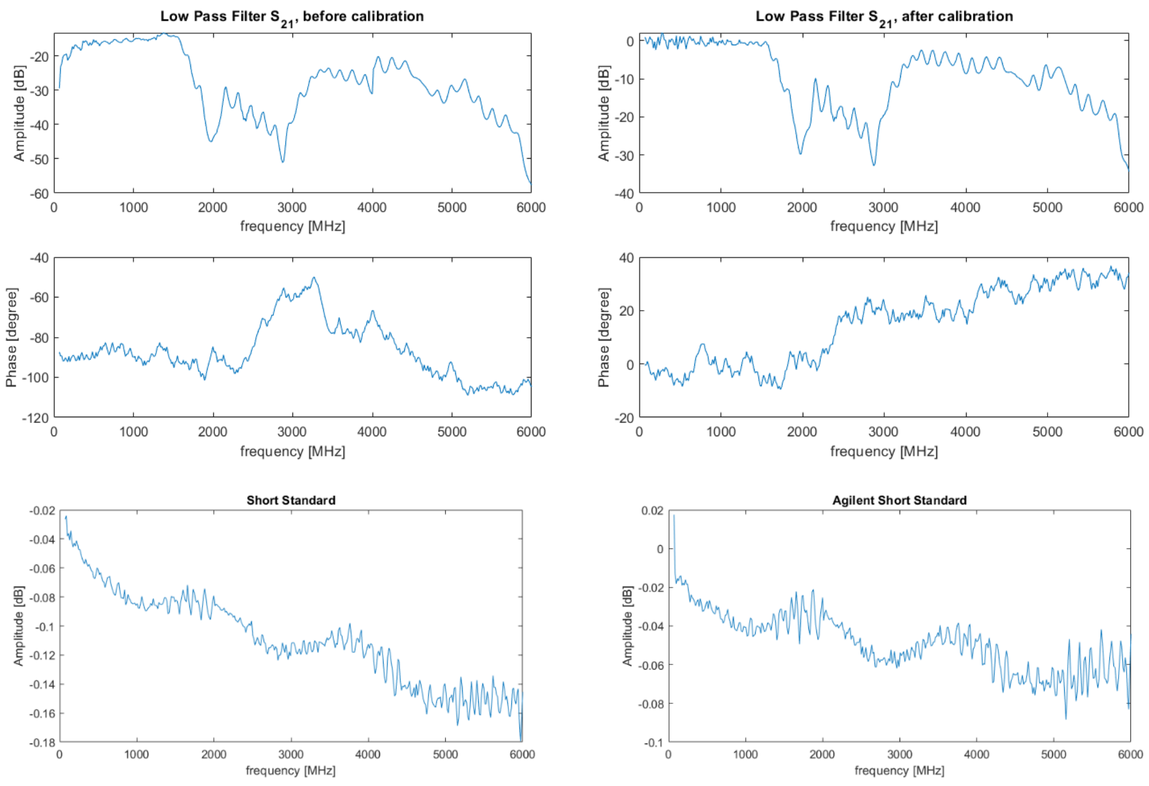


نتایج

برای بررسی عملکرد صحیح فرآیند اندازه گیری و کالیبراسیون که بر اساس دو معادله زیر صورت می گیرد، نتایج اندازه گیری یک فیلتر پایین گذر ارائه شده است که پارامتر S_{21} آن توسط نرم افزار ADS نیز برای مقایسه شبیه سازی شده است. همچنین استاندارد اتصال کوتاه ساخته شده، توسط دستگاه HP8510C.07.14 شرکت Agilent اندازه گیری شده و با استاندارد موجود درکیت کالیبراسیون این دستگاه مقایسه می گردد.

$$S_{21A} = \frac{S_{21M}}{E_T} \, , S_{11A} = \frac{S_{11M} - E_D}{E_S(S_{11M} - E_D) + E_R}$$





جمع بندی

با توجه به فرآیندی که در این پروژه طی شد و نتایجی که بدست آمد، می توان گفت که

- استفاده از رادیو نرم افزار در کنار کوپلر جهتی و نرم افزاری با کاربری آسان در این پروژه، ساختاری است نو برای VNA که برای کاربردهای آموزشی و کاربردهایی با دقت کمتر مناسب خواهد بود،
- با امکانات موجود و قیمتی بسیار کم می توان استانداردهای مناسبی برای کالیبراسیون SOLT فراهم کرد،
- و در کالیبراسیون پارامتر S_{11}، بدلیل عدم ایده آل بودن استانداردهای SOL و کیفیت پایین مجموعه اتصالات و تبدیلات مورد استفاده، اندازه پارامتر با ریپل هایی نامطلوب همراه شده است که این مساله باید در ادامه مرتفع گردد.

با توجه به هدف اصلی این پژوهش یعنی کاهش قیمت و کاربری آسان، خروجی های زیر به طور تقریبی بدست آمده است:

$$frequency\ range = 70MHz - 6GHz\ , dynamic\ range \cong 60dB$$
$$hardware\ price \cong 300\$$$

مراجع اصلی

1. D. M. Pozar, “Microwave Engineering,” 2nd Edition, New York, John Wiley & Sons, 2012.
2. Joel Dunsmore, “Network Analyzer Basics,” Agilent Technologies, 2017.
3. Robert W.Stewart, Kenneth W.Barlee, Dale S.W. Atkinson, and Louise H.Crochett, “Software Defined Radio using MATLAB & Simulink and the RTL-SDR,” Strathclyde Academic Media, 2017.
4. N. Levanon, E. Mozeson, “Basic radar signals,“ in Radar Signals, Hoboken, NJ:John Wiley and Sons, pp. 53-73, 2004.