آزمایش دوم : RF Amplifiers

در درس مدارهای مخابراتی با طراحی تقویت کننده RF و مدارهای matching آنها آشنا شدید.

در ابتدا توضیحات کوتاهی در مورد پارامتری و smith chart می دهیم، سپس به آزمایش خواهیم پرداخت.

مدارهای two-port و S – parameters

برای توصیف رفتار یک مدار two-port از پارامترهای توصیف کننده مختلفی می توان استفاده کرد که هرکدام برتری های خاص خود را دارند. در دروس قبلی با پارامتر z و y آشنا شدید. اندازه گیری های پارامتر z و y مستلزم اتصال کوتاه یا مدار بازکردن پورت های مدار است. این امر در فرکانس های RF به علت خازن ها و سلف های پارازیت مشکل است. در فرکانس های بالا برای ایجاد اتصال کوتاه و مدار باز باید از stub استفاده کرد. تنظیم کردن stub نه تنها کار مشکلی است بلکه گاهاً باعث به نوسان افتادن تقویت کننده می شود.

پارامتر S شبکه two-port را با استفاده از مفاهیم خط انتقال (transmission line) و امواج عبوری و بازتابی در پورت ها تعریف می کند. مشکلاتی که در فرکانس های بالا برای اندازه گیری پارامتر Z و Y مطرح شد، برای پارامتر S ایجاد نمی شود و اندازه گیری پارامتر S به سهولت امکان پذیر است. علاوه بر این، یکی از برتری های دیگر پارامتر S نسبت به سایر پارامترها از این نکته ناشی می شود که موج حامل در سرتاسر یک خط انتقال بدون تلفات، تغییر نمی کند. این نکته بدین معنی است که می توان به شرط low-loss بودن خطوط انتقال، پارامتر S را توسط دستگاهی اندازه گیری کرد که با مدار فاصله دارد.

حال با فرض آنکه شما آشنایی کافی با S-parameter و طراحی مدارهای matching دارید، به آزمایش می پردازیم.

طراحی تقویت کننده :

برای تقویت کننده از یک مدار امیتر مشترک ساده استفاده می کنیم. ابتدا به datasheet ترانزیستور مراجعه کنید و پارامترهای مهم آنرا بررسی کنید.

$Gain\text{-}Bandwidth=$

$I_{max}=$

$V_{CE\ max}=$

حال می خواهیم المان های تقویت کننده را طراحی کنیم برای این کار ابتدا یک جریان بایاس معقول برای ترانزیستور انتخاب کنید. سپس گام به گام مقادیر المان ها را محاسبه کنید.

برای مدار CE بهتر است جریان کم باشد یا زیاد؟ چرا؟

$I_e =$ $V_{Collector\text{-}Emitter} =$

$\rightarrow g_m=$

فرکانس کاری=

$Gain_{max\ @\ f}=$

$Gain_{\text{انتخابی}}=$

$\rightarrow R_L =$

$\rightarrow R_E =$

$\rightarrow V_{Base} =$

$\rightarrow R_{B1} =$

$\rightarrow R_{B2} =$

$\rightarrow C_{in} =$

اگر مقادیر نا معقول بدست آورید یا با فرض هایی که کردید ترانزیستور اشباع شد، فرض های خود را اصلاح کنید.

هنگامی که طراحی را انجام دادید، اعداد را به سرپرست آزمایشگاه نشان داده، ادامه دهید.

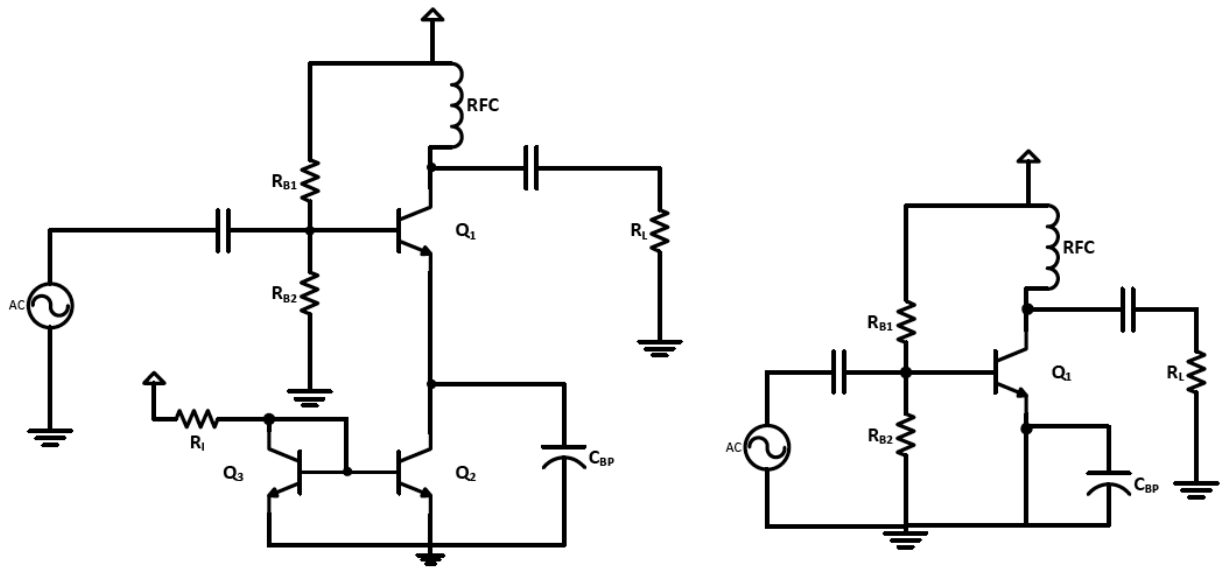
ساخت مدار:

فرکانسی که در آن کار می کنیم نسبتاً بالا می باشد. در فرکانس های بالا باید به نکات زیر توّجه کنید :

- مدار را حتماً بر روی یک برد لحیم کنید. در فرکانس های بالا خازن و سلف های پارازتیک بِرد بردمدار را مختل می کنند.
- مدار را در ابعاد کوچک بسازید. اگر ابعاد مدار شما با λ (طول موج) قابل مقایسه باشد، المان ها دیگر lumped نیستند و مدار به درستی کار نمی کند.
- برای پورت های ورودی و خروجی، BNC or connector قرار دهید. اندازه گیری پارامترها با استفاده ازپورب دارای خطا می باشد.(در فرکانس های بالا). برای ماکزیمم دقّت در ورودی و خروجی، از SMA connector استفاده کنید.

مدار را بسازید و از کارکرد درست آن اطمینان حاصل فرمایید:

- ولتاژها را با ملتی متر اندازه گیری کنید و با محاسبه دستی مقایسه کنید.
- به ورودی، موج سینوسی اعمال کرده و گین را در خروجی ملاحظه کنید، اگر در موارد بالا خطای فاحش مشاهده شد، آنرا اصلاح کنید.



اندازه گیری پارامترهای S -

در صورتی که مدار شما به درستی کار نکند، با Network Analyzer پارامترای S آنرا اندازه گیری کنید.

حتماً این کار را در حضور سرپرست آزمایشگاه انجام دهید.

شکل حدودی S_2 و S_1 را بر حسب فرکانس، روی Smith chart بکشید.

تغییر فرکانس، چه تغییری در پارامترهای S تقویت کننده دارد؟ توضیح دهید.

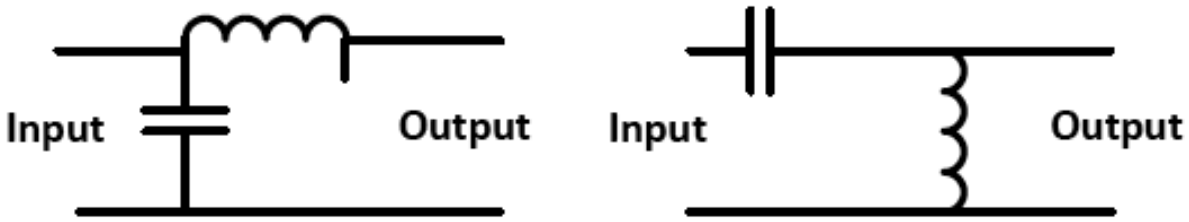
طراحی مدار matching

با تکنیک های matching با استفاده از LC و Smith chart در درس مدارهای مخابراتی آشنا شدید. آنها را به کار گیرید و برای ورودی و خروجی برای Maximum stable gain مدارهای matching را طراحی کنید. برای این کار مراحل توضیح داده شده در کتاب Pozar را انجام دهید :

- بررسی وضعیت پایداری
- ترسیم دوایر پایداری
- مشخص کردن نقاط Maximum Stable Gain

به این نکته توجه داشته باشید که در مراحل مختلف طراحی المان ها، طراحی unique نمی باشد، مثلاً می توانید با انتخاب مسیرهای مختلف المان را سلف یا خازن انتخاب کنید. در انتخاب این مسیر در درس معمولاً کوتاهترین مسیر انتخاب می شود (CوL کوچکتر← Dye area کمتر)

اما در طراحی discrete بهتر است به نکاتی همچون خاصیت DC-block خازن و عبور DC سلف توجه کرد. برای مثال :



اگر از موارد فوق بتوان برای matching ورودی یک BJT استفاده کرد ، مسلماً حالت الف ارجح است، چون خازن در نقش DC-block و سلف هم در نقش بایاس بیس موثر واقع می شوند.

پس از طراحی و اعمال مدارهای matching ، تقویت کننده را از دو سر match شده بدهید و نتیجه و خطای احتمالی را ارزیابی کنید. Network Analyzer