معرفی و بررسی تقویت کننده های کم نویز یا LNA

تاریخ انتشار۲۳ خرداد, ۱۴۰۱ توسط سعید عسگری

سلام خدمت همه شما مایکروالکامی ها. اهمیت عدم جود نویز در مدارات الکترونیکی بر کسی پوشیده نیست. اما در مدارات دقیق و RF یا دارای فرکانس های رادیویی، این مهم بیش از پیش اهمیت پیدا می‌کند. برای تقویت سیگنال های ضعیف از تقویت کننده های توان (PA) استفاده می‌شود. اما در تقویت سیگنال های رادیویی خیلی ضعیف و فرکانس بالا از LNA یا تقویت کننده کم نویز استفاده می‌گردد. در این مطلب به معرفی و بررسی تقویت کننده کم نویز LNA پرداخته خواهد شد. پس با من تا انتهای مطلب همراه باشید. همچنین شما میتوینند سایر مطالب من رو از این

لینک مطالعه و بررسی کنید.

تقویت کننده کم نویز(LNA)

LNA مخفف عبارت Low-Noise Amplifier و به معنی تقویت کننده کم نویز می‌باشد. در حقیقت تقویت کننده های کم نویز (LNA) نوعی از تقویت کننده های الکترونیکی می‌باشند که برای تقویت سیگنال ها با دامنه های خیلی ضعیف استفاده می‌شوند. عموما سیگنالی که آنتن دریافت می‌کند یک سیگنال ضعیف بوده که نیاز به تقویت دارد تا بتوان پیام را از آن استخراج کرده و در طبقات بعدی گیرنده از آن استفاده نمود. در بدترین شرایط، نویز نیز به همراه سیگنال پیام ممکن است تقویت شود. لذا برای جلوگیری از این مشکل از تقویت کننده کم نویز یا LNA استفاده می‌شود. بدون شک LNA ها یکی از مهم ترین قطعات در مدارات و گیرنده های رادیویی و حساس می‌باشد. اهمیت وجود LNA در آنتن های GPS در این مطلب بررسی شد.

LNA ها یا تقویت کننده کم نویز بخش مهمی از یک گیرنده است. به کمک استفاده از این مدارات و قطعات، سیگنال دریافتی بخوبی تقویت شده و به اطلاعات مورد نیاز تبدیل خواهد شد. مدارات LNA به گونه ای طراحی می‌شوند که در نزدیکی گیرنده مثلا آنتن قرار گیرد. این کار باعث می‌شود در اثر تداخلات، کمترین تاثیر را برروی آن داشته باشد.

خصوصیت های LNA

LNA ها نیز دارای مشخصاتی مشابه تقویت کننده های معمولی می‌باشند. اما با توجه به طراحی آنها در عین ضریب بالای تقویت کننده، نویز کمی روی سیگنال اثر خواهد گذاشت. با این حال باید به مشخصات و پارامتر های زیر در طراحی یک LNA توجه داشت.

Noise Figure و Noise Factor

ضریب نویز یا Noise Factor را با F نشان داده و در حقیقت همان میزان نویز در خروجی تقویت کننده است که با یک دستگاه ایده آل یا بدون نویز آن را مقایسه می‌کنند. قطعا ضریب نویز هر تقویت کننده بدلیل وجود قطعات غیر ایده آل، بیشتر از یک است. Noise Figure را با NF نیز نشان می‌دهند. NF همان ضریب نویز است که بر حسب دسی بل (dB) بیان می‌شود. به تعبیر دیگر، (NF=10log(F می‌باشد. یک LNA با کیفیت و دقت خوب باید دارای NF نزدیک به 0dB یا

دارای ضریب نویز (F) نزدیک به 1 باشد. . شایان ذکر است که مقدار F به امپدانس منبع تامین کننده سیگنال ورودی بستگی دارد.

ضریب بهره یا Gain

بهره تقویت کننده به میزان سطح سیگنال برای تقویت بستگی دارد. لذا باید بهره حدودی را در طراحی تقویت کننده در نظر بگیریم. بهره های بین 10^2 تا 10^4 یا مقادیر 40dB تا 80dB در ورودی LNA که دامنه سیگنال در حد میکرو ولت است طبیعی می‌باشد. عموما بهره خیلی بالا اصلا توصیه نمی‌شود. زیرا بهره بالا باعث به اشباع رفتن تقویت کننده خواهد شد.

پهنای باند

پهنای باند تقویت کننده باید به گونه ای باشد که محدوده فرکانسی سیگنال مورد نظر را در بر گیرد.

امپدانس ورودی

امپدانس ورودی تقویت کننده یکی از پارامتر های مهمی است که در نویز اضافه شده به خروجی تاثیر می‌گذارد. در صورتیکه میزان امپدانس ورودی بیشتر باشد، نویز ایجاد شده نیز بیشتر خواهد بود.

Offset

این پارامتر در اثر خاصیت و محدودیت های ذاتی نیمه هادی در خروجی تقویت کننده ظاهر می‌شود. این پارامتر در تقویت کننده ها با عملکرد DC تاثیر گذار بوده و شامل یک مقدار DC می‌باشد.

چگالی طیف نویز

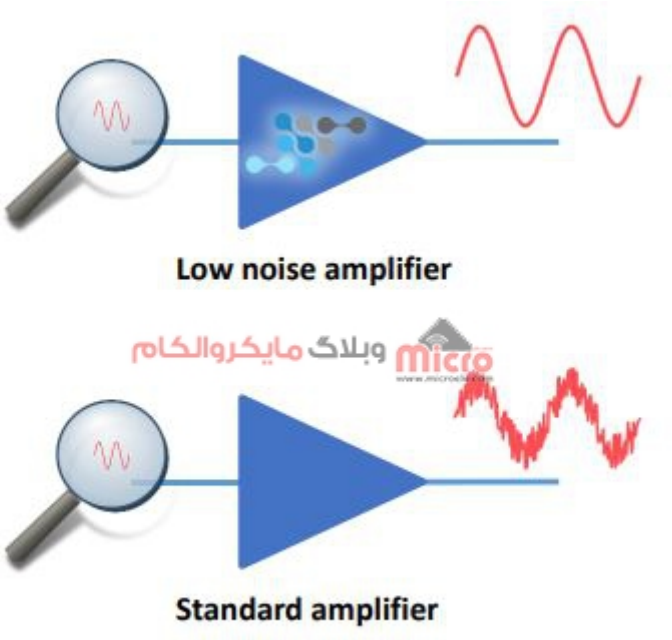
Noise Spectral Density یا چگالی طیف نویز که مختصرا بصورت DNS نمایش داده می‌شود، به توزیع توان نویز ذاتی تقویت کننده در پهنای باند آن اشاره دارد. NSD در فرکانس های خاص nV Hz یا بطو متوسط در کل پهنای باند مربوط به تقویت کننده ظاهر می‌شود. در پاره ای از موارد، نمودار های مربوط به NSD بعنوان تابعی از فرکانس ظاهر می‌شود. بطور تقریب می‌توان گفت که LNA با کیفیت و دقت خوب دارای چگالی طیف نویز یا NSD کمتر از میزان 10nV Hz می‌باشد.

کاربرد LNA

هنگامی که نسبت سیگنال به نویز (SNR) زیاد باشد و نیاز به کاهش به حدود 50% داشته باشیم و همچنین نیاز به افزایش دامنه سیگنال دریافتی نیز داشته باشیم، از تقویت کننده کم نویز (LNA) بهره خواهیم گرفت. هنگامی که یک تقتویت کننده که دارای ضریب بهره یا Gain با مقدار G باشد، ورودی را به میزان G برابر تقویت و در خروجی سگینال تقویت شده را تحویل خواهد داد. این مشابه چیزی است که یک تقویت کننده قدرت معمولی انجام می‌دهد. در حقیقت با این عملکرد نویز روی سیگنال نیز تقویت می‌شود. در نتیجه خروجی چیزی جز مقدار "سیگنال اصلی تقویت شده + نویز تقویت شده" نخواهد بود.

نحوه عملکرد یک تقویت کننده توان معمولی

اما در LNA شاهد چنین عملکردی نخواهیم بود. به دلیل ماهیت و عملکرد تقویت کننده کم نویز، دیگر نویز در خروجی نداشته و همواره یک سیگنال به مراتب تمیز تر و دقیق تر در خروجی تقویت کننده خواهیم داشت. این دقیقا چیزی است که در یک مدار دقیق و حساس مثلا گیرنده های GPS، رادار ها و... بدان نیاز داریم. در تصویر زیر تفاوت ذکر شده مشخص است.



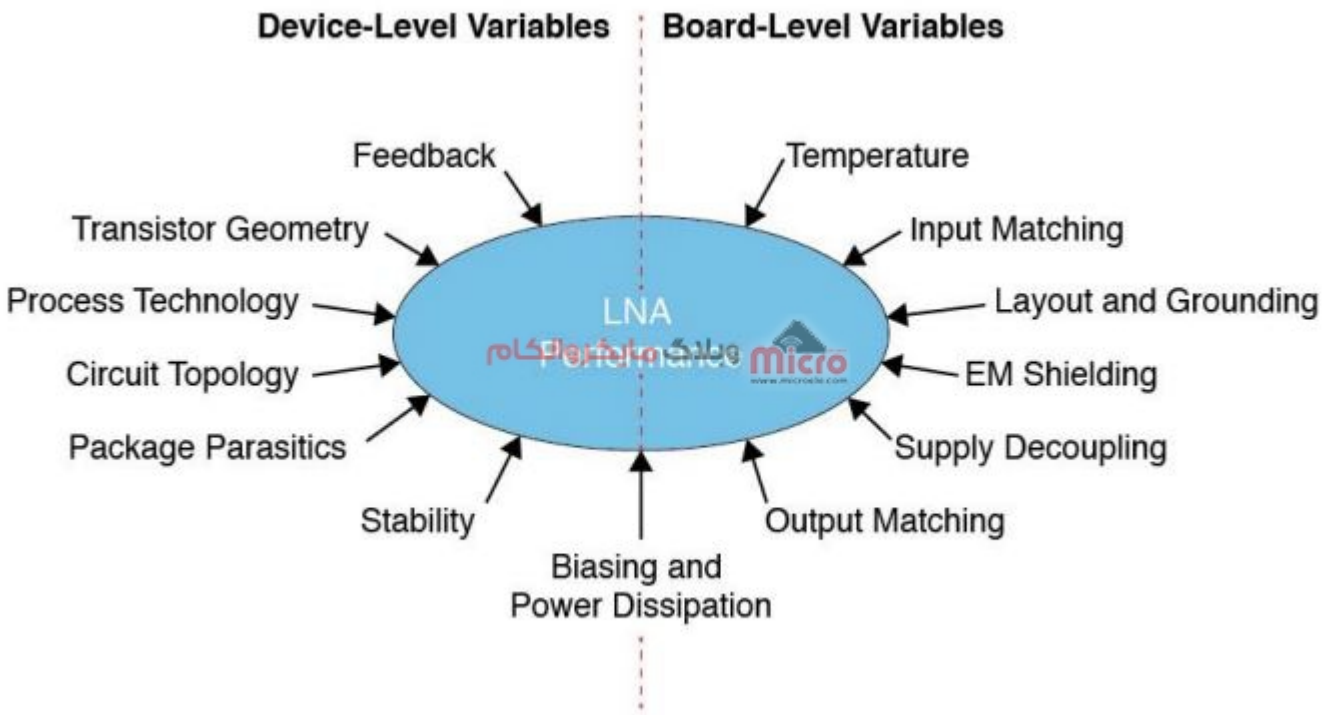
تفاوت بین تقویت کننده معمولی و تقویت کننده کم نویز *LNA*

عملکرد مدار های فرکانس بالا و mmWave تا حد زیادی منوط به وجود LNA در ورودی خواهد بود. استفاده از این تقویت کننده های کم نویز یک ضرورت است. دلیل این امر کاملا واضح بوده و بخاطر وجود نویز زیادی است که برروی سیگنال های دریافتی در آنتن است. لذا بدیهی است که تقویت کننده ای استفاده شود که علاوه بر تقویت سیگنال از عدم ورود نویز به سیستم جلوگیری نماید.

طراحی تقویت کننده کم نویز(LNA)

به جرات می‌توان گفت طراحی یک مدار و در انتها طراحی برد و PCB یک تقویت کننده LNA مستلزم داشتن دانش فنی و دقیق در طراحی آنالوگ و همچنین مهارت در طراحی PCB های فرکانس بالا است. طراحی مدار LNA یک فرایند دقیق و محاسباتی است که باید بدرستی انجام شود. در گام بعدی نیاز به داشتن ملزوماتی مانند نتورک آنالایزر، اسکوپ و دیگر تجهیزات دقیق دارد تا نتیجه را مشاهده و در صورت نیاز تغییرات اعمال شود.

در تصویر زیر مجموعه عوامل موثری که برعملکرد LNA در دو بخش طراحی دستگاه و طراحی برد تاثیر می‌گذارد مشخص شده است. جلوگیری از تاثیر گذاری شرایط محیطی بر روی تقویت کننده بر عهده طراح می‌باشد.



عوامل تاثیر گذار بر *LNA*

ساختار و توپولوژی LNA

حالت سورس مشترک، گیت مشترک و ساختار کاسکود (آبشاری) سه ساختار غالب و پر کاربرد در طراحی LNA می‌باشد. از میان 3 توپولوژِی مطرح شده، ساختار Cascode به نوعی همه چیز تمام تر از آن 2 حالت می‌باشد. در جدول زیر بصورت مختصر این 3 ساختار با یکدیگر مقایسه شده اند.

مشخصه	سورس مشترک	گیت مشترک	ساختار Cascode
Noise Figure	خیلی کم	با فرکانس به سرعت افزایش می‌یابد	کمی بیشتر از سورس مشترک
بهره (Gain)	متوسط	خیلی کم	خیلی زیاد
خطی بودن (Linearity)	متوسط	زیاد	خیلی خیلی زیاد
پهنای باند (Bandwidth)	باریک	نسبتا گسترده (زیاد)	گسترده (زیاد)

پایداری (Stability)	اغلب نیاز به جبران دارد	خیلی زیاد	خیلی زیاد
ایزولاسیون معکوس	کم	زیاد	زیاد
حساسیت در مقابل تغییرات دما، منبع تغذیه و تلورانس قطعات	زیاد	کم	کم

نتیجه گیری

همانطور که در این مطلب ذکر شد لزوم استفاده از تقویت کننده کم توان (LNA) در مدارات RF و حساس یک امری است مهم. با استفاده از این تقویت کننده ها سیگنال دریافتی در ورودی تقویت شده و در خروجی شاهد نویزی برروی سیگنال نخواهیم بود.

امیدوارم از این مطلب کمال بهره را برده باشید. در صورت داشتن هرگونه نظر یا سوال درباره این مطلب یا تجربه مشابه اون رو در انتهای همین صفحه در قسمت دیدگاه ها قرار بدید. در کوتاه ترین زمان ممکن به اون ها پاسخ خواهم داد. اگر این مطلب براتون مفید بود، اون رو به اشتراک بگذارید تا سایر دوستان هم بتوانند استفاده کنند. همینطور میتونید این مطلب را توی اینستاگرام با هشتگ #microelecom به اشتراک بگذارید و پیج مایکروالکام (@microelecom) رو هم منشن کنید.