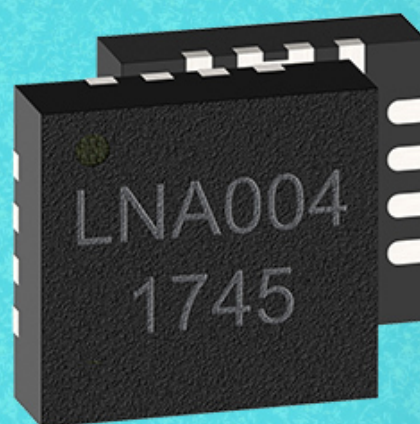
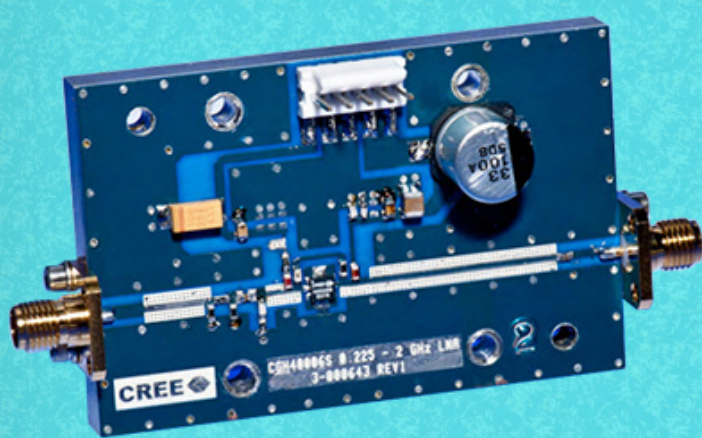




معرفی و بررسی تقویت کننده های کم نویز یا LNA

معرفی و بررسی تقویت کننده های کم نویز یا LNA



<https://blog.microele.com>

تاریخ انتشار ۲۳ 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 می کند. برای تقویت سیگنال های ضعیف از تقویت کننده های توان (PA) استفاده می شود. اما در تقویت سیگنال های رادیویی خیلی ضعیف و فرکانس بالا از LNA یا تقویت کننده کم نویز استفاده می گردد. 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 میتونید 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 می باشد. در حقیقت تقویت کننده های کم نویز (LNA) نوعی از تقویت کننده های الکترونیکی می باشند که برای تقویت سیگنال ها با دامنه های خیلی ضعیف استفاده می شوند. عموماً سیگنالی که آنتن دریافت می کند 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 می شود. بدون شک LNA ها یکی از مهم ترین قطعات در مدارات و گیرنده های رادیویی و حساس می باشد. 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 می شوند که در نزدیکی گیرنده مثلاً آنتن قرار گیرد. این کار باعث می شود در اثر تداخلات، کمترین تاثیر را بر روی آن داشته باشد.

خصوصیت های LNA

LNA ها نیز دارای مشخصاتی مشابه تقویت کننده های معمولی می باشند. 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 Factor و Noise Figure

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 می کنند. قطعاً ضریب نویز هر تقویت کننده بدلیل وجود قطعات غیر ایده آل، بیشتر از یک است. Noise Figure را با NF نیز نشان می دهند. NF همان ضریب نویز است که بر حسب دسی بل (dB) بیان می شود. به تعبیر دیگر، $NF=10\log(F)$ می باشد. 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 می باشد. عموماً بهره خیلی بالا اصلاً توصیه نمی شود. 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 پارامترهای مهمی است که در نویز اضافه شده به خروجی تاثیر می گذارد. 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 می شود. این پارامتر در تقویت کننده ها با عملکرد DC تاثیر گذار بوده و شامل یک مقدار DC می باشد.

چگالی طیف نویز

Noise Spectral Density یا چگالی طیف نویز که مختصراً بصورت DNS نمایش داده می شود، 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 می شود. در پاره ای از موارد، نمودارهای مربوط به NSD بعنوان تابعی از فرکانس ظاهر می شود. بطور تقریب می توان گفت که LNA با کیفیت و دقت خوب دارای چگالی طیف نویز یا NSD کمتر از میزان 10nV Hz می باشد.



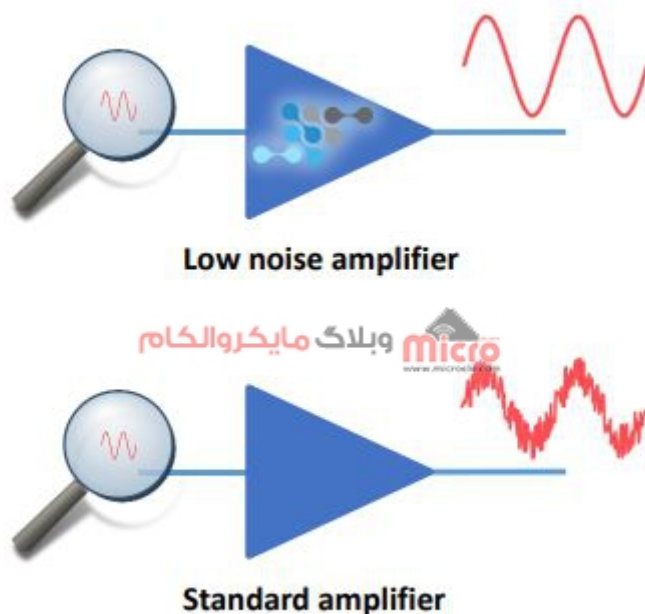
کاربرد LNA

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 تقویت کننده که دارای ضریب بهره یا Gain با مقدار G باشد، ورودی را به میزان G برابر تقویت و در خروجی سیگنال تقویت شده را تحویل خواهد داد. این مشابه چیزی است که یک تقویت کننده قدرت معمولی انجام می دهد. در حقیقت با این عملکرد نویز روی سیگنال نیز تقویت می شود. 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.



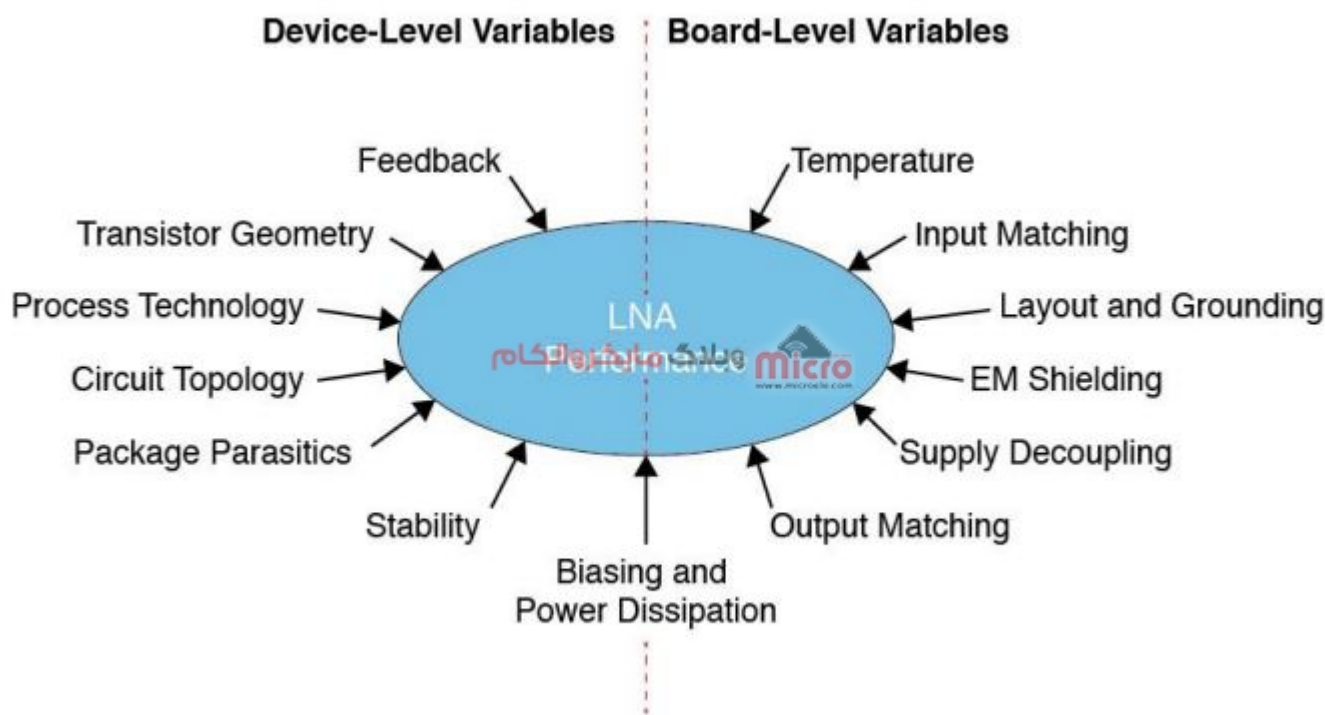
تفاوت بین تقویت کننده معمولی و تقویت کننده کم نویز LNA

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 کاملاً واضح بوده و بخاطر وجود نویز زیادی است که بر روی 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 می توان 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 بر عملکرد LNA در دو بخش طراحی دستگاه و طراحی برد تاثیر می گذارد مشخص شده است. جلوگیری از تاثیر گذاری شرایط محیطی بر روی تقویت کننده بر عهده طراح می باشد.



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 می باشد. از میان 3 توپولوژی مطرح شده، ساختار Cascode به نوعی همه چیز تمام تر از آن 2 حالت می باشد. در جدول زیر بصورت مختصر این 3 ساختار با یکدیگر مقایسه شده اند.

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



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

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 بر روی 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.