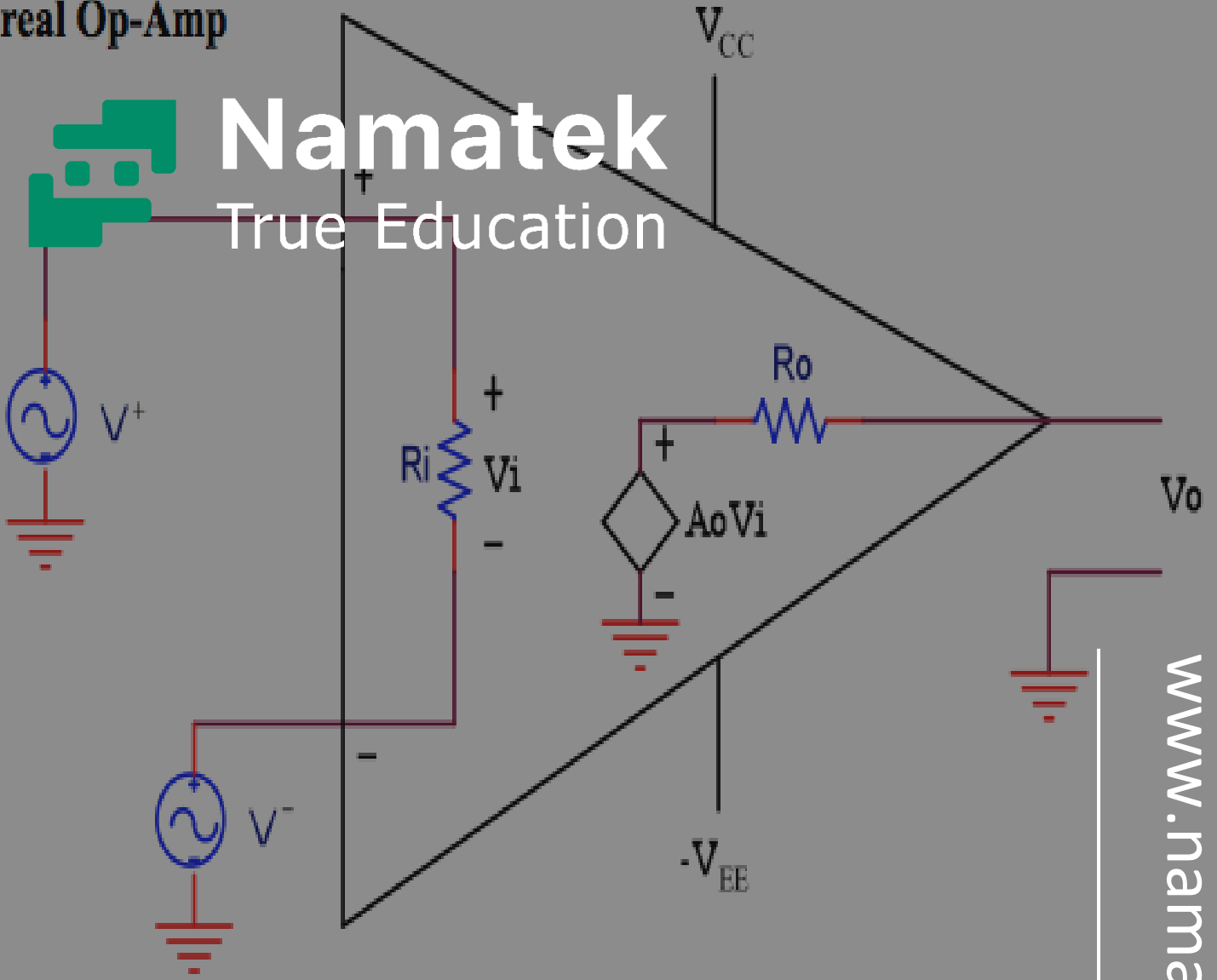


A real Op-Amp



Namatek
True Education



Ideally:

$$A_0 \rightarrow \infty$$

$$R_i \rightarrow \infty$$

$$R_o \rightarrow 0$$

Operational amplifier

Reality:

A_0 is less than ∞ and is dependant on frequency.

R_i ranges from $2M\Omega$ to $1T\Omega$ ($1 \times 10^{12}\Omega$).

R_o ranges from 1Ω to 100Ω , typically 75Ω .

www.namatek.com

تقویت کننده عملیاتی
(آپ امپ)

فهرست مطالب

۱. آپ امپ چیست؟ (op-amp)
۲. تعریف تقویت کننده های عملیاتی
۳. اساس عملکرد تقویت کننده عملیاتی
۴. پیکربندی op-amp
۵. کاربرد آپ امپ
۶. چند نکته مهم پیرامون استفاده از آپ امپ

قویت کردن سیگنال ها در بسیاری از مدارهای الکترونیکی، یک نقش اساسی ایفا می کند که می توان آن را به وسیله آپ امپ ها به سادگی پیاده سازی کرد. قطعا هر شخص در طراحی مدارهای مختلف حداقل یک بار با این تجهیز پرکاربرد رو به رو خواهد شد. در این نوشتار می خواهیم با معرفی کامل این قطعه و خلاصه ای از انواع مختلف مدارهای Op-amp به آمپلی فایرهای عملیاتی نگاه متفاوت تری داشته باشیم.

با ما همراه باشید!

آپ امپ چیست؟ (op-amp)



اولین بار در دهه ۱۹۴۰ و در طراحی رایانه های آنالوگ، ایده تقویت کننده های عملیاتی مطرح شد. با افزودن عناصر مداری (مانند مقاومت، خازن،

دیود و...) میان ورودی ها و خروجی تقویت کننده عملیاتی، مدارهایی با کاربردهای متنوع به دست آمد که توانایی انجام عملیات ریاضی مانند جمع، تفریق، ضرب، تقسیم، مشتق و انتگرال را داشتند. به دلیل همین توانایی در انجام عملیات ریاضی این مدارها را تقویت کننده عملیاتی می نامند.

با استفاده از تقویت کننده عملیاتی در پیاده سازی رایانه های آنالوگ قدیمی بستری مناسب برای حل معادلات دیفرانسیل فراهم شد. بعد از گذشت ۲۰ سال و تکامل تدریجی این قطعات در سال ۱۹۶۰، نخستین بار تقویت کننده عملیاتی به صورت مدار مجتمع IC طراحی و ساخته شد و با اندازه و وزن کمتر و قیمت مناسب تر وارد بازار شد. با پیشرفته تر شدن تکنولوژی و فناوری، کاربرد تقویت کننده های عملیاتی بسیار گسترده تر شد و به تناسب، عرضه آن نیز رشد چشمگیری پیدا کرد.

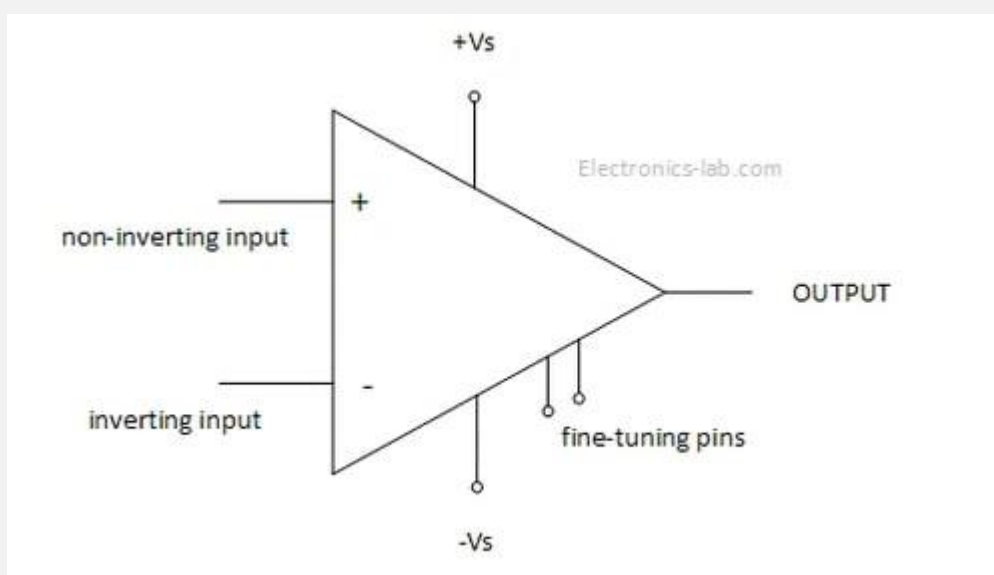
تعریف تقویت کننده های عملیاتی

تقویت کننده های Operational amplifier را به اختصار op-amp می نامیم. این نوع از تقویت کننده ها از چندین مقاومت، خازن، دیود و ترنزیستور که توانایی اعمال ضریب تقویت ولتاژ بسیار بزرگی دارند. تقویت کننده های عملیاتی، دستگاه های خطی با تمام ویژگی های یک تقویت کننده DC هستند و بلوک های اساسی ساخت مدارهای الکترونیکی آنالوگ محسوب می شوند.

تقویت کننده عملیاتی در حقیقت یک تقویت کننده ولتاژ است که معمولاً دارای دو سر ورودی و یک سر خروجی (به استثنای اتصالات برق) می باشد.

بنابراین اگر به ورودی های یک op-amp اختلاف پتانسیل بسیار کوچکی اعمال شود، در خروجی آن ولتاژ بسیار بزرگی به وجود می آید. ولی در عمل، تقویت کننده وارد ناحیه اشباع می شود و به صورت غیر خطی عمل می کند. این قطعه از یک منبع دوگانه مثبت ($V+$) و یک منبع منفی متناظر ($V-$) بهره می برد.

همچنین یک تقویت کننده عملیاتی می تواند با یک ولتاژ منبع تغذیه تک DC نیز کار کند. شما می توانید تصویر رایج یک تقویت کننده عملیاتی را در شکل زیر مشاهده کنید.



اساس عملکرد تقویت کننده عملیاتی

در یک تقویت کننده عملیاتی پایه ورودی مثبت را در اصطلاح لاتین noninverting (معکوس نکننده) و پایه منفی را inverting (معکوس کننده) می گویند. این قطعه با توجه به وضعیت پایه های ورودی و خروجی

دارای شرایط و عملکرد متفاوتی خواهد شد که در ادامه راجع به این وضعیت ها توضیح خواهیم داد.

هرگاه مقدار ولتاژ اعمال شده به پایه ورودی معکوس کننده بیشتر از ولتاژ اعمالی به پایه ورودی معکوس نکننده باشد، آنگاه خروجی به ولتاژ منبع منفی اشباع می شود. به عنوان نمونه اگر ولتاژ ورودی ۵ ولت باشد و ورودی پایه منفی دارای ولتاژی بزرگتر از ورودی پایه مثبت باشد خروجی به سمت منفی ۵ ولت به اشباع میل می کند.

همچنین هرگاه ولتاژ اعمالی به ورودی معکوس نکننده بیشتر از ولتاژ اعمالی به ورودی معکوس کننده باشد، آنگاه خروجی به ولتاژ منبع مثبت اشباع می شود. قوانین اصلی مرتبط با تقویت کننده عملیاتی این است که:

دارای یک امپدانس ورودی نامحدود ($Z = \infty$)

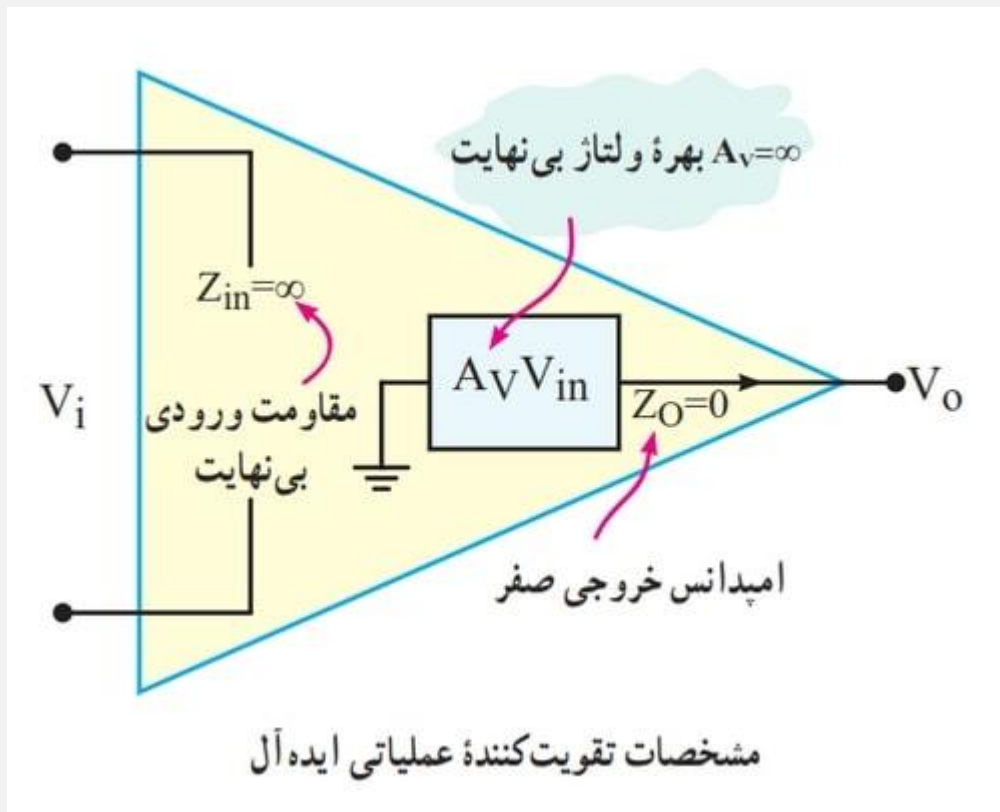
ولتاژ جبران ورودی صفر $V_1 = V_2$

دارای امپدانس خروجی صفر ($Z = 0$)

گین ولتاژ حلقه باز آن بی نهایت ($A_V = \infty$)

عرض باند آن بی نهایت ($BW = \infty$)

زمانیکه اختلاف ولتاژ در ورودی صفر است، ولتاژ خروجی نیز صفر می شود. (اختلاف بین ورودی مثبت از منفی را اختلاف ولتاژ می گوئیم) با تغییرات درجه حرارت، منحنی مشخصه آن تغییر نمی کند. به تقویت کننده عملیاتی که دارای تمام ویژگی های فوق باشد آپ امپ ایده آل می گوئیم.

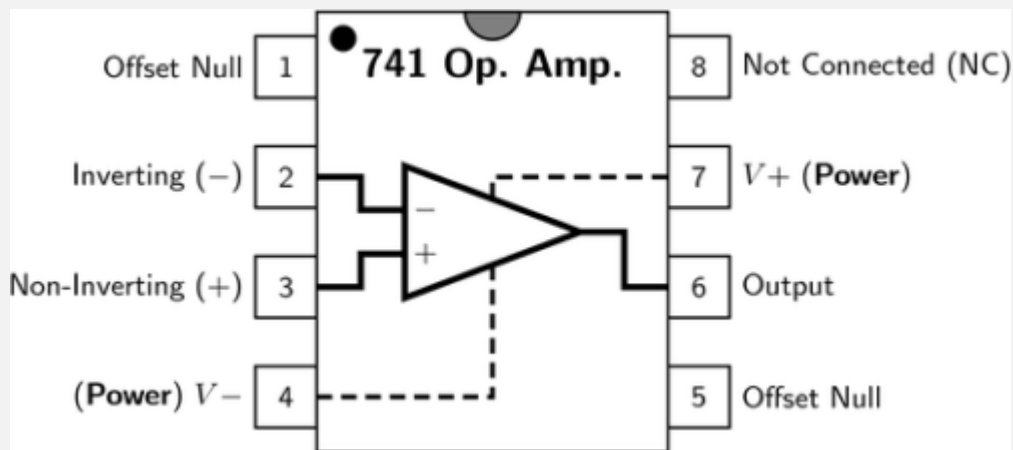


نکته مهمی که قابل ذکر است دقت به این موضوع می باشد که بین پایه های ورودی و خروجی آپ امپ جریانی وجود ندارد و این تنها ولتاژ ورودی است که خروجی را کنترل می کند.

البته این ولتاژ خروجی با ولتاژ ورودی دیگر 180 درجه اختلاف فاز دارد.

پیکربندی op-amp

در گذشته تقویت کننده های عملیاتی را به کمک لامپ های خلا یا ترانزیستور می ساختند اما امروزه آپ امپ ها به صورت آی سی برای کاربردهای گوناگون ساخته می شوند. در یک تقویت کننده عملیاتی معمولی ۸ پین (پایه) وجود دارد که به ترتیب زیر است:



- PIN1 تهدید آفست
- PIN2 ورودی معکوس
- PIN3 ورودی غیر معکوس
- PIN4 زمین - سر منفی
- PIN5 آفست تهی
- PIN6 خروجی
- PIN7 عرضه ولتاژ مثبت
- PIN8 استروب (بدون اتصال)

یکی از قدیمی ترین و پرکاربردترین آپ امپ ها ۷۴۱ می باشد. بسیاری از مدل های آپ امپ از لحاظ پایه با ۷۴۱ هم خوانی دارند .

کاربرد آپ امپ

تقویت کننده های عملیاتی در پروژه های تحقیقاتی و مصارف صنعتی کاربردهای فراوانی دارند و می توان آپ امپ را سنگ بنای اکثر مدارات آنالوگ دانست. همانگونه که از نام این قطعه بر می آید، به کمک این عنصر

و المان های جانبی دیگر می توان عملیات ریاضی را به صورت الکترونیکی پیاده سازی کرد. با توجه به حالت های مختلف بستن مدار ها یک آپ امپ می توان مدارهای زیر را برای کاربردهای گوناگون تقویت کننده های عملیاتی طراحی کرد:

۱. تقویت کننده معکوس (Inverting Amplifier)

۲. تقویت کننده مستقیم

۳. دنبال کننده ولتاژ

۴. تقویت کننده ولتاژ به جریان

۵. تقویت کننده جریان به ولتاژ

۶. مدار نمونه با استفاده از دیود

۷. مدار انتگرال گیر

۸. مدار مشتق گیر

۹. مدار جمع کننده

۱۰. مدار تفریق کننده

چند نکته مهم پیرامون استفاده از آپ امپ

- هرگز تغذیه مثبت و منفی آپ امپ را به صورت معکوس وصل نکنید، زیرا با این کار Op-Amp شما می سوزد.
- تغذیه ورودی های مثبت و منفی باید از مقادیر ورودی در پایه های noninverting و inverting بیشتر باشد.

- سیگنال های ورودی و خروجی را به وسیله خازنهای 0.1 تا 10 میکروفاراد زمین کنید تا از تاثیر نویز در مدار جلوگیری شود.
 - آپ امپ های ایده آل باید دارای مقاومت ورودی بالا و در نتیجه جریان ورودی در حد صفر و مقاومت خروجی صفر باشد.
- همچنین در این حالت ولتاژ در ورودی های مثبت و منفی با یکدیگر مساوی هستند.