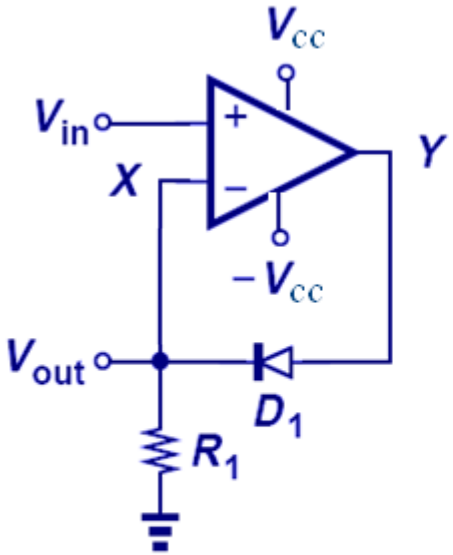
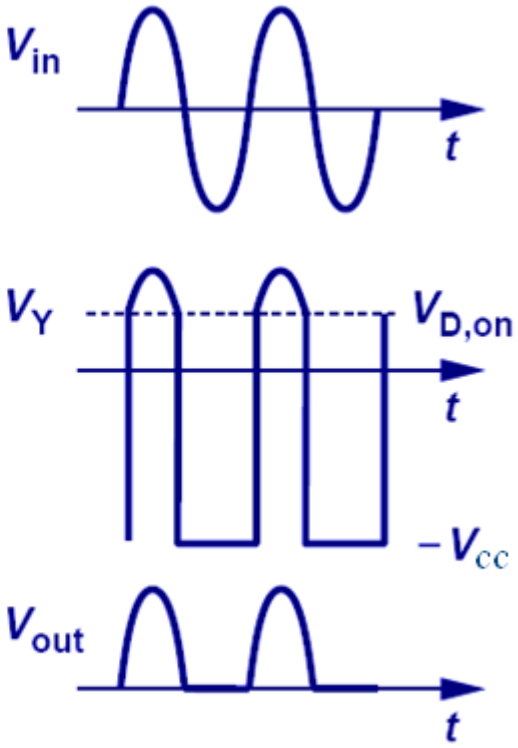
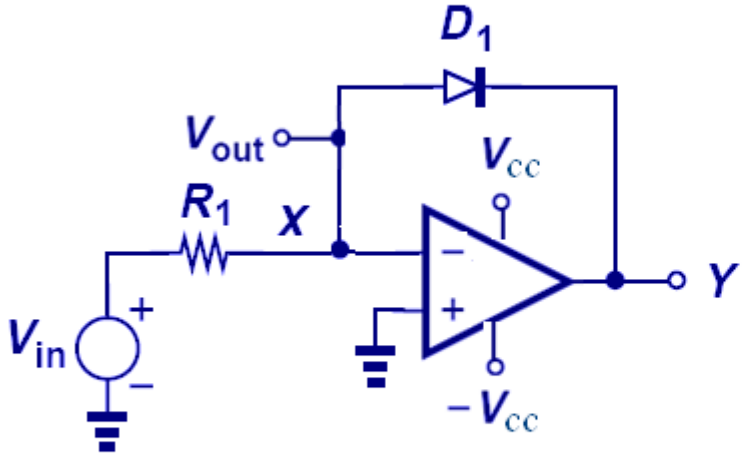
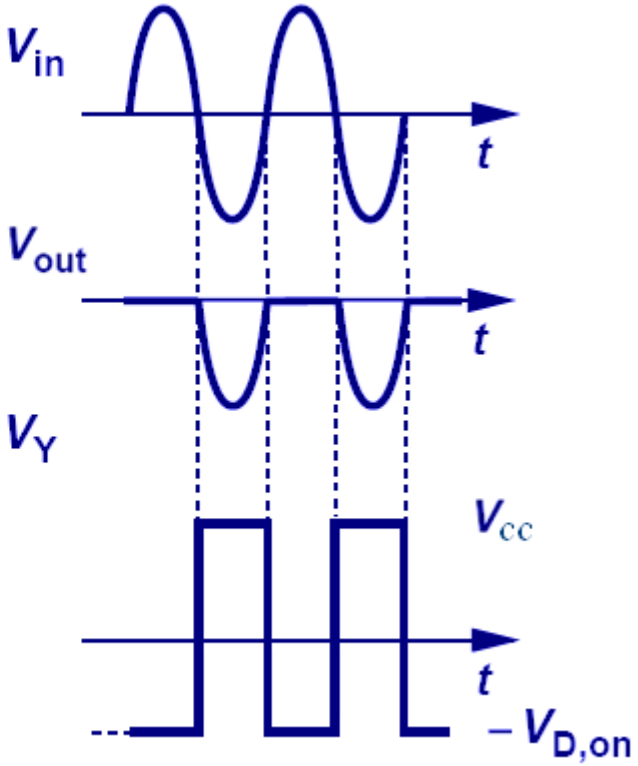
یکسو کننده دقیق



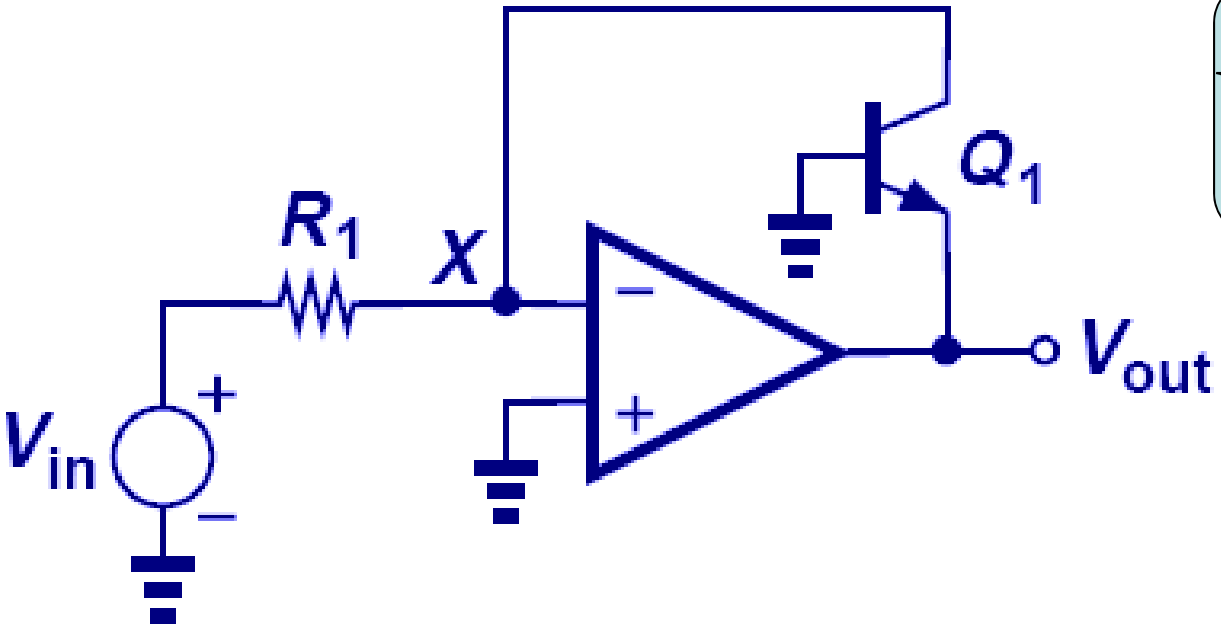


یکسو کننده دقیق نیم موج



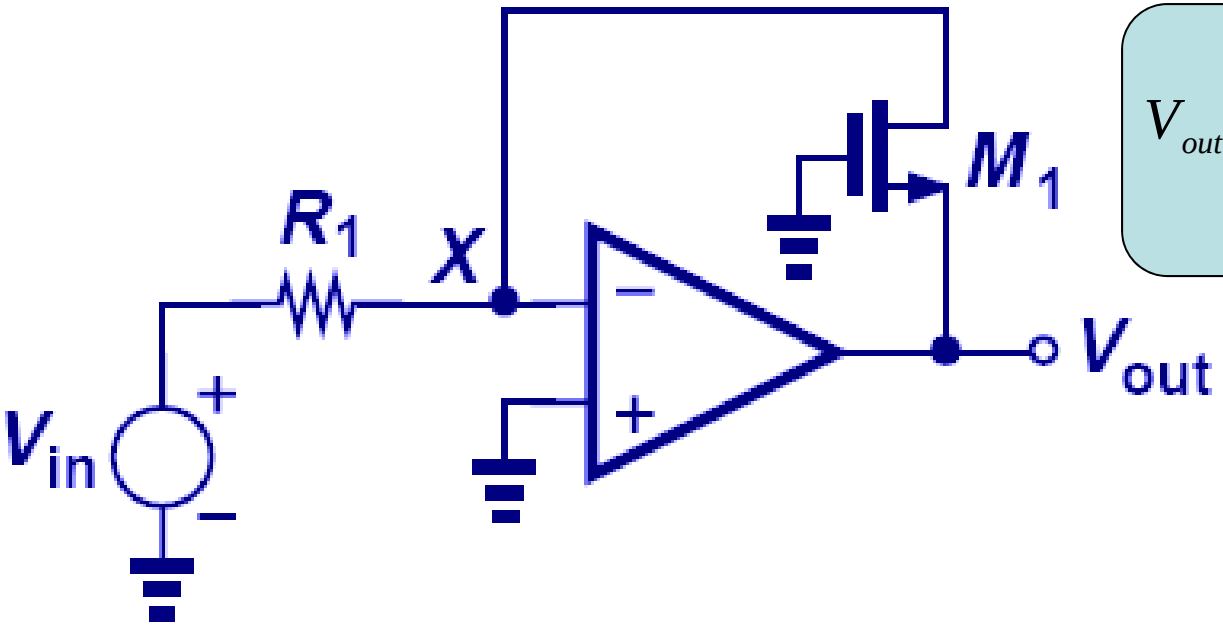


تقویت کننده لگاریتمی



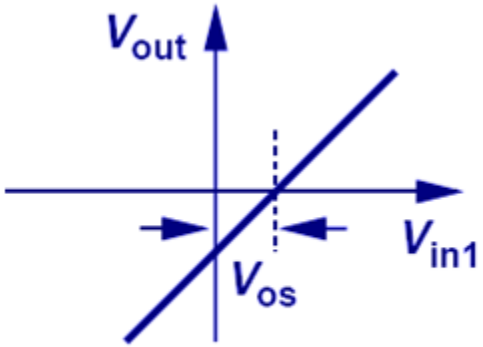
$$V_{out} = -V_T \ln \frac{V_{in}}{R_1 I_S}$$

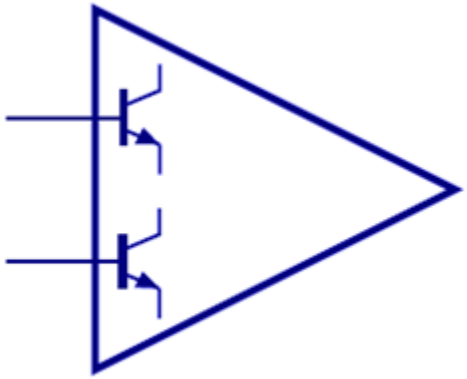
مدار جذرگیر

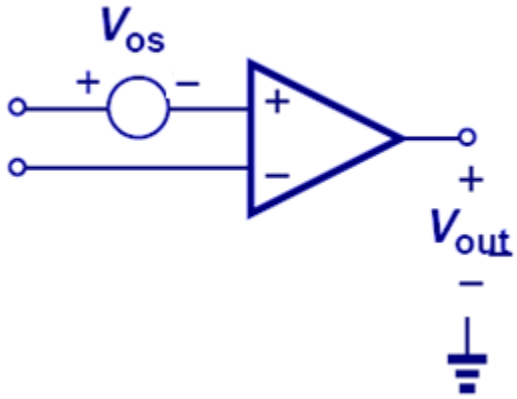


$$V_{out} = -\sqrt{\frac{2V_{in}}{\mu_n C_{ox}\frac{W}{L}R_1}} - V_{TH}$$

محدودیت های عملکرد آپ امپ
(آف ست dc)

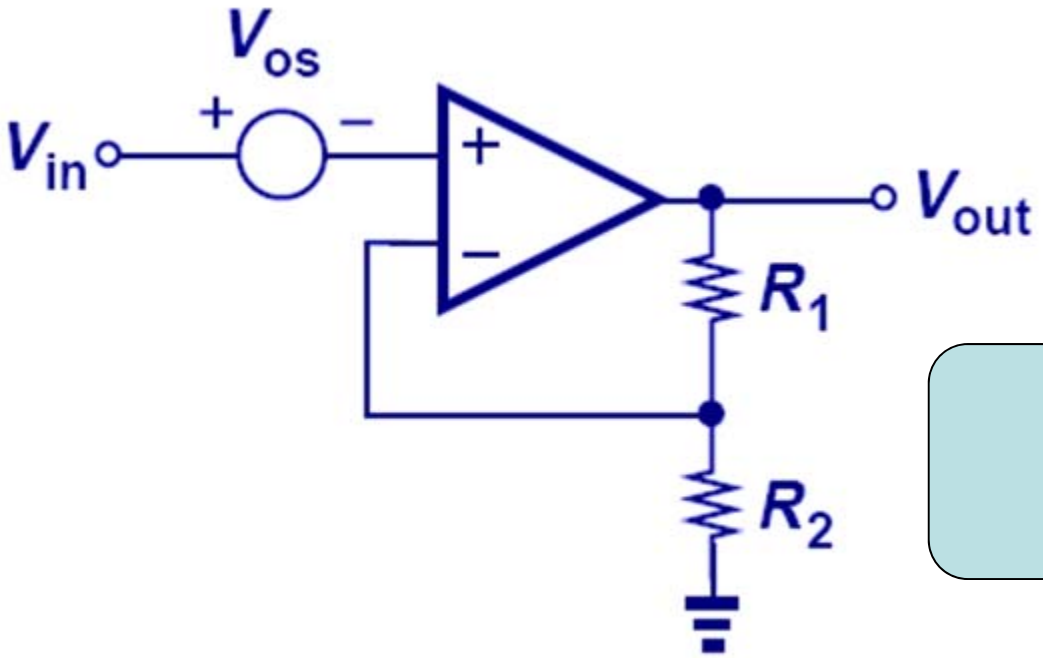






- به دلیل عدم تطابق بین ترانزیستورهای زوج تفاضلی، در مشخصه ورودی-خروجی آپ امپ انحراف یا همان آف ست ایجاد می شود.
- در مشخصه بالا، آپ امپ دارای ولتاژ آف ست مثبت است.

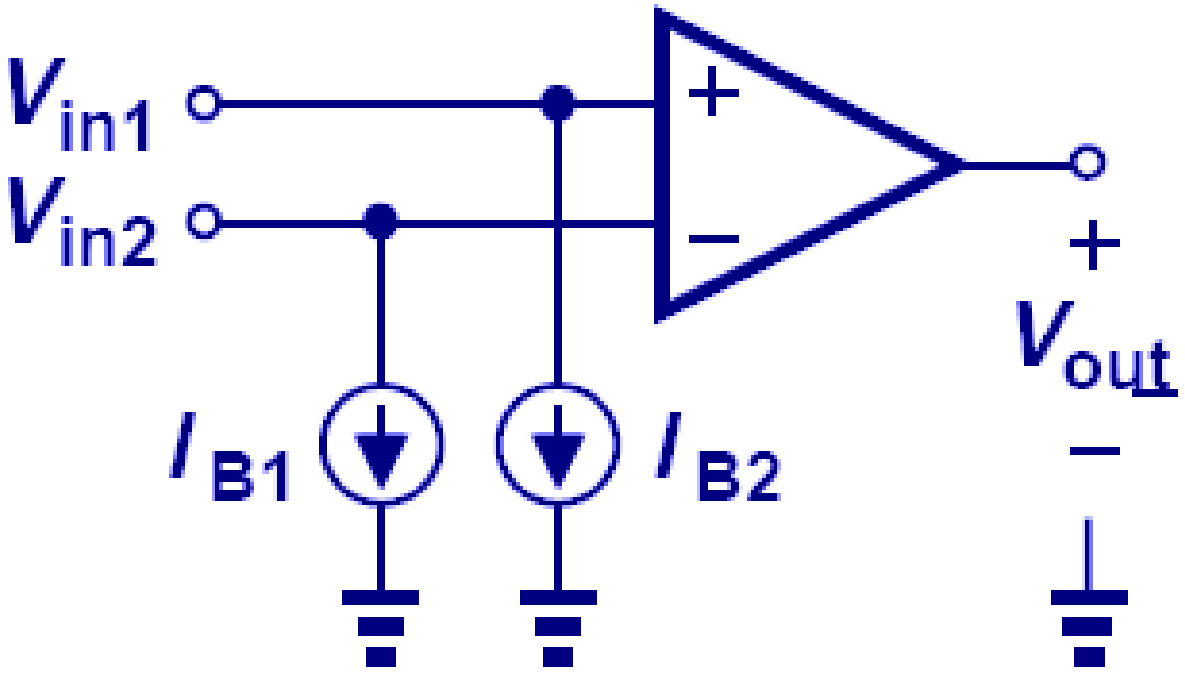
اثر آف ست dc آپ امپ در عملکرد تقویت کننده ها



$$V_{out} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)\left(V_{in} - V_{os}\right)$$

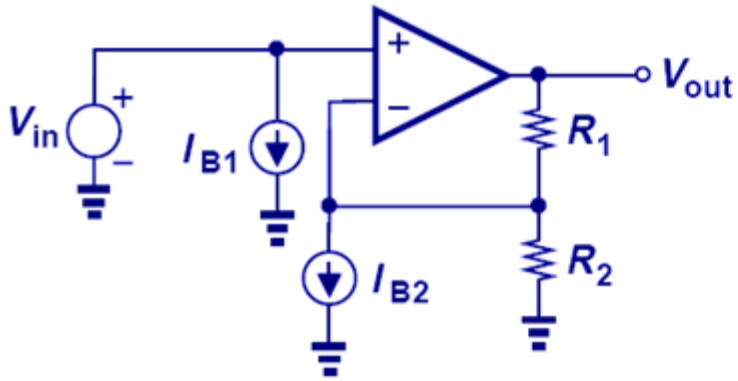
- مشاهده می شود که همان گونه سیگنال ورودی تقویت می شود ولتاژ اف ست نیز تقویت می شود.

محدودیت های عملکرد آپ امپ
(جریان بایاس ورودی آپ امپ)

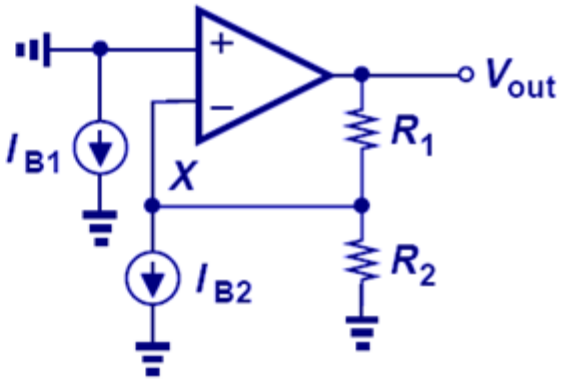


- در عمل ترانزیستورهای دوقطبی زوج تفاضلی دارای جریان بایاس هستند. مدار فوق این پدیده نامطلوب را مدل می کند.

اثر جریان بایاس پایه های ورودی آپ امپ در عملکرد تقویت کننده ها



(a)

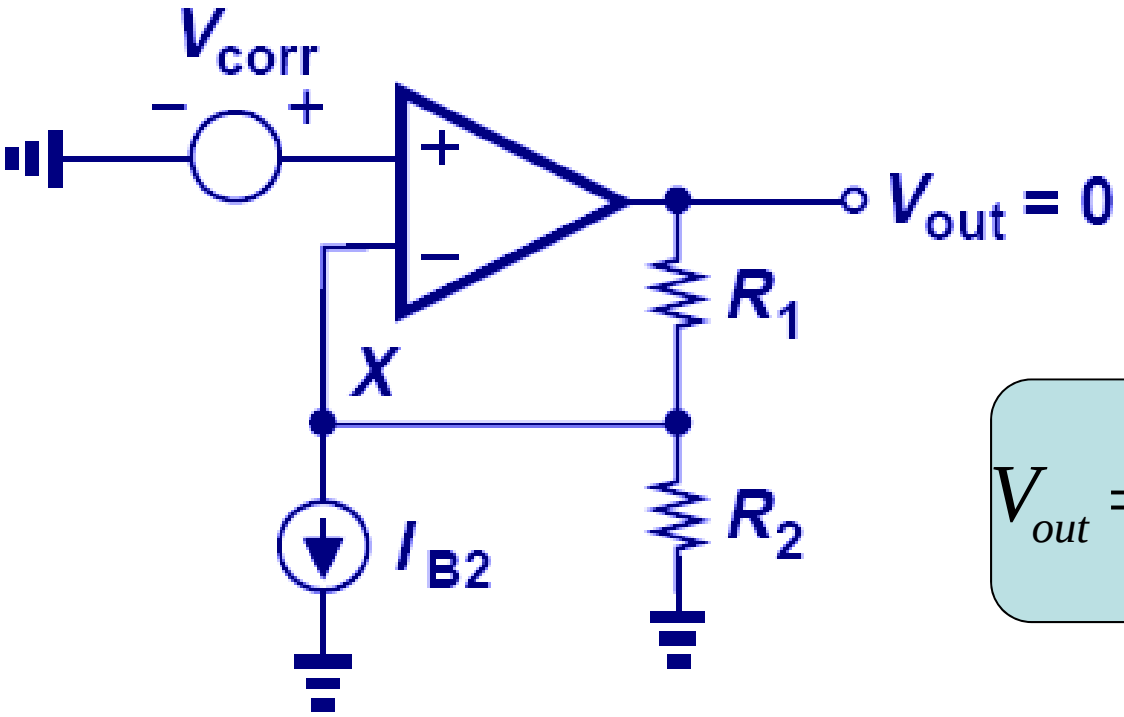


(b)

- سعی می کنیم با استفاده از جمع اثار این پدیده را بررسی کنیم.

$$V_{out} = -R_2 I_{B2}\left(-\frac{R_1}{R_2}\right) = R_1 I_{B2}$$

حذف اثر جریان بایاس پایه های ورودی آپ امپ

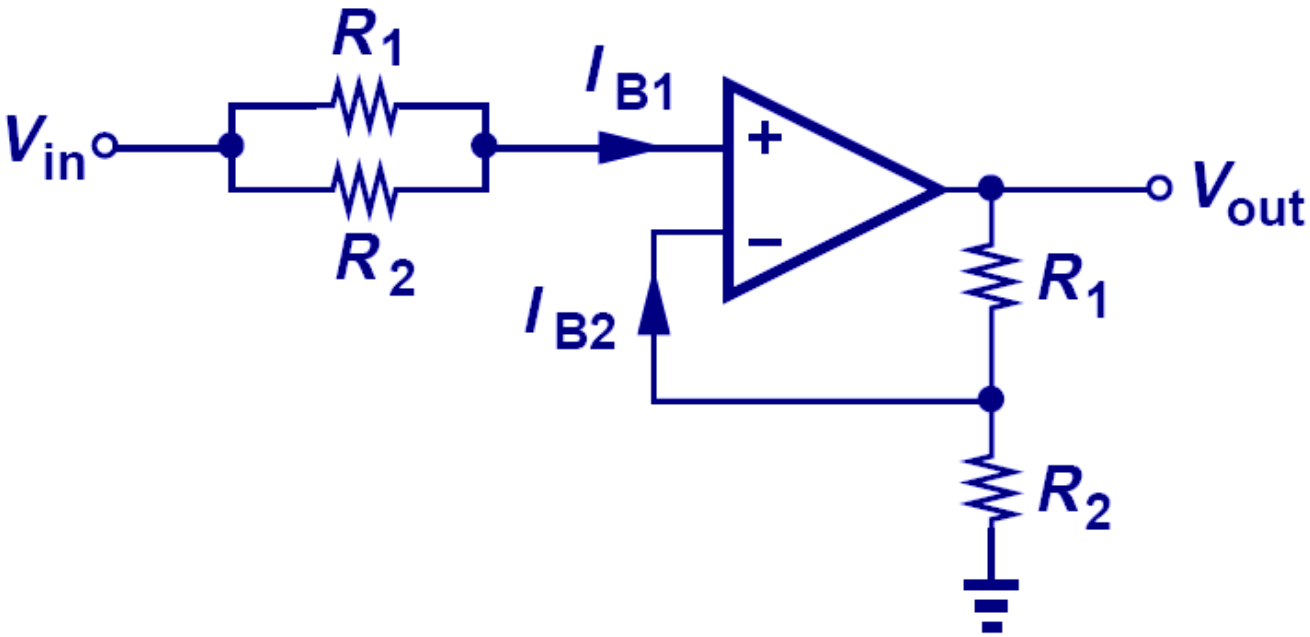


$$V_{out} = V_{corr}\left(1+\frac{R_1}{R_2}\right)+I_{B2}R_1$$

- با اعمال ولتاژ اصلاح کننده V_{corr} در پایه مثبت آپ امپ می توان اثر جریان بایاس پایه های ورودی اپ امپ را خنثی کرد. مقدار این ولتاژ باید به صورت زیر انتخاب شود:

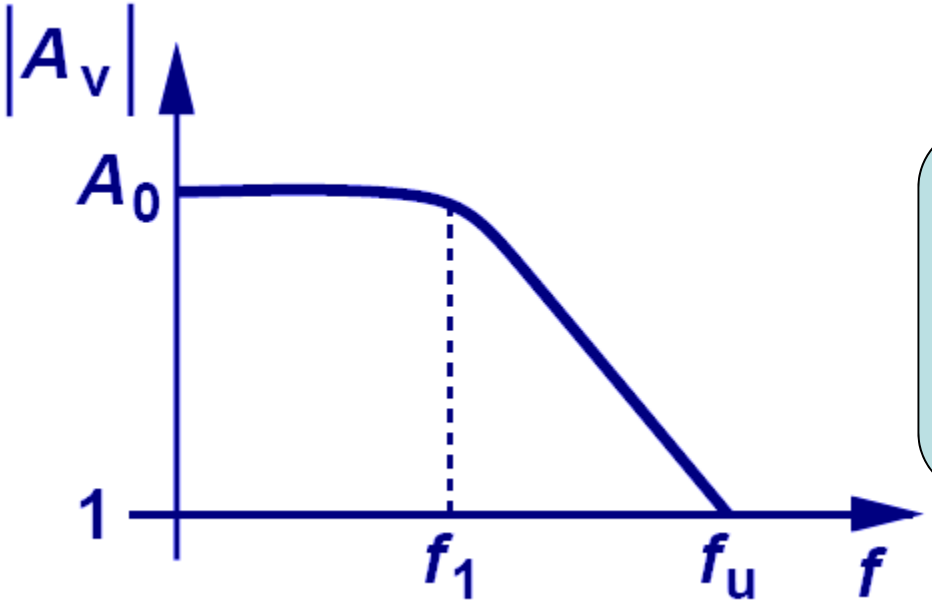
$V_{corr}=-I_{B2}(R_1||R_2)$

پیاده سازی عملی



$$I_{B1} = I_{B2}$$

محدودیت های عملکرد آپ امپ
(سرعت محدود آپ امپ)



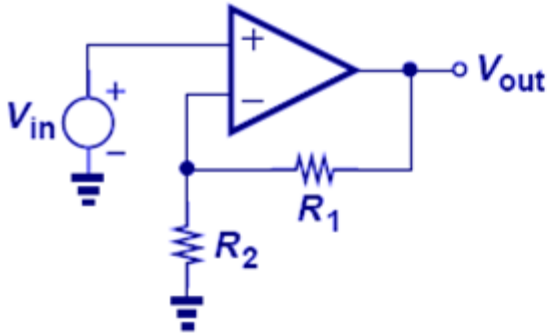
$$\frac{V_{out}}{V_{in1}-V_{in2}}(s)=\frac{A_0}{1+\frac{s}{\omega_1}}$$

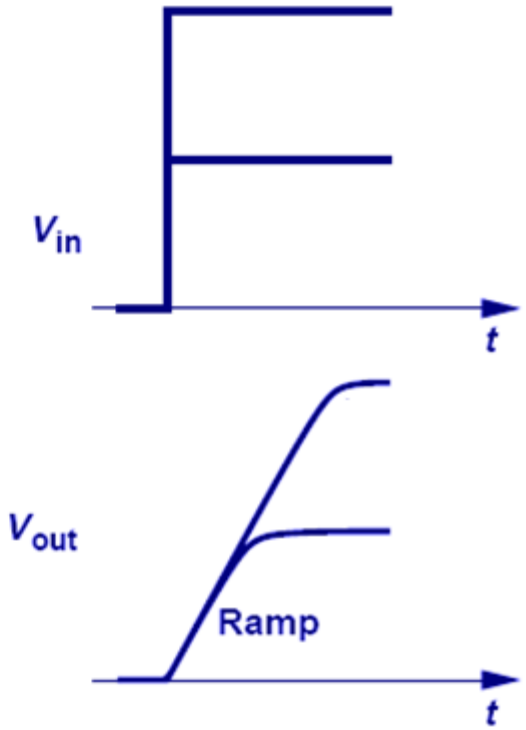
roll off: به پایین غلتیدن

- **بهره آپ امپ تابع فرکانس است. با افزایش فرکانس بهره آپ امپ کاهش می یابد.**

محدودیت های عملکرد آپ امپ
(سرعت چرخش محدود آپ امپ)

Slew Rate: سرعت چرخش

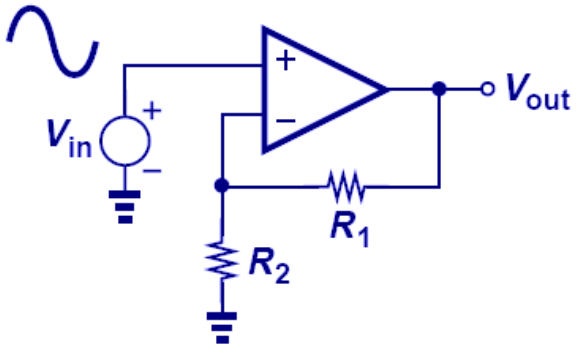




- در عمل شیب ولتاژ خروجی آپ امپ از یک حدی نمی تواند بیشتر باشد که به آن slew rate می گویند.

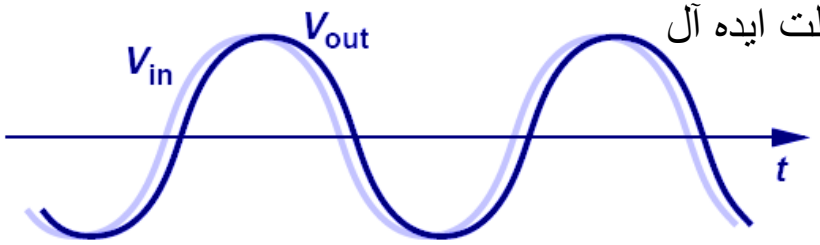
$$\frac{dVo}{dt} < \text{Slew Rate}$$

اثر پدیده Slew Rate در هنگام تقویت یک سیگنال سینوسی

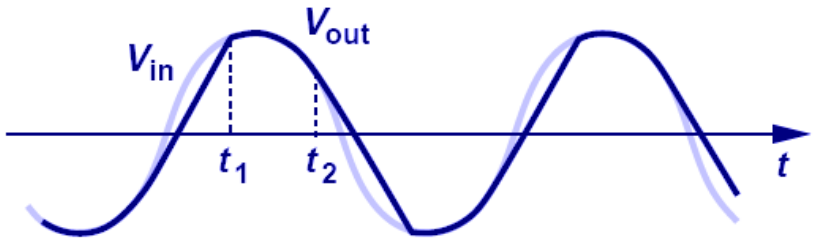


(a)

شکل موج خروجی در حالت ایده آل



(b)

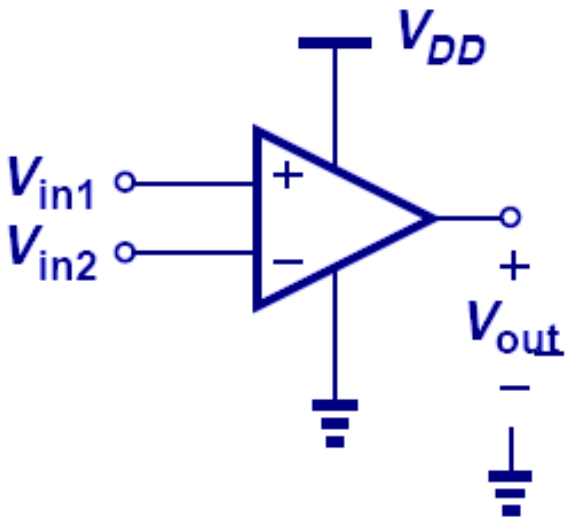


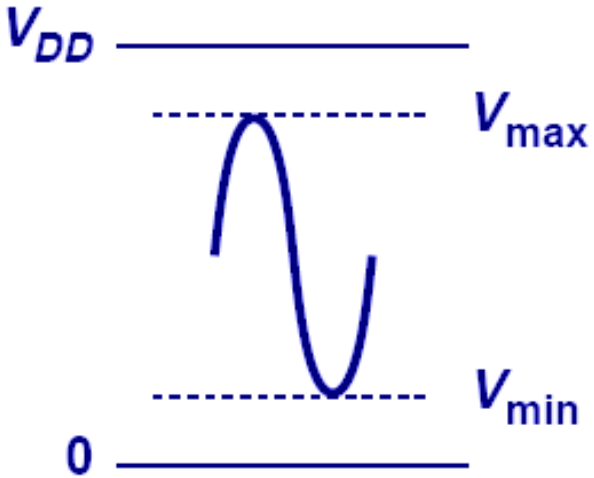
(c)

$$\frac{dV_{out}}{dt} = V_0\left(1+\frac{R_1}{R_2}\right)\omega\cos\omega t$$

- مادامیکه شیب سیگنال خروجی کمتر از SR باشد مشکلی وجود نخواهد داشت.
- اگر فرکانس سیگنال سینوسی و یا دامنه ولتاژ آن زیاد باشد در آن صورت پدیده slew rate باعث اعوجاج در شکل موج خروجی می شود.

Full-Power Bandwidth (ω_{FP})
عرض باند تمام توان





$$V_{out} = \frac{V_{max} - V_{min}}{2} \sin \omega t + \frac{V_{max} + V_{min}}{2} \qquad \omega_{FP} = \frac{SR}{\frac{V_{max} - V_{min}}{2}}$$

- ابتدا محدوده نوسانات خروجی آپ امپ را تعیین می کنیم. سپس حداکثر فرکانس سیگنال سینوسی را محاسبه می کنیم به قسمی که پدیده **slew rate** ما را محدود نکند و باعث اعوجاج سیگنال خروجی نشود.