

به نام خدا



دانشکده مهندسی برق

گزارش پروژه اصول الکترونیک: فاز 1

محمد امین حاجی خداوردیان

97101518

استاد: دکتر کاوه وش

نیمسال اول 99-00

زمستان 99

## طراحی و تحلیل دستی تقویت کننده:

برای رسیدن به خواسته های مسئله، مهم ترین چالش در تنظیم کردن CMR و CMRR است زیرا در ابتدا با استفاده از از یک طبقه دیفرانسیلی نه تنها به مقدار خواسته شده مسئله برای CMR نرسیدیم حتی CMRR مناسبی نیز نداشت و حتی با کسکود کردن منبع جریان با فرض اینکه CMR برای ما اهمیت کمتری داشته باشد باز هم به مقدار مدنظر برای CMRR نرسیدیم.

بنابراین تصمیم براین گرفتیم تا از دو طبقه دیفرانسیل استفاده کنیم.

برای اینکه مقدار CMR نیز تا آنجا که بتواند افزایش یابد در ورودی از زوج دارلینگتون استفاده شده است درست است که مقدار گین را کاهش میدهد ولی با طبقات بعدی تلاش میکنیم تا این کاهش را جبران کنیم. با فرض  $V_{BE(on)} = 0.7V$  با هر طراحی به CMR بیشتر از  $3.9^V$  نخواهیم رسید بنابراین چاره ای برای این بخش به ذهن نمیرسد.

برای رسیدن به بهره مدنظر مسئله چون از دو طبقه دیفرانسیل استفاده میکنیم و اگر بخواهیم سوینگ خوبی داشته باشیم مجبور هستیم تا در طبقه آخر از بار فعال استفاده کنیم بنابراین اثر لودینگ نیز گریبان گیر ما در طراحی خواهد شد و باید به گونه ای تلاش کنیم تا طبقه آخر علاوه بر سوینگ به ما بهره خوبی نیز بدهد و دو طبقه قبلی نیز بهره کم ولی به اندازه کافی بزرگ داشته باشند تا به خواسته مسئله رسید.

برای این مسئله از مدار شکل 1 استفاده شده است.

در طبقه اول منبع جریان  $0.2^{mA}$  استفاده شده است و در طبقه دوم از منبع جریان  $0.4^{mA}$  و در طبقه آخر از منبع جریان  $1^{mA}$  استفاده شده است.

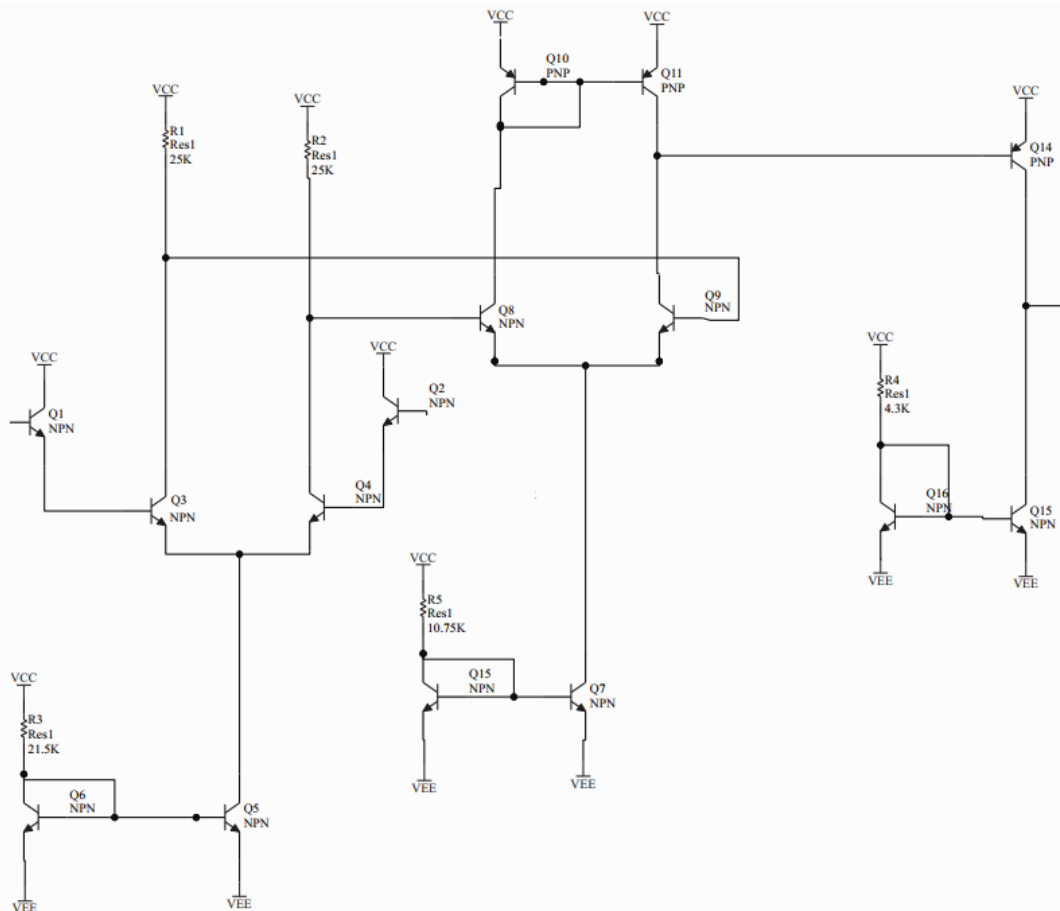
در این طراحی از مقادیر زیر استفاده شده است:

$$V_{A,npn} = 100$$

$$\beta_{npn} = 200$$

$$V_{A,pnp} = 70$$

$$\beta_{pnp} = 50$$



شکل 1

با توجه با مقادیر انتخاب شده طبقه اول توسط یک مقاومت  $r_{pi} = 25K\Omega$  لود میشود برای اینکه بهره طبقه اول به شدت کاهش پیدا نکند و از طرفی بایاس طبقه اول دچار مشکل نشود تصمیم گرفتم تا جریان کمتری از هر ترانزیستور بگذرد و در خروجی مقاومت بزرگی قرار بدهم.

بنابراین بهره طبقه اول (دیفرانسیلی و مود مشترک) از رابطه زیر بدست می آید:

$$A_{vd} = -\frac{25K\Omega \parallel 25K\Omega}{2 * 250} = -25$$

$$A_{CM} = -\frac{25K\Omega \parallel 25K\Omega}{2 * 500K\Omega + 2 * 250} = -0.0125$$

حال به سراغ بررسی طبقه دوم میرویم.

در اینجا نیز طبقه دوم توسط یک مقاومت بسیار کوچک نسبت به مقاومت های  $r_{o11}$  ترانزیستورها لود میشود و این یکی از ایراداتی است که به این طراحی وارد است ولی با اینحال ادامه میدهم:

$$A_{vd} = \frac{1.25^{K\Omega} \parallel r_{o11} \parallel r_{o9}}{125} = 10$$

$$A_{CM} = \frac{1.25^{K\Omega} \parallel r_{o11} \parallel r_{o9}}{2 * 250^{K\Omega} + 125} = 0.0025$$

تا اینجا وضع بهره به شدت نامناسب است و تنها کار این است که در طبقه آخر به شدت بهره ی خوبی دریافت کنیم تا در نهایت به بهره خواسته شده برسیم

برای همین طبقه آخر از بار فعال استفاده شده است که مقدار DC خروجی توسط یک فیدبک DC به روی 0 تنظیم شده است تا سوینگ نیز آن مقدار حداکثری که نیاز داریم باشد.

داریم:

$$A_{vd} = A_{CM} = \frac{r_{o14} \parallel r_{o15}}{r_{e12}} = 1648$$

$$r_{o14} = 70^{K\Omega} \quad r_{o15} = 150^{K\Omega} \quad r_{e12} = 25^{\Omega}$$

حال به محاسبه نهایی میپردازیم :

$$A_{vd} = 25 * 10 * 1648 = - 412000$$

$$A_{CM} = 0.0125 * 0.0025 * 1648 = -0.0515$$

مشاهده میشود که بهره خواسته شده مسئله را به آن رسیدیم و اثر های لودینگ و استفاده از زوج دارلینگتون را توانستیم با طبقه آخر تعدیل کنیم.

حال به مقدار CMRR توجه میکنیم:

$$CMRR = \frac{A_{vd}}{A_{CM}} = \frac{412000}{0.0515} = 7.96 * 10^6$$

به مقدار خواسته شده برای CMRR نیز رسیدیم.

مقدار سوینگ و CMR را در زیر حساب میکنیم:

$$\text{Swing: } -2.3^V < V_o < 2.3^V \rightarrow V_{o,DC} = 0^V \rightarrow \text{Swing} = 4.6^V \text{ p-p}$$

$$\text{CMR: Min: } -2.5 + 0.2 + 0.7 + 0.7 = -0.9^V$$

$$\text{Max: } 2.5 - 0.2 + 0.7 = 3^V$$

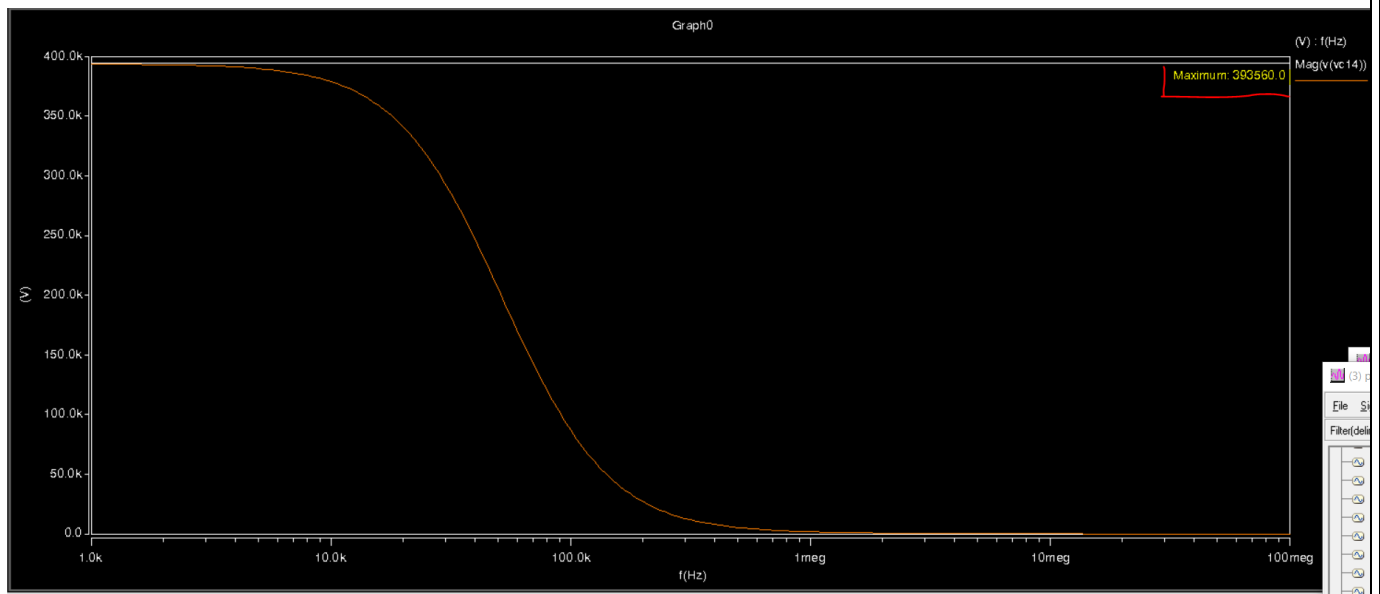
$$\text{CMR} = 3.9^V$$

این طراحی با توجه به یکی از تمرین های سری 8 و مشاهده ی مدار یک تقویت کننده واقعی گرفته شده است و تحلیل های دستی را نیز در آخر همین فایل قرار خواهم داد.

### شبیه سازی:

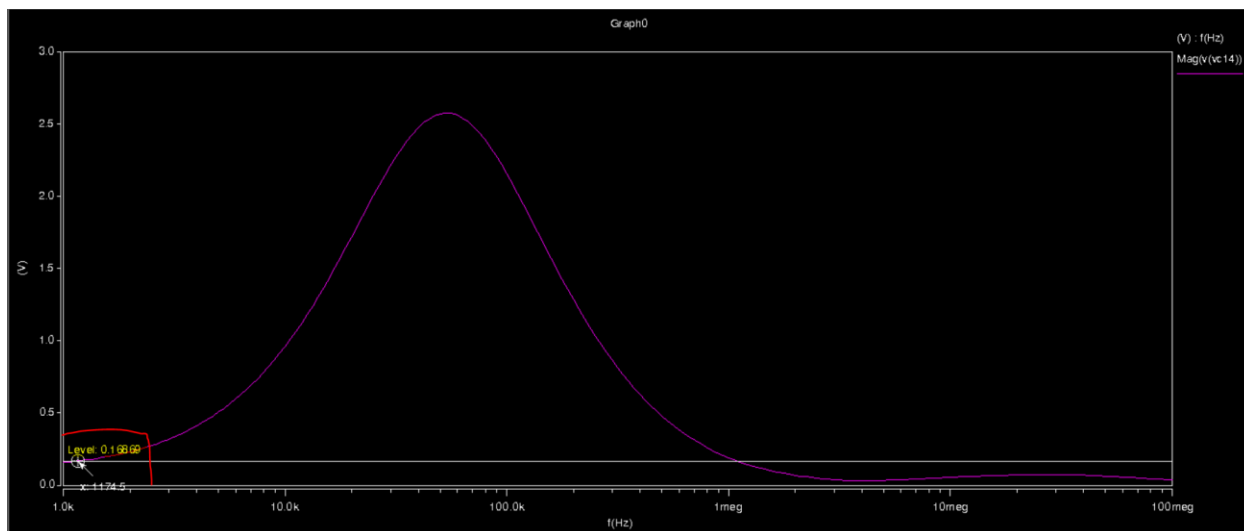
حال به سراغ شبیه سازی مدار طراحی شده میرویم.

در ابتدا مقدار بهره را بررسی میکنیم و از تحلیل ac استفاده میکنیم.



از روی شکل دیده میشود که در حالت دیفرانسیلی بهره را به ما برابر 393560 داده است.

حال به سراغ بهره حالت مود مشترک میرویم:



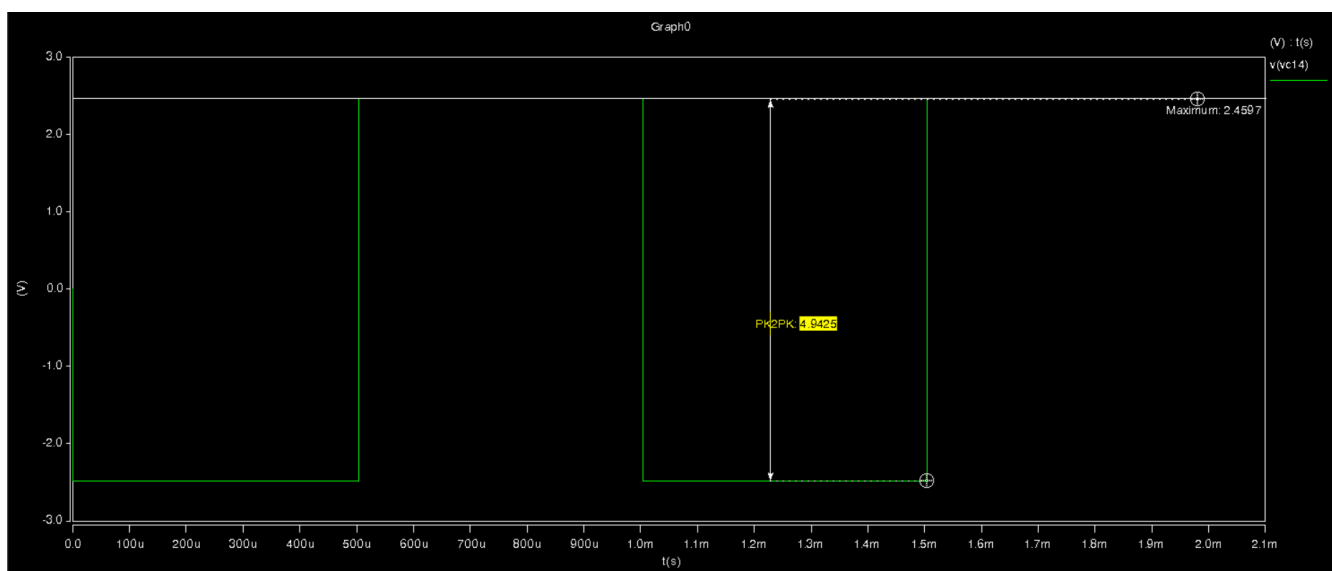
در این حالت دیده میشود با تغییر فرکانس بهره مود مشترک به شدت تغییر میکند بنابراین چون بهره قسمت دیفرانسیل را در فرکانس های پایین بررسی کردیم در اینجا نیز همین نقطه را بررسی میکنیم.

مقدار داده شده شبیه سازی برابر 0.16860 است. (چون کیفیت عکس ها در word کاسته میشود فایل عکس ها در پوشه پروژه قرار داده شده است).

حال به شبیه سازی swing میپردازیم

برای این بخش از تحلیل ترنزینت استفاده میکنیم و ورودی را به حدی افزایش میدهیم تا خروجی اشباع شود.

به شکل زیر خواهیم رسید:



با توجه به شکل بالا سوینگ پیک به پیک برابر  $4.9^V$  شده است.

حال در آخر به محاسبه CMRR بهره های بدست آمده میکنیم:

$$CMRR = \frac{A_{vd}}{A_{CM}} = \frac{393560}{0.16860} = 2.33 * 10^6$$

### مقایسه شبیه سازی و تحلیل دستی:

حال در جدولی به مقایسه مقادیر تحلیل دستی و شبیه سازی میپردازیم:

	$A_{vd}$	$A_{CM}$	Swing	CMRR	CMR
تحلیلی	412000	0.0515	$4.6^V$	7.96e6	$3.9^V$
شبیه سازی	393560	0.1686	$4.9^V$	2.33e6	$3.9^V$

با توجه به جدول بالا مقادیر شبیه سازی به شدت نزدیک به مقادیر تحلیل دستی هستند تنها تفاوت فاحش در بهره مود مشترک دیده میشود که با توجه به شکل آن در تحلیل ac به این پی بردیم که این بخش به شدت تابع فرکانس است!

(نام گذاری گره ها در فایل Schematic print آورده شده است.)

(کد های SP نیز در پوشه SP آورده شده است در انتهای فایل نیز همه را با هم می آوریم)