

باسمه تعالی



دانشکده مهندسی برق

اصول الکترونیک و آزمایشگاه

گروه دکتر فخارزاده

گزارش فاز دوم پروژه

علی شیرالی (94109165)

سید محمد امین منصوری (94105174)

19 خرداد 96

1- درباره انتخاب نوع طبقه خروجی

با توجه این که مایلیم طبقه خروجی zizo باشد، دو انتخاب برای نوع طبقه خروجی داریم: (1) کلاس B با فیدبک، (2) کلاس AB

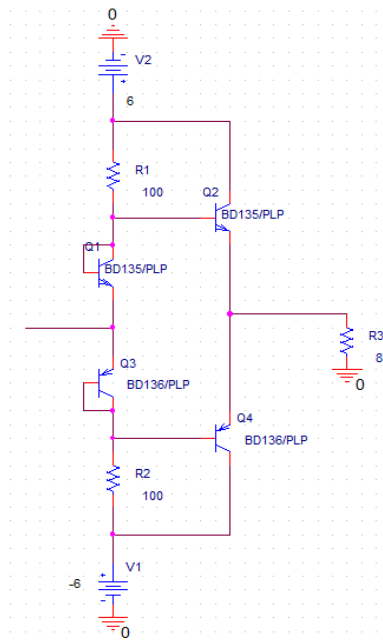
تقویت کننده‌های کلاس AB که مطابق شکل 1 با مقاومت بایاس شده باشند نمی‌توانند توان DC و سوئینگ را همزمان تامین کنند. چرا که:

$$v_{o,pp} = 8V \rightarrow i_L = 500mA$$

با فرض $\beta = 50$ ، برای تامین این جریان و روشن ماندن diode connected ها، می‌بایست:

$$\frac{6 - 4 - 0.7}{R} > \frac{i_L}{\beta} \rightarrow R < 130\Omega \rightarrow I_{DC} > \frac{12}{2 * 130} = 46mA \rightarrow P_{DC} = 12 * I_{DC} > 550mW$$

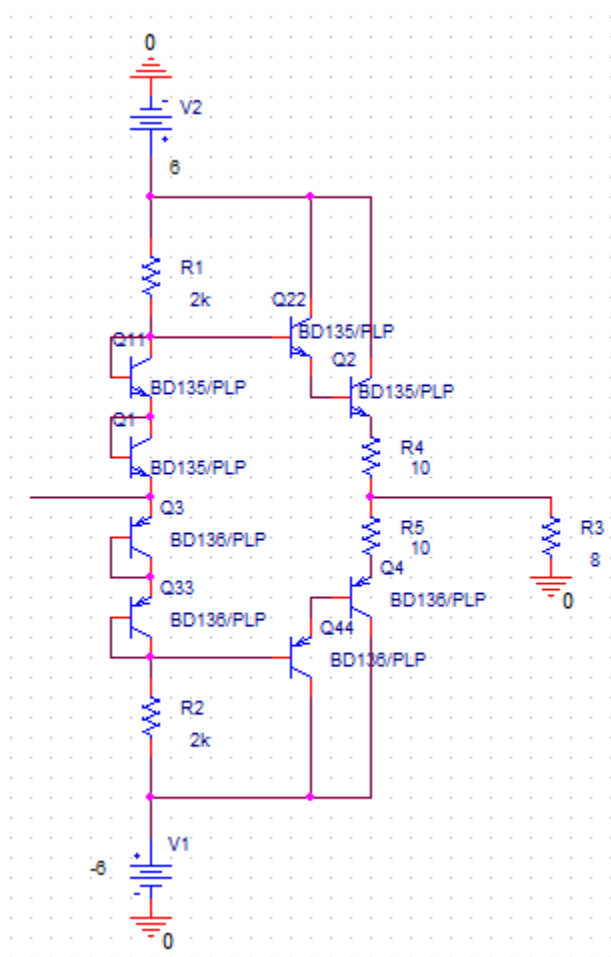
که از حد بالایی توان ما (200 mW) بسیار بیشتر است.



شکل 1

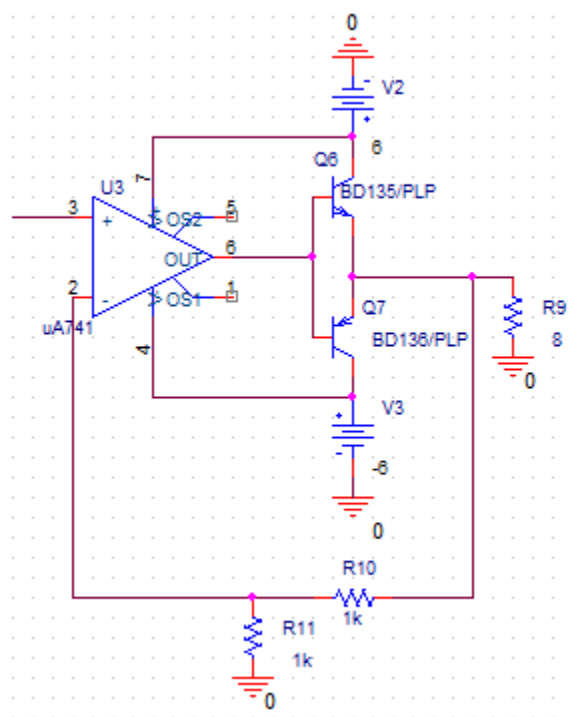
راه حل بهتر استفاده از بایاس با منبع جریان است. این نوع بایاس در تئوری کلیه شرایط را تامین می‌کند اما با توجه به mismatch بین ترانزیستورها، در عمل نتوانستیم خروجی پایدار و zizo بگیریم.

راه دیگر استفاده از آرایش دارلینگتون (شکل 2) است. این آرایش می‌تواند سوئینگ و حد توان DC را برای ما تامین کند. بدین منظور برای مانع شدن از عبور جریان DC از ترانزیستورهای 2 و 4، باید مقاومت‌های R4 و R5 را در امیتر آنها قرار دهیم. حداکثر سوئینگ این آرایش حدود $\frac{(6-1.4)R_L}{R_L+R_4}$ است. پس برای سوئینگ 8 V باید $R_4 < 1.2 \Omega$ باشد. البته می‌توان معادل با این مقاومت، مقاومتی در بیس ترانزیستورهای 22 و 44 قرار داد. متأسفانه در عمل امکان ارضای هر دو شرط سوئینگ و توان فراهم نشد. البته تامین این شرایط تا حد زیادی به اقبال ما در انتخاب ترانزیستورها ربط دارد که ما خوش اقبال نبودیم!



شکل 2

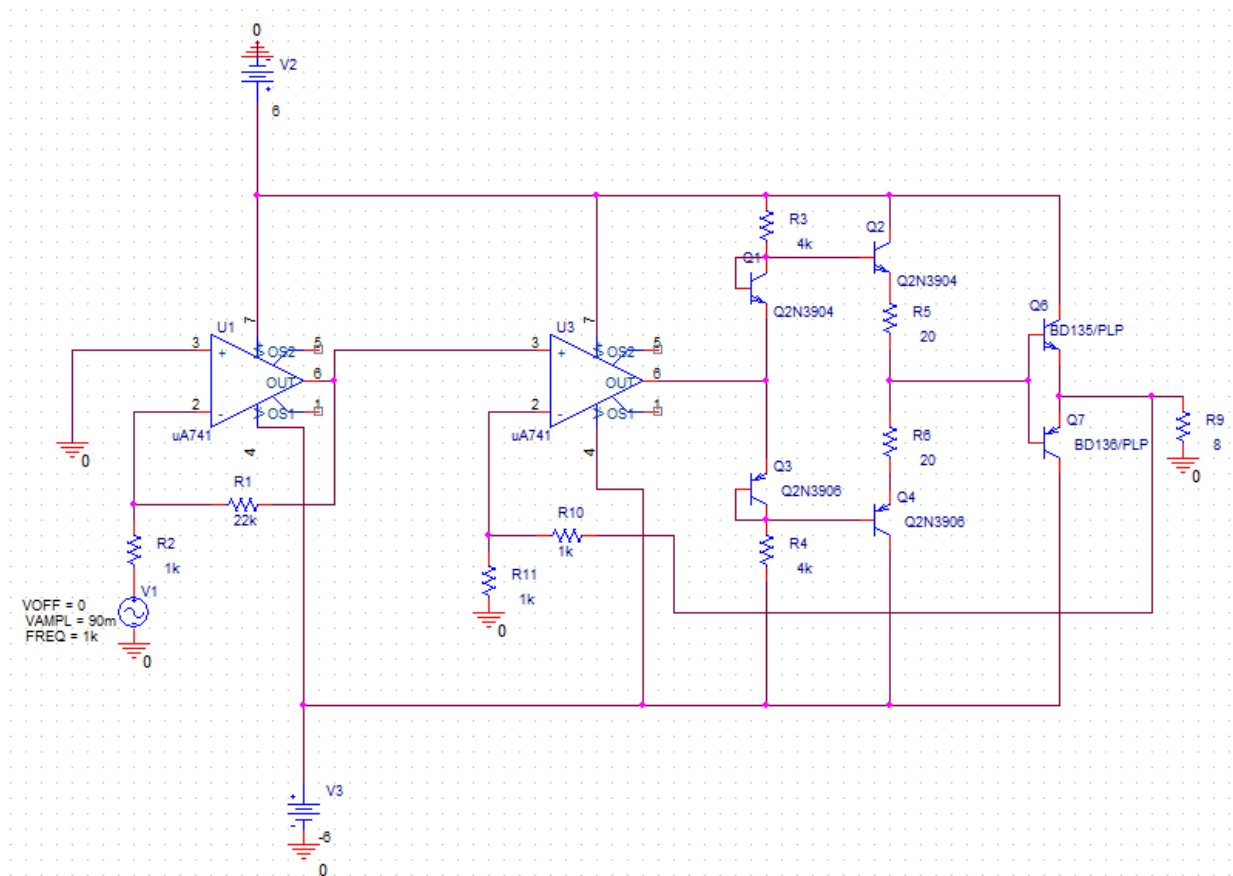
نهایتاً تنها گزینه روی میز استفاده از طبقه خروجی کلاس B با فیدبک است (شکل 3). توان DC این طبقه تقریباً صفر است. فیدبک سری-موازی نیز با توجه به بزرگ بودن ضریب تقویت opamp، ناحیه deadzone را به خوبی از بین می‌برد.



شکل 3

2- طراحی نهایی

مسئله‌ای که در عمل با آن روبه‌رو شدیم، اثر لودینگ روی opamp بود. بدین منظور تصمیم گرفتیم یک طبقه بافر بین opamp و push-pull اضافه کنیم. این طبقه نیز به صورت push-pull کلاس AB طراحی شد تا بتواند جریان و سوینگ لازم را با مصرف کم توان DC تامین کند. لازم به ذکر است در اینجا نیز برای مانع شدن از عبور جریان DC، در امیتر ترانزیستورهای 2 و 4 (شکل 4) مقاومت قرار می‌دهیم اما این بار با توجه به این که امپدانس دیده شده در خروجی بافر (ورودی push-pull کلاس A) بسیار بیشتر 8 اهم است، محدودیت سابق را روی اندازه این مقاومت‌ها نداریم. نهایتاً شماتیک طبقه خروجی به همراه طبقه تقویت در شکل 4 قابل ملاحظه است.



شکل 4

3- شبیه سازی

برای شبیه سازی از نرم افزار HSPICE استفاده می کنیم. ترانزیستورها 9-BD138 با نام mynnpn-pnppower و ترانزیستورهای 6-2N3904 با نام mynnpn-pnp مطابق زیر مدل می شوند:

.model mynnpn npn bf=250 is=1f

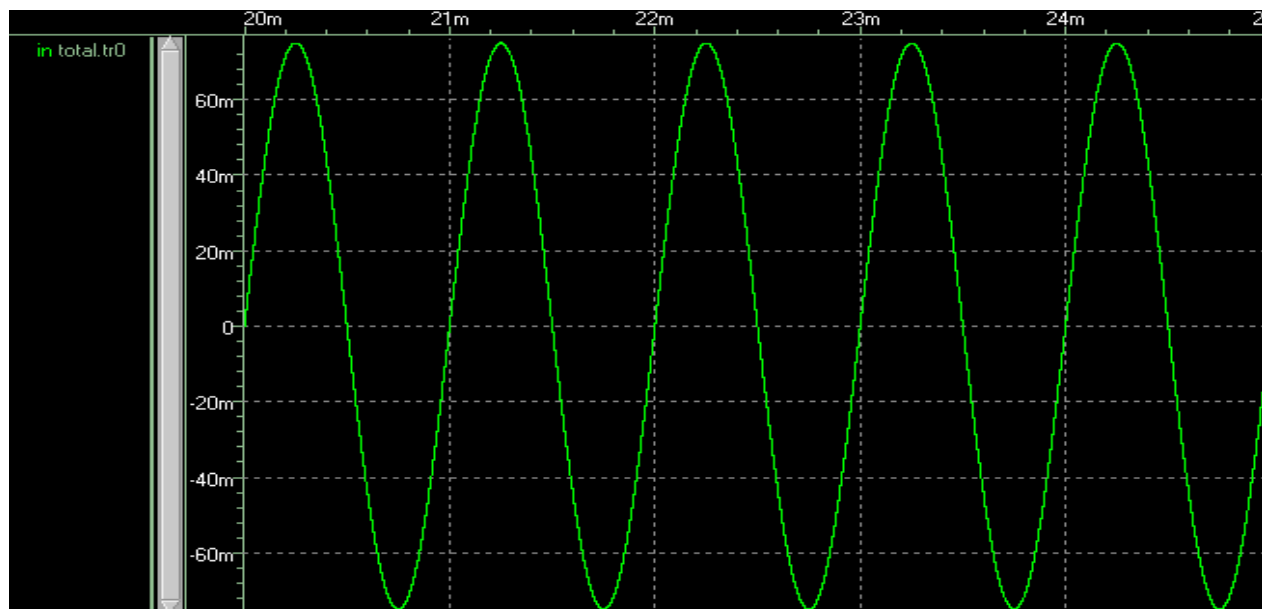
.model mypnp pnp bf=200 is=1f

.model mynnpnpower npn bf=50 is=1f

.model mypnppower pnp bf=40 is=1f

برای مدل کردن opamp نیز از مدل uA741 برگرفته از Utah.edu استفاده می کنیم.

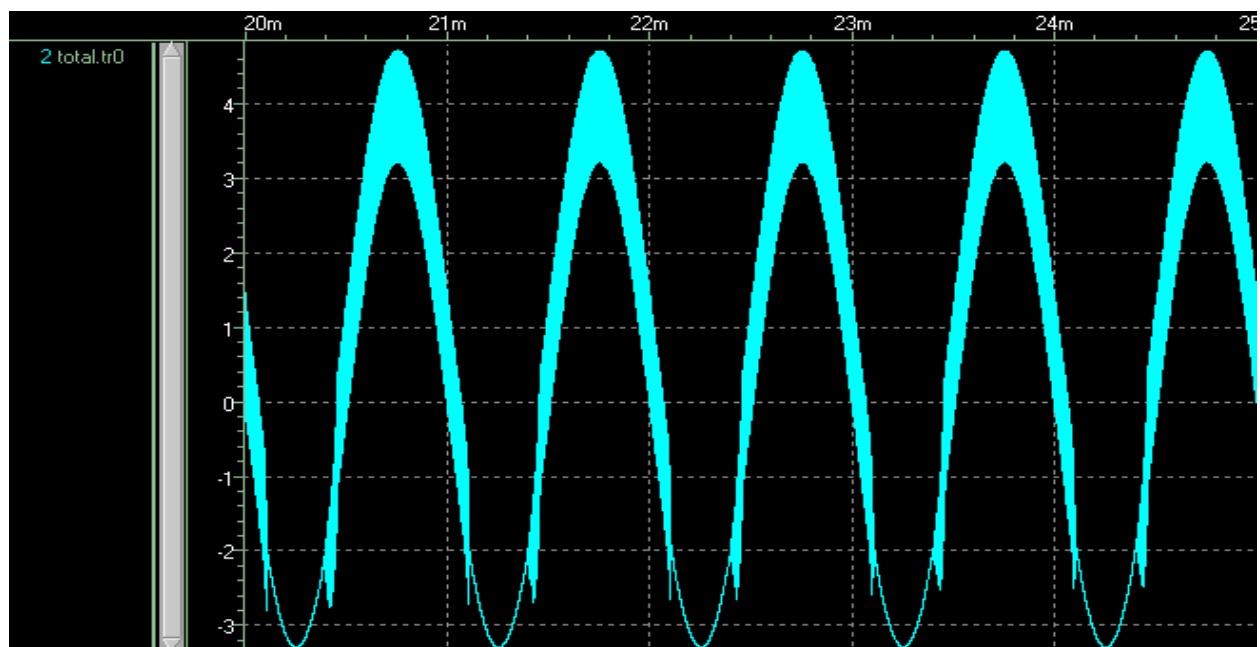
برای ورودی 75 mV شبیه‌سازی مدار را با مقادیر شکل 4 انجام می‌دهیم. به جای بار 8 اهمی نیز modulator که در فاز اول به آن پرداختیم قرار می‌گیرد. برای $f_c = 670 \text{ kHz}$ و $f_m = 1 \text{ kHz}$ خروجی طبقات مختلف در شکل‌های 5 تا 8 رسم شده است.



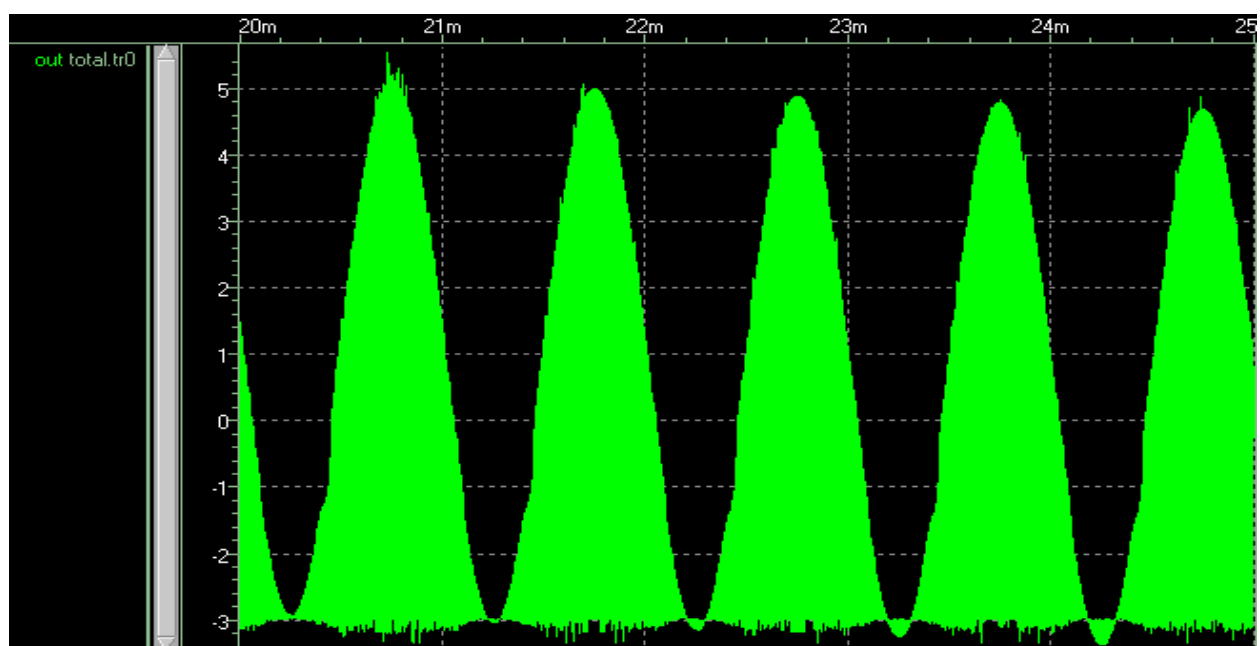
شکل 5 (ورودی)



شکل 6 (خروجی طبقه تقویت)



شکل 7 (خروجی طبقه خروجی)



شکل 8 (ورودی)

4- نتایج شبیه‌سازی مشخصات مورد انتظار

مشخصات تقویت کننده و طبقه خروجی با بار 8 اهمی گزارش شده است.

| مشخصه | بررسی |
|--|--|
| قابلیت تنظیم بهره | دارد (با تغییر مقاومت‌های R1 و R2) |
| قابلیت درایو کردن بلندگوی 8 اهمی 1 وات | دارد (سوئینگ 8 ولتی روی 8 اهمی معادل با 1 وات) |
| طبقه خروجی به صورت discrete | هست |
| منبع تغذیه $\pm 6V$ | هست |
| سوئینگ خروجی بیش از $7V_{pp}$ ($8V_{pp} *$) | دارد (بیش از 8 ولت) |
| پهنای باند بیش از 15 kHz | تا حدی دارد (البته deadzone ایجاد می‌شود) |
| zizo | هست (خروجی کمتر از 5 mV برای ورودی صفر) |
| THD کمتر از 1 درصد ($*$ کمتر از 0.1 درصد) | هست (برای خروجی 1V و 1kHz ، 0.4 درصد) |
| توان در حالت ورودی صفر کمتر 200 mW ($100 *$) (mW) | هست (حدود 100 mW) |
| قابلیت کاربردی اضافی | دارد (استفاده از class B و قابلیت تغییر گین با تغییر مقاومت‌های فیدبک) |

توجه: فایل PCB به پیوست قرار دارد.