

به نام خدا

پردیس دانشکده های فنی دانشگاه تهران
دانشکده برق و کامپیوتر

پروژه پایانی درس الکترونیک 1

نیمسال دوم سال تحصیلی 1399-1400

استاد : دکتر سنایی

طراحان پروژه:

محمد رضا تیموریان فرد و محمد امین عبدی

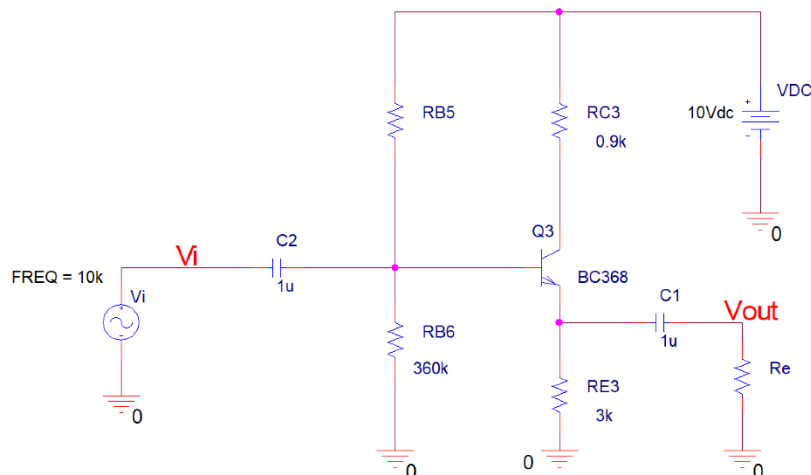
مقدمه:

در این پروژه قصد داریم یک تقویت کننده ترانزیستوری سه طبقه با کوپلاژ ac را طراحی و شبیه سازی کنیم. شبیه سازی در نرم افزار Pspice انجام خواهد شد. در طبقه اول از یک ترکیب بیس مشترک استفاده خواهیم کرد که تأکید طراحی بر به دست آوردن بهره بالا و مقاومت ورودی مناسب از آن می باشد. در طبقه دوم از یک ترکیب امیتر مشترک استفاده می کنیم که تأکید طراحی آن بر به دست آوردن حداکثر دامنه متقارن سیگنال در خروجی، و داشتن خطینگی مناسب می باشد. و در نهایت یک ترکیب کلکتور مشترک را به عنوان طبقه خروجی طراحی خواهیم کرد تا هم اثر بارگذاری مقاومت بار را در بهره تقویت کننده کاهش دهد، و هم مقاومت خروجی تقویت کننده کوچک باشد.

* برای بخش اول و سوم از ترانزیستور BC368 متعلق به کتابخانه EBIPOLAR استفاده کنید. و برای بخش دوم نیز از ترانزیستور Q2N4355 متعلق به کتاب خانه BIPOLAR استفاده کنید.

بخش اول

طراحی را با ترکیب کلکتور-مشترب به عنوان طبقه خروجی به شکل زیر آغاز می‌کنیم:



- 1- ابتدا مقدار R_{B5} و R_e را مقادیری دلخواه قرار دهید تا ترانزیستور در ناحیه فعال قرار گیرد. (از تحلیل Bias point برای دیدن وضعیت ولتاژ و جریان در مدار می‌توانید استفاده کنید).
حال مقدار β را با توجه به جریان بیس و کلکتور برای ترانزیستور BC368 بدست می‌آید، پس مقدار ولتاژ V_{BE} را نیز بدست آورده و در ادامه مراحل که نیاز به محاسبات دستی دارید از این مقادیر برای این ترانزیستور استفاده کنید. مقادیر فوق را می‌توانید از قسمت (Edit Pspice Model) ترانزیستور نیز به دست بیاورید (برای دیدن معنی پارامترهای موجود اینجا کلیک کنید). اما برای دقت بیشتر پیشنهاد می‌شود از روش گفته شده استفاده کنید.
- 2- با توجه به مقادیر بدست آمده از قسمت قبل، با محاسبات دستی مقدار R_{B5} را طوری بدست آورید که مقدار جریان کلکتور ترانزیستور برابر با 2 mA شود. سپس مقدار محاسبه شده را در مدار قرار داده و شبیه سازی را اجرا کنید تا از صحت محاسبات دستی خود مطمئن شوید.
- 3- حال با محاسبات دستی، مقدار R_e را طوری تعیین کنید که مقدار مقاومت ورودی برابر با $50k\Omega$ شود. سپس مقدار بدست آمده برای R_e را در مدار قرار داده و مقاومت ورودی را از طریق شبیه سازی نیز بدست آورید.
- 4- بهره این طبقه را هم در تئوری و هم در شبیه‌سازی به دست آورده و با هم تطبیق دهید.

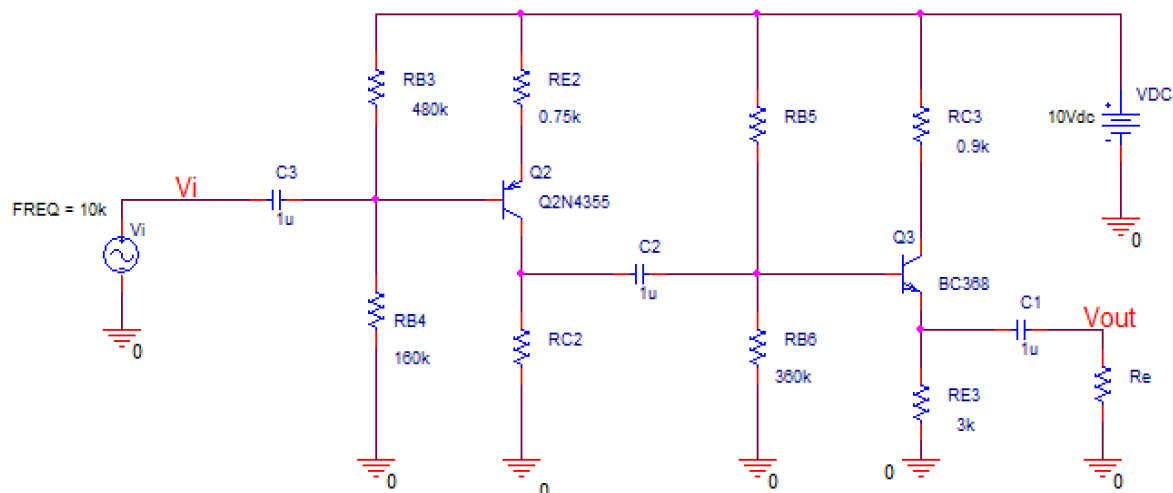
5- ابتدا با محاسبه دستی حداکثر سوئینگ متقارن V_{BE} را به دست آورده، سپس با اعمال یک ورودی سینوسی با فرکانس ۱۰ کیلوهرتز و با دامنه به اندازه کافی بزرگ، این مقدار را از طریق شبیه سازی نیز بدست آورید و با مقداری که از طریق محاسبات دستی بدست آورده بودید مقایسه کنید. برای این کار از تحلیل transient استفاده کنید.

6- در این بخش مقدار سوئینگ منفی و مثبت سیگنال خروجی را به دست آورید و حداکثر سوئینگ متقارن آنرا ذکر کنید. اگر ولتاژ خروجی شما سقفی برای سوئینگ مثبت یا منفی ندارد علت دقیق آن را ذکر کنید.

7- با توجه به بهره و حداکثر سوئینگ متقارن خروجی که در قسمتهای قبل به دست آوردید، حداکثر سوئینگ مجاز در ورودی را ذکر کنید.

بخش دوم

در ادامه طبقه میانی را به شکل زیر به مدار اضافه کنید:



*در این بخش نیز همانند بخش قبل β و V_{EB} ترانزیستور جدید را برای محاسبات دقیق از شبیهسازی به دست آورید.

1- در این بخش هدفمان این است که حداکثر دامنه متقارن سیگنال را داشته باشیم. با محاسبات دستی ابتدا مقدار جریان I_c (جریان کلکتور) را در حالت DC برای طبقه دوم بدست آورید و با شبیهسازی مقایسه کنید.

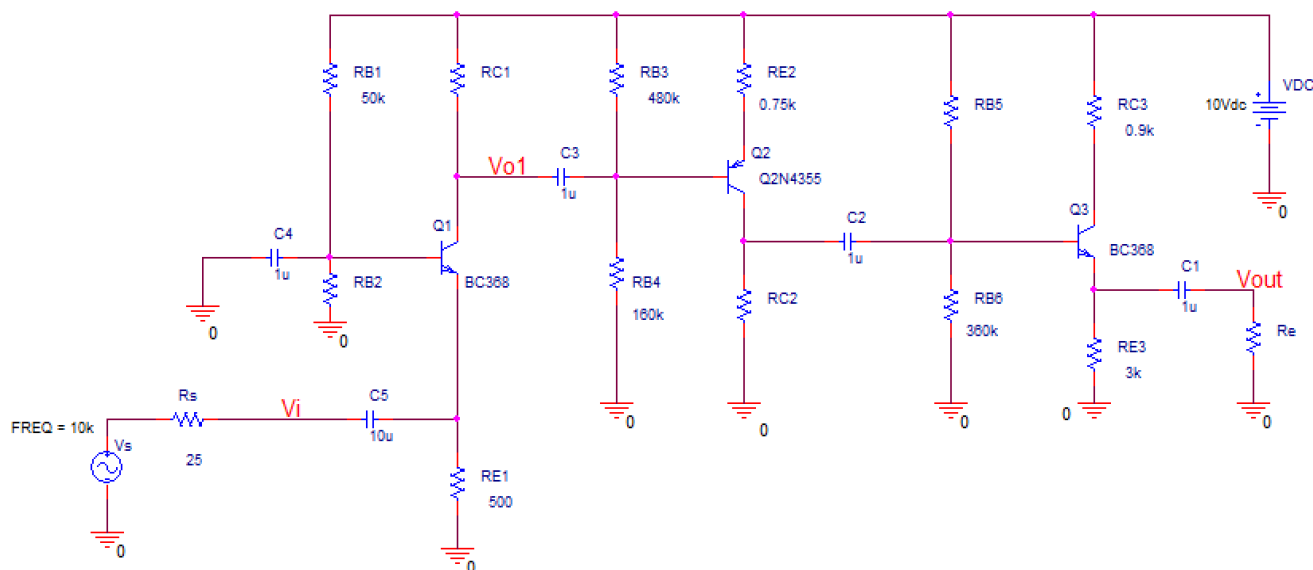
2- مقدار RC2 را طوری بیابید که حداکثر سوئینگ متقارن را در خروجی طبقه میانی داشته باشیم. در آخر نیز مقدار سوئینگ ولتاژ خروجی طبقه میانی را با احتساب مقاومت دیده شده از طبقه سوم (مقاومت دیده شده از طبقه سوم را به عنوان RL برای این طبقه در نظر بگیرید) بیابید.

3- در مرحله بعدی جهت اندازه گیری مقادیر ذکر شده از شبیه سازی Transient استفاده کنید. برای این منظور یک منبع سینوسی با فرکانس 10kHz به ورودی این طبقه اعمال کنید ، با توجه به تخمینی که از بهره این طبقه دارید دامنه آن را طوری انتخاب کنید که نخستین اعوجاج در خروجی طبقه میانی ایجاد شود (توصیه می شود ابتدا مقدار کوچکی انتخاب کنید سپس کم کم مقدار آن را بیشتر کنید تا جایی که خروجی اعوجاج پیدا کند.) با توجه به خروجی به دست آمده در این حالت مقدار حداکثر دامنه متقارن بدون اعوجاج در خروجی طبقه دوم را تعیین کرده و با مقدار پیش بینی شده خود مقایسه کنید.

4- در محاسبات دستی مقدار بهره و مقاومت ورودی طبقه دوم را محاسبه کرده، سپس از طریق شبیه سازی نیز بهره و مقاومت ورودی را حساب کرده و با نتایج بدست آمده از تئوری مقایسه کنید.

بخش سوم

در انتهای کار طبقه ورودی را به صورت زیر به مدار اضافه خواهیم کرد.



1- هدفمان در این بخش این است که بتوانیم بهره بالا داشته باشیم. برای اینکه سیگنال در ورودی خیلی تضعیف نشود، مقاومت ورودی نباید خیلی کوچک باشد. در محاسبات دستی ابتدا $RB2$ را طوری بیابید که مقاومت ورودی 100Ω شود. (منظور از مقاومت ورودی، مقاومتی است که کل مجموعه ورودی یعنی Vs و Rs از تقویت کننده می بیند).

2- سپس مقدار $RC1$ را طوری بیابید که نسبت $\frac{Vo1}{Vin}$ بیشتر از 160 شود. در نهایت نسبت $\frac{Vo1}{Vs}$ و بهره کل یعنی $\frac{Vout}{Vs}$ را محاسبه کنید.

3- مقادیر محاسبه شده برای $RB2$ و $RC1$ را در مدار قرار داده و با استفاده از شبیه سازی بهره کل تقویت کننده را بدست آورید. نتیجه بدست آمده را با مقدار محاسبه شده تئوری مقایسه کنید.

4- مقاومت خروجی کل تقویت کننده سه طبقه و مقاومت ورودی کل را از طریق شبیه سازی بدست آورید و مقادیر بدست آمده تئوری مقایسه کنید. روش بدست آوردن مقاومت های ورودی و خروجی در شبیه سازی را توضیح دهید.

5- چرا در طبقه اول بر خلاف طبقات دیگر چندان نگران سوئینگ ولتاژ خروجی اش نبودیم؟

6- علت وجود خازن ها در مدار چیست و چه نقشی دارند؟

نکات تکمیلی

- در گزارش ارسالی خود به تمامی پرسش های هر قسمت پاسخ دهید.
- در محاسبات می توانید از اثر **early** صرف نظر کنید.
- برای هر بخش محاسبات دستی خود را به طور واضح در گزارش بیاورید.
- دقت کنید که در قسمت های از طراحی تا حدی به شما اختیار عمل داده شده پس به دنبال مقادیر کاملاً دقیق و مشخصی نیستیم و مادامی که طراحی شما مشخصات گفته شده را برآورده کند قابل قبول است.
- مجاز به تغییر مقادیر پیشفرض نیستید.

- در صورتی که ابهام یا پرسشی در مورد پروژه یا نرم افزار دارید، می توانید از طریق تلگرام از طراحان پروژه بپرسید. (@mohammadamin_abdi , @mohammadreza_teymoorian)

- برای این تمرین کامپیوتری، تنها یک گزارش با نام گذاری به صورت زیر ایجاد کنید:

[CA_Full name_Student Number.pdf](#)

- در نوشتن گزارش برای نظم بیشتر، برای نوشتن تیتل هر بخش از سبک **Heading 1**، برای نوشتن زیرعنوان ها به ترتیب از سبک **Heading 2** و **Heading 3** استفاده کنید.

- فایل های شبیهسازی را در یک پوشه با نام **Simulation files** قرار دهید.

- در آخر فایل گزارش و پوشه **Simulation files** را تحت یک فایل فشرده با نام گذاری به شکل زیر ارسال کنید:

[CA_Full name_Student Number.zip](#)

شاد و پیروز باشید