

به نام خدا



دانشگاه تهران

پردیس دانشکده‌های فنی

دانشکده برق و کامپیوتر



درس الکترونیک ۱

دکتر سنایی

پروژه نهایی

تقویت کننده ترانزیستوری سه طبقه

مهلت تحویل: ۱۸ خرداد ۱۴۰۳

طراح

محمدعرفان افشاری

بهار ۱۴۰۳

۳	مقدمه.....
۴	بخش اول - طبقه کلکتور مشترک.....
۶	بخش دوم - طبقه امیتر مشترک.....
۸	بخش سوم - طبقه بیس مشترک.....
۹	پرسش های تکمیلی.....
۱۰	نکات تکمیلی.....

مقدمه

در این پروژه قصد داریم علاوه بر بخش تئوری درس (محاسبه بهره، مقاومت ورودی و خروجی، اعواج خروجی)، از طریق شبیه سازی خروجی های مربوطه به هر یک از بخش ها را مورد بررسی قرار دهیم و آنها را با نتایج تئوری مقایسه کنیم. شبیه سازی از طریق نرم افزار *Pspice* انجام میشود.

در طبقه اول، طبقه ای از نوع بیس مشترک را قرار میدهیم و انتظار داریم بهره بالا و مقاومت ورودی مناسبی حاصل شود.

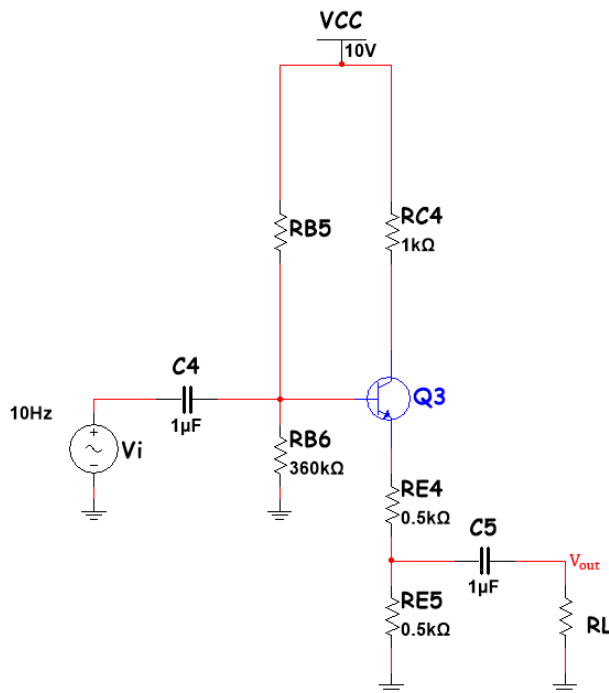
در طبقه دوم طبقه ای امیتر مشترک را به مدار اضافه میکنیم و با توجه به خواسته های مربوطه، مدار را تکمیل و خروجی های مورد انتظار را مورد بررسی قرار میدهیم.

در نهایت نیز یک ترکیب کلکتور مشترک را به مدار خود اضافه میکنیم و کاربرد و ویژگی های آن را با توجه به خروجی های نهایی بررسی میکنیم.

❖ 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 - طبقه کلکتور مشترک

طراحی را با ترکیب کلکتور مشترک به عنوان طبقه خروجی به صورت زیر آغاز کنید:



• خواسته های بخش اول

۱) ابتدا مقدار R_L و R_{B5} را مقادیری دلخواه قرار دهید تا ترانزیستور Q_3 در ناحیه فعال قرار گیرد. (از

تحلیل *Bias point* برای دیدن وضعیت ولتاژ و جریان در مدار میتوانید استفاده کنید).

۲) حال مقدار β را با توجه به جریان بیس و کلکتور برای ترانزیستور BC368 بدست بیاورید. سپس

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).

* برای دقت بیشتر پیشنهاد میشود از روش گفته شده استفاده کنید. (روش اول)

۳) 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 $2mA$ شود. سپس مقدار محاسبه شده را در مدار قرار داده و

شبیه سازی را اجرا کنید تا از صحت محاسبات دستی خود مطمئن شوید.

۴) حال با محاسبات دستی، مقدار R_L را طوری تعیین کنید که مقدار مقاومت ورودی برابر با $50k\Omega$

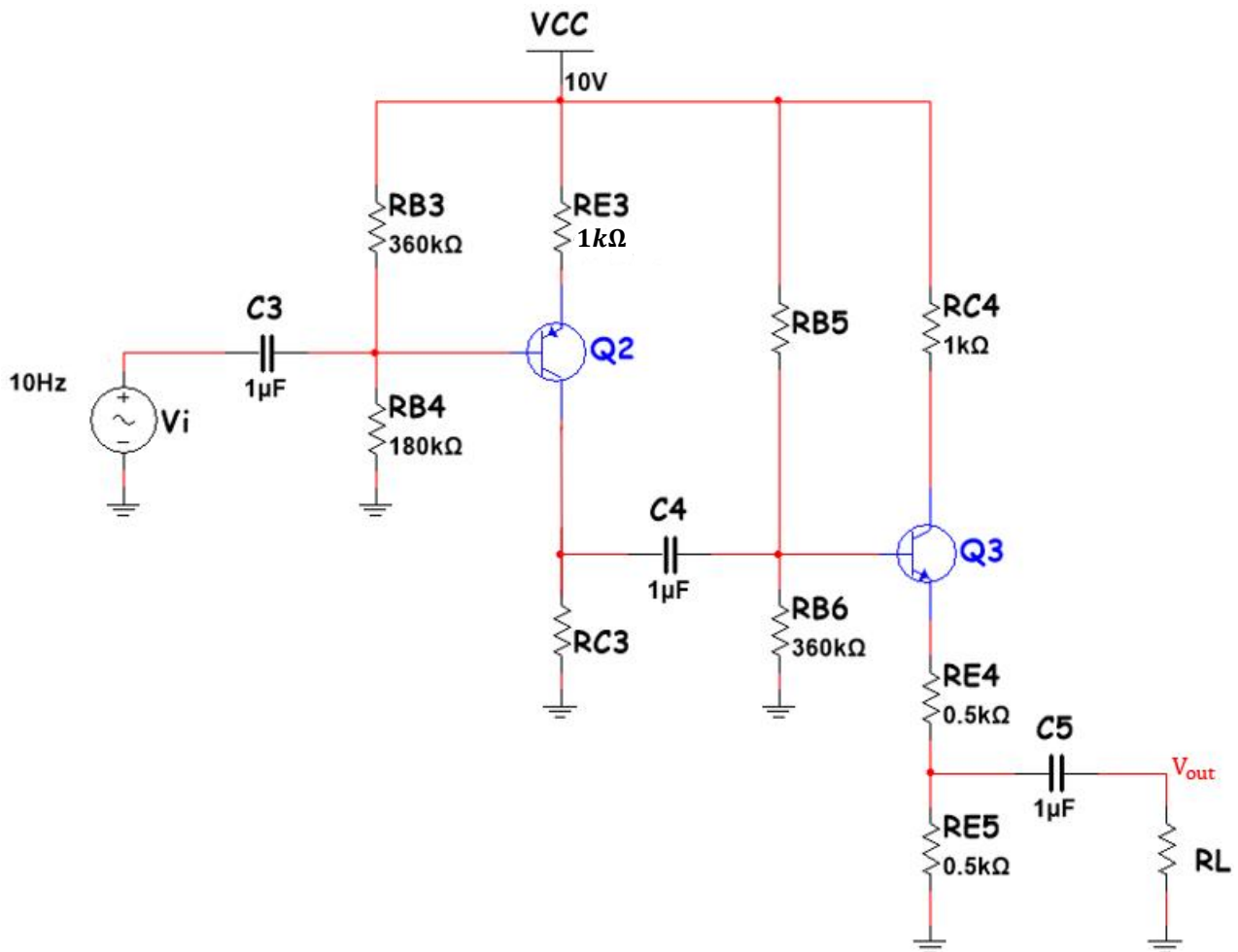
شود. سپس مقدار بدست آمده برای R_L را در مدار قرار داده و مقاومت ورودی را از طریق شبیه سازی

نیز بدست آورید.

- ۵) بهره این طبقه را هم در تئوری و هم در شبیه سازی به دست آورده و با هم تطبیق دهید.
- ۶) ابتدا با محاسبه دستی، حداکثر سوئینگ متقارن V_{CE} را به دست آورده، سپس با اعمال یک ورودی سینوسی با فرکانس $10kHz$ 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.
- ۷) در این بخش مقدار سوئینگ منفی و مثبت سیگنال خروجی را به دست آورید و حداکثر سوئینگ متقارن آن را ذکر کنید. اگر ولتاژ خروجی شما سقفی برای سوئینگ مثبت یا منفی ندارد علت دقیق آن را ذکر کنید.
- ۸) با توجه به بهره و حداکثر سوئینگ متقارن خروجی که در قسمت های قبل به دست آوردید، حداکثر سوئینگ مجاز در ورودی را ذکر کنید.

بخش دوم - طبقه امیتر مشترک

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



• خواسته های بخش دوم

(۱) در این بخش نیز همانند بخش قبل β و V_{EB} ترانزیستور جدید را برای محاسبات دقیق از شبیه سازی به دست آورید.

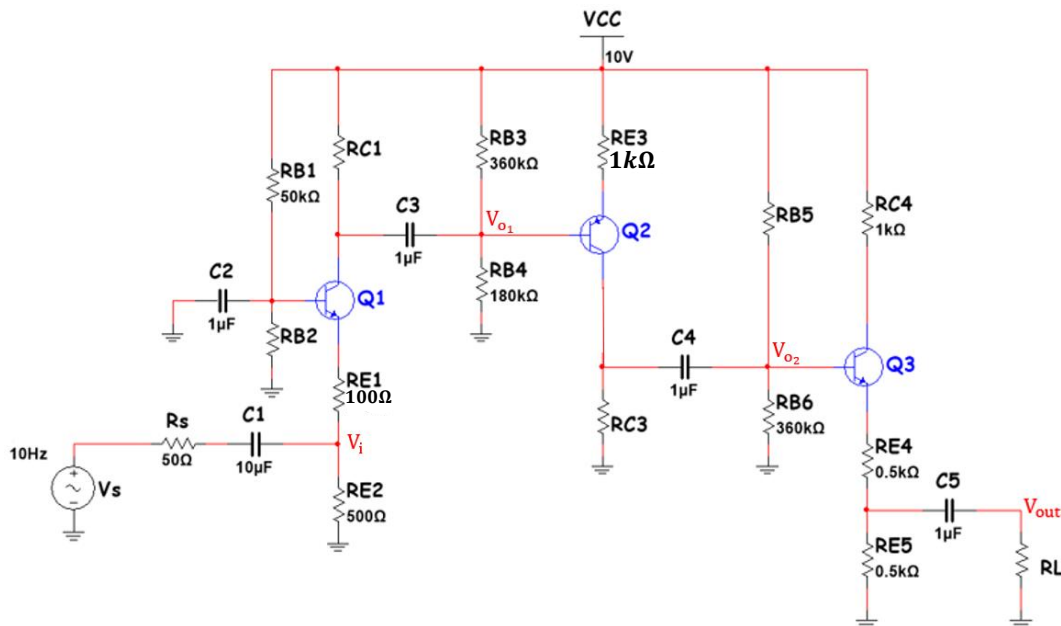
(۲) در این بخش هدف ما این است که حداکثر دامنه متقارن سیگنال را داشته باشیم. با محاسبات دستی ابتدا مقدار جریان کلکتور I_C را در حالت DC برای ترانزیستور Q_2 بدست آورید و با شبیه سازی مقایسه کنید.

(۳) مقدار R_{C3} 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 بیابید. (مقاومت دیده شده از طبقه سوم را به عنوان مقاومت بار برای این طبقه در نظر بگیرید).

- (۴) 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.
- (۵) 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 کنید و با نتایج بدست آمده از تئوری مقایسه کنید.

بخش سوم - طبقه بیس مشترک

در انتهای کار طبقه ورودی را به صورت زیر به مدار اضافه کنید:



• خواسته های بخش سوم

۱) در این بخش نیز همانند بخش قبل β و V_{EB} ترانزیستور جدید را برای محاسبات دقیق از شبیه سازی به دست آورید.

۲) هدف ما در این بخش این است که بتوانیم بهره بالایی داشته باشیم. برای اینکه سیگنال در ورودی خیلی تضعیف نشود، مقاومت ورودی نباید خیلی کوچک باشد. در محاسبات دستی ابتدا R_{B2} را طوری بیابید که مقاومت ورودی 100Ω شود. (منظور از مقاومت ورودی، مقاومتی است که کل مجموعه ورودی یعنی V_s و R_s از تقویت کننده مشاهده میکند).

۳) سپس مقدار R_{C1} را طوری بیابید که نسبت $\frac{V_{o1}}{V_i} > 60$ برقرار شود. در نهایت نسبت $\frac{V_{o1}}{V_s}$ و بهره کل یعنی $\frac{V_{out}}{V_s}$ را محاسبه کنید.

۴) مقادیر محاسبه شده برای R_{B2} و R_{C1} 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.

۵) نسبت های زیر را از طریق تئوری بدست آورید و با مشاهدات از طریق شبیه سازی مقایسه کنید.

$$\frac{V_{out}}{V_{o2}}, \frac{V_{o2}}{V_{o1}}, \frac{V_{out}}{V_{o1}}, \frac{V_{out}}{V_i}$$

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

پرسش های تکمیلی

- (۱) علت استفاده از طبقه کلکتور مشترک چیست؟
- (۲) علت استفاده از طبقه امیتر مشترک چیست ؟
- (۳) علت استفاده از طبقه بیس مشترک چیست ؟
- (۴) علت وجود خازن ها در مدار چیست و چه نقشی دارند؟
- (۵) چرا در طبقه اول بر خلاف طبقات دیگر چندان نگران سوئینگ ولتاژ خروجی اش نبودیم؟
- (۶) آیا در صورت حذف خازن C_2 ، محاسبات و خروجی های ما دچار تغییر میشوند؟ اگر آره به چه صورت؟
- (۷) تاثیر مقاومت R_S در محاسبه بهره به چه صورت است؟

نکات تکمیلی

- ✓ در تمامی موارد از اثر ارلی صرف نظر کنید. ($V_A = \infty$)
- ✓ در تمامی خواسته هایی که نیاز به محاسبات دارد، محاسبات را در گزارش خود بیاورید. همچنین نتایج شبیه سازی را به صورت عکس در هر بخش در گزارش خود قرار دهید.
- ✓ مقادیر پیش فرض مدار قابل تغییر نیستند ولی در جواب شبیه سازی های خود آزادی عمل دارید و نیاز به دقت بالا ندارید.
- ✓ گزارش کار خود شامل محاسبات، عکس های مربوط به خروجی شبیه سازی و پاسخ سوالات را در قالب مناسب و صحیح قرار دهید. (برای سهولت کار، نمونه ای از گزارش کار روی سامانه قرار گرفته است.)
- ✓ پروژه خود را به صورت یک فایل زیپ که شامل گزارش کار (PDF)، فایل ها و نتایج شبیه سازی است با فرمت *Project_Electronic1_SID* تا موعد مقرر در سامانه قرار دهید.
- ✓ در صورت داشتن هرگونه سوال یا ابهام با طراح پروژه **محمدعرفان افشاری** از طریق ایمیل در ارتباط باشید.

با احترام و خسته نباشید