

فصل چهارم

ترانزیستور و تقویت کننده‌های ترانزیستوری

(مطابق فصل پنجم کتاب الکترونیک عمومی ۱)

هدف کلی: آزمایش نرم‌افزاری ترانزیستورها و کاربرد آن

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این آزمایش که توسط نرم افزار مولتی سیم اجرا می‌شود، از فرا گیرنده

انتظار می‌رود:

- ۱- ترانزیستور را با استفاده از امکانات نرم‌افزار آزمایش کند.
- ۲- نحوه‌ی بایاسینگ ترانزیستور را مشاهده کند.
- ۳- چگونگی عمل تقویت در ترانزیستور را آزمایش کند.
- ۴- ولتاژها و جریان‌های مورد نیاز در حالت بایاسینگ ترانزیستور را اندازه‌گیری کند.
- ۵- منحنی مشخصه‌های ورودی و خروجی ترانزیستور را مشاهده کند.
- ۶- انواع بایاسینگ ترانزیستور را با استفاده از نرم‌افزار آزمایش کند.
- ۷- کلاس‌های مختلف تقویت‌کنندگی را مورد آزمایش قرار دهد.

توجه: با مراجعه به سایت‌های:

<http://ni.com>

<http://ni.com/multisim>

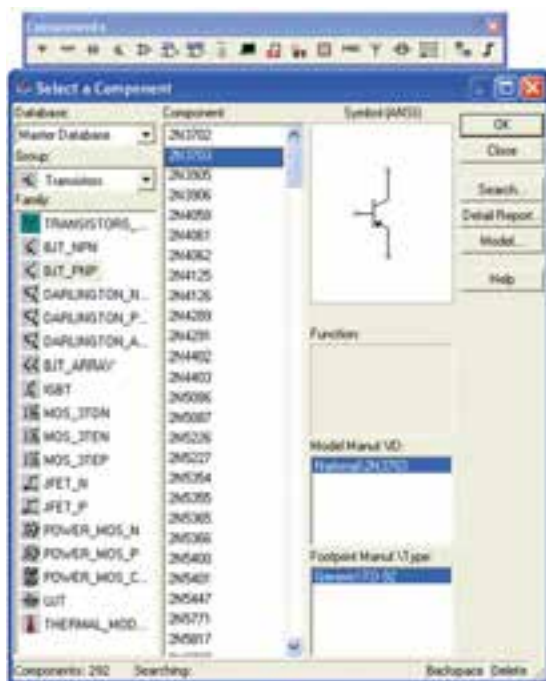
www.intracative.com

می‌توانید نسخه‌های بالاتر نرم‌افزار مولتی سیم را به صورت وابسته Tutorial و با محدودیت زمانی دریافت کنید و آن‌ها را مورد استفاده قرار دهید.

۴-۱ آزمایش ۱: شناسایی ترانزیستور

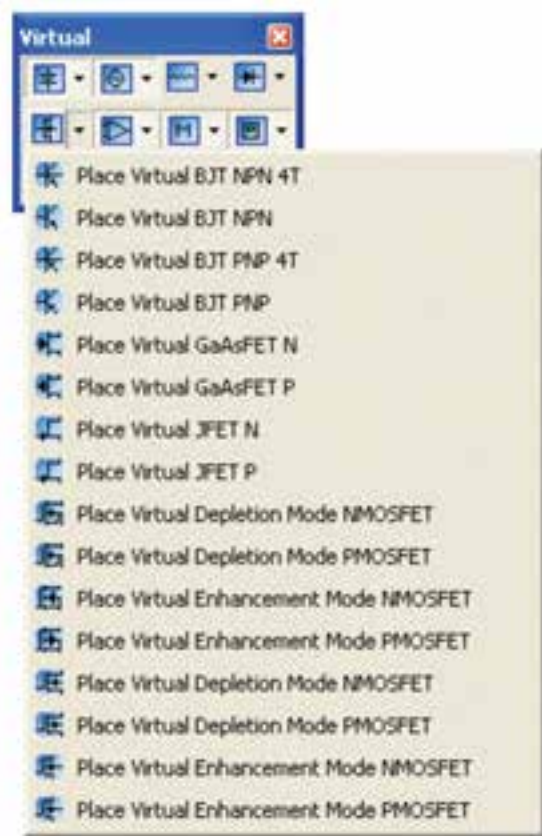
۴-۱-۱ برای انجام آزمایش لازم است با استفاده از نرم‌افزار نحوه‌ی قرار دادن ترانزیستور و علامت فنی آن را تجربه کنید. برای این منظور ترانزیستور را از طریق نوار Virtual مطابق شکل ۴-۱ بر روی صفحه‌ی کار بیاورید.

۴-۱-۴ برای آوردن ترانزیستور، ابتدا روی نوار قطعات (Components) کلیک کنید تا منوی Select a Component باز شود. در زبانه‌ی Group نام ترانزیستور را مشاهده می‌کنید. در منوی Family طبق شکل ۳-۴ گزینه‌های Transistor.BJT_ NPN و... وجود دارد.



شکل ۳-۴ انتخاب ترانزیستور از نوار قطعات

۴-۱-۵ اگر مطابق شکل ۴-۴ روی گزینه‌ی TRANSISTORS_... کلیک کنید، ترانزیستورهای Virtual انتخاب می‌شود.

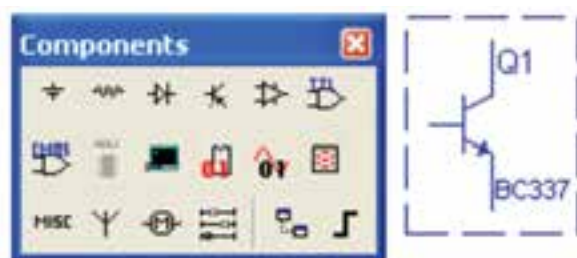


شکل ۴-۱ نحوه‌ی قراردادن ترانزیستور از طریق نوار مجازی

۴-۱-۲ با استفاده از قسمت ترانزیستور در نوار Virtual، می‌توانید انواع ترانزیستور را بر روی صفحه‌ی کار مجازی بیاورید. با تکرار این مرحله، تسلط و آشنایی با انواع ترانزیستورها را تجربه کنید.

۴-۱-۳ با استفاده از نوار

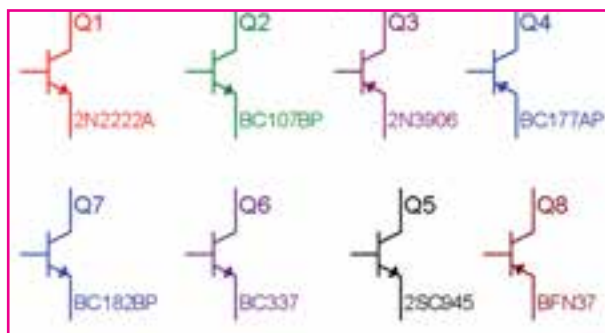
Components Transistor نیز می‌توانید مطابق شکل ۴-۲ انواع ترانزیستور را بر روی صفحه‌ی کار بیاورید.



شکل ۴-۲ نحوه‌ی قراردادن ترانزیستور از طریق نوار ترانزیستور

۴-۱-۷ با استفاده از روش‌هایی که فرا گرفتید، انواع ترانزیستور را بر روی صفحه‌ی کار بیاورید، تا با ترانزیستورهای مختلف آشنا شوید.

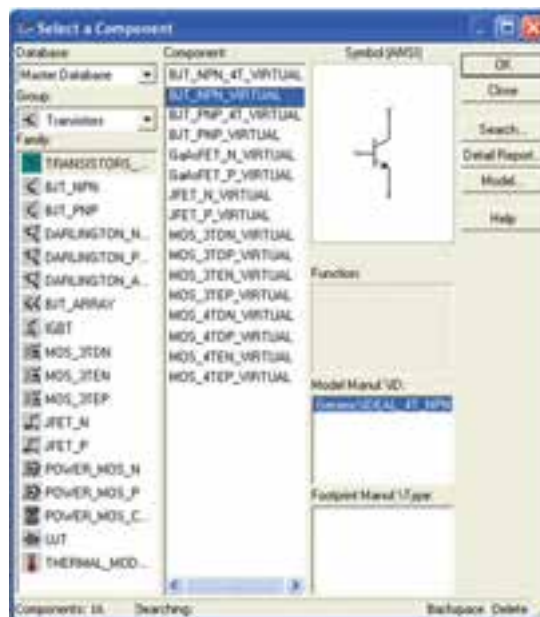
۴-۱-۸ اگر از نوار Components استفاده کنید، در فهرست ترانزیستورها، انواع ترانزیستور با شماره‌ی فنی آن مشخص شده است. در این حالت می‌توانید با انتخاب نوع و شماره‌ی مورد نظر، ترانزیستور را بر روی صفحه‌ی کار بیاورید. شکل ۴-۶ چند نوع ترانزیستور را با شماره‌ی فنی آن نشان می‌دهد.



شکل ۴-۶ انواع ترانزیستور با شماره‌ی فنی

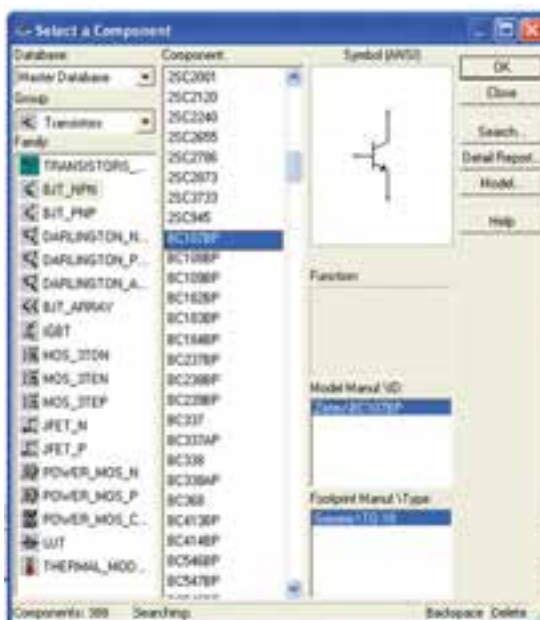
۴-۲ آزمایش ۲: نحوه‌ی بایاسینگ ترانزیستور

۴-۲-۱ برای این که ترانزیستور بتواند به عنوان تقویت‌کننده، سوئیچ و... عمل کند، باید ترانزیستور را از نظر DC تغذیه کنیم، اعمال ولتاژ به پایه‌های ترانزیستور را بایاسینگ ترانزیستور می‌نامند. مدار شکل ۴-۷ بایاسینگ ترانزیستور را نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود، در این مدار پایه‌ی کلکتور به پایانه‌ی مثبت و پایه‌ی بیس به پایانه‌ی منفی باتری V_2 وصل شده است و هم چنین پایه‌ی امیتر به پایانه‌ی منفی و پایه‌ی بیس به پایانه‌ی مثبت باتری V_1 اتصال دارد.



شکل ۴-۴ انتخاب ترانزیستور از نوع مجازی

۴-۱-۶ در صورتی که طبق شکل ۴-۵ روی گزینه‌های BJT_PNP یا BJT_NPN کلیک کنید، ترانزیستورها با شماره‌ی مشخص ظاهر خواهد شد.



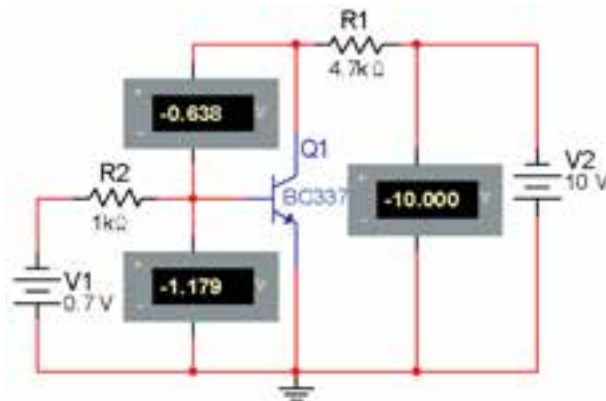
شکل ۴-۵ انتخاب ترانزیستور با شماره‌ی خاص

نکته ۲: آیا می دانید که $I_B + I_C = I_E$ است؟

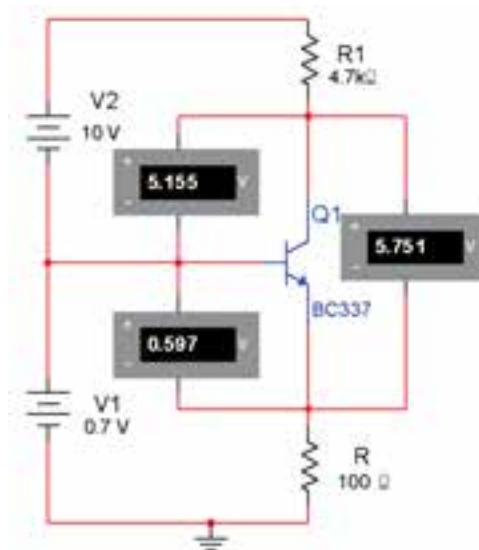
سوال ۱: آیا نکته‌ی ۱ در مدار شکل ۷-۴ به تأیید رسیده است؟ توضیح دهید.

سوال ۲: آیا رابطه‌ی مربوط به نکته‌ی ۲ در مدار شکل ۸-۴ صادق است؟ مقادیر جریان‌ها را با هم جمع کنید و در مورد رابطه توضیح دهید.

۳-۲-۴ مدار شکل ۹-۴ را ببندید. در این مدار دیود بیس امیتر در بایاس مخالف و دیود بیس کلکتور در بایاس موافق قرار دارد. آیا در این حالت ترانزیستور شرایط هدایت را دارد؟ تجربه کنید و توضیح دهید.



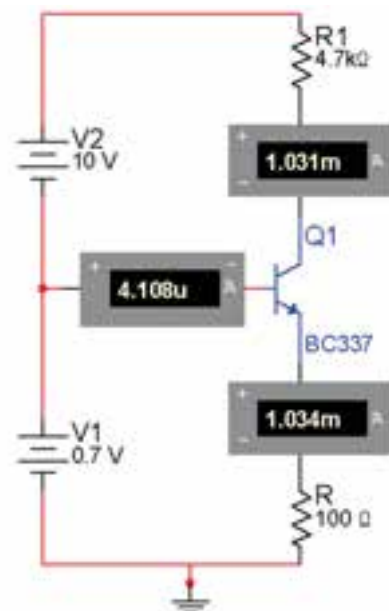
شکل ۹-۴ دیود بیس امیتر در بایاس مخالف و دیود بیس کلکتور در بایاس موافق



شکل ۷-۴ دیود بیس امیتر در بایاس مستقیم و دیود بیس کلکتور در بایاس مخالف

نکته ۱: همان‌طور که مشاهده می‌شود شرط هدایت در ترانزیستور این است که: دیود بیس امیتر در بایاس موافق و دیود بیس کلکتور در بایاس مخالف قرار گیرد.

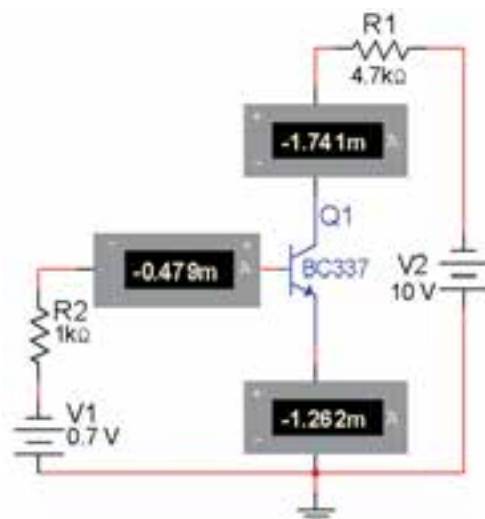
۲-۲-۴ در مدار شکل ۸-۴ جریان پایه‌های ترانزیستور را اندازه‌گیری می‌کنیم.



شکل ۸-۴ اندازه‌گیری جریان پایه‌های ترانزیستور

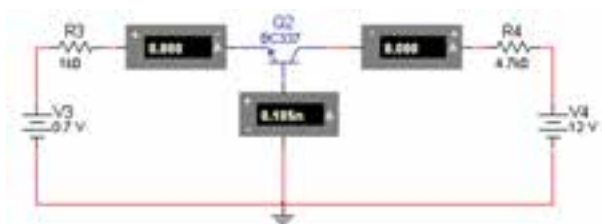
سوال ۳: آیا در مدار شکل ۴-۱۱ ترانزیستور در حالت هدایت قرار دارد؟ شرح دهید.

۴-۲-۴ مدار شکل ۴-۱۰ جریان‌های عبوری از پایه‌های ترانزیستور را نشان می‌دهد. رابطه‌ی مربوط به نکته‌ی ۲ را در مورد این مدار تحقیق کنید و نتیجه را بنویسید.



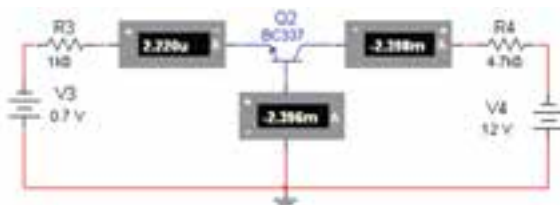
شکل ۴-۱۰ اندازه‌گیری جریان پایه‌های ترانزیستور

۴-۲-۶ مدار شکل ۴-۱۲ را ببندید. در این مدار دیود بیس امیتر در بایاس مخالف و دیود بیس کلکتور نیز در بایاس مخالف قرار دارد، رابطه‌ی مربوط به نکته‌ی ۲ را در مورد این مدار تحقیق کنید و نتیجه را بنویسید.



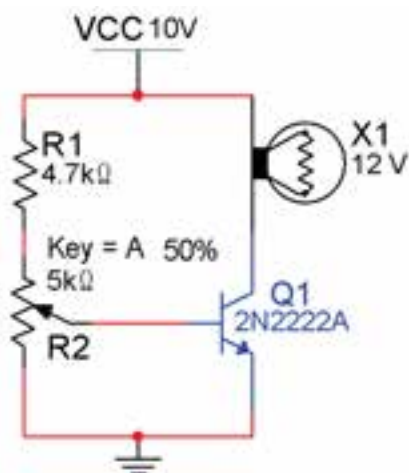
شکل ۴-۱۲ دیود بیس امیتر در بایاس مخالف و دیود بیس کلکتور در بایاس مخالف

۴-۲-۵ مدار شکل ۴-۱۱ را ببندید. در این مدار دیود بیس امیتر در بایاس موافق و دیود بیس کلکتور نیز در بایاس موافق قرار دارد، رابطه‌ی نکته‌ی ۲ را در مورد این مدار تحقیق کنید و نتیجه را بنویسید.



شکل ۴-۱۱ دیود بیس امیتر در بایاس موافق و دیود بیس کلکتور در بایاس موافق

سوال ۴: آیا در مدار شکل ۴-۱۲ ترانزیستور در حالت هدایت قرار دارد؟ شرح دهید.



شکل ۱۳-۴ مدار ترانزیستور در حال هدایت

سوال ۶: با فشار دادن کلید A سر وسط پتانسیومتر به نقطه‌ی انتهایی آن نزدیک‌تر می‌شود، در این حالت ولتاژ بیس امیتر ترانزیستور چه تغییری می‌کند؟ توضیح دهید.

سوال ۷: در صورت نزدیک شدن سر وسط پتانسیومتر به طرف R1، نور لامپ چه تغییری می‌کند؟ تجربه کنید و در مورد آن توضیح دهید.

سوال ۵: مدار شکل‌های ۷-۴ تا ۱۲-۴ را بررسی کنید و شرط هدایت ترانزیستور را تحقیق نمایید. نتیجه را توضیح دهید.

۷-۲-۴ در مدار شکل ۱۳-۴ هدایت ترانزیستور را می‌توانید ملاحظه کنید. در این مدار با استفاده از پتانسیومتر، ولتاژ بیس امیتر را تغییر می‌دهیم. با تغییر V_{BE} مقدار جریان بیس و در نهایت جریان کلکتور ترانزیستور تغییر می‌کند. برای مشاهده‌ی این تغییرات ابتدا مدار را راه‌اندازی کنید، سپس پتانسیومتر را انتخاب کرده و کلید A در صفحه کلید را فشار دهید، در این حالت باید نور لامپ کم شود. زیرا سر وسط پتانسیومتر به زمین نزدیک می‌شود. با هر بار فشار دادن این کلید نور لامپ کم‌تر خواهد شد. برای تغییر سر وسط پتانسیومتر و پر نور شدن لامپ، کلید Shift را از روی صفحه کلید به طور هم‌زمان با کلید A فشار دهید. در این حالت سر وسط پتانسیومتر به سمت بالا حرکت می‌کند و لامپ پر نورتر می‌شود.

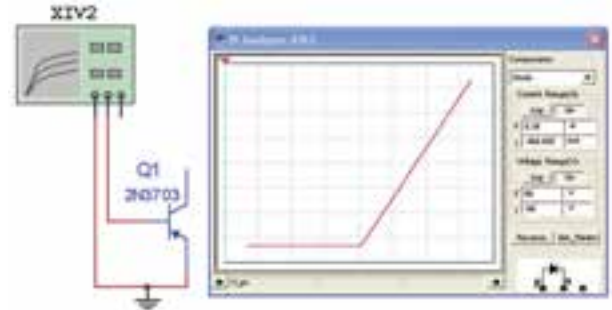
۴-۳-۳ آزمایش ۳: مشاهده منحنی‌های

ترانزیستور

۴-۳-۱ منحنی مشخصه ورودی ترانزیستور، بیان

کننده‌ی مقدار جریان ورودی، بر حسب ولتاژ ورودی است.

ترانزیستور را مطابق شکل ۴-۱۴ به دستگاه تحلیل گر ولت آمپر وصل کنید و منحنی مشخصه ورودی را که مشابه منحنی دیود است مشاهده کنید.



شکل ۴-۱۴ منحنی مشخصه ورودی ترانزیستور

توجه: به جای استفاده از دستگاه تحلیل گر ولت آمپر

می‌توانید مشابه آن‌چه که در مورد دیود گفته شد، از دستگاه اسیلوسکوپ در شرایط $X - Y$ استفاده کنید.

۴-۳-۲ برای مشاهده منحنی مشخصه خروجی

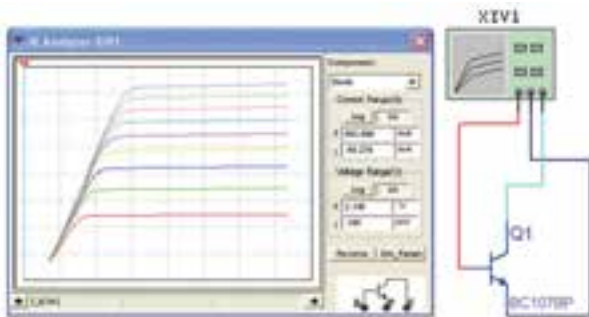
ترانزیستور می‌توانید از دستگاه تحلیل گر ولت آمپر (IV - Analysis) استفاده کنید. در این شرایط از قسمت Components ترانزیستور NPN را انتخاب نمایید. شکل ۴-۱۵ این قابلیت را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱۵ دستگاه تحلیل گر ولت آمپر دیود و ترانزیستور

۴-۳-۳ یک ترانزیستور NPN را از قسمت قطعات

انتخاب کنید و به دستگاه تحلیل گر ولت آمپر مطابق شکل ۴-۱۶ وصل کنید. سپس نرم‌افزار را راه‌اندازی کنید و منحنی مشخصه خروجی ترانزیستور را مشاهده نمایید.



شکل ۴-۱۶ منحنی مشخصه خروجی ترانزیستور

با تغییر مکان‌نما روی صفحه‌ی IV - Analysis می

توانید مقادیر جریان و ولتاژ نقاط مختلف منحنی را در نوار پایین دستگاه مشاهده کنید.

سوال ۸: آیا می‌توانید منحنی مشخصه ترانزیستور

PNP را با استفاده از دستگاه تحلیل گر ولت آمپر مشاهده کنید؟ تجربه کنید و نتیجه را توضیح دهید.

۴-۳-۴ با استفاده از دستگاه اسیلوسکوپ موجود در

نرم‌افزار منحنی مشخصه‌های ورودی و خروجی ترانزیستور را به دست آورید و در مورد آن توضیح دهید.

۴-۴ آزمایش ۴: بستن مدارهای بایاسینگ

ترانزیستور

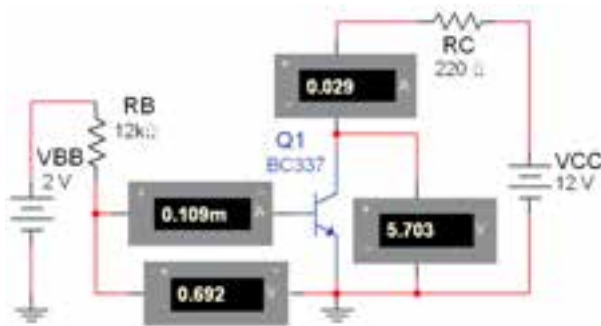
۴-۴-۱ در صورتی می‌توان از ترانزیستور، به عنوان یک تقویت‌کننده استفاده کرد که ولتاژهای لازم به طور صحیح به پایه‌های آن برسد و ترانزیستور را در حالت فعال قرار دهد. پنج نوع بایاسینگ که می‌تواند ترانزیستور را در ناحیه‌ی فعال قرار دهد وجود دارد.

توجه: برای پرهیز از شلوغی مدار، مشخصات دستگاه‌های

اندازه‌گیری را حذف کرده‌ایم. برای حذف یا درج مشخصات لازم است روی دستگاه دو بار کلیک کنید تا صفحه‌ای مطابق شکل ۴-۱۷ باز شود. در زبانه‌ی Display علامت ✓ را در داخل اولین کادر (Use Schematic...) حذف نمائید. سپس با حذف یا درج علامت ✓، فقط اطلاعاتی را که نیاز دارید در کنار دستگاه باقی می‌ماند.

۴-۴-۲ در زبانه‌ی Display دستگاه ولت‌متر یا آمپر متر علامت ✓ را در داخل هر یک از کادرها حذف کنید و بررسی نمائید چه اطلاعاتی از مشخصات دستگاه حذف می‌شود، توضیح دهید.

۴-۴-۳ مدار بایاسینگ ترانزیستور با دو منبع مستقل را مطابق شکل ۴-۱۸ ببندید. در این مدار منبع V_{BB} دیود بیس آمیتر را در بایاس موافق و منبع V_{CC} دیود کلکتور بیس را در بایاس مخالف قرار می‌دهد.



شکل ۴-۱۸ مدار بایاسینگ ترانزیستور با دو منبع مستقل

۴-۴-۴ ولتاژها و جریان‌های مدار را اندازه‌گیری کنید.

$$V_{BE} = \dots\dots\dots V \quad I_B = \dots\dots\dots mA$$

$$V_{CE} = \dots\dots\dots V \quad I_C = \dots\dots\dots mA$$



شکل ۴-۱۷ صفحه‌ی مربوط به مشخصات ولت‌متر

سوال ۹: آیا می‌دانید عیب مدار با بایاسینگ با دو باتری در چیست؟ شرح دهید.

سوال ۱۱: اگر مقدار مقاومت R_B را افزایش یا کاهش دهید چه تاثیری روی نقطه‌ی کار ترانزیستور می‌گذارد؟ تجربه کنید و نتیجه را شرح دهید.

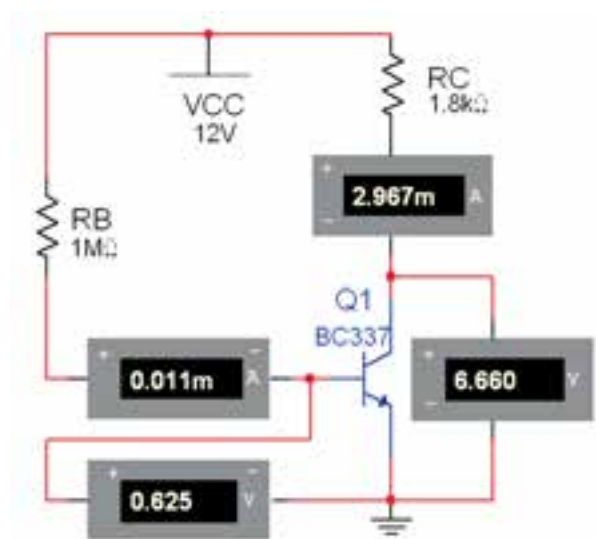
سوال ۱۲: به نظر شما آیا با کاهش مقاومت بیس جریان بیس افزایش می‌یابد؟ در صورت مثبت بودن پاسخ چه تاثیری بر روی جریان کلکتور و V_{CE} دارد؟ روی نرم‌افزار تجربه کنید و توضیح دهید.

سوال ۱۳: آیا افزایش جریان کلکتور بر میزان حرارت ایجاد شده در ترانزیستور اثری می‌گذارد؟ در صورتی که جواب مثبت است، این اثر چه اشکالی برای ترانزیستور ایجاد می‌کند؟ شرح دهید.

نکته: از مدار بایاسینگ مستقیم در مدارهایی که درجه‌ی حرارت پایین و ثابت است، می‌توان استفاده کرد.

۴-۴-۶ یکی دیگر از انواع بایاسینگ، بایاس با مقاومت کلکتور بیس (اتوماتیک) است. مدار شکل ۴-۲۰ را ببندید. ولتاژها و جریان‌های مدار را اندازه‌گیری کنید.

۴-۴-۵ ابتدا مدار بایاسینگ بیس با یک منبع ولتاژ (بایاسینگ مستقیم) را مطابق مدار شکل ۴-۱۹ ببندید. با استفاده از ولت‌متر و آمپر متر ولتاژها و جریان‌های قسمت‌های مختلف مدار را اندازه‌گیری کنید.



شکل ۴-۱۹ مدار بایاسینگ بیس با یک منبع ولتاژ

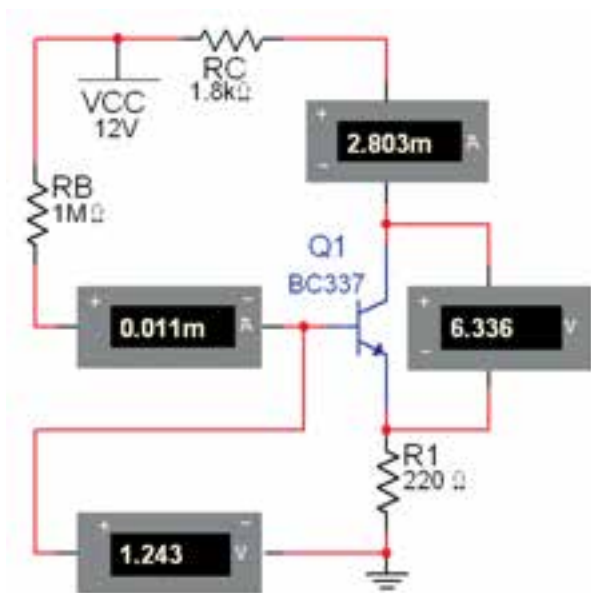
$$V_{BE} = \dots\dots\dots V \quad I_B = \dots\dots\dots mA$$

$$V_{CE} = \dots\dots\dots V \quad I_C = \dots\dots\dots mA$$

سوال ۱۰: می‌دانید اشکال مدار بایاسینگ بیس با یک منبع ولتاژ (مستقیم) چیست؟ توضیح دهید.

سوال ۱۶: اگر مقاومت بیس را افزایش دهید چه تغییری در مدار ایجاد می‌شود؟ تجربه کنید و در مورد آن توضیح دهید.

۴-۴-۷ مدار شکل ۲۱-۴ مدار بایاسینگ با فیدبک در امیتر است. به دلیل تاثیر حرارت در نقطه‌ی کار ترانزیستور، مقاومت را در امیتر قرار می‌دهند. مدار شکل ۲۱-۴ را ببندید و ولتاژها و جریان‌های مدار را اندازه‌گیری کنید.

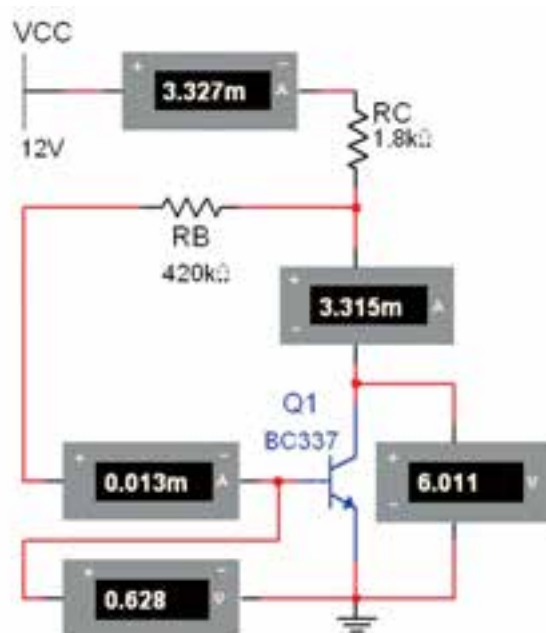


شکل ۲۱-۴ مدار بایاسینگ با فیدبک در امیتر

$$V_{BE} = \dots\dots\dots V \quad I_B = \dots\dots\dots mA$$

$$V_{CE} = \dots\dots\dots V \quad I_C = \dots\dots\dots mA$$

۴-۴-۸ یکی دیگر از روش‌های بایاسینگ برای ایجاد ثبات حرارتی بیشتر، بایاس با تقسیم‌کننده‌ی ولتاژ مقاومتی



شکل ۲۰-۴ مدار بایاس اتوماتیک

$$V_{BE} = \dots\dots\dots V \quad I_B = \dots\dots\dots mA$$

$$V_{CE} = \dots\dots\dots V \quad I_C = \dots\dots\dots mA$$

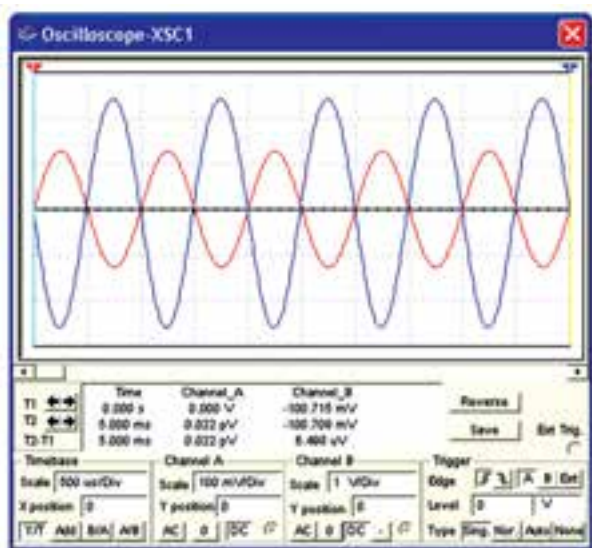
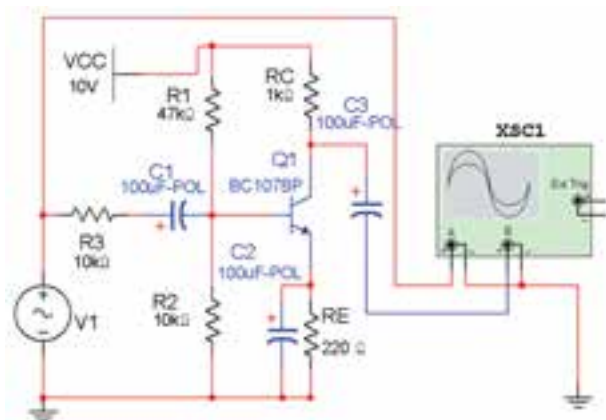
سوال ۱۴: آیا می‌دانید مزیت مدار بایاس با مقاومت کلکتور بیس نسبت به بایاس با مقاومت بیس چیست؟ شرح دهید.

سوال ۱۵: چه رابطه‌ای بین جریان‌های مدار برقرار است؟ بنویسید.

۴-۵ آزمایش ۵: مدار تقویت کننده‌ی آمیتر مشترک

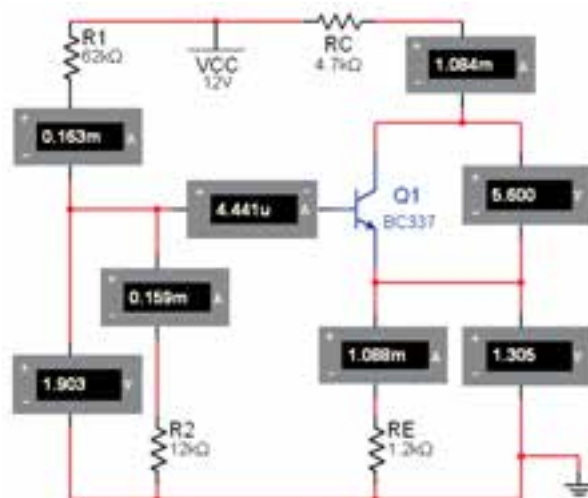
۴-۵-۱ برای تقویت ولتاژ یا جریان یک سیگنال الکتریکی لازم است مدار را از نظر ولتاژ DC (یکی از انواع بایاسینگ) به طور صحیح تغذیه کنیم، پس از بایاسینگ می‌توانیم با اعمال سیگنال به ورودی مدار، سیگنال تقویت شده از خروجی تقویت کننده دریافت کنیم.

۴-۵-۲ مدار شکل ۴-۲۳ یک نمونه از تقویت کننده‌ی آمیتر مشترک را نشان می‌دهد. مدار را ببندید و شکل موج ورودی و خروجی را مشاهده کنید. فرکانس منبع V_1 را برابر با ۱kHz و دامنه‌ی آن را در حدی انتخاب کنید که تغییری (اعوجاجی) در شکل موج خروجی به وجود نیاید.



شکل ۴-۲۳ تقویت کننده‌ی آمیتر مشترک و شکل موج‌های آن

(سرخود) است. مدار بایاسینگ با تقسیم کننده‌ی مقاومتی را مطابق شکل ۴-۲۲ ببندید و ولتاژها و جریان‌های مدار را اندازه‌گیری کنید.



شکل ۴-۲۲ مدار بایاسینگ با تقسیم کننده‌ی مقاومتی

$$V_{BE} = \dots\dots\dots V \quad I_B = \dots\dots\dots \text{mA}$$

$$V_{CE} = \dots\dots\dots V \quad I_C = \dots\dots\dots \text{mA}$$

$$V_B = \dots\dots\dots V \quad V_E = \dots\dots\dots \text{mA}$$

$$V_{R2} = \dots\dots\dots V \quad I_E = \dots\dots\dots \text{mA}$$

نکته: مدار بایاسینگ با تقسیم کننده‌ی مقاومتی (سرخود) از ثبات حرارتی بالایی برخوردار است.

سوال ۱۷: اگر مقاومت R_1 کاهش یابد، چه تاثیری بر روی جریان بیس و جریان کلکتور می‌گذارد؟ تجربه کنید و در مورد آن توضیح دهید.

سوال ۱۹: آیا می‌توانید بهره‌ی جریان را به دست آورید؟ محاسبه کنید.

می‌دانیم که:

$$A_I = \frac{I_O}{I_i} \text{ و } A_V = \frac{V_O}{V_i} \text{ است.}$$

سوال ۲۰: آیا می‌دانید چرا بین شکل موج ورودی و خروجی ۱۸۰ درجه اختلاف فاز وجود دارد؟ شرح دهید.

سوال ۲۱: آیا می‌دانید نقش خازن‌های C_1 ، C_2 و C_3 چیست؟ تحقیق کنید و شرح دهید.

۴-۶ آزمایش ۶: کلاس‌های تقویت‌کنندگی

۴-۶-۱ بر حسب این که تقویت‌کننده چه مقدار از یک پریود کامل (T) سیگنال AC ورودی را تقویت می‌کند، آن را در یکی از کلاس‌های A، B، AB یا C بایاس (دسته‌بندی) می‌کنند.

نکته: برای مشاهده‌ی دامنه‌ی ورودی حوزه‌ی کار Volt/Div را کوچک‌تر از خروجی تنظیم کرده‌ایم.

۴-۵-۳ دستگاه اسیلوسکوپ را به خروجی مدار وصل کنید، (در این حالت باری به مدار وصل نیست). دامنه‌ی سیگنال ورودی را آن قدر تغییر دهید تا دامنه‌ی سیگنال خروجی روی ۵ ولت پیک تا پیک تنظیم شود.

سوال ۱۸: آیا با اندازه گرفتن دامنه‌ی سیگنال ورودی می‌توانید بهره‌ی ولتاژ را اندازه بگیرید؟ تجربه کنید و مقدار آن را به دست آورید.

۴-۵-۴ مقاومت بار $2/2$ کیلو اهمی را به خروجی مدار وصل کنید و مقدار A_V را اندازه بگیرید.

$$A_V = \dots\dots\dots$$

۴-۵-۵ ولتاژ دو سر مقاومت ورودی (R_S) را با استفاده از ولت‌متر و اسیلوسکوپ، اندازه بگیرید و جریان ورودی مدار را محاسبه کنید و در مورد آن توضیح دهید.

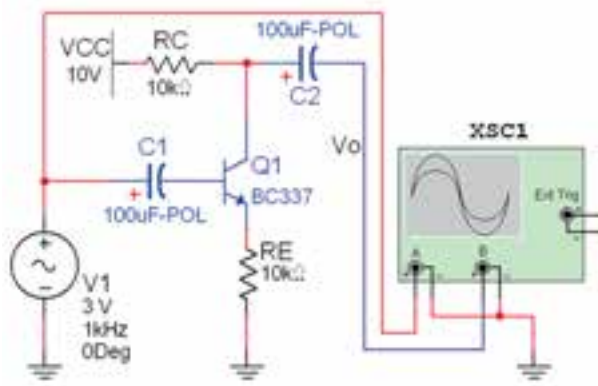
۴-۵-۶ با اندازه‌گیری ولتاژ دو سر بار، I_L (جریان بار) را محاسبه کنید و نتایج را بنویسید.

سوال ۲۲: آیا می‌دانید هر یک از کلاس‌های تقویت‌کنندگی چه میزان از سیکل ورودی را تقویت می‌کند؟

نکته: با توجه به حوزه‌ی کار VOLT/Div و تعداد خانه‌های پیک تا پیک در هر دو کانال می‌توانید ضریب بهره را به دست آورید.

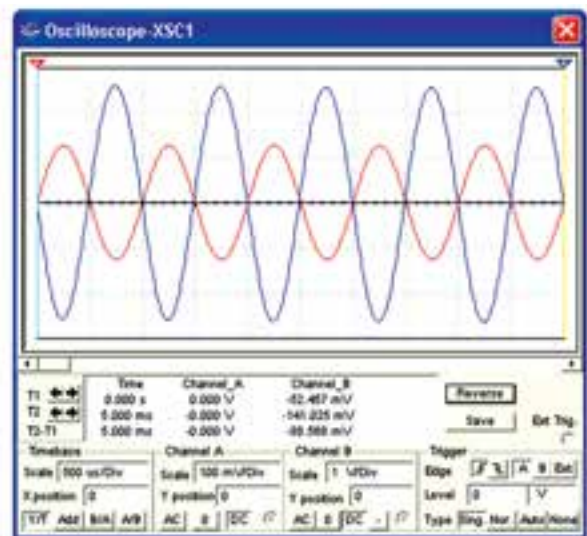
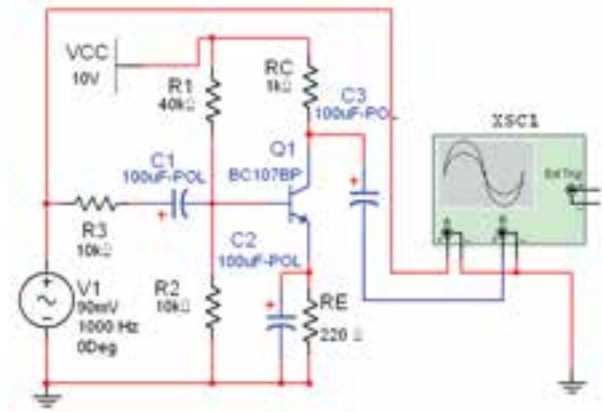
سوال ۲۳: تقویت‌کننده‌ی کلاس A در چه مواردی کاربرد دارد؟ توضیح دهید.

۴-۶-۳ در تقویت‌کننده‌ی کلاس B کمی کمتر از نیم سیکل از سیگنال ورودی تقویت می‌شود. در این کلاس اعوجاج سیگنال تقویت شده‌ی خروجی زیاد است. مدار شکل ۲۵-۴ را ببندید و با استفاده از دستگاه اسیلوسکوپ شکل موج ورودی و خروجی را مشاهده کنید و آن‌ها را با شکل موج‌های کلاس A مقایسه کنید.

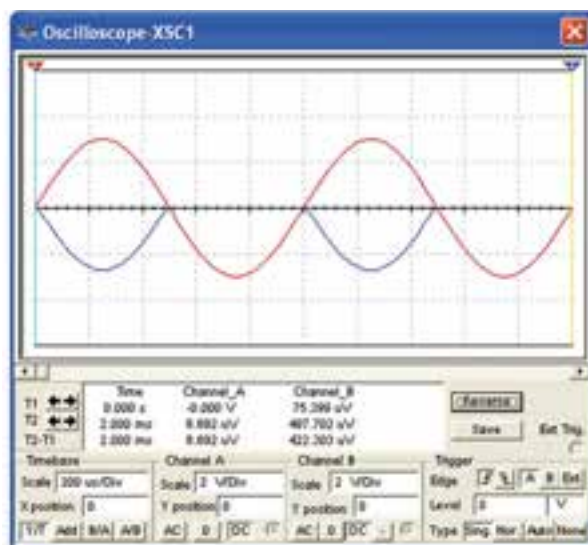
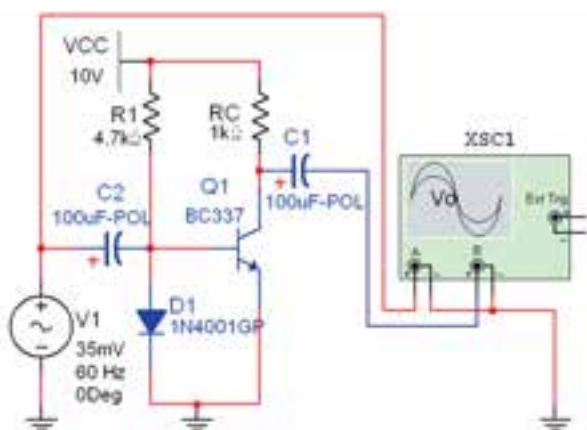


شکل ۲۵-۴- الف مدار تقویت‌کننده‌ی کلاس B

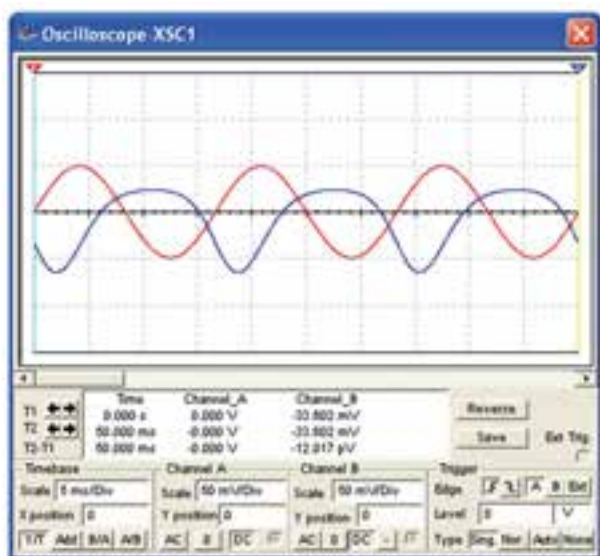
۴-۶-۲ در تقویت‌کننده‌ی کلاس A، سیگنال الکتریکی از دوطرف مثبت و منفی، به یک اندازه تقویت می‌شود. مدار شکل ۲۴-۴ تقویت‌کننده‌ی کلاس A را ببندید و با استفاده از دستگاه اسیلوسکوپ شکل موج ورودی و خروجی را مشاهده کنید. دامنه‌ی سیگنال ورودی و خروجی را اندازه بگیرید.



شکل ۲۴-۴ مدار تقویت‌کننده‌ی کلاس A



شکل ۲۵-۴- ب شکل موج مدار تقویت کننده‌ی کلاس B سوال ۲۴: کاربرد تقویت کننده‌ی کلاس B را بنویسید.



شکل ۲۶-۴ مدار تقویت کننده‌ی کلاس AB

۴-۶-۴ نقطه‌ی کار تقویت کننده‌ی کلاس AB بین کلاس‌های A و B قرار می‌گیرد. معمولاً دیود بیس امپتر تقویت کننده را در آستانه‌ی هدایت بایاس می‌کنند. در این صورت تقویت کننده‌ی کلاس AB فقط نیم سیکل‌های مثبت یا منفی را تقویت می‌کند. اعوجاج سیگنال خروجی در این کلاس اندکی کم‌تر از کلاس B است. مدار شکل ۲۶-۴ کلاس AB را ببندید و با استفاده از دستگاه اسیلوسکوپ شکل موج‌های ورودی و خروجی را مشاهده کنید و دامنه‌ی آن‌ها را اندازه بگیرید.

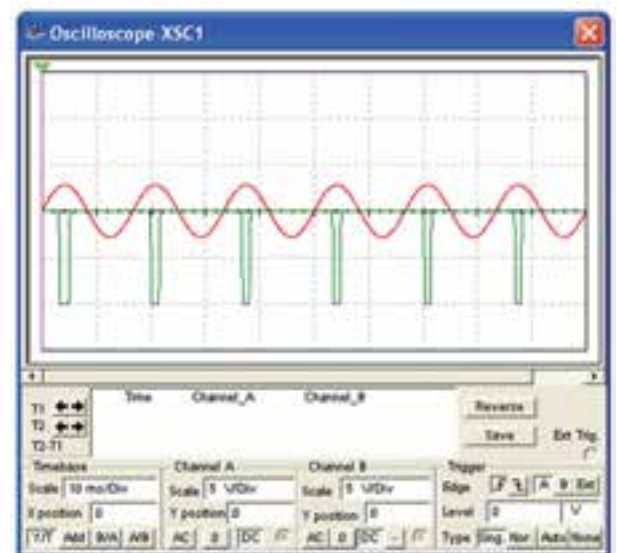
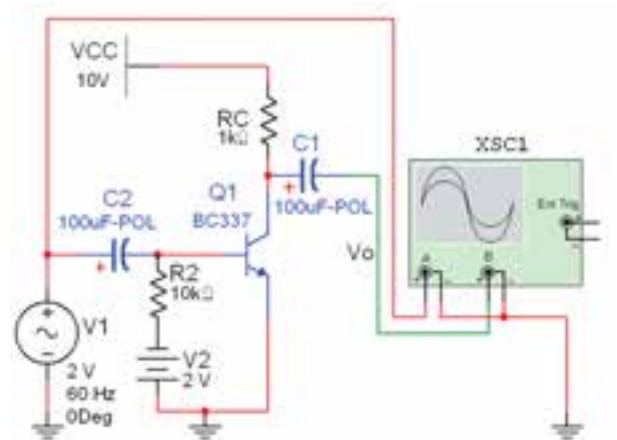
۴-۶-۵ در تقویت کننده‌ی کلاس C، فقط قسمت کمی از نیم سیکل مثبت یا منفی (بسته به نوع ترانزیستور) تقویت می‌شود. بایاسینگ بیس امپتر معمولاً به طور معکوس انجام می‌گیرد. مطابق مدار شکل ۲۷-۴ یک تقویت کننده‌ی کلاس C را ببندید و شکل موج‌های ورودی و خروجی را مشاهده کنید.

سوال ۲۶: اگر در مدار شکل ۲۶-۴ جهت دیود را معکوس کنیم چه تغییر دیگری در مدار باید ایجاد شود تا ترانزیستور در کلاس AB تقویت کند؟ شرح دهید.

سوال ۲۷: اگر در مدار شکل ۲۷-۴ جهت باتری را معکوس کنیم سیگنال خروجی چه تغییری می کند؟ توضیح دهید.

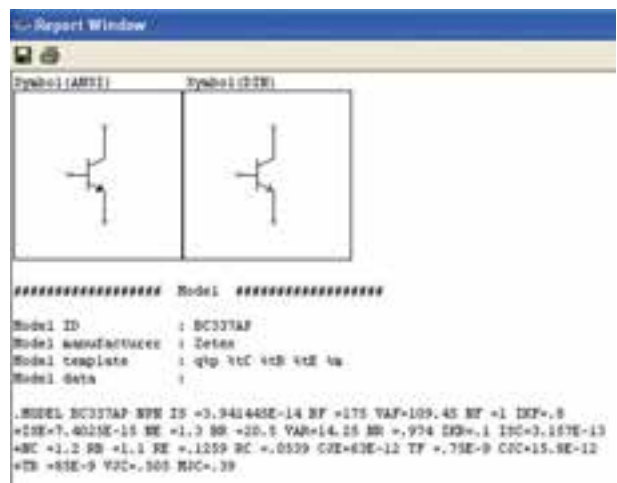
۷-۴- آزمایش ۷: مقادیر حد در ترانزیستور

۷-۴-۱ هر قطعه‌ی نیمه هادی، از جمله ترانزیستور، برای مقادیر الکتریکی مشخصی ساخته می‌شود. این مقادیر الکتریکی به مقادیر حد معروفند. در نرم‌افزار مولتی‌سیم با استفاده از دکمه‌ی ... Detail Report (گزارش جزئیات) می‌توانید با برخی از مشخصات ترانزیستور آشنا شوید. پس از انتخاب ترانزیستور در یکی از نوارهای قطعات یا Virtual روی دکمه‌ی Detail Report کلیک کنید. صفحه‌ای مشابه شکل ۲۸-۴ باز می‌شود. در این صفحه مشخصات ترانزیستور انتخابی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۲۷-۴ مدار تقویت کننده‌ی کلاس C و شکل موج‌های ورودی و خروجی آن

سوال ۲۵: کاربرد تقویت کننده‌های کلاس AB و C را بنویسید.



شکل ۲۸-۴ صفحه‌ی مشخصات ترانزیستور

۴-۷-۲ تعدادی ترانزیستور را انتخاب کنید و مشخصات

آن‌ها را یادداشت نمائید و در مورد آن‌ها توضیح دهید.