بخش اول

ترانزیستور

واحد کار	شماره توانایی	عنوان توانایی	زمان آموزش		
			نظری	عملی	جمع
U۴	۱۳	توانایی بایاس نمودن وتجزیه و تحلیل ترانزیستورهای پیوندی	۱۰	۲۰	۳۰
U۴	۱۴	توانایی بررسی انواع پارامترهای مؤثر بر تقویت‌کننده‌های ترانزیستوری و شناخت فیدبک‌ها	۸	۶	۱۴
		جمع کل	۱۸	۲۶	۴۴

فصل اول

بایاس وتجزیه وتحلیل ترانزیستورهای پیوندی

هدف کلی :

آموزش نظری و عملی اصول کارترانزیستورهای پیوندی

هدف های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می رود که:

۱- رابطه‌ی بین جریان پایه های یک ترانزیستوررا شرح دهد.

۲- درباره ی چگونگی عملکرد ترانزیستوردر مدار توضیح دهد.

۳ - منحنی مشخصه‌های ترانزیستور را توضیح دهد.

۴- مشخصات ناحیه‌ی قطع ترانزیستوررا شرح دهد .

۵- خصوصیات ناحیه‌ی فعال ترانزیستور را شرح دهد.

۶- ناحیه ی اشباع ترانزیستور را توضیح دهد .

۷- چگونگی نام گذاری ترانزیستور را توضیح دهد.

۸- روش های مختلف بایاس کردن ترانزیستور را شرح دهد.

۹- نقطه ی کار و خط بار DC ی ترانزیستور را توضیح دهد.

۱۰- نکات مربوط به چگونگی انتخاب نقطه ی کار ترانزیستور را شرح دهد .

۱۱- چگونگی تقویت سیگنال در ترانزیستور را توضیح دهد.

۱۲- مشخصات کلی وعمومی یک تقویت کننده را نام ببرد.

۱۳- ویژگی های تقویت کننده امیترمشترک را توضیح دهد .

۱۴- مدار امیتر مشترک را به طور عملی ببندد.

۱۵- رفتار ترانزیستور در مدار امیتر مشترک را به طور عملی تحلیل کند.

۱۶- مشخصات تقویت کننده ی بیس مشترک را شرح دهد.

۱۷- یک مدار بیس مشترک را به طور عملی ببندد.

۱۸- رفتار ترانزیستور در مدار بیس مشترک را به طور عملی تحلیل کند .

۱۹- مشخصات تقویت کننده کلکتور مشترک را ببندد.

۲۰- مدار کلکتور مشترک را به طور عملی ببندد.

۲۱- رفتار ترانزیستور در مدار کلکتور مشترک را به طور عملی تحلیل کند .

هدف های رفتاری در حیطه‌ی عاطفی :

۱- نظم و ترتیب و حضور به موقع در هنرستان و کلاس درس را رعایت کند.

۲- تکالیف و مسئولیت های واگذار شده را به طور دقیق اجرا کند.

۳- در موقعیت های مناسب برای درک بهتر مفاهیم از آزمایشگاه مجازی استفاده کند.

۴- از لوازم موجود در کلاس و هنرستان به خوبی مراقبت ونگهداری کند.

۵- خوب گوش دهد و ابهامات و سوالات خود را بپرسد.

۶- با دقت و اعتماد به نفس به سوالات طرح شده پاسخ دهد.

۷- از شوخی های بی مورد بپرهیزد.

۸- حضور فعال و داوطلبانه در امور مختلف داشته باشد.

۹- توانمندی های خود را در موقعیت های مناسب بروز دهد.

۱۰- در کار گروهی مشارکت فعال و همکاری موثر داشته باشد.

۱۱- نسبت به حل مشکلات سایر هنرجویان حساس و فعال باشد.

۱۲- سایر هنرجویان را در ارتباط با اجرای نظم و مقررات ، راهنمایی و تشویق کند.

توانایی شماره سیزده به جز توانایی ۱-۱۳ و ۷-۱۳	ساعات آموزش		
	نظری	عملی	جمع
	۹	۱۷	۲۶

پیش آزمون فصل (۱)

۱- ترانزیستور از سه نیمه هادی نوع N تشکیل شده است.

صحیح ☐ غلط ☐

۲- امیتر بیش‌ترین ناخالصی و بیس کم ترین ناخالصی را دارد ؟

صحیح ☐ غلط ☐

۳- منحنی مشخصه‌ی ورودی ترانزیستور،مقدار تغییرات .....ورودی را برحسب .....ورودی نشان می‌دهد .

الف) جریان – ولتاژ

ب) ولتاژ – جریان

ج) جریان – جریان

د) ولتاژ – ولتاژ

۴- نسبت جریان I_C به I_B را با حرف β نشان می دهند.

صحیح ☐ غلط ☐

۵-کدام گزینه درباره‌ی جریان‌های بیس و کلکتورترانزیستور در ناحیه‌ی قطع صدق می کند ؟

الف) $I_B = ۰$, $I_C = ۰$ ب) $I_B \neq ۰$, $I_C \neq ۰$

ج) $I_B = ۰$, $I_C \neq ۰$ د) $I_B \neq ۰$, $I_C = ۰$

۶- منحنی مشخصه ی خروجی ترانزیستور در ناحیه ی فعال را تشریح کنید.

۷-کدام گزینه درباره ی نوع و فرکانس کار ترانزیستور ۲SC۸۲۹ صدق می کند ؟

الف) PNP ، فرکانس بالا ب)NPN ، فرکانس پایین

ج) NPN ، فرکانس بالا د) PNP ، فرکانس پایین

۸-برای انتخاب نقطه‌ی کار ترانزیستور چه محدودیت‌هایی را باید در نظر گرفت؟

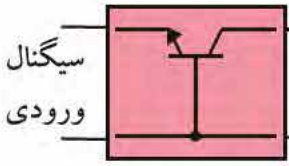
الف) تحمل توان تلف شده

ب)حداکثر جریان کلکتور

ج) حداکثر ولتاژ بین کلکتور و امیتر

د)همه‌ی موارد

۹- شکل زیر چه آرایشی از ترانزیستور را نشان می‌دهد؟



الف) امیتر مشترک

ب) بیس مشترک

ج) کلکتور مشترک

د) همه‌ی موارد

۱۰- مشخصات یک تقویت‌کننده‌ی بیس مشترک را بنویسید.

۱۱- رابطه‌ی $I_E = I_B + I_C$ همیشه در یک ترانزیستور پیوندی برقرار است ؟

صحیح ☐ غلط ☐

۱۲- کدام گزینه صحیح نیست ؟

الف) منحنی مشخصه‌ی ورودی ترانزیستور ، بیان‌کننده‌ی مقدار جریان ورودی بر حسب ولتاژ است .

ب)منحنی مشخصه‌ی انتقالی ترانزیستور ، رابطه‌ی بین جریان ورودی و جریان خروجی است

ج) منحنی مشخصه‌ی خروجی ترانزیستور ، رابطه‌ی بین جریان و ولتاژ خروجی به ازای جریان ورودی است

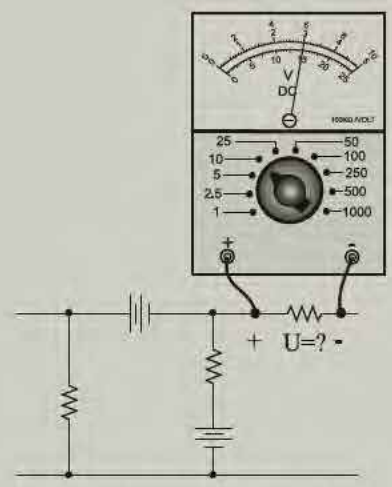
د) منحنی مشخصه‌ی ورودی ترانزیستور ، شامل سه ناحیه قطع، فعال و اشباع است .

نکات ایمنی فصل(۱)

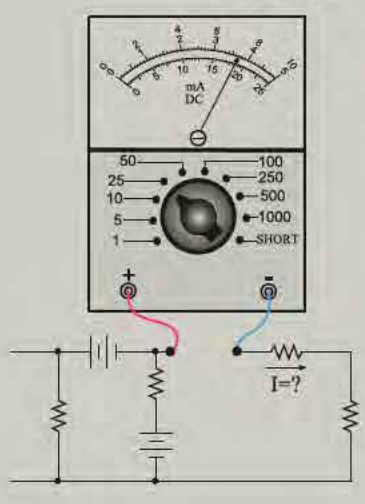
۱- کلیدها وولوم‌های روی دستگاه‌های اندازه گیری را به آرامی تغییر دهید تا آسیبی به‌آن ها وارد نشود.

۲- هنگام اندازه گیری ولتاژ، حوزه کارولت متر را متناسب با ولتاژی که می خواهید اندازه بگیرید تنظیم کنید.

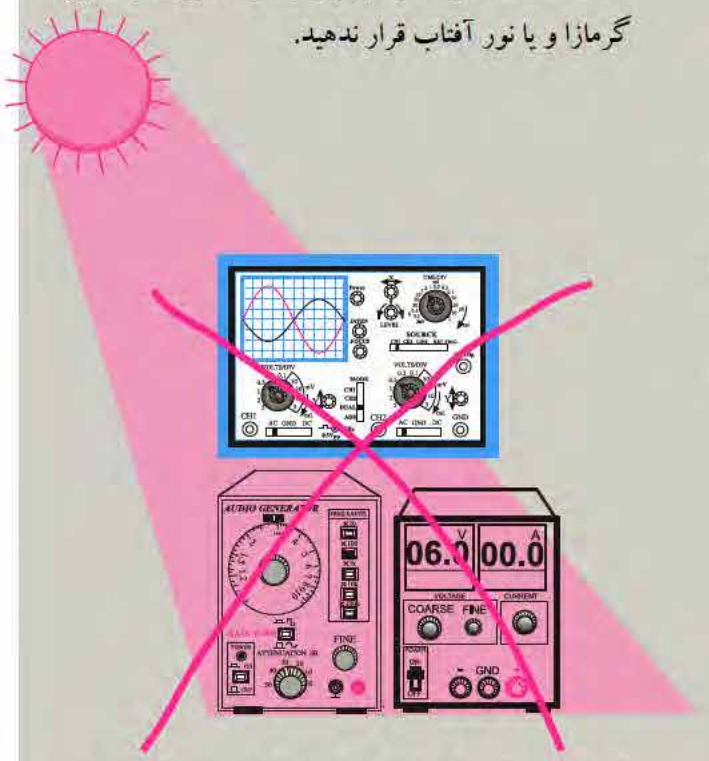
۳- هنگام اندازه گیری ولتاژ ، ولت متر را با دو نقطه مورد نظر به صورت موازی ببندید.



۴- هنگام اندازه گیری جریان در مدار ، آمپرمتر را با مدار به صورت سری ببندید.

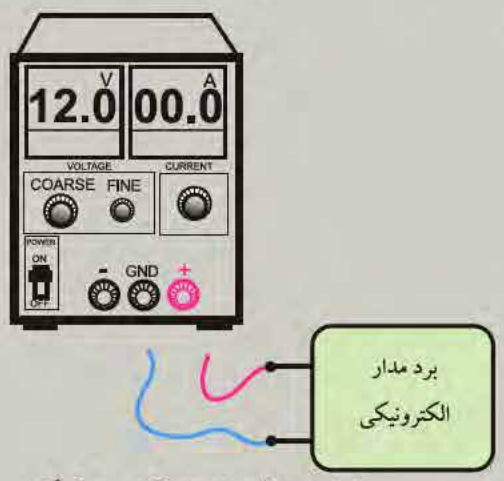


۵- دستگاه های اندازه گیری را در مجاورت وسایل گرمازا و یا نور آفتاب قرار ندهید.



۶- قبل از اتصال مدار به منبع تغذیه ، ابتدا ولتاژ خروجی را صفر کنید.

۷- قبل از وصل منبع تغذیه به مدارهای الکترونیکی ، ابتدا منبع تغذیه را روشن کنید و ولتاژ خروجی آن را تنظیم کنید و سپس مدار را به منبع تغذیه وصل کنید.

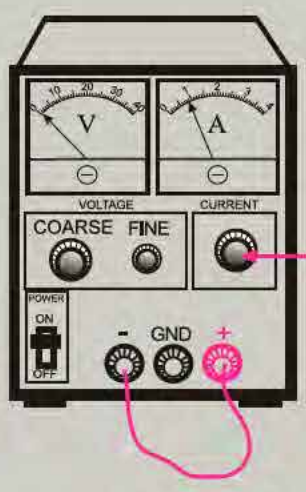


ابتدا منبع تغذیه را روشن کنید و به کمک ولوم COARSE ولتاژ خروجی راتنظیم کنید سپس مدار را به آن اتصال دهید

۸- اگر منبع تغذیه که با آن کار می کنید دارای امکانات Limit Currrent است ، جریان خروجی را حداکثر تا ۱۰۰ mA محدود کنید.

با این ولوم جریان خروجی را روی ۱۰۰ میلی آمپر تنظیم کنید

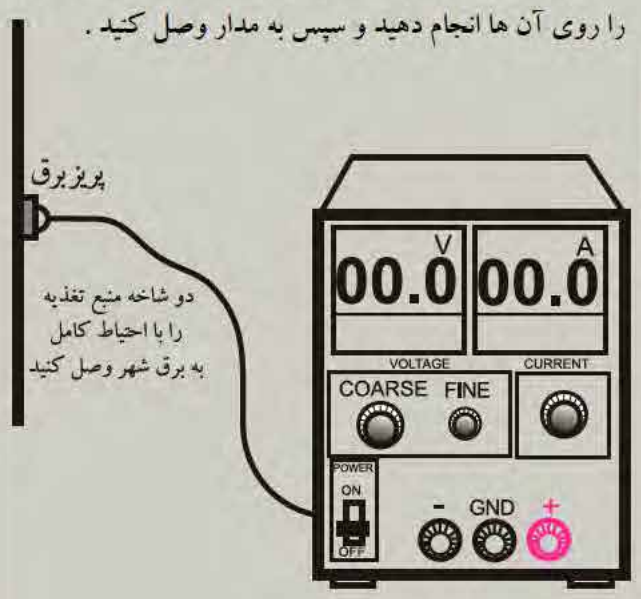
۹- اگر منبع تغذیه‌ای که با آن کار می کنید دارای ولوم محدود کننده جریان است در آزمایش های این فصل جریان خروجی را روی ۱۰۰ mA تنظیم کنید . برای این کار ابتدا ولتاژ خروجی را روی صفر ولت بگذارید سپس دو سر خروجی را اتصال کوتاه کنید. ولتاژ خروجی را کمی زیاد کنید تا جریان از ۱۰۰ mA تجاوز کند . با استفاده از ولوم Limit Currrent جریان خروجی را روی ۱۰۰ mA تنظیم کنید .



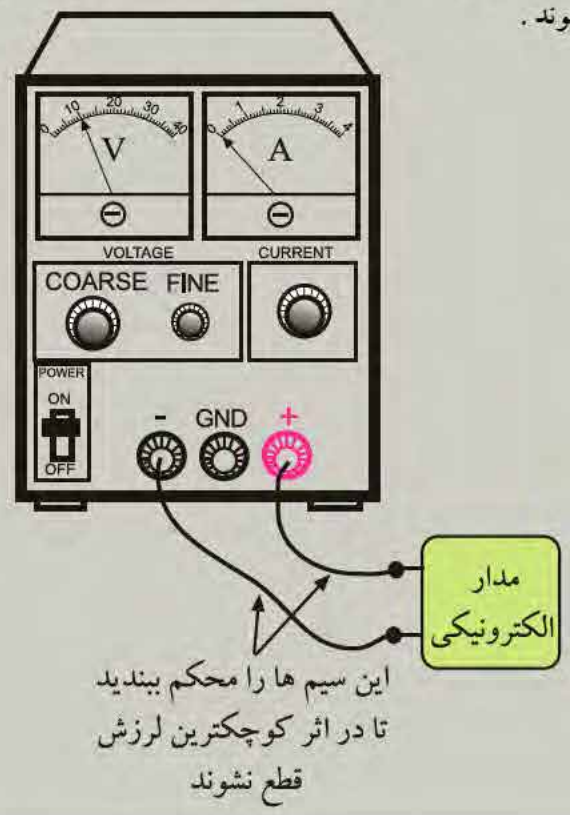
با این ولوم جریان خروجی را روی ۱۰۰ میلی آمپر تنظیم کنید

۱۰- کلیدها و ولوم‌های اسیلوسکوپ خیلی ظریف هستند. هنگام کار با اسیلوسکوپ در صورت نیاز به تغییر ، کلیدها را خیلی آرام تغییر دهید .

۱۱- کلید دستگاه های اندازه گیری را ابتدا با احتیاط کامل به برق وصل کنید. بعد از روشن کردن، تنظیم‌های لازم را روی آن ها انجام دهید و سپس به مدار وصل کنید .

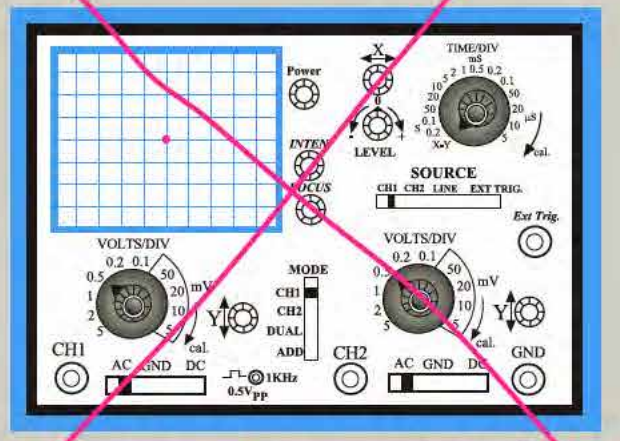


۱۲- سیم های رابط را به دستگاه های اندازه گیری وبرد مدار چاپی آماده خیلی محکم ببندید تا در اثر لرزش قطع نشوند .



۱۳- کلید X-Y در اسیلوسکوپ را برای کارهای معمولی هرگز فعال نکنید. زیرا در این حالت اشعه به صورت یک نقطه نورانی روی صفحه حساس ظاهر می شود و پوشش ماده فسفرسانس داخلی را در نقطه ای که تابیده شده است می سوزاند. در این حالت آن نقطه برای همیشه روی صفحه حساس به صورت یک لکه سیاه دیده می شود.

۱۴- هنگام تعویض حوزه کار کلیدها و ولوم های موجود در اسیلوسکوپ خیلی با احتیاط عمل کنید زیرا این کلیدها خیلی حساس هستند و زود خراب می شوند .



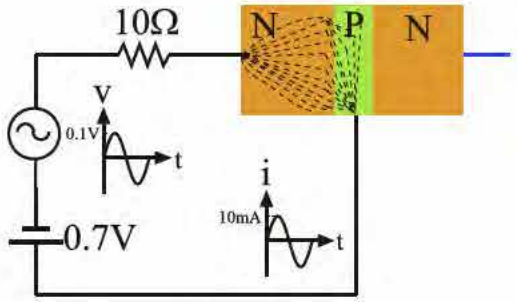
هرگز اسیلوسکوپ را در حالت X-Y قرار ندهید

یادآوری

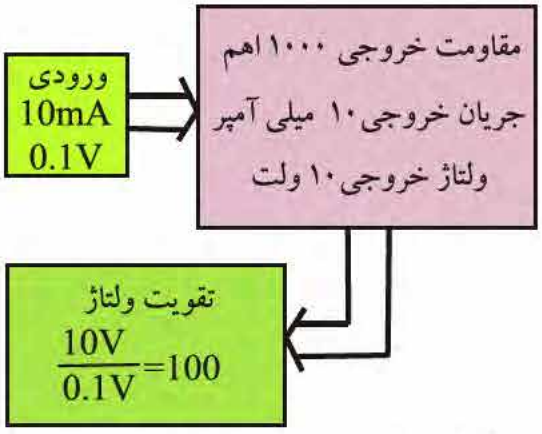
- ترانزیستور از سه نیمه هادی نوع P و N که در کنار یک دیگر قرار می گیرند و باهم آمیخته می شوند شکل می گیرد.
- ترانزیستورها با کنار هم قراردادن سه نیمه هادی به صورت PNP ویا NPN ساخته می شوند.
- پایه های ترانزیستور را امیتر ، بیس و کلکتور نام گذاری می کنند .
- امیتر نسبت به دو پایه ی دیگر ناخالصی بیش تری دارد و بیس دارای ناخالصی کم تری است .

۱-۱چگونگی عملکرد ترانزیستور

برای بررسی طرز کار ترانزیستور به شکل ۱-۱ توجه کنید.



الف) عبور جریان سینوسی از لایه PN ترانزیستور با دامنه‌ی ۱۰ میلی‌آمپر



ب) اگر جریان ۱۰ میلی‌آمپر از مقاومت ۱۰۰۰ اهمی عبور کند ، افت ولتاژ دو سر آن ۱۰۰ برابر سیگنال ورودی می‌شود

شکل ۱-۱ نحوه تقویت در ترانزیستور

منبع ۰/۷ ولتی باعث می شود که دیود بیس امیتر ، کاملاً در حالت هدایت قرار گیرد. دراین شرایط منبع ولتاژ سینوسی با دامنه ۰/۱ ولت می تواند جریان سینوسی با دامنه تقریبی ۱۰mA را در مدار به وجود آورد .

$$i = \frac{V}{R} = \frac{۰/۱V}{۱۰\Omega} = ۰/۰۱A$$

اگر بتوانیم به هر طریقی این جریان سینوسی با دامنه ی تقریبی ۱۰mA را از یک مقاومت ۱۰۰۰ عبوردهیم ، دردو سر این مقاومت ولتاژ سینوسی با دامنه تقریبی ده ولت به وجود می آید زیرا :

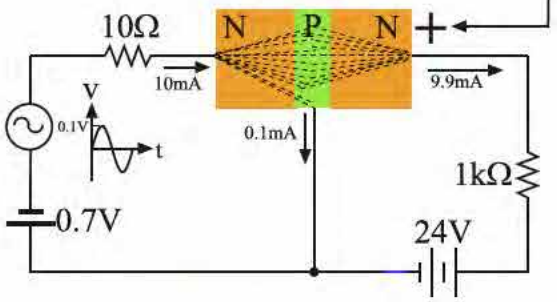
$$V = RI = ۱۰۰۰ \times ۱۰ \times ۱۰^{-۳} = ۱۰V$$

اگر ولتاژ دو سر مقاومت را ولتاژ خروجی و سیگنال سینوسی با دامنه ۰/۱ ولت را ولتاژ ورودی در نظر بگیریم می‌توانیم بگوییم که دامنه ولتاژ سینوسی به اندازه $\frac{۱۰V}{۰/۱V} = ۱۰۰$ برابر تقویت شده است.

ترانزیستور دقیقاً همین کار را انجام می‌دهد ، یعنی جریان تولیدی در یک مدار را به مدار دیگری با مقاومت بیشتر انتقال می‌دهد.

برای این منظور، اتصال بین کلکتور و بیس را با ولتاژ زیاد به صورت معکوس بایاس می کنیم .در این صورت الکترون ها (جریان الکتریکی) از نیمه هادی نوع N به نیمه هادی نوع P وارد می شوند تا مسیر جریان را ببندند . از طرفی چون ناخالصی نیمه هادی نوع P خیلی کم است ، الکترون ها در نیمه هادی نوع P با حفره ها ترکیب نمی شوند . هم چنین هنگام ساخت ترانزیستور ، لایه ی بیس را بسیار نازک در نظر می گیرند به طوری که الکترون ها به آسانی وبا نیروی کم می‌توانند از آن عبور کنند. چون پتانسیل لایه‌ی کلکتور مثبت است و دامنه آن نیز در مقایسه با پتانسیل بیس بسیار زیاد است ، ۹۵ درصد الکترون های مربوط به مسیر جریان امیتر بیس به راحتی جذب لایه ی کلکتور می شوند و جریان کلکتور را به وجود می آورند. جریان کلکتور طبق شکل ۲-۱ از مقاومت $۱K\Omega$ عبور می کند ، ۵ درصد جریان باقی مانده از بیس عبور می کند ومدار ورودی را می بندد.

ولتاژ زیاد و مثبت باعث می شود که الکترون های داخل بیس به طرف کلکتور جذب شوند



شکل ۲-۱ عملکرد ترانزیستور

بنابراین ترانزیستور جریانی را که به واسطه یک مقاومت کم در یک مدار تولید شده است را می تواند از مدار دیگری با مقاومت بیش تر عبور دهد. نام ترانزیستور نیزاز همین عملکرد انتخاب شده است .

Transfer resistor

Transistor

جریانی که از هر پایه ترانزیستور عبور می کند را به نام همان پایه نام گذاری می کنند. مثلاً جریانی که از بیس عبور می کند را I_B می نامند . در شکل ۳-۱ نام گذاری جریان پایه‌های ترانزیستورهای PNP و NPN نشان داده شده است .با توجه به توضیحات بالا رابطه : $I_E = I_B + I_C$ همیشه برقرار است .

شکل ۳-۱- رابطه بین جریان‌ها در ترانزیستور

در هر ترانزیستورتحت هر شرایط رابطه $I_E=I_C+I_B$ صادق است

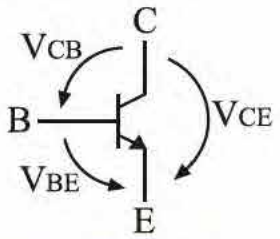
ولتاژ هرپایه نسبت به زمین ویا نسبت به هر مرجع دیگری را با حرف V و نام پایه مورد نظر نشان می دهند. مثلاً V_C پتانسیل (ولتاژ) پایه کلکتور نسبت به زمین است. در شکل ۴-۱ ولتاژ نقاط مختلف یک ترانزیستور نسبت به زمین نشان داده شده است .

VB یعنی ولتاژ بیس نسبت به زمین

شکل ۴-۱- ولتاژ پایه‌های ترانزیستور نسبت به زمین

ولتاژ بین دو پایه ترانزیستور را با حرف V نشان می دهند و به دنبال آن نام دو پایه را مشخص می کنند، مثلاً V_{BE} ولتاژ بین پایه بیس و امیتر است .توجه داشته باشید که پایه بیس دراین نام گذاری برای ترانزیستور مورد نظر مثبت تر در نظر گرفته می‌شود.

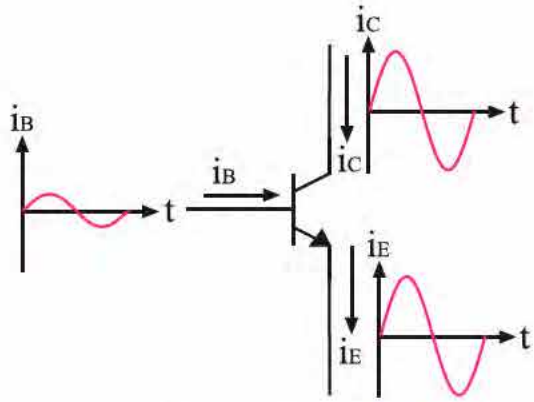
در شکل ۵-۱ نام‌گذاری ولتاژ بین پایه‌ها نشان داده شده ااست.



VBE یعنی ولتاژ بیس نسبت به امیتر

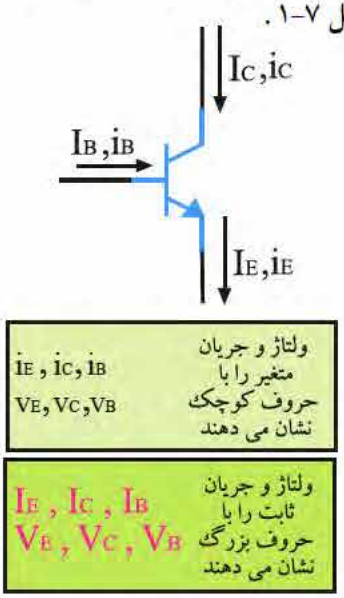
شکل ۵-۱- نام‌گذاری ولتاژ بین پایه‌ها

در یک ترانزیستور ، تغییرات جریان بیس ، باعث تغییرات بیش تر جریان در کلکتور می‌شود، شکل ۶-۱.



شکل ۶-۱- اثر تغییرات جریان بیس

اگـر جریـان بیس به اندازه یـک میلی آمپـر تغییر کند، تغییـرات جریان در کلکتور ممکن اسـت بـه ۱۰۰ میلی آمپر برسـد. در یک ترانزیسـتور، جریان ها و ولتاژهـای متغیر یا متنـاوب (AC) را بـا حروف کوچـک (i ، v) و ولتاژها و جریان ها ثابت (DC) را با حروف بزرگ (I ، V) مشخص می کنند، شکل ۷-۱.



شکل ۷-۱ نحوه نام گذاری جریان ها و ولتاژهای متناوب و ثابت در ترانزیستور

بـرای تشـخیص پایه هـای ترانزیسـتور وهـم چنین نوع ترانزیستور (NPN ، PNP) می توان به کاتالوگ ترانزیستور مراجعه کرد. همچنین به کمک مولتی‌متر دیجیتالی یا عقربه‌ای نیز می توان نوع ترانزیسـتور(NPN ، PNP) و پایه های آن را تشخیص داد. در کتاب الکترونیک پایه، نحوه‌ی تشخیص نوع ترانزیسـتورها و پایه‌های آن به کمک مولتی‌متر دیجیتالی توضیح داده شده است.

نکته مهم:

دراین کتاب، با حروف TR ، Q و یا T به ترانزیستور اشاره شده است.

۱ - لایـه‌ی بیس دارای ضخامت کم (حدود میکرون)و لایـه‌ی کلکتور دارای ضخامتی به مراتـب بزرگ‌تر از بیس است.

۲ - جهت جریان قراردادی در ترانزیستور، با جهت فلش امیتر، مطابقت دارد.

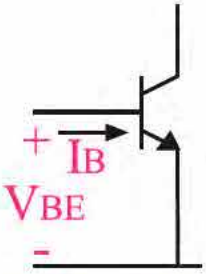
۱-۲ منحنی مشخصه‌های ترانزیستور

بعضی از مشـخصات یک ترانزیسـتور، به شدت تابع حرارت اسـت، یعنی بـا تغییر حرارت برخی از مشـخصات ترانزیسـتور تغییر می‌کند. روابط بین شـدت جریـان و ولتاژ (اختلاف پتانسیل) و تغییرات آن ها در یک ترانزیستور بستگی به حرارت دارد. به همین جهت رابطه ی بین اختلاف پتانسیل و شـدت جریان ورودی را نمی‌توان با یک رابطه‌ی سـاده‌ی ریاضی بیان کرد. به منظور جلوگیری از مواجه شـدن روابط پیچیده ی ریاضی، از یک سـری منحنی استفاده می‌کنند که به منحنی مشخصه‌های تزانزیستور معروف است.

کارخانه‌های سازنده برای یک ترانزیستور، تعداد زیادی منحنی‌های مشخصه در اختیار مشتریان قرار می دهند. از میان منحنی‌های داده شده توسط کارخانه‌ی سازنده، سه منحنی از اهمیت خاصی برخوردار اسـت که در ادامه به طور خلاصه به شرح آن‌ها می‌پردازیم.

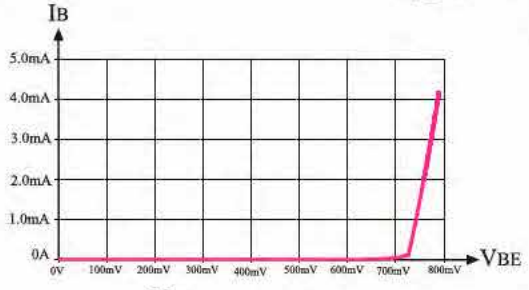
۱-۲-۱ منحنی مشخصه‌ی ورودی

منحنی مشـخصه ی ورودی ترانزیسـتور، بیـان کننده‌ی مقدار جریان ورودی برحسب ولتاژ است ،شکل ۸-۱.



شکل ۸-۱ جریان ورودی ترانزیستور I_B است

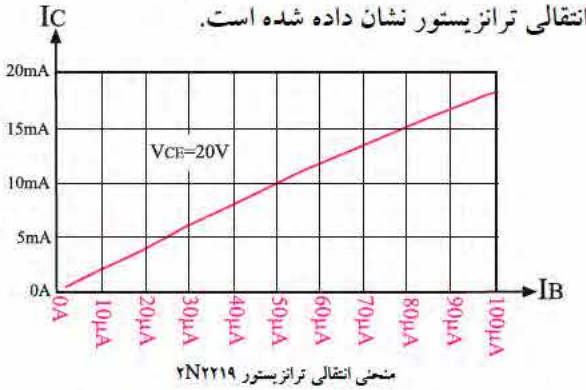
اگـر ورودی ترانزیسـتور را دیـود بیـس- امیتـر در نظربگیریم،منحنی مشـخصه‌ی ورودی ترانزیستور دقیقاً مشابه منحنی مشخصه‌ی « ولت - آمپر» یک دیود می‌شود. در شکل ۹-۱ منحنی مشـخصه‌ی ورودی ترانزیسـتور ۲N۲۲۱۹ نشان داده شده است .



شکل ۹-۱ یک نمونه منحنی مشخصه ورودی ترانزیستور

۱-۲-۲ منحنی مشخصه‌ی انتقالی ترانزیستور

منحنی مشـخصه‌ی انتقالی ترانزیسـتور ، رابطه بین جریان ورودی و جریان خروجی ترانزیستور برای مقادیر ثابت V_{CE} را به ما می‌دهد. در شکل ۱۰-۱یک نمونه منحنی مشخصه‌ی انتقالی ترانزیستور نشان داده شده است.



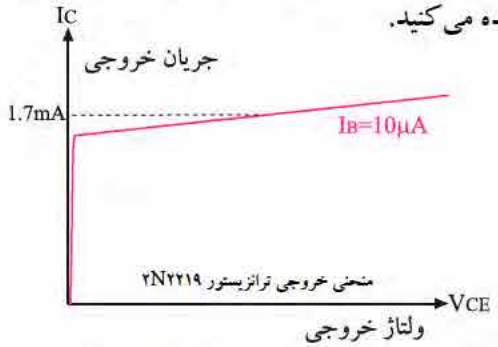
شکل ۱۰-۱ یک نمونه منحنی مشخصه ی انتقالی ترانزیستور

با توجه به منحنی انتقالی نشـان داده شده در شکل ۱۰-۱ اگر $I_B = ۸۰\mu A$ و $V_{CE} = ۲۰V$ باشـد ، جریان کلکتور ترانزیستور برابر $I_C = ۱۵mA$ خواهد شد. در یک ترانزیستور نسـبت جریـان Ic به I_B را بـا حرف β(بتا) نشـان می دهند و آن را ضریـب تقویت جریان می نامند. این مشـخصه یکی از پارامترهای مهم ترانزیسـتور اسـت. **در حقیقت منحنی مشخصه‌ی انتقالی ترانزیستور نشان دهنده‌ی مقدار β است.** مقدار β از رابطه‌ی $\beta = \frac{I_C}{I_B}$ به دست می آید.

۱-۲-۳ منحنی مشخصه‌ی خروجی ترانزیستور

منحنی مشخصه خروجی ترانزیستور ، رابطه بین جریان و ولتاژ خروجی را برای جریان ورودی معین نشان می دهد .

در شکل ۱۱-۱ منحنی مشخصه ی خروجی ترانزیستور را مشاهده می کنید.

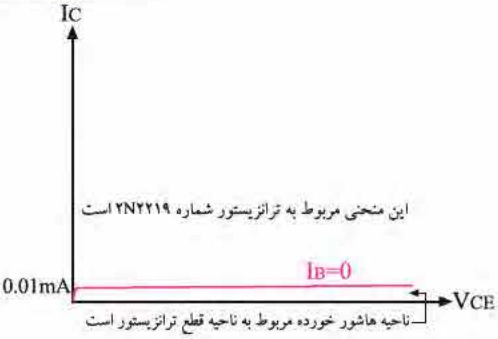


شکل ۱۱-۱- یک نمونه منحنی مشخصه‌ی خروجی ترانزیستور

منحنی مشـخصه ی خروجی ترانزیسـتور شامل سه ناحیه قطع ، فعال و اشباع است .

الـف - ناحیـه‌ی قطع: در این ناحیـه جریان بیس صفر اسـت و ترانزیستور هنوز به آسـتانه هدایت نرسیده است. در ناحیه‌ی قطع روابط زیر برقرار است ، شکل ۱۲-۱ .

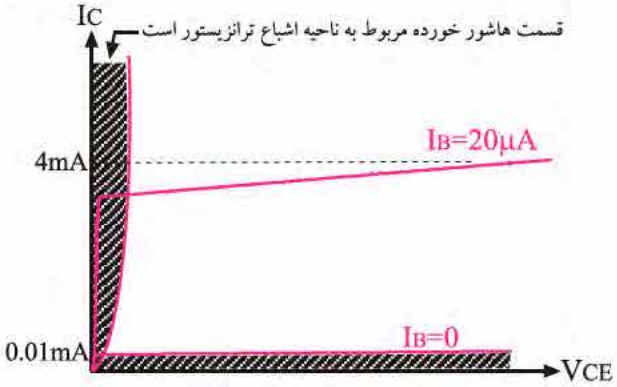
$$I_B = ۰ \ , \ I_C = ۰$$
$$V_{CE} = V_{CC}$$



شکل ۱۲-۱ ناحیه قطع در منحنی مشخصه‌ی خروجی ترانزیستور

ب - ناحیه‌ی اشباع: ناحیه‌ای است که ترانزیستور در حالت هدایت قراردارد ولی با تغییر بسیار کم V_{CE} ، جریان کلکتور (I_C) شدیداً تغییر می‌کند. در ناحیه اشباع روابط زیر برقرار است، شکل ۱۳-۱.

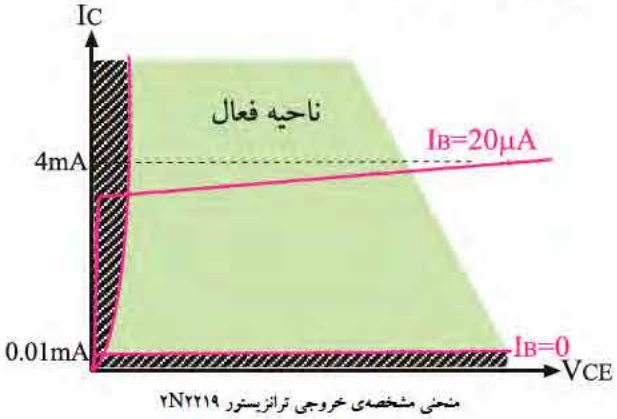
$I_B \neq 0$, $I_C \neq 0$, $V_{CE} = 0/2V$



منحنی مشخصه‌ی خروجی ترانزیستور ۲N۲۲۱۹

شکل ۱۳-۱- ناحیه‌ی اشباع در منحنی مشخصه‌ی خروجی ترانزیستور

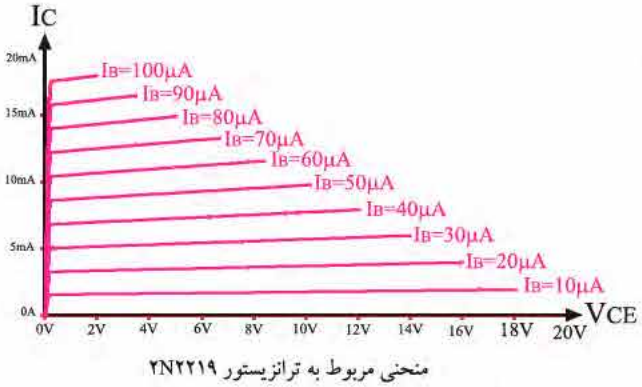
ج-ناحیه‌ی فعال: در این ناحیه ترانزیستور درحالت هدایت قرار دارد و با تغییرات V_{CE} ، جریان کلکتور چندان تغییر نمی‌کند، شکل ۱۴-۱.



منحنی مشخصه‌ی خروجی ترانزیستور ۲N۲۲۱۹

شکل ۱۴-۱- ناحیه‌ی فعال در منحنی مشخصه‌ی خروجی ترانزیستور

کارخانه‌های سازنده قطعات الکترونیکی معمولاً منحنی مشخصه‌ی خروجی را برای تعدادی از مقادیر I_B در اختیار مصرف کنندگان قرار می دهند . شکل ۱۵-۱ منحنی مشخصه‌ی خروجی یک ترانزیستور را برای تعدادی از مقادیر I_B نشان می دهد.



منحنی مربوط به ترانزیستور ۲N۲۲۱۹

شکل ۱۵-۱ منحنی مشخصه ی خروجی ترانزیستور برای چند I_B

۱-۳ آزمایش شماره ۱

عملکرد ترانزیستور

زمان اجرا : ۳ ساعت آموزشی

۱-۳-۱ هدف آزمایش : بررسی تغییرات جریان بیس روی جریان کلکتور

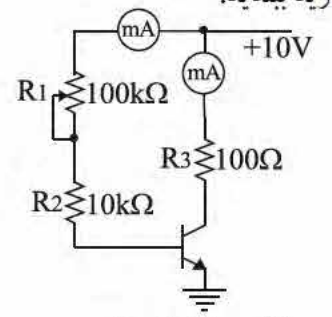
۱-۳-۲ تجهیزات، ابزار،قطعات ومواد موردنیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	منبع تغذیه ۰۱۵ V - ۱A	یک دستگاه
۲	مولتی‌متر دیجیتالی	یک دستگاه
۳	ترانزیستورBC۱۰۷، BC۱۰۸ یا BC۱۰۹	یک عدد
٤	مقاومت های۱۰۰Ω ، ۱۰kΩ ($\frac{1}{4}$ وات)	هر کدام یک عدد
۵	پتانسیومتر ۱۰۰kΩ	یک عدد
۶	سیم رابط یک سرگیره سوسماری	شش رشته
۷	سیم‌های رابط معمولی	به مقدار کافی

۱-۳-۳ مراحل اجرای آزمایش:

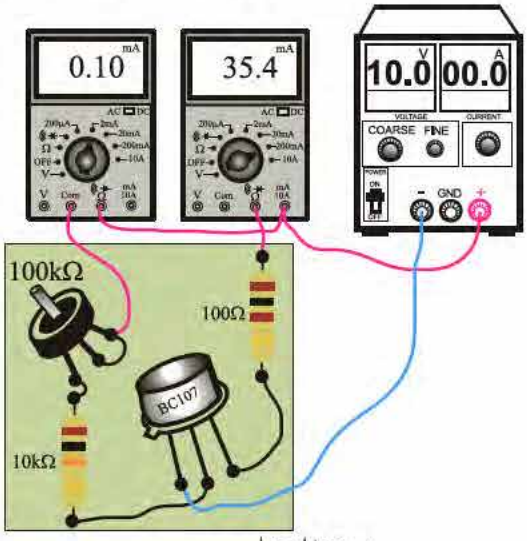
■ منبع تغذیه را با احتیاط به برق وصل کنید و پس از روشن کردن، ولتاژ خروجی آن را روی صفر ولت بگذارید.

■ مدار شکل ۱۶-۱ را روی بـرد بـرد یا برد آزمایشگاهی که در اختیار دارید ببندید.



الف - شماتیک مدار

حالت (۲) حالت (۱)



ب - مدار عملی

شکل ۱۶-۱ مدار مورد آزمایش

■ منبـع تغذیـه را روی ۱۰ ولـت تنظیم کنیـدو آن را خاموش کنید.

■ مولتی‌متر را روی رنج میلی آمپرمتر تنظیم کنید.

■ میلی‌آمپرمتر را مانند (حالت ۱)در مسـیر پتانسـیومتر ۱۰۰kΩ وصل کنید.

■ با تغییر پتانسـیومتر، جریان بیس را طوری تنظیم کنید که میلی‌آمپرمترمقدار ۰/۱ میلی‌آمپر را نشان دهد.

■ میلی آمپرمتر را از مـدار جدا کنید .دراین حالت باید انتهای بالایی پتانسیومتر به ۱۰+ ولت وصل شود.

■ میلی آمپرمتر را مشـابه حالت (۲) در مسـیر مقاومت R_3 اتصال دهید.

■ جریان کلکتور را بخوانید و در جدول ۱-۱ یادداشت کنید.

■ بـا تغییر پتانسـیومتر، جریـان بیس را بـه ترتیب روی ۰/۳ mA ، ۰/۴ mA و ۰/۵ mA تنظیم کنید وبرای هر تنظیم جریان بیس ،جریان کلکتور را بخوانید ودر جدول ۱-۱ یادداشت کنید. جدول ۱-۱

$I_B(mA)$	$I_C(mA)$	$\beta=\frac{I_C}{I_B}$
۰/۱		$\beta_1=$
۰/۲		$\beta_2=$
۰/۳		$\beta_3=$
۰/۴		$\beta_4=$
۰/۵		$\beta_5=$

همان طورکـه از جدول ۱-۱ مشـخص اسـت باافزایش جریان بیس (I_B) جریان کلکتور(I_C) زیاد می شود.

اگـر ایـن آزمایش را تکـرار کنید یا در دماهـای محیط مختلـف انجام دهید ، ممکن اسـت اعداد به دسـت آمده در هر آزمایش با هم تفاوت داشـته باشند. مثلاً در مرحله اول برای I_B = ۰/۱ mA ، مقدار I_C = ۱۰ mA به دسـت می‌آید و بـرای I_B = ۰/۱ mA ، ممکن اسـت I_C= ۱۱ mA شود. این امر کاملاً طبیعی است ، زیرا مشـخصات ترانزیستور تابع حرارت اسـت وبا تغییـرات دما ممکن است این مقادیر تا میزان ۱۰۰ درصد نیز تغییر کند.

همان طور که قبلاً گفته شـد، نسـبت جریان I_C به I_B را ضریب تقویت جریان ترانزیسـتور می‌نامند و آن را با حرف β (بتا – Beta) مشخص می کنند.

$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

$$\beta = \frac{\text{جریان خروجی}}{\text{جریان ورودی}}$$

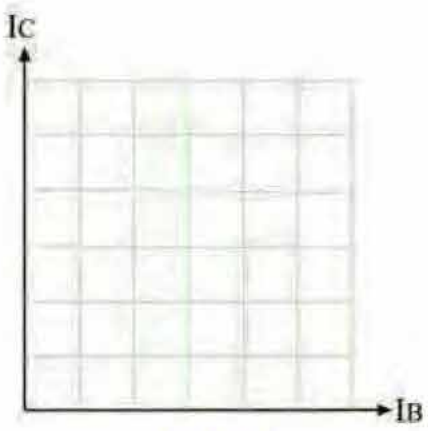
با توجه به جدول ۱-۱ ضریب تقویت جریان ترانزیستور در هرمرحله را محاسبه کنید و در جدول ۱-۱ بنویسید.

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{\square}{۰/۳\text{mA}} = \square$$

سوال ۱: آیا مقدار β به دست آمده در مراحل مختلف در جدول ۱-۱ باهم برابر است ؟ توضیح دهید.

در یک ترانزیستور معمولی ، تغییرات جریان کـم بیس باعـث تغییـرات زیـادی در جریان کلکتور می شود.

سوال ۲: در این آزمایش مطابق جدول ۱-۱ با تغییر دادن I_B ، مقـدار جریان I_C تغییر کرده اسـت. به کمک نقطه‌یابی منحنی I_C را به صورت تابعی از I_B در نمودار شـکل ۱۷-۱ با مقیاس مناسب رسم کنید.



شکل ۱۷-۱

سـوال ۳: ایـن منحنی مشـخصه کدام یـک از منحنی مشخصه‌های ترانزیستور است ؟

۱-۳-۴ نتایج آزمایش

آن چـه را که در ایـن آزمایش فراگرفته ایـد به اختصار شرح دهید ؟

۴-۱ آزمایش شماره ۲
ولتاژبندی یا بایاسینگ ترانزیستور
زمان اجرا: ۳ ساعت آموزشی

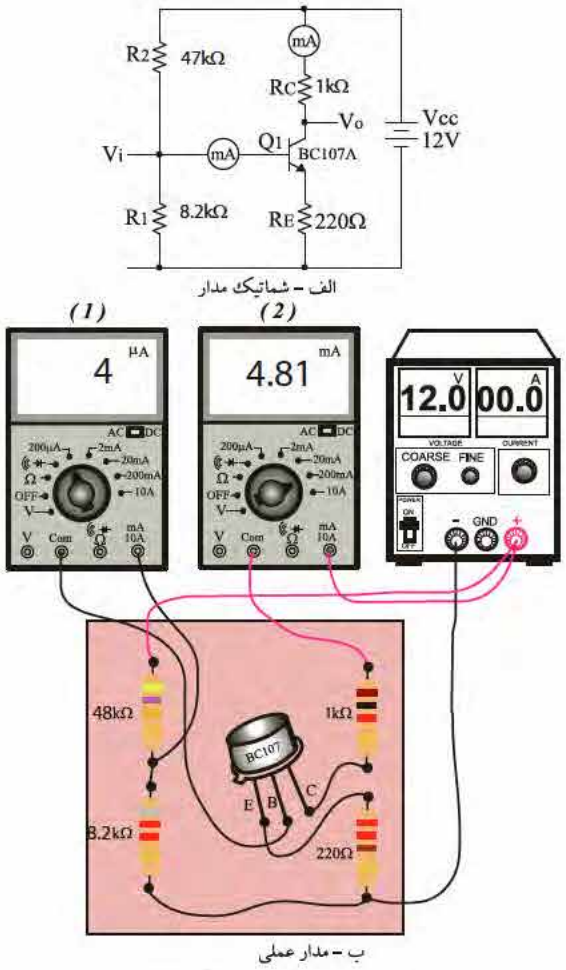
۱-۴-۱ هدف آزمایش : اندازه‌گیری ولتاژ و جریان‌های DC (نقاط کار) یک ترانزیستور بایاس شده.

۱-۴-۲ تجهیزات،ابزار، قطعات ومواد مورد نیاز

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	منبع تغذیه ۱A - ۰۱۵ V	یک دستگاه
۲	مولتی‌متر دیجیتالی	یک دستگاه
۳	برد برد آزمایشگاهی	یک قطعه
۴	ترانزیستورBC۱۰۷ یا BC۱۰۸ یا BC۱۰۹	یک عدد
۵	مقاومت‌های ۴۷kΩ، ۱KΩ، ۸/۲KΩ،۲۲۰Ω (۱/۴ وات)	هرکدام یک عدد
۶	سیم رابط یک سرگیره سوسماری	شش رشته
۷	سیم رابط معمولی ۵۰ سانتی متری	چهار رشته

۱-۴-۳ مراحل اجرای آزمایش :

- منبع تغذیه را با احتیاط کامل به برق شهر وصل کنید.
- منبع تغذیه را روشن کنید و ولتاژ خروجی آن را روی صفر ولت قرار دهید.
- مدار شکل ۱۸-۱ را روی برد برد آزمایشگاهی ببندید.
- ولتاژ خروجی منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید.



الف - شماتیک مدار

ب - مدار عملی

شکل ۱۸-۱ مدار مورد آزمایش

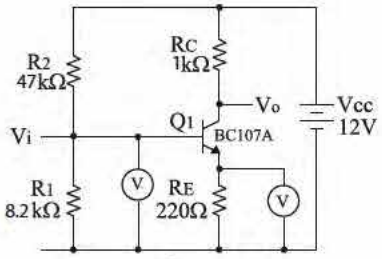
- مولتی‌متر دیجیتالی را روی رنج میلی آمپرمتر تنظیم کنید.
- میلی آمپرمتر را در حالت (۱) روی رنج ۲ mA قراردهید و به بیس ترانزیستور Q_1 وصل کنید.
- جریان بیس ترانزیستور Q_1 را بخوانید و یادداشت کنید.

$$I_B = ...\mu A$$

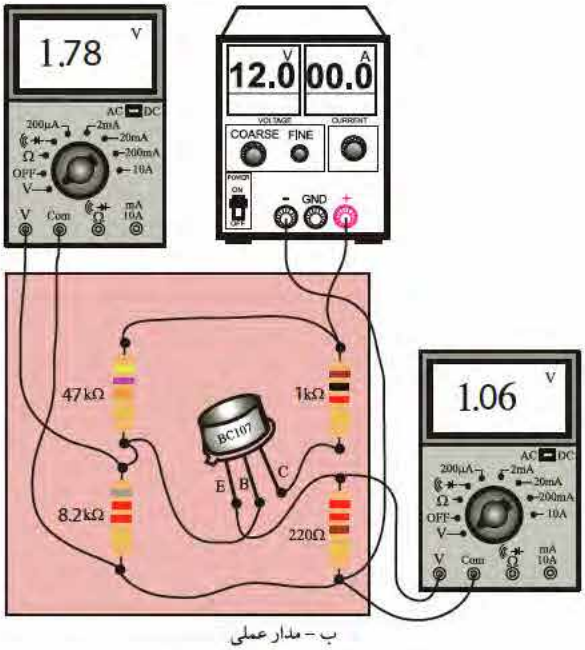
- میلی آمپر متر را از بیس ترانزیستور جدا کنید.
- رنج میلی آمپر متر را روی ۲۰ mA قرار دهید و آن را در مسیر کلکتور ترانزیستور Q_1 (بین مقاومت ۱K Ω ومثبت منبع تغذیه) وصل کنید، حالت (۲).
- جریان کلکتور ترانزیستور Q_1 را بخوانید و یادداشت کنید.

$$I_C = ...mA$$

- ولتاژ خروجی منبع تغذیه را به صفر ولت برگردانید.
- میلی آمپرمتر را از مدار جدا کنید.
- مدار شکل ۱۹-۱ را روی برد برد آزمایشگاهی ببندید.



الف - شماتیک مدار



ب - مدار عملی

شکل ۱۹-۱ مدار مورد آزمایش

- ولتاژ خروجی منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید.
- به کمک ولت‌متر دیجیتالی ولتاژهای داده شده درجدول ۲-۱ را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.
- مشخصات نقطه‌ی کار ترانزیستور را بنویسید.

جدول ۲-۱ - مقادیر ولتاژ نقاط مختلف تقویت کننده.

V_B = ...V (ولتاژ بیس نسبت به زمین یا خط مرجع)
V_C = ...V (ولتاژ کلکتور نسبت به زمین یا خط مرجع)
V_E = ...V (ولتاژ امیتر نسبت به زمین)
V_{CE} = ...V (ولتاژ بین کلکتور و امیتر)
V_{BE} = ...V (ولتاژ بین بیس وامیتر)
V_{BC} = ...V (ولتاژ بین بیس و کلکتور)

نقطه کار ترانزیستور:

I_B = ...mA, I_C = ...mA

V_{BE} = ...V, V_{CE} = ...V

سوال ۴: در این آزمایش با توجه به نقطه‌ی کار به دست آمده ترانزیستور در کدام ناحیه کار قرار دارد؟ توضیح دهید.

سوال ۵: در یک تقویت‌کننده‌ی معمولی، V_{CE} تقریباً چند درصد V_{CC} است؟ توضیح دهید.

۱-۴-۴- نتایج آزمایش

آن چه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

۱-۵ نام‌گذاری ترانزیستورها

برای نام‌گذاری ترانزیستورها، سه روش رایج در دنیا وجود دارد ولی تعدادی از سازندگان قطعات الکترونیکی از سیستم‌های نام گذاری خاص خود استفاده می‌کنند. مثلاً حروف اول شرکت سازنده را روی ترانزیستور می‌نویسند یا حتی به صورت پیش شماره می‌آورند. روش های رایج نام‌گذاری عبارتند از :

الف :روش ژاپنی

ب : روش اروپایی

پ : روش امریکایی

در این قسمت، روش های رایج نام‌گذاری را به طور خلاصه شرح می‌دهیم.

۱-۵-۱ روش ژاپنی

در این روش نام‌گذاری، نام ترانزیستور با پیش وند 2S شروع می‌شود و به دنبال آن یکی از حروف A ، B ، C ، D می آید که هر کدام از حروف مفاهیمی به شرح زیر دارند .

A : ترانزیستور PNP ودر فرکانس‌های زیاد نیز می‌تواند کار کند.

B : ترانزیستور PNP و در فرکانس‌های کم نیز می تواند کار کند.

C : ترانزیستور NPN و در فرکانس‌های زیاد نیز می‌تواند کار کند.

D : ترانزیستور NPN ودر فرکانس‌های کم نیز می‌تواند کار کند.

بعد از این حروف تعداد ۲ ، ۳ یا ۴ رقم عدد قرار می گیرد که با مراجعه به جدول مشخصات ترانزیستورها می‌توان مشخصات ترانزیستور را استخراج کرد . برای مثال ترانزیستور ۲SC۸۲۹ ، ترانزیستور NPN است و در فرکانس‌های زیاد نیز به خوبی کار می کند .سایر مشخصات این ترانزیستور را می توان با مراجعه به جدول مشخصات ترانزیستورها استخراج کرد، شکل ۲۰-۱.

شکل ۲۰- ۱ نام‌گذاری ترانزیستور به روش ژاپنی

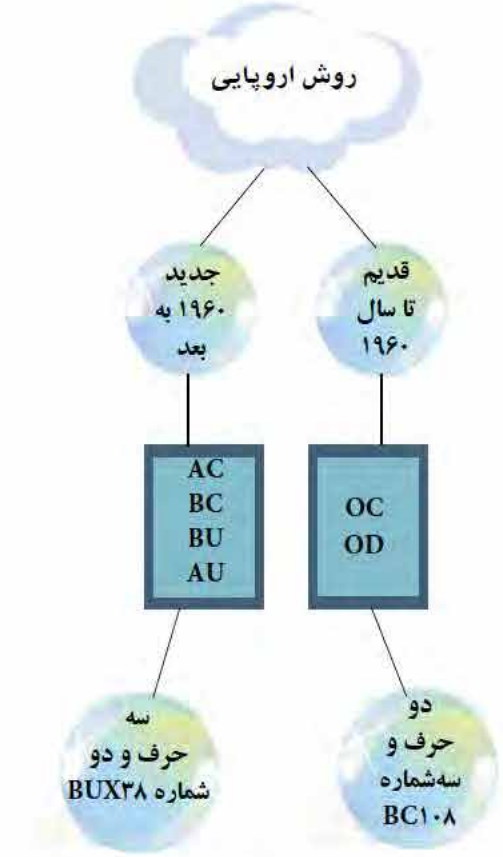
برای بیان نام ترانزیستورهای ژاپنی در بسیاری از موارد حروف 2S را بیان نمی‌کنند و آن را به صورت C۸۲۹ نمایش می‌دهند .

۱-۵-۲ روش اروپایی

در نام‌گذاری به روش اروپایی ، تا سال ۱۹۶۰ میلادی ترانزیستور ها را با پیش وند OD ، OC با دو ، سه یا چهار رقم به دنبال آن مشخص می کردند . حروف OC برای

ترانزیستورهای کم قدرت و OD برای ترانزیستورهای با قدرت بالا به کار می‌روند .

در این نوع نام‌گذاری ، نوع ترانزیستور (NPN ، PNP) جنس نیمه هادی به کار برده شده یا محدوده فرکانسی آن مشخص نمی‌شود. از سال ۱۹۶۰ میلادی به بعد ، شیوه‌ی نام‌گذاری به‌روش بالا تغییر کرد. به این ترتیب ترانزیستورهایی که بیشتر در رادیو و تلویزیون یا وسایل الکترونیکی عمومی به کار برده می‌شدند با دو حرف و سه رقم و ترانزیستورهای خاص با سه حرف و دو رقم مشخص شدند، شکل ۲۱-۱. مثلاً ترانزیستور BUX۳۸ ترانزیستور قدرت با فرکانس بالاست .



شکل ۲۱-۱ روش نام گذاری اروپایی ترانزیستورها

نام گذاری دو حرف وسه رقم

حرف اول در این روش نشان دهنده جنس نیمه هادی است. اگر جنس نیمه هادی ژرمانیوم باشد با حرف A واگر سیلیسیوم باشد با حرف B مشخص می‌شود. حرف دوم یکی از حروف S ، L ، F ، D ، C و یا U است معانی هریک از این حروف در جدول ۳-۱ آمده است

جدول ۳-۱- مشخصات حروف دوم ترانزیستور

C : ترانزیستور با قدرت کم و فرکانس کارکم
D : ترانزیستور با قدرت بالا و فرکانس کارکم
F : ترانزیستور با قدرت کم و فرکانس کارزیاد
L : ترانزیستور با قدرت بالاوفرکانس کارزیاد
S: ترانزیستور با قدرت کم که برای سوییچ به کار می‌رود
U: ترانزیستور با قدرت زیاد که برای سوئیچ به‌کار می‌رود

سه رقم بعدی نشان دهنده سری ترانزیستور است. با استفاده از این سه رقم و جدول مشخصات ترانزیستورها ، می‌توان سایر مشخصات ترانزیستور را استخراج کرد.

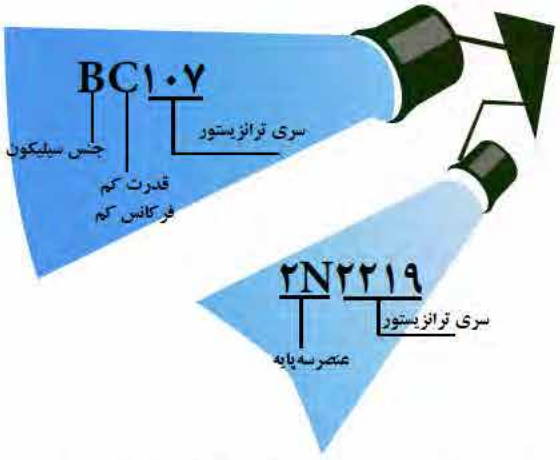
مثلاً در ترانزیستور BC۱۰۷ ، جنس نیمه هادی سیلیسیوم (B) است و ترانزیستور با قدرت کم کار می کند و فرکانس کار آن کم (C) است .

دراین‌روش نام‌گذاری ، نوع‌ترانزیستور(NPN ، PNP) ازروی حروف ترانزیستور مشخص نمی‌شود.

۳-۵-۱ روش آمریکایی

دراین روش نام‌گذاری ، ترانزیستورها و کلیه المان‌های سه قطبی یعنی المان‌هایی که سه پایه دارند را با ۲N مشخص می‌کنند و تعدادی رقم را به عنوان سری ترانزیستور به دنبال آن می‌آورند. حرف N عدد۲ (۲ N) فقط نشان می دهد که المان از هر نوعی که باشد سه پایه دارد. سایر مشخصات قطعه مانند نوع قطعه مثلاً ترانزیستور ، ترایاک ، تریستور را

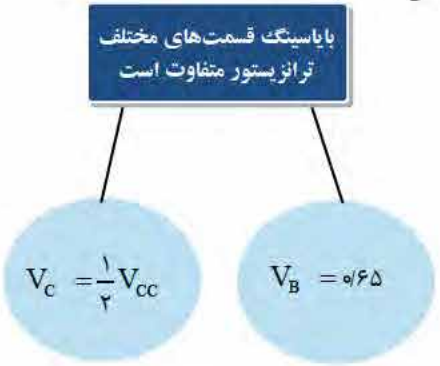
نیـز نمی‌توان از روی حرف و اعداد اختصاص داده شـده به ترانزیستور مشخص کرد.



شکل ۲۲-۱ روش نام گذاری آمریکایی و اروپایی ترانزیستور

۶-۱ بایاسینگ ترانزیستور

برای این که یک ترانزیسـتور درسـت کار کند، ابتدا باید مقادیـر ولتاژ و جریان DC ترانزیسـتور را تامین کنیم. تامین ولتاژ پایه های ترانزیسـتور را بایاسـینگ ترانزیستور می‌نامند. ولتاژی که باید به قسمت‌های مختلف یک ترانزیستور یا یک مدار ترانزیستوری اعمال شود با توجه به نوع و کار مدار است. مثلاً در شـرایطی لازم است مقدار ولتاژ بیس امیتر ترانزیستور حدود ۰/۶۵ ولت و ولتاژ کلکتور امیتر آن (V_{CE}) ، $\frac{۱}{۲} V_{CC}$ باشد، شکل ۲۳-۱.

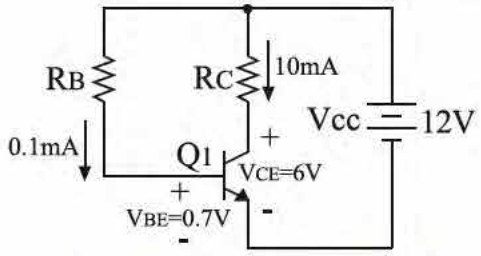


شکل ۲۳-۱ بایاسینگ ترانزیستور

برای تامین ولتاژهای مورد نیاز برای قسـمت‌های مختلف یـک تقویت‌کننده بـه کمک فقط یک منبع تغذیـه ، باید از تقسیم کننده های مقاومتی اهمی استفاده کنیم . برای این منظور مقاومت های اهمی را به صورت های مختلف‌به تقویت کننده می بندیم و با ایجاد افت ولتاژ کافی ، ولتاژ و جریان‌های DC موردنیاز را به دسـت می آوریم. یادآور می‌شـود که انتخاب مقاومت‌ها ، هدف‌های دیگری مانند تعیین امپدانس ورودی ، امپدانس خروجی ، بهره‌ی ولتاژ را نیز در برمی گیرد .

برای این که بـا مقاومت های اهمی بتوانیم افت ولتاژهای موردنیاز را ایجاد کنیم مثال سـاده زیر را مورد بررسـی قرار می‌دهیم .

مثال۱ : اگربخواهیم در مدار ترانزیستورشکل ۲۴-۱ مقادیر $I_B = ۰/۱mA$, $I_C = ۱۰ mA$ ، $V_{BE} = ۰/۷V$ ، $V_{CE} = ۶V$ باشـد ،مقدار مقاومت‌هایی که باید به ترانزیستور اتصال داده شود را محاسبه کنید .



شکل ۲۴-۱ نمونه‌ای از بایاسینگ مستقیم

حل: از روی شکل ۲۴-۱ روابط را می‌نویسیم:

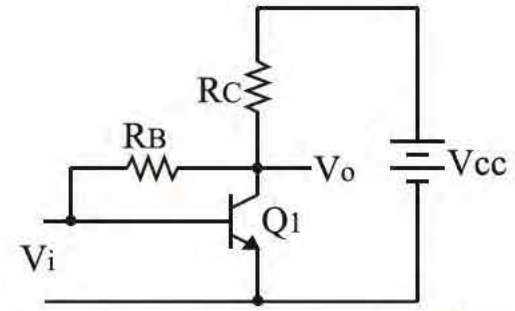
طبق قانون KVL در حلقه‌ی خروجی (V_{CE} ، R_C ، V_{CC})

$$V_{CC} = R_C I_C + V_{CE}$$
$$۱۲ = R_C \times ۱۰mA + ۶$$
$$R_C = \frac{۱۲-۶}{۱۰mA} = ۶۰۰\Omega$$

طبق قانون KVL در حلقه‌ی ورودی (V_{BE} ، R_B ، V_{CC})

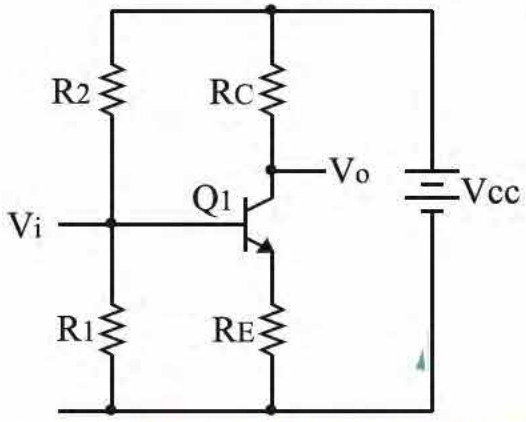
$$V_{CC} = R_B I_B + V_{BE}$$
$$۱۲ = R_B \times ۰/۱mA + ۰/۷$$
$$R_B = \frac{۱۲-۰/۷}{۰/۱} = ۱۱۳k\Omega$$

مقادیر V_{CE} ، V_{BE} ، I_B و I_C در یک ترانزیسـتور را نقطه کار ترانزیسـتور مـی نامند . برای تأمین ولتـاژ و جریان DC مورد نیاز علاوه برمدار شـکل ۲۴-۱ از مدارهای دیگری نیز اسـتفاده می شـود. در شـکل ۲۵-۱ یک نمونه دیگر از مدار بایاسـینگ ترانزیستور نشان داده شـده است. این نوع مدار را **مدار بایاسینگ کلکتور ـ بیس** می نامند .



شکل ۲۵-۱ یک نمونه‌ی دیگری از بایاسینگ ترانزیستور (بایاسینگ کلکتور- بیس)

یکی از رایج ترین نوع بایاسینگ ترانزیستور ،مدار شکل ۲۶-۱ است این مدار را **بایاسینگ تقسیم کننده ی مقاومتی یا سرخود** می‌نامند .

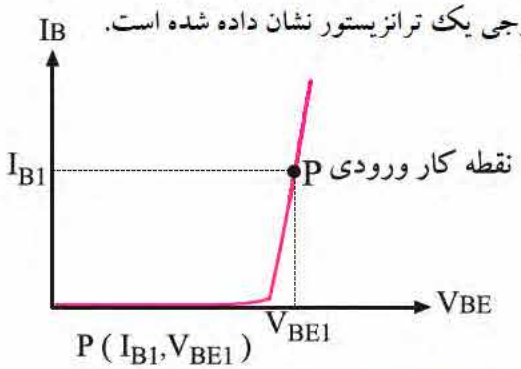


شکل ۲۶-۱ مدار بایاسینگ ترانزیستور از نوع سرخود

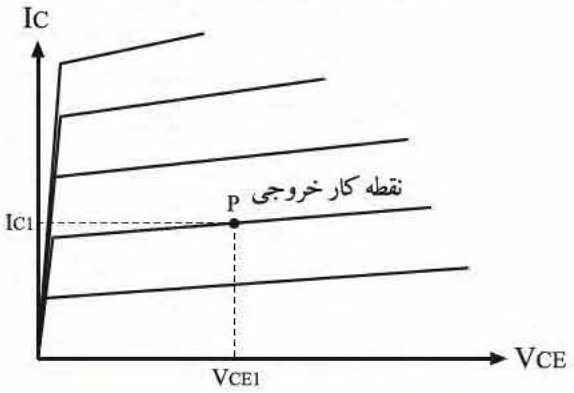
انتخاب هریک از انواع بایاسینگ شکل ۲۴- ۱ یا ۲۵- ۱ یا ۲۶-۱ در یک تقویت کننده بستگی به سایر مشخصات الکتریکی تقویت کننده دارد.

۷-۱ – نقطه‌ی کار و خط بار ترانزیستور

۱-۷-۱ نقطه‌ی کار : به مقادیر DC مربوط به I_B ، I_C و V_{CE} و V_{BE} ترانزیستور نقطه‌ی کار ترانزیستور می گویند. در شکل ۲۷-۱ نقطه‌ی کار ورودی و در شکل ۲۸-۱ نقطه کار خروجی یک ترانزیستور نشان داده شده است.



شکل ۲۷-۱ نقطه‌ی کار ورودی روی منحنی مشخصه‌ی ورودی مشخص شده است

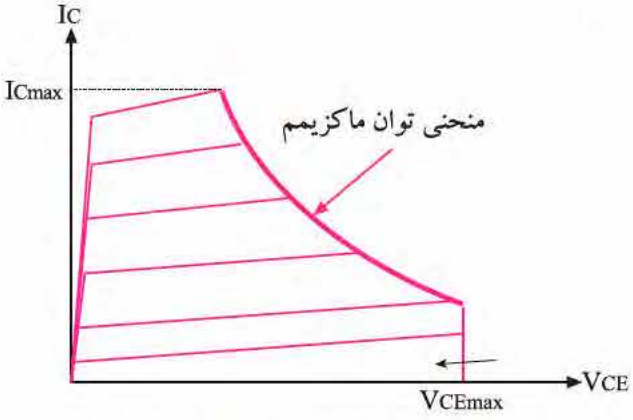


شکل ۲۸-۱ نقطه‌ی کار خروجی یک ترانزیستور

۲-۷-۱ انتخاب نقطه‌ی کار : برای انتخاب نقطه کار ، ابتدا باید محدودیت های ترانزیستور را در نظر گرفت. از جمله محدودیت‌ها می‌توان تحمل توان تلف شده در ترانزیستور، حداکثر جریان کلکتور و حداکثر ولتاژ « کلکتور – امیتر» (V_{CE}) را نام برد. توان تلف شده در ترانزیستور تقریباً برابر $P_D = V_{CE}.I_C$ است. به همین جهت نقطه‌ی کار را باید در محلی انتخاب کنیم که حاصل ضرب V_{CE} در I_C (P_D) از ماکزیمم توان قابل تحمل ترانزیستور کمتر و یا مساوی آن باشد. همچنین نقطه‌ی کار در $I_B = 0$ یعنی منطقه‌ی قطع ترانزیستور یا در نقطه‌ی اشباع ترانزیستور قرار نگیرد. به طور

کلی ضمن رعایت موارد فوق ، نقطه‌ی کار باید در محلی قرار گیرد که بتواند سیگنال را از دو طرف به یک اندازه تقویت کند .

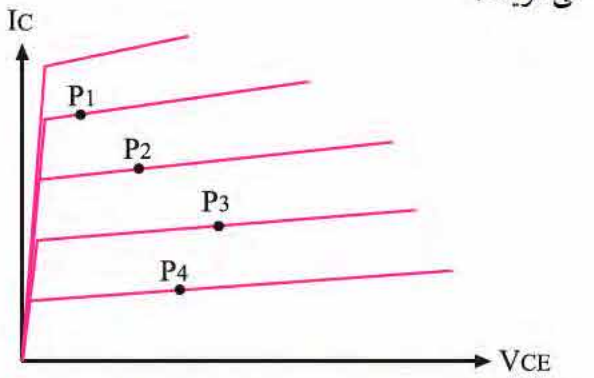
شکل ۲۹-۱ منحنی مشخصه‌ی خروجی ترانزیستور که در آن حداکثر توان مجاز ترانزیستور مشخص شده است را نشان می‌دهد.



شکل ۲۹-۱ محدودیت‌های انتخاب نقطه‌ی کار با توجه به توان مجاز ترانزیستور

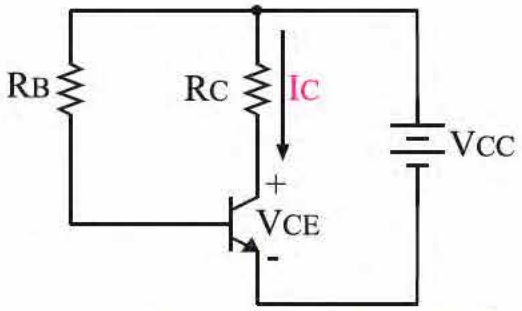
۳-۷-۱ خط بار :

برروی منحنی مشخصه‌ی خروجی ترانزیستور می‌توان نقاط زیادی را به عنوان نقطه‌ی کار انتخاب کرد، شکل ۳۰-۱. با تغییر ولتاژ منبع تغذیه، R_B یا R_C نقطه‌ی کار جدیدی به دست می آید. اگر چند نقطه کار را در حالت‌هایی پیدا کنیم که ولتاژ منبع تغذیه و مقاومت R_C ثابت باشند، ملاحظه می‌کنیم که نقاط مذکور روی یک خط مستقیم قرار می‌گیرد. به این خط مستقیم «خط بار ترانزیستور» می‌گویند .



شکل ۳۰-۱ بر روی منحنی مشخصه خروجی ترانزیستور ، نقاط زیادی را می‌توان به عنوان نقطه کار انتخاب کرد .

برای رسم خط بار می‌توان از معادله‌ی خروجی ترانزیستور استفاده نمود. با توجه به شکل ۳۱-۱ معادله ی ولتاژ خروجی را می نویسیم :



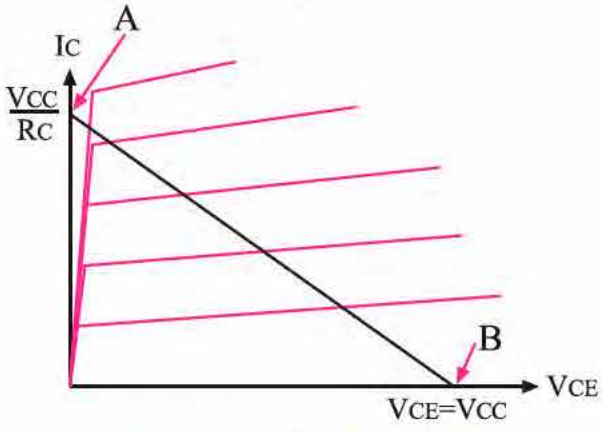
شکل ۳۱-۱ معادله‌ی خروجی تقویت‌کننده به صورت $V_{CC} = R_C I_C + V_{CE}$ است.

چون R_C ثابت و مقادیر I_C و V_{CE} متغیر است، یک‌بار I_C و باردیگر V_{CE} را مساوی صفر در نظر می گیریم. سپس نقاط به دست آمده را به هم وصل می کنیم تا خط بار به دست آید.

$$\text{نقطه A} \begin{cases} V_{CE} = ۰ \\ V_{CC} = R_C . I_C + ۰ \Rightarrow I_C = \dfrac{V_{CC}}{R_C} \end{cases}$$

$$\text{نقطه B} \begin{cases} I_C = ۰ \\ V_{CC} = ۰ \times R_۲ + V_{CE} \Rightarrow V_{CE} = V_{CC} \end{cases}$$

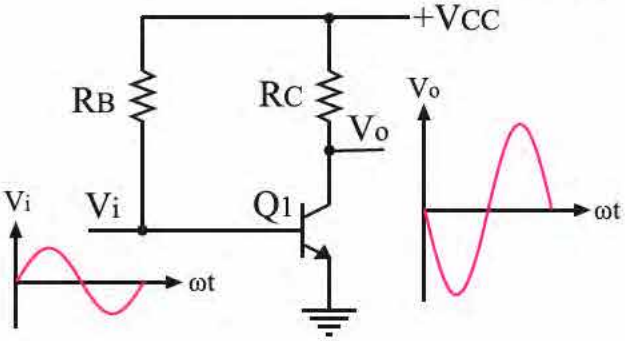
در شکل ۳۲-۱ خط بار یک ترانزیستور که در تقویت کننده شکل ۳۱-۱ به کار رفته است را مشاهده می کنید . با توجه به شرایطی که قبلاً ذکر شد بر روی خط بار می‌توان تعداد زیادی نقطه‌ی کار به دست آورد.



شکل ۳۲-۱ نحوه‌ی ترسیم خط بار

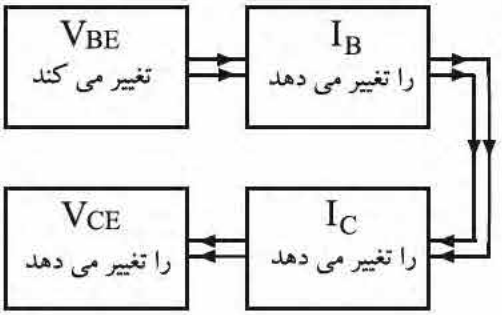
۸-۱ نحوه‌ی تقویت در ترانزیستور

برای این که بتوانیم یک سیگنال الکتریکی را از نظر دامنه یا جریـان تقویت کنیم، باید ابتدا ترانزیسـتور را از نظر ولتاژ DC بایاس کنیم . سپس سیگنال مورد نظر را به ورودی بدهیم و از خروجی تقویت‌کننده، سیگنال تقویت شده را بگیریم. در شکل ۳۳-۱ یک تقویت‌کننده ساده‌ی ترانزیستوری نشان داده شده است .



شکل ۳۳-۱ یک تقویت‌کننده‌ی ساده‌ی ترانزیستوری

در شکل ۳۴-۱ چگونگی تغییر ولتاژ خروجی با تغییر ولتاژ ورودی را مشاهده می کنید.



شکل ۳۴-۱اثر تغییرات V_{BE} بر روی V_{CE}

خازن‌هایی که در مسـیر سـیگنال‌های ورودی و خروجی قرار گرفته اند مانع عبور مقادیر ولتاژ و جریان DC از طبقه‌ای بـه طبقه دیگر می‌شـوند و فقط سـیگنال‌های متغیـر را عبور می‌دهند. ظرفیـت این خازن‌ها در فرکانس‌های صوتی حدود میکروفاراد است .

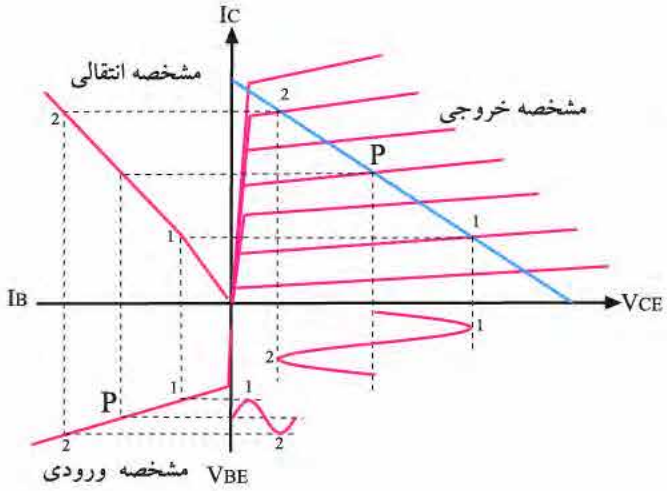
سـیگنال خروجی همان ولتاژ دو سـر «کلکتـور – امیتر» (V_{CE}) است . برای درک چگونگی تقویت سیگنال با توجه به نقطه‌ی کار و خط بار، موضوع را از روی منحنی مشخصه‌های ورودی ، انتقالی و خروجی مورد بررسی قرار می‌دهیم .

سیگنال ورودی به پایه بیس و امیتر اعمال می‌شود بنابراین به ولتاژ DC بین بیـس و امیتر (V_{BE}) یک ولتاژ متغیر اضافه می‌شـود. این ولتاژ متغیر حول نقطه کار ورودی تغییر می کند و با عث تغییر I_B و سـبب تغییر در I_C می‌شـود و تغییرات I_C با توجه به رابطه :

$$V_{CC} = R_C \cdot I_C + V_{CE}$$

(ثابت) (ثابت)

باعـث ایجاد تغییـر در V_{CE} می‌شـود. بنابراین خروجی تقویت‌کننده همان ولتاژ دوسـر کلکتور و امیتر است .مراحل تقویت سیگنال را در شکل ۳۵-۱ مشاهده می کنید.

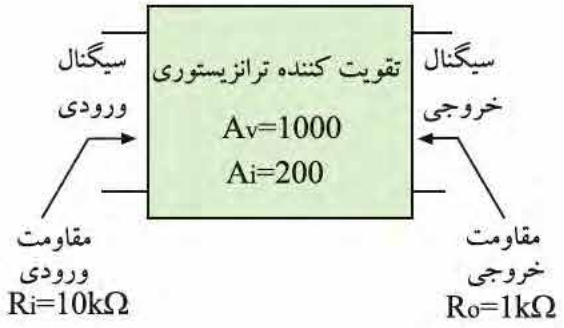


شکل ۳۵-۱ تغییر ولتاژ ورودی (V_{BE}) باعث تغییر I_B و تغییر I_B سبب تغییر I_C می شود. تغییر I_C مقدار V_{CE} را تغییرمی‌دهد

۹-۱مشخصات تقویت‌کننده‌های ترانزیستوری

هـر تقویت‌کننـده‌ی الکترونیکـی دارای یـک سـری مشخصات کلی و عمومی به شرح زیر است :

الف :امپدانس ورودی تقویت کننده
ب : امپدانس خروجی تقویت کننده
ج : بهره‌ی ولتاژ
د : بهره‌ی جریان
هـ: حداقل فرکانس کار (فرکانس قطع پایین)
و : حداکثر فرکانس کار (فرکانس قطع بالا)



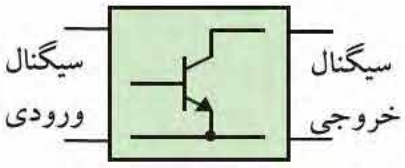
شکل ۳۶-۱ بلوک دیاگرام یک تقویت‌کننده‌ی عمومی

۱۰-۱آرایش ترانزیستور

در تقویت‌کننده‌هـا ، همیشـه یـک پایه ترانزیسـتور بین ورودی و خروجی به صورت مشـترک قـرار می‌گیرد، زیرا ترانزیسـتور سـه پایـه دارد و ما نیاز به دو پایـهٔ ورودی و دو پایـهٔ خروجی داریم . لذا بایـد یکی از پایه‌های ترانزیسـتور به صورت مشـترک بین ورودی و خروجی ترانزیسـتور قرار گیرد.

۱-۱۰-۱ آرایش امیتر مشترک

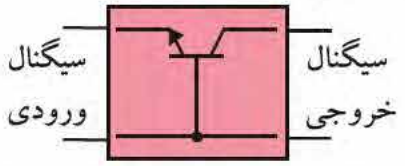
اگـر پایه مشـترک بیـن ورودی و خروجی امیتر باشـد، تقویت‌کننده را امیتر مشـترک می نامند، شـکل ۳۷-۱. علت نام‌گذاری این آرایش به خاطر مشترک بودن پایهٔ امیتر است.



شکل ۳۷-۱ تقویت‌کننده‌ی امیتر مشترک

۲-۱۰-۱ آرایش بیس مشترک

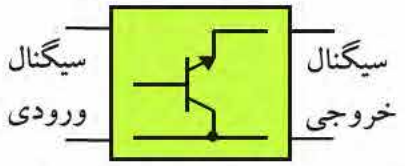
اگـر پایهٔ مشـترک بیـن ورودی و خروجی بیس باشـد، تقویت‌کننده را بیس مشترک می‌نامند، شکل ۳۸-۱ .



شکل ۳۸-۱ تقویت‌کننده بیس مشترک

۳-۱۰-۱ آرایش کلکتور مشترک

چنان چه پایهٔ مشـترک بیـن ورودی و خروجی کلکتور باشد، تقویت‌کننده را کلکتور مشترک می‌نامند.



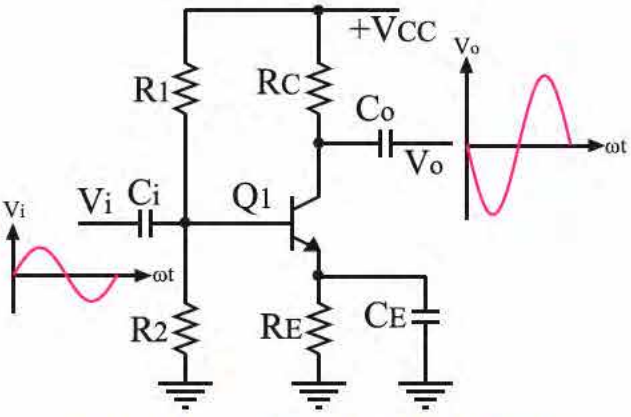
شکل ۳۹-۱- تقویت‌کننده‌ی کلکتور مشترک

نکته مهم:

منظور از مشـترک بودن یـک پایه‌ی ترانزیسـتور اشـتراک از نظـر AC اسـت ، لذا اگر پایـه‌ای از نظر DC به منبع تغذیه متصل باشـد چون قطب‌های منبع تغذیه با خازن داخلی آن از نظر AC اتصال کوتاه می‌شود آن پایه مشترک است .

مشـخصات تقویت‌کننـده هـای امیتـر مشـترک ، بیس مشـترک و کلکتور مشـترک با هـم متفاوت اسـت. در این

قسمت به بررسی مشخصات کلی و عمومی تقویت‌کننده‌ی امیتر مشترک می‌پردازیم . در شکل ۴۰-۱ یک نمونه تقویت کننده امیتر مشترک نشان داده شده است . در این تقویت کننده ، سیگنال ورودی را به پایه بیس اعمال می کنیم و سیگنال خروجی را از پایه کلکتور می گیریم.



شکل ۴۰-۱ یک نمونه تقویت کننده‌ی امیتر مشترک

مشخصات تقویت‌کننده امیتر مشترک به شرح زیر است :

الف :بهره‌ی ولتاژ ($\frac{V_o}{V}$) بیشتر از یک

ب :بهره‌ی جریان ($\frac{I_o}{I}$) بیشتر از یک

ج : مقاومت ورودی آن متوسط است (در حدود چند کیلو اهم)

د: مقاومت خروجی آن متوسط‌است(درحدودچندکیلو اهم)

هـ: بین سیگنال ورودی وخروجی آن ۱۸۰ درجه اختلاف فاز وجود دارد.

دلیل وجود اختلاف فاز ۱۸۰ درجه بین ورودی و خروجی این است که وقتی دامنه سیگنال ورودی زیاد می‌شود، V_{BE} نیز زیاد می‌شود و مقدار I_B را زیاد می کند .با افزایش I_B مقدار I_C که برابر با βI_B است افزایش می‌یابد. از طرفی مقدار V_{CC} در حلقه‌ی خروجی بین مقاومت R_C و V_{CE} تقسیم می‌شود. چون V_{CC} ثابت است، با زیاد شدن I_C مقدار V_{RC} زیاد و V_{CE} کم می‌شود. این کاهش ولتاژ به معنی وجود اختلاف فاز ۱۸۰ درجه بین ورودی وخروجی است. در صورتی که V_{BE} کم شود عمل عکس اتفاق می‌افتد.

باتوجه به شکل ۴۱-۱داریم:

$$V_{CC} = R_C I_C + V_{CE}$$

ثابت ثابت

۱-۱۱ آزمایش‌شماره ۳

تقویت‌کننده امیتر مشترک

زمان اجرا : ۵ ساعت آموزشی

۱-۱۱-۱هدف آزمایش: بررسی تقویت ولتاژ در تقویت‌کننده‌ی امیتر مشترک

۱-۱۱-۲ تجهیزات،ابزار، قطعات‌ومواد موردنیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۲	اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۳	منبع تغذیه ۱A - ۱۵ V - ۰	یک دستگاه
۴	برد برد آزمایشگاهی	یک قطعه
۵	ترانزیستورBC۱۰۷، BC۱۰۸، BC۱۰۹	یک عدد
۶	مقاومت‌های ۴۷kΩ ،۱KΩ (۱/۴وات) ۸/۲KΩ،۲۲۰Ω،۱۰KΩ	هرکدام یک عدد
۷	خازن ۱۰۰μf	دو عدد
۸	خازن ۴۷μf	یک عدد
۹	سیم رابط یک سرگیره سوسماری	شش رشته
۱۰	سیم رابط معمولی ۵۰ سانتی متری	چهار رشته

۱-۱۱-۳ مراحل اجرای آزمایش:

الف : بررسی تقویت ولتاژ در تقویت‌کننده‌ی امیتر مشترک با خازن بای پاس

- منبع تغذیه را با احتیاط کامل به برق وصل کنید.
- منبع تغذیه را روشن کنید و دامنه خروجی آن را روی صفر ولت بگذارید.
- اسیلوسکوپ را روشن کنید و تنظیم‌های زیر را روی آن انجام دهید.

■ بـه کمک ولوم INTEN نور اشـعه را به مقدار کافی تنظیم کنید.

■ به کمک ولوم FOCUS اشعه را تا حد ممکن نازک (باریک) کنید .

■ کلیدسلکتور TIME/DIVرا روی رنج مناسب قرار دهید.

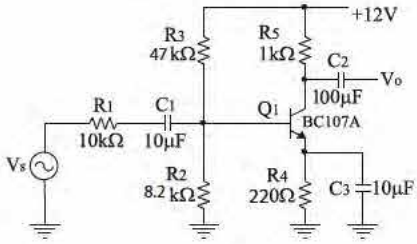
■ ولوم Level را روی صفر بگذارید.

■ ولوم Time variable را در حالت cal قراردهید.

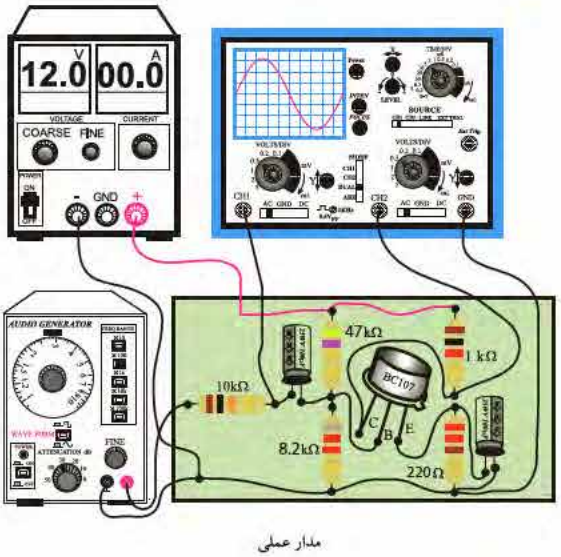
■ ولـوم Volt variable هر دو کانال را در حالت cal بگذارید.

■ کلید AC-GND-DC مربوط به هر دو کانال را در حالت GND قرار دهید.

■ مدارشکل ۴۲-۱را روی‌برد برد ببندید.



شماتیک مدار



مدار عملی

شکل ۴۲-۱ مدار عملی تقویت‌کننده‌ی امیتر مشترک با خازن بای پاس

■ سـیگنال ژنراتور را روشـن کنید. شـکل مـوج ولتاژ خروجی آن را در حالت سینوسی قرار دهید و فرکانس آن را روی ۱KHZ بگذارید. ولوم دامنه خروجی سیگنال ژنراتور را طوری تنظیم کنید که دامنه مشاهده شده مربوط به کانال CH۱ اسیلوسـکوپ روی صفحه حساس برابر با ۵۰ میلی‌ولت باشد.

■ ولتاژ خروجی منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید.

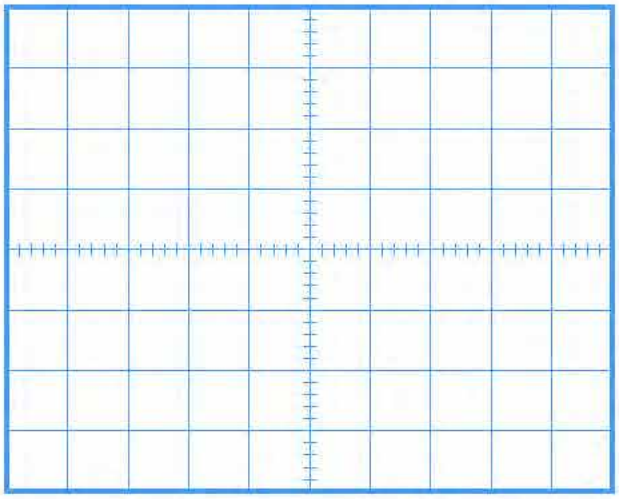
■ کلید MODE اسیلوسکوپ را در حالت ALT قرار دهید.

■ کلید SOURCE اسیلوسـکوپ را در حالت CH۱ بگذارید.

■ مکان صفر اشعه هر دو کانال را در مرکز تنظیم کنید.

■ کلید AC-GND-DC کانـال ۱ CH را در حالت AC قرار دهید.

■ شکل موج ظاهر شده روی صفحه حساس را در نمودار شکل ۴۳-۱ ، با مقیاس مناسب رسم کنید.



شکل ۴۳-۱ شکل موج ولتاژ ورودی تقویت‌کننده

$$Volts/Div = ...V$$

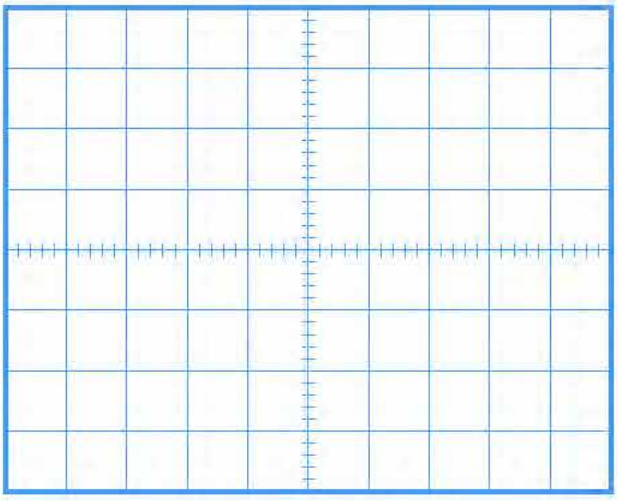
■ ولـوم Volt variable را بـه طـور کامل در جهت حرکت عقربه‌های ساعت بچرخانید.

Vm را از روی شکل موج نشان داده شده روی صفحه حساس به دست آورید.

$V_m = ...V$

■ کلیـد AC-GND-DC کانـال۲ CH را در حالت AC قراردهید.

■ شـکل موج نشـان داده شـده روی صفحه‌ی حساس مربـوط به CH۲ (خروجی تقویت کننـده‌ی) را در نمودار شکل ۴۴-۱ با مقیاس مناسب رسم کنید.



شکل ۴۴-۱ شکل موج ولتاژ خروجی تقویت کننده

■ مقدار V_m برای کانال ۱ و ۲ را از روی شکل ۴۳-۱ و ۴۴-۱ به دست آورید.

Vm را از روی شکل موج نشان داده شده روی صفحه حساس به دست آورید. $V_m = ...V$

■ بهره‌ی ولتاژ تقویت کننده را محاسبه کنید.

$$\text{بهره ولتاژ} = \frac{\text{دامنه سیگنال خروجی}}{\text{دامنه سیگنال ورودی}} = \frac{\square}{\square} = \square$$

■ اختلاف فاز بین سیگنال‌های ورودی و خروجی را با مشاهده‌ی سیگنال‌های ورودی و خروجی به طور تقریبی حدس بزنید و یادداشت کنید.

درجه..... = اختلاف فاز بین سیگنال ورودی و خروجی

ب : بررسی تقویت ولتاژ در تقویت کننده‌ی امیتر مشترک بدون خازن بای پاس

■ وسایل مورد نیاز را آماده کنید.

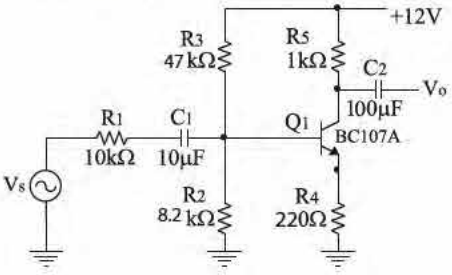
■ منبع تغذیه را با احتیاط کامل به برق وصل کنید.

■ منبع تغذیه را روشن کنید و دامنه خروجی آن را روی صفر ولت تنظیم کنید.

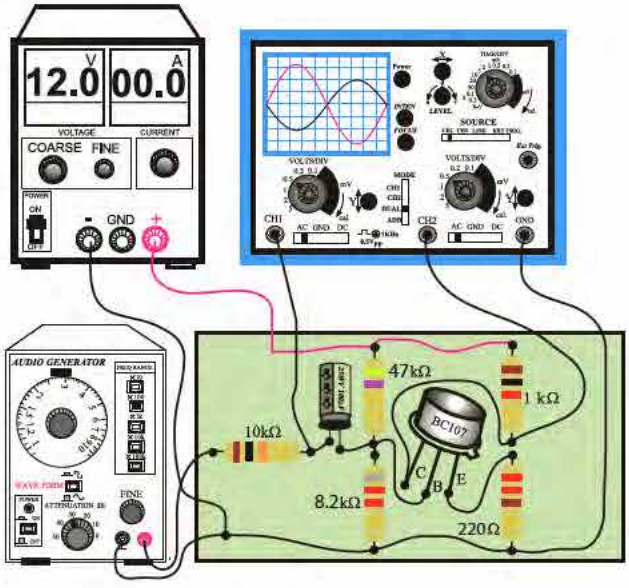
■ اسیلوسکوپ را روشن کنید و تنظیم‌های مربوط به مرحله‌ی الف را روی آن انجام دهید.

■ مدار شکل ۴۵-۱ را روی برد برد آزمایشگاهی ببندید.

■ سیگنال ژنراتور را روشن کنید. شکل موج ولتاژ خروجی را در حالت سینوسی بگذارید و فرکانس را روی ۱KHZ تنظیم کنید. ولوم دامنه‌ی خروجی سیگنال ژنراتور را طوری تنظیم کنید که دامنه‌ی مشاهده شده مربوط به کانال CH۱ اسیلوسکوپ روی صفحه‌ی حساس برابر ۵۰ میلی‌ولت باشد.



شماتیک مدار



مدار عملی

۴۵-۱ مدار عملی تقویت‌کننده‌ی امیتر مشترک بدون خازن بای پاس (CE)

■ ولتاژ خروجی منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید.

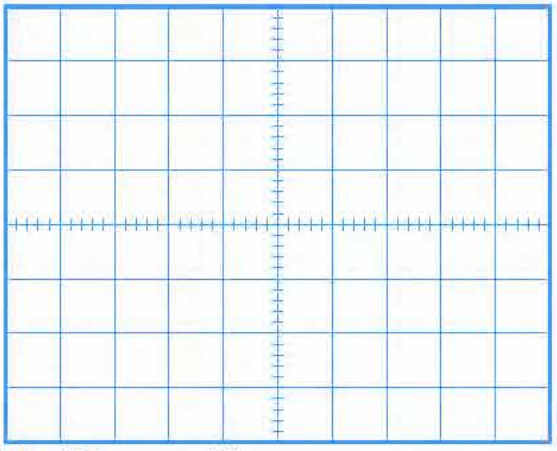
■ کلید MODE اسیلوسکوپ را در حالت ALT قرار دهید.

■ کلید SOURCE اسیلوسکوپ را روی CH۱ بگذارید.

■ مکان صفر اشعه هر دو کانال را در مرکز تنظیم کنید.

■ کلید AC-GND-DC کانال CH۱ را در حالت AC قرار دهید.

■شکل موج ظاهر شده مربوط به کانال CH۱ را در شکل ۴۶-۱ بامقیاس مناسب رسم کنید.



Volts / Div = ...V

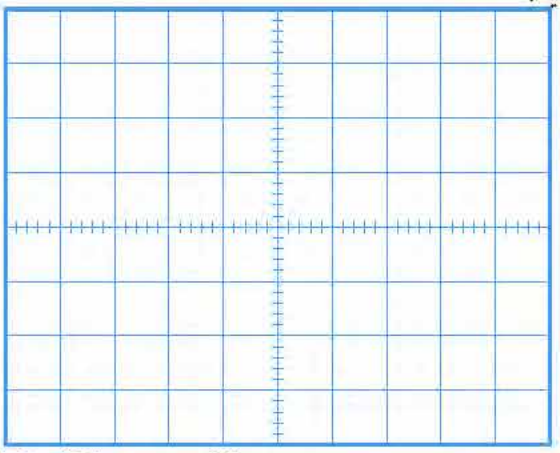
۴۶-۱ شکل موج ولتاژ ورودی تقویت کننده‌ی امیتر مشترک بدون خازن بای پاس

■ولوم Volt variable را به طور کامل در جهت حرکت عقربه‌های ساعت بچرخانید.

Vmرااز روی شکل موج نشان داده شده صفحه‌ی حساس به دست‌آورید. Vm = V

■کلید AC-GND-DC کانال CH۲ را در حالت AC قرار دهید.

■شکل موج ظاهر شده مربوط به کانال CH۲ (خروجی تقویت کننده)را درنمودار شکل ۴۷-۱ با مقیاس مناسب رسم کنید.



Volts / Div = ...V

۴۷-۱ شکل موج ولتاژ خروجی تقویت کننده‌ی امیتر مشترک بدون خازن بای‌پاس

Vm را از روی شکل موج نشان داده شده روی صفحه حساس به دست آورید.

■مقدار Vm برای کانال ۱ و۲ را از روی شکل ۴۶-۱ و ۴۷-۱ به دست آورید.

■بهره‌ی ولتاژ تقویت کننده را محاسبه کنید.

$$\text{بهره ولتاژ} = \frac{\text{دامنه سیگنال خروجی}}{\text{دامنه سیگنال ورودی}} = \frac{\square}{\square} = \text{.....}$$

■اختلاف فاز بین سیگنال‌های ورودی و خروجی را با مشاهده‌ی سیگنال‌های ورودی و خروجی به طور تقریبی حدس بزنید و یادداشت کنید .

درجه = اختلاف فاز بین سیگنال ورودی و خروجی = φ

سوال ۶- چرا بین سیگنال ورودی و خروجی اختلاف فاز وجود دارد ؟ به طور خلاصه توضیح دهید.

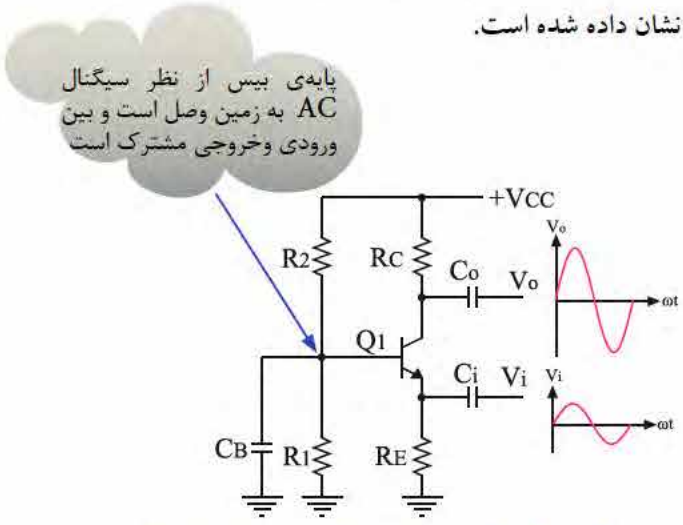
بای‌پاس (C_E در تقویت‌کننده‌ی امیتر مشترک) با یک دیگر تفاوت دارد ؟ توضیح دهید.

۴-۱۱-۱ نتایج آزمایش

آن چـه را که در این آزمایش قـرار گرفته اید به اختصار شرح دهید .

۱۲-۱ تقویت‌کننده‌ی بیس مشترک

در شـکل ۴۸-۱ یک نمونه تقویت کننده بیس مشـترک نشان داده شده است.



شکل ۴۸-۱ یک نمونه تقویت‌کننده‌ی بیس مشترک

دراین تقویت کننده سیگنال ورودی را به پایه امیتر می‌دهیم و سیگنال خروجی را از پایه‌ی کلکتور دریافت می‌کنیم.

مشـخصات تقویت کننده‌ی بیس مشـترک به شـرح زیر است:

الف : بهره ی ولتاژ ($\frac{V_o}{V}$) بیشتر از یک است.

ب :بهره‌ی جریان آن کم تر از یک است.

ج : مقاومت ورودی آن کم‌است.

د: مقاومت‌خروجی آن‌متوسط‌است.

هـ: بین سیگنال ورودی وخروجی آن اختلاف فاز وجود ندارد.

و : پهنای باند آن وسیع تر از تقویت‌کننده‌ی امیتر مشترک و کلکتور مشترک است .

۱-۱۳ آزمایش شماره ۴

تقویت‌کننده‌ی بیس مشترک

زمان اجرا: ۳ ساعت آموزشی

۱-۱۳-۱ هدف آزمایش :

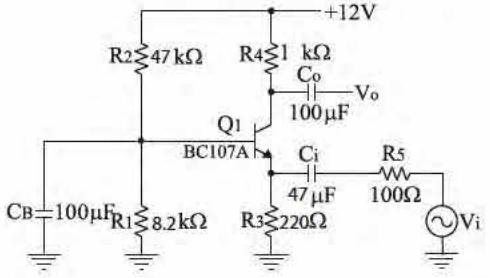
بررسی تقویت ولتاژ تقویت‌کننده‌ی بیس مشترک

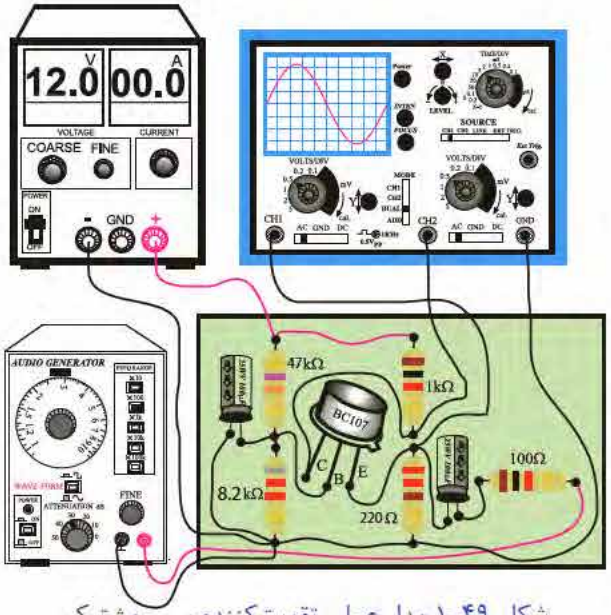
۱-۱۳-۲ تجهیزات،ابزار،قطعات ومواد مورد نیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۲	اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۳	منبع تغذیه ۱A - ۱۵ V - ۰	یک دستگاه
۴	برد برد آزمایشگاهی	یک قطعه
۵	ترانزیستور BC۱۰۷ یا BC۱۰۸ یا BC۱۰۹	یک عدد
۶	مقاومت های ۲۲۰Ω ، ۴۷kΩ ، ۸/۲kΩ،۱۰۰Ω،1kΩ (۱/۴ وات)	هرکدام یک عدد
۷	خازن ۱۰۰μf	دو عدد
۸	خازن ۴۷μf	یک عدد
۹	سیم رابط یک سرگیره سوسماری	شش رشته
۱۰	سیم رابط معمولی ۵۰ سانتی متری	چهار رشته

۱-۱۳-۳ مراحل اجرای آزمایش:

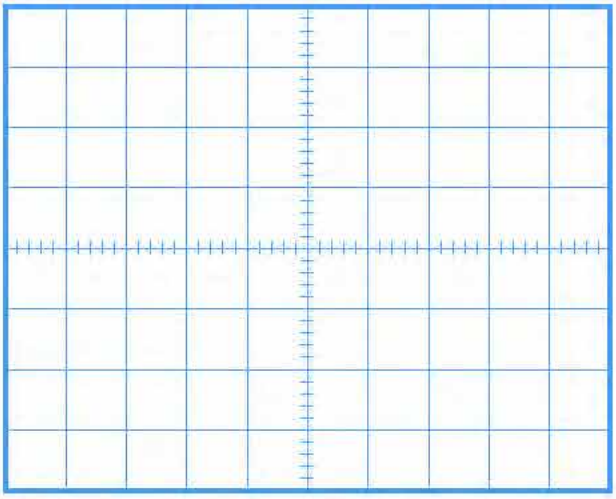
- منبع تغذیه را با احتیاط کامل به برق شهر وصل کنید.
- منبع تغذیه را روشن کنید و دامنه خروجی آن را روی صفر ولت بگذارید.
- اسیلوسکوپ را روشن کنید.
- مدار شکل ۴۹-۱ را روی برد برد آزمایشگاهی ببندید.
- سیگنال ژنراتور را روشن کنید وشکل موج ولتاژ خروجی آن را در حالت سینوسی قرار دهید و فرکانس آن را روی ۱KHZ تنظیم کنید. بعد از بستن مدار ، ولوم دامنه خروجی سیگنال ژنراتور را طوری تنظیم کنید که دامنه‌ی شکل موج مشاهده شده مربوط به کانال CH۱ برابر ۵۰mV باشد.
- ولتاژ خروجی منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید.





شکل ۴۹-۱ مدار عملی تقویت‌کننده بیس مشترک

- کلید MODE اسیلوسکوپ را در حالت ALT قرار دهید.
- کلید SOURCE اسیلوسکوب را در حالت CH ۱ بگذارید.
- مکان صفر اشعه هر دو کانال را در مرکز تنظیم کنید.
- کلید AC-GND-DC کانال CH۱ را در حالت AC قرار دهید.
- شکل موج ظاهر شده مربوط به کانال CH۱ را در نمودار شکل ۵۰-۱ ، با مقیاس مناسب رسم کنید.



Volts / Div = ...V

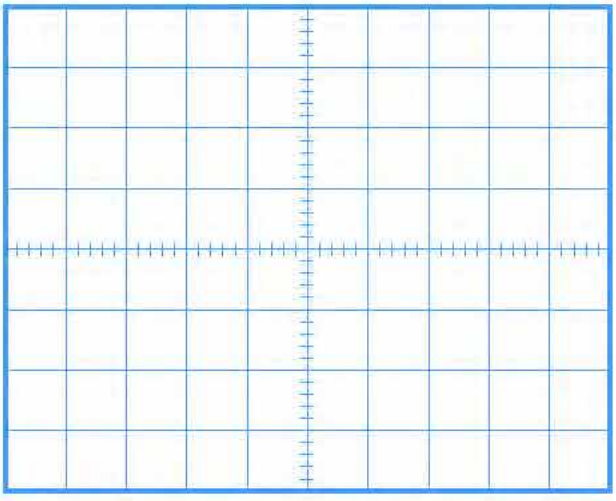
شکل ۵۰-۱ شکل ولتاژ ورودی تقویت کننده

■ولـوم Volt variable را بـه طور کامـل در جهت عقربه‌های ساعت بچرخانید.

Vmرااز روی شکل موج ولتاژ نشان داده شده روی V ..... - Vm صفحه حساس به دست‌آورید.

■کلیـد AC-GND-DC کانال CH۲ را در حالت AC قراردهید.

■شکل موج مربوط به CH۲ (خروجی تقویت کننده) را در نمودار شکل ۵۱-۱ با مقیاس مناسب رسم کنید.



شکل ۵۱-۱ شکل موج ولتاژ خروجی تقویت کننده

Volts / Div = ...V

Vmرااز روی شکل موج نشان داده شده روی V ..... - Vm صفحه حساس به دست‌آورید.

■ بهره‌ی ولتاژ تقویت‌کننده را محاسبه کنید.

$$\text{بهره ولتاژ} = \frac{\text{دامنه سیگنال خروجی}}{\text{دامنه سیگنال ورودی}} = \frac{\square}{\square} = \square$$

■اختلاف فاز بین سـیگنال های ورودی و خروجی را با مشـاهده دو سیگنال ورودی و خروجی به طور تقریبی حدس بزنید و یادداشت کنید.

درجه .....= اختلاف فاز بین سیگنال ورودی و خروجی = φ

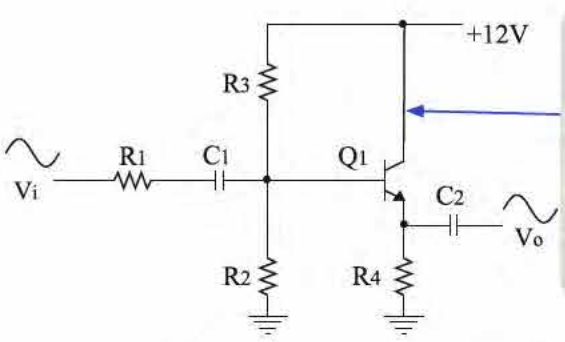
سـوال؟ – چرا بین سیگنال ورودی و خروجی اختلاف فاز وجود ندارد ؟ به طور خلاصه توضیح دهید .

۴-۱۳-۱ نتایج آزمایش

آن چـه را که در ایـن آزمایش فرا گرفته‌ایـد به اختصار شرح دهید.

۱-۱۴ تقویت‌کننده‌ی کلکتور مشترک

در شکل ۱-۵۲ یک نمونه تقویت‌کننده‌ی کلکتور مشترک نشان داده شده است



شکل ۱-۵۲ یک نمونه تقویت‌کننده کلکتور مشترک

در این تقویت کننده ، سیگنال ورودی را به پایه بیس می‌دهیم و سیگنال خروجی را از پایه‌ی امیتر دریافت می کنیم.

مشخصات تقویت‌کننده‌ی کلکتور مشترک به شرح زیر است:

الف : بهره ی ولتاژ آن کم‌تر از یک است.
ب :بهره جریان آن بیش‌تر از یک است.
ج : مقاومت ورودی آن زیاد است.
د: مقاومت خروجی آن کم است.
هـ: بین سیگنال ورودی وخروجی اختلاف فاز وجود ندارد.

۱-۱۵ آزمایش شماره ۵

تقویت‌کننده‌ی کلکتور مشترک

زمان اجرا : ۳ ساعت آموزشی

۱-۱۵-۱ هدف آزمایش :

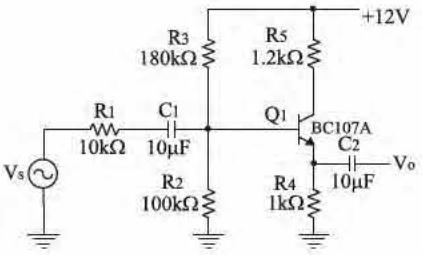
بررسی تقویت ولتاژ تقویت‌کننده‌ی کلکتور مشترک

۱-۱۵-۲ تجهیزات ، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

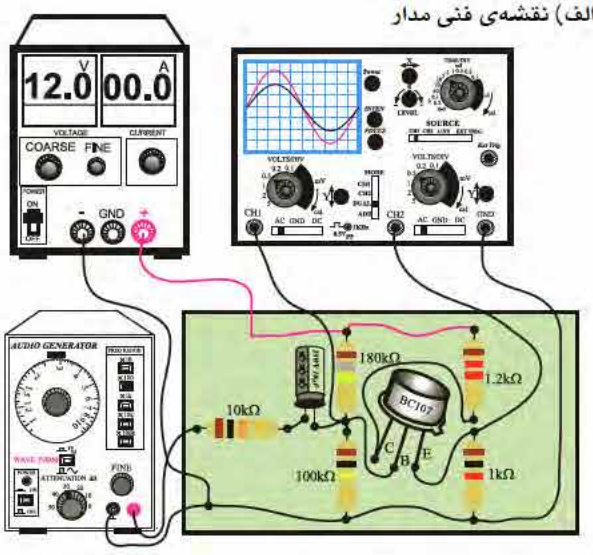
ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۲	اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۳	منبع تغذیه ۱A - ۱۵ V - ۰	یک دستگاه
۴	برد برد آزمایشگاهی	یک قطعه
۵	ترانزیستورBC۱۰۷	یک عدد
۶	مقاومت‌های۱۰KΩ ، ۱۸۰kΩ ۱/۲kΩ،۱۰۰KΩ،۱kΩ (۱/۴ وات)	هر کدام یک عدد
۷	خازن۱۰μf	یک عدد
۸	سیم رابط یک سرگیره سوسماری	شش رشته
۹	سیم رابط معمولی ۵۰ سانتی متری	چهار رشته

۱-۱۵-۳ مراحل اجرای آزمایش:

- منبع تغذیه را با احتیاط کامل به برق وصل کنید.
- منبع تغذیه را روشن کنید و ولتاژخروجی آن را روی صفر ولت تنظیم کنید.
- اسیلوسکوپ را مانند آزمایش(۱)تنظیم کنید.
- کلید AC-GND-DC مربوط به هر دو کانال را در حالت، GND قرار دهید.
- مدار شکل ۱-۵۳ را روی برد برد ببندید.



الف) نقشه‌ی فنی مدار



شکل ۵۳-۱ مدار عملی تقویت‌کننده‌ی کلکتور مشترک

■ سیگنال ژنراتور را روشن کنید . شکل موج ولتاژ خروجی آن را در حالت سینوسی قرار دهید و فرکانس آن را روی ۱KHZ تنظیم کنید ، ولوم دامنه خروجی سیگنال ژنراتور را طوری تنظیم کنید که دامنه‌ی شکل موج مشاهده شده مربوط به کانال CH۱ برابر ۵ ولت باشد .

■ ولتاژ خروجی منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید.

■ کلید MODE اسیلوسکوپ را در حالت ALT قرار دهید.

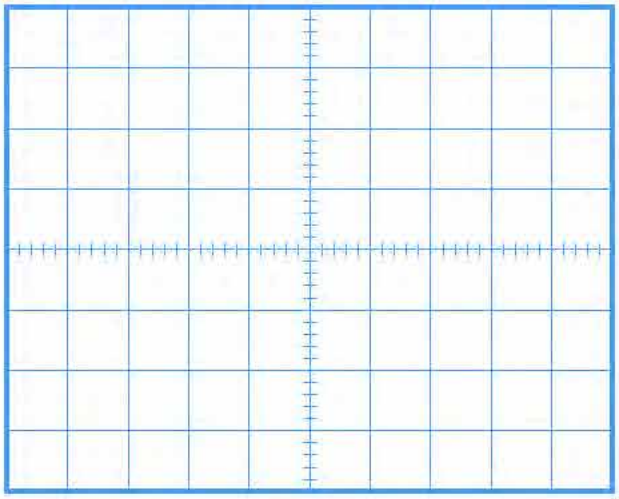
■ کلید SOURCE اسیلوسکوب را درحالت CH۱ بگذارید.

■ مکان صفر اشعه‌ی هر دو کانال را در مرکز صفحه تنظیم کنید.

■ کلید AC-GND-DC کانال CH۱ را در حالت AC قرار دهید.

■ شکل موج ظاهر شده روی صفحه حساس را در نمودار شکل ۵۴-۱ ، با مقیاس مناسب رسم کنید.

■ مقدار Vm ورودی را با استفاده ازنمودار شکل ۵۴-۱ محاسبه کنید.



شکل ۵۴-۱ شکل موج ولتاژ ورودی تقویت کننده

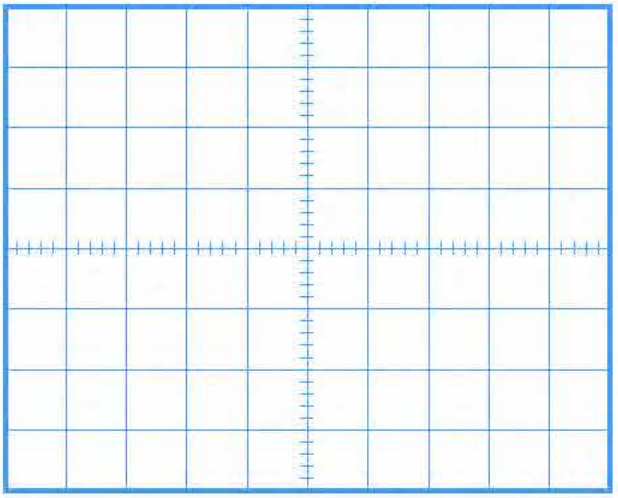
$$Volts / Div = ...V$$

■ ولوم Volt variable را به طور کامل در جهت عقربه‌های ساعت بچرخانید.

Vmرااز روی شکل موج نشان داده شده روی صفحه‌ی حساس به دست‌آورید. Vm = ... V

■ کلید AC-GND-DC کانال CH۲ را در حالت AC قراردهید.

■ شکل موج مربوط به CH۲ (خروجی تقویت کننده) را در نمودار شکل ۵۵-۱ با مقیاس مناسب رسم کنید.



شکل ۵۵-۱ شکل موج ولتاژ خروجی تقویت کننده

Volts / Div = ...V

■ ولوم Volt variable را به طور کامل در جهت عقربه‌های ساعت بچرخانید.

Vmرااز روی شکل موج نشان داده شده صفحه حساس به دست‌آورید. Vm = ... V

■ بهره ولتاژ تقویت کننده را محاسبه کنید.

$$\text{بهره ولتاژ} = \frac{\text{دامنه سیگنال خروجی}}{\text{دامنه سیگنال ورودی}} = \frac{\square\square}{\square\square} = \square$$

■ اختلاف فاز بین سیگنال‌های ورودی و خروجی را با مشاهده دو سیگنال ورودی و خروجی به طور تقریبی حدس بزنید و یادداشت کنید.

درجه = اختلاف فاز بین سیگنال ورودی و خروجی = φ

سوال ۱۰ – چرا بین سیگنال ورودی و خروجی اختلاف فاز وجود ندارد ؟ به طور خلاصه توضیح دهید.

سوال ۱۱ – چرا هنگام مشاهده شکل موج‌ها ، کلید AC-GND-DC اسیلوسکوپ را در حالت AC قرار دادیم ؟ اگر در حالت DC بگذاریم چه اتفاقی می‌افتد ؟به طور خلاصه توضیح دهید .

۴-۱۵-۱ نتایج آزمایش

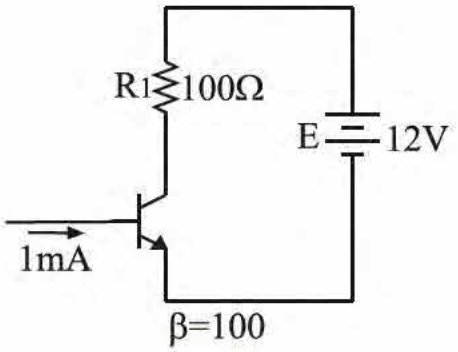
آن چه را که در این آزمایش فرا گرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

آزمون پایانی فصل (۱)

۱- در شکل ۵۶-۱ افت ولتاژ دو سر مقاومت Ω ۱۰۰ چند ولت است؟

الف) ۱۰ ب) ۸

ج) ۶ د) ۴

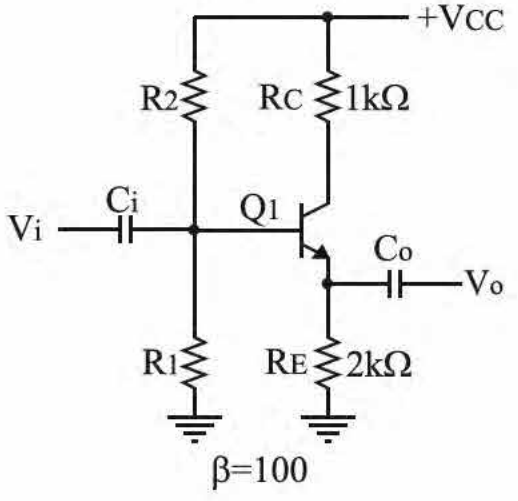


شکل ۵۶-۱

۲- در شکل ۵۷-۱ نسبت ($\frac{V}{V_c}$) کدام است ؟

الف)یک ب) کمتر از یک

ج) دو د)ده



شکل ۵۷-۱

۳- یکی از مشخصه های خوب تقویت کننده‌ی بیس مشترک نسبت به تقویت کننده امیتر مشترک و کلکتور مشترک با یک شماره ترانزیستور کدام است ؟

الف) امپدانس ورودی بیشتر

ب) بهره‌ی ولتاژ بیشتر

ج) پهنای باند بیشتر

د) هر سه مورد

۴- در کدام تقویت کننده بین سیگنال ورودی و سیگنال تقویت شده اختلاف فاز ۱۸۰ درجه به وجود می آید؟

الف) امیتر مشترک

ب) کلکتور مشترک

ج) بیس مشترک

د) هر سه مورد

۵- نحوه‌ی تقویت شدن یک سیگنال الکتریکی را در یک تقویت کننده امیتر مشترک به کمک منحنی‌های مشخصه ترانزیستور شرح دهید.

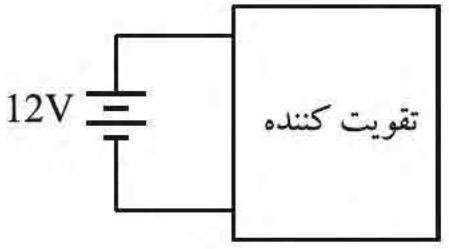
۶-در تقویت کننده امیتر مشترک،بهره ولتاژ ..... است.

الف)کمتر از یک

ب) برابر یک

ج) بیشتر از یک

۷- در تقویت کننده شکل ۵۸-۱ نقش منبع تغذیه DC چیست ؟ خیلی خلاصه توضیح دهید.



شکل ۵۸-۱

۸- در تقویت کننده‌ی بیس مشترک ، بهره‌ی ولتاژ..... است.

الف) کمتر از یک

ب) برابر یک

ج) بیشتر از یک

۹- اختلاف فاز بین سیگنال ورودی وسیگنال خروجی در یک تقویت کننده‌ی بیس مشترک چند درجه است ؟

الف) ۱۸۰ درجه ب) ۹۰ درجه

ج) ۴۵ درجه د) صفر درجه

۱۰- در یک تقویت کننده معمولی کلاس A ، ولتاژ کلکتور امیتر چه نسبتی با ولتاژ تغذیه (V_{CC}) دارد؟

۱۱- در یک تقویت کننده معمولی ، V_{CE} تقریباً چند درصد V_{CC} است ؟

الف) ۲۰

ب) ۷۰

ج) ۹۰

د) ۵۰

۱۲- در تقویت کننده کلکتور مشترک بهره ولتاژ است.

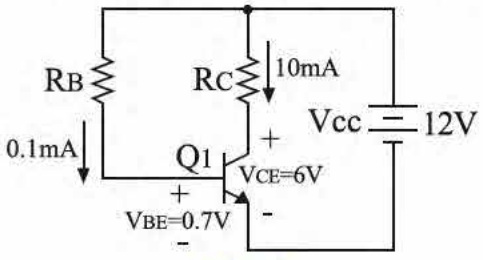
الف) برابر با یک

ب) کمتر از یک

ج) بیش تر از یک

۱۳- مشخصات یک تقویت کننده‌ی امیتر مشترک را بنویسید.

۱۴- در شکل ۵۹-۱ مقاومت های R_C و R_B را محاسبه کنید.



شکل ۵۹-۱