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 نام‌گذاری ترانزیستور را توضیح دهد.
۸- روش‌های مختلف بایاس کردن ترانزیستور را شرح دهد.
۹- نقطهٔ کار و خط بار DC 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 درکلاس 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 – مقاومت

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 می‌کند ؟

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؟

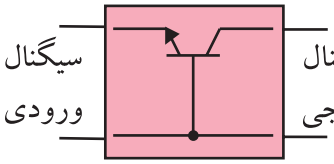
الف) تحمل توان تلف شده

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 تغییرات جریان ورودی بر حسب ولتاژ ورودی 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.

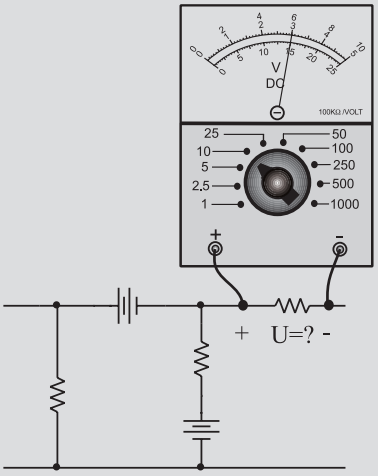
د) منحنی مشخصه‌ی ورودی ترانزیستور ، شامل سه ناحیه قطع، فعال و اشباع است .

نکات ایمنی فصل(۱)

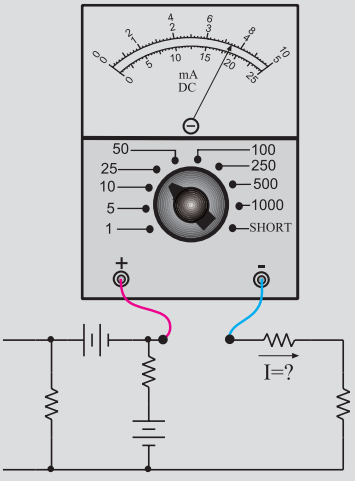
۱- کلیدها وولوم‌های روی دستگاه‌های اندازه‌گیری را به آرامی تغییر دهید تا آسیبی به آن ها وارد نشود.

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

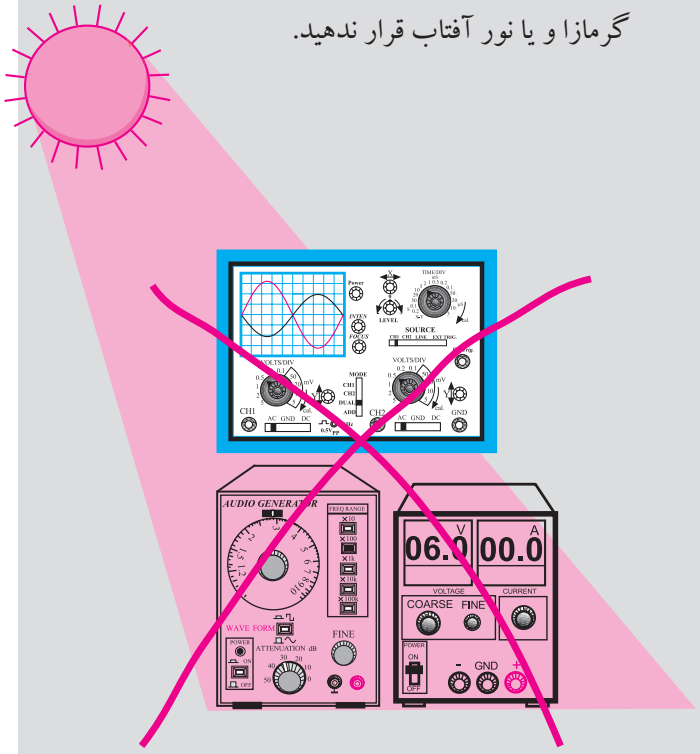
۳- هنگام اندازه‌گیری ولتاژ ، ولت متر را با دو نقطه مورد نظر به صورت موازی ببندید.



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

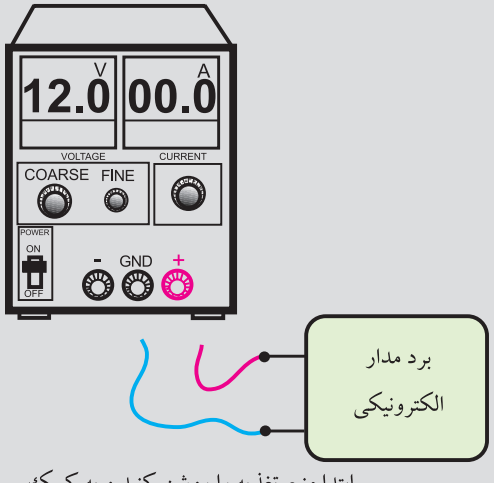


۵- دستگاه های اندازه‌گیری را در مجاورت وسایل گرمازا و یا نور آفتاب قرار ندهید.



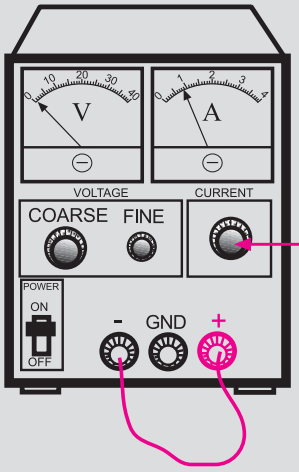
۶- قبل از اتصال مدار به منبع تغذیه ، ابتدا ولتاژ خروجی را صفر کنید.

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.



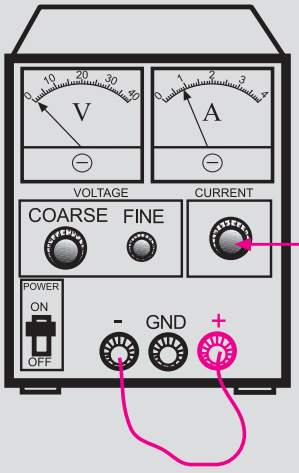
ابتدا منبع تغذیه را روشن کنید و به کمک ولوم COARSE ولتاژ خروجی راتنظیم کنید سپس مدار را به آن اتصال دهید

۸- اگرمنبع تغذیه که بـا آن کار می‌کنید دارای امکانات Limit Current اسـت ، جریان خروجی را حداکثر تا ۱۰۰ mA محدود کنید.



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

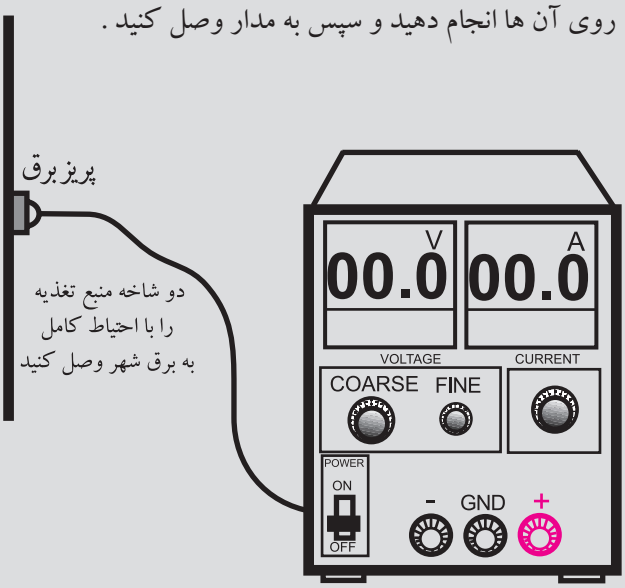
۹- اگـر منبع تغذیه‌ای که بـا آن کار می‌کنید دارای ولوم محدود کننده جریان اسـت در آزمایـش های این فصل جریان خروجی را روی ۱۰۰ mA تنظیم کنید . برای این کار ابتدا ولتاژ خروجی را روی صفر ولت بگذارید سپس دو سـر خروجی را اتصال کوتـاه کنید. ولتاژ خروجی را کمـی زیاد کنید تـا جریان از ۱۰۰ mA تجـاوز کند . با اسـتفاده از ولـوم Limit Current جریان خروجی را روی ۱۰۰ mA تنظیم کنید .



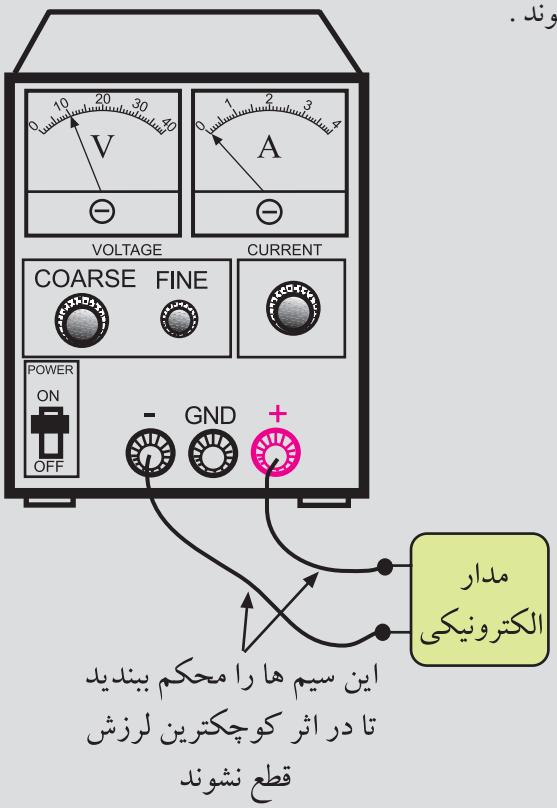
با این ولوم جریان خروجی را روی ۱۰۰ میلی آمپر تنظیم کنید

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

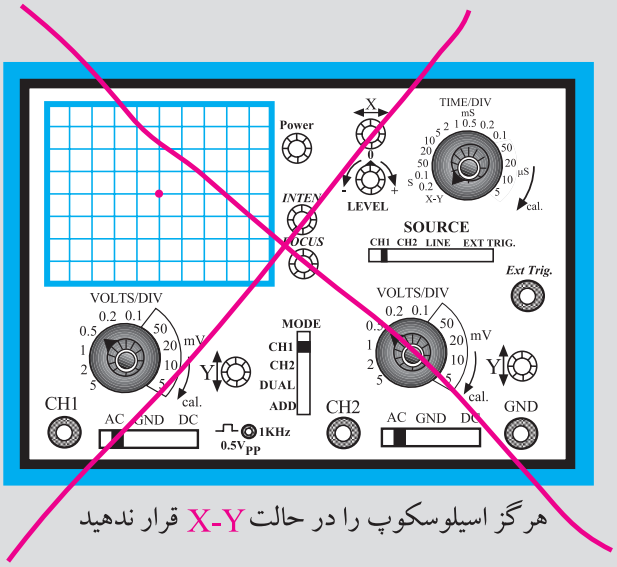
۱۱- کلیه دستگاه های اندازه گیری را ابتدا با احتیاط کامل به برق وصل کنید. بعد از روشـن کـردن، تنظیم‌های لازم را روی آن ها انجام دهید و سپس به مدار وصل کنید .



۱۲- سیم های رابط را به دسـتگاه های اندازه گیری وبرد مـدار چاپی آمـاده خیلی محکم ببندید تـا 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.



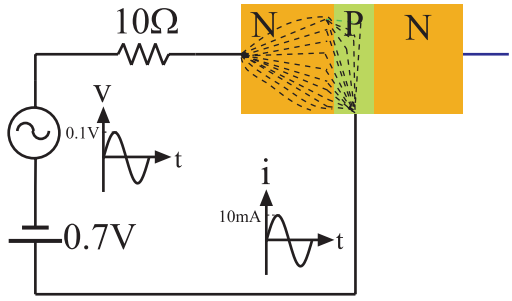
هرگز اسیلوسکوپ را در حالت X-Y قرار ندهید

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 .

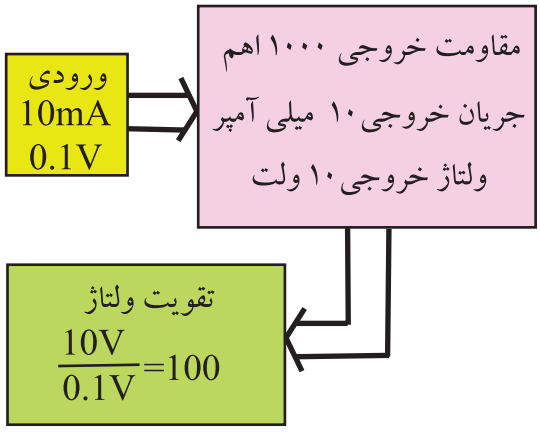
- ترانزیستور از سه نیمه هادی نوع P و N که در کنار یک دیگر قرار می گیرند و باهم آمیخته می شوند شکل می گیرد.
- ترانزیستورها با کنار هم قراردادن سه نیمه هادی به صورت PNP ویا NPN ساخته می شوند.
- پایه های ترانزیستور را امیتر ، بیس و کلکتور نام گذاری می کنند .
- امیتر نسبت به دو پایه ی دیگر ناخالصی بیش تری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

$$i = \frac{V}{R} = \frac{۰/۱v}{۱۰v} = ۰/۰۱mA$$

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 :

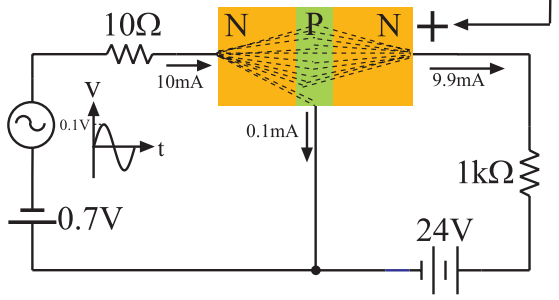
$$V = RI = ۱۰۰۰ \times ۱۰ \times ۱۰^{-۳} = ۱۰v$$

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 ۱KΩ 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 نیز از همین عملکرد انتخاب شده است .

Transfer **resistor**

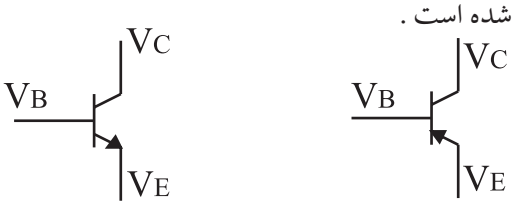
Transistor

جریانی که از هر پایه ترانزیستور عبور می کند را به نام همان پایه نام‌گذاری 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 .

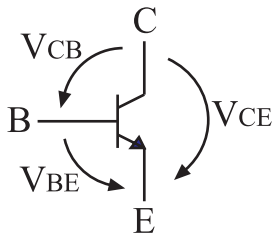


VB یعنی ولتاژ بیس نسبت به زمین

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.

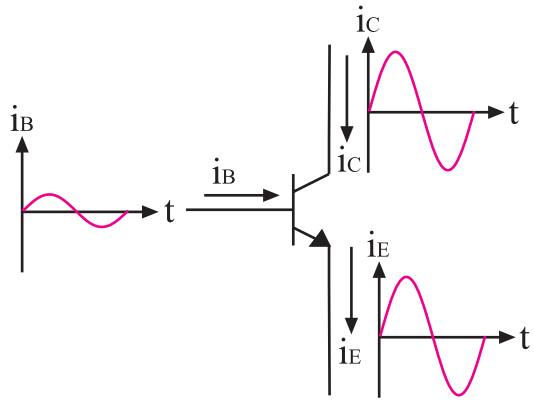
در شکل ۵-۱ نام‌گذاری ولتاژ بین پایه‌ها نشان داده شده است.



VBE یعنی ولتاژ بیس نسبت به امیتر

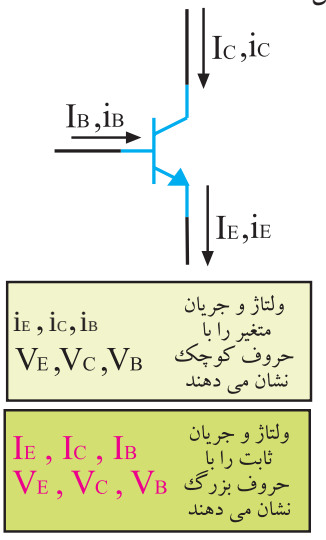
شکل ۵-۱- نام‌گذاری ولتاژ بین پایه‌ها

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 های ثابت (DC) را با حروف بزرگ (I ، V) مشخص می کنند، شکل ۷-۱ .



شکل ۷-۱ نحوهٔ 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 مراجعـه کـرد . همچنیـن به کمـک مولتی‌متـر دیجیتالی یا عقربه‌ای نیـز می توان نـوع ترانزیسـتور(NPN ، PNP) و پایه هـای آن راتشـخیص داد . در کتـاب الکترونیـک پایه، نحوه‌ی تشـخیص 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 .

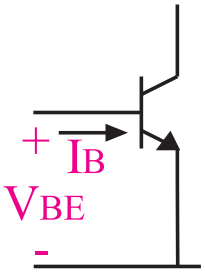
۱-۲ منحنی مشخصه‌های ترانزیستور

بعضی از مشـخصات یک ترانزیسـتور، به شدت تابع حرارت اسـت ، یعنی بـا تغییر حرارت برخی از مشـخصات ترانزیسـتور تغییر می کند. روابط بین شـدت جریـان و ولتاژ (اختـلاف پتانسـیل) و تغییـرات آن ها در یک ترانزیسـتور بسـتگی به حرارت دارد. به همین جهت رابطه ی بین اختلاف پتانسـیل و شـدت جریان ورودی را نمی‌توان با یک رابطه‌ی سـاده‌ی ریاضی بیان کرد. به منظور جلوگیری از مواجه شدن بـا روابط پیچیده ی ریاضی ، از یک سـری منحنی اسـتفاده می کنند که به منحنی مشخصه‌های ترانزیستور 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 .

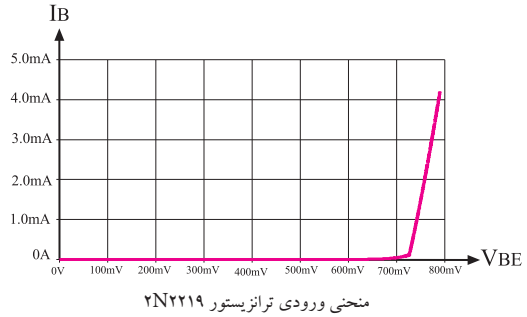
۱-۲-۱ منحنی مشخصه‌ی ورودی

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

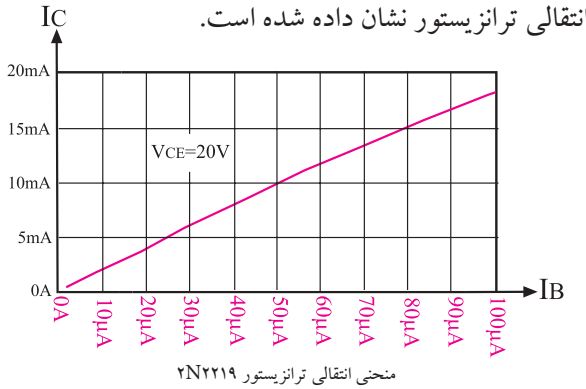
اگـر ورودی ترانزیسـتور را دیـود بیـس - امیتـر در نظربگیریم،منحنی مشـخصه‌ی ورودی ترانزیستور دقیقاً مشابه منحنی مشخصه‌ی « ولت - آمپر» یک دیود می‌شود. در شکل ۹-۱ منحنی مشـخصه‌ی ورودی ترانزیسـتور ۲N۲۲۱۹ نشان داده شده است .



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.



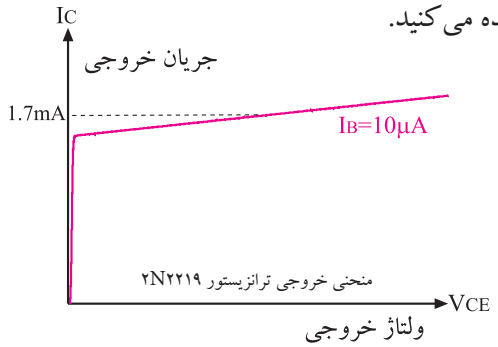
شکل ۱۰-۱ یک نمونه منحنی مشخصه ی انتقالی ترانزیستور

با توجه به منحنی انتقالی نشـان داده شده در شکل ۱۰-۱ اگر $I_B = ۰/۲۵mA$ و $V_{CE} = ۵V$ باشـد ، جریان کلکتور ترانزیستور برابر $I_C = ۶۰mA$ 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.

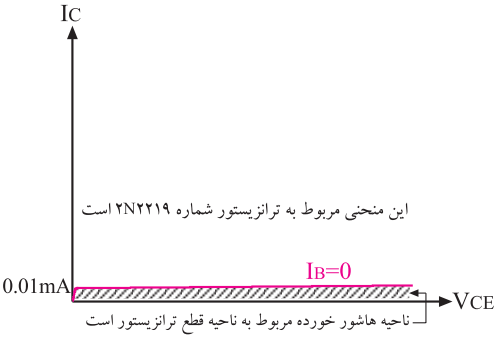


شکل ۱۱-۱- یک نمونه منحنی مشخصه‌ی خروجی ترانزیستور

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

الـف - ناحیه‌ی 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 .

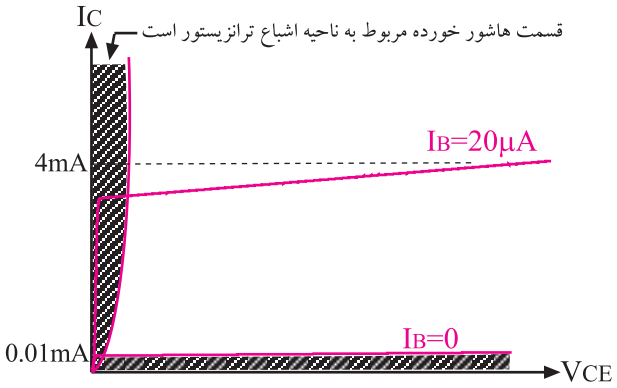
$I_B = ۰ \quad , \quad I_C = ۰$



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، شکل۱۳-۱.

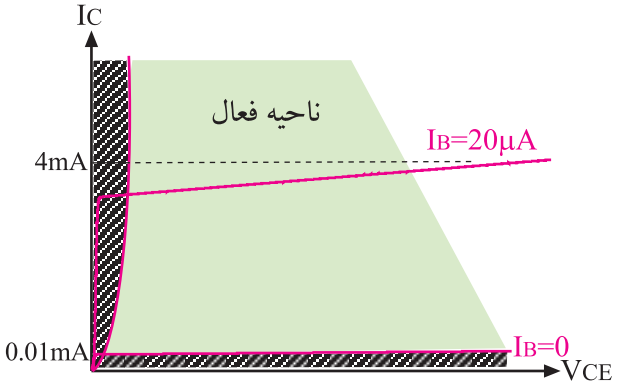
$$I_B \neq ۰ \quad , \quad I_C \neq ۰ \quad , \quad V_{CE} = ۰/۲۷$$



منحنی مشخصه‌ی خروجی ترانزیستور ۲N۲۲۱۹

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

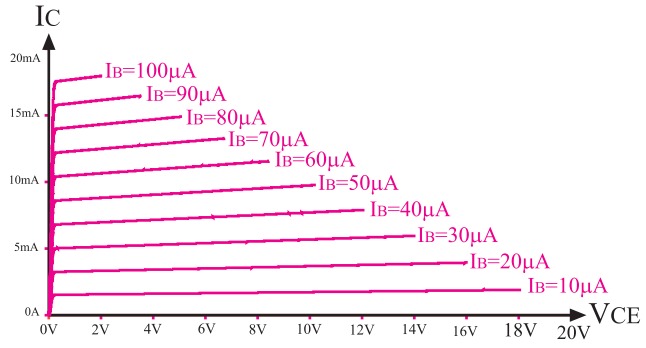
ج-ناحیه‌ی فعال: در این ناحیه ترانزیستور درحالت هدایت قرار دارد و با تغییرات V_{CE} ، جریان کلکتور چندان تغییر نمی‌کند، شکل۱۴-۱.



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 می‌دهند . شکل ۱۵-۱ منحنی مشخصه‌ی خروجی یک ترانزیستور را برای تعدادی از مقادیر I_B نشان می‌دهد.



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

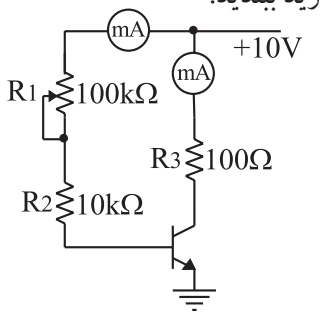
۱-۳-۲ تجهیزات، ابزار،قطعات ومواد موردنیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	منبع تغذیه ۱A و ۰-۱۵V	یک دستگاه
۲	مولتی‌متر دیجیتالی	یک دستگاه
۳	ترانزیستورBC۱۰۷ ، BC۱۰۸ یا BC۱۰۹	یک عدد
۴	مقاومت‌های۱۰۰Ω ، ۱۰KΩ ($\frac{۱}{۴}$ وات)	هرکدام 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:

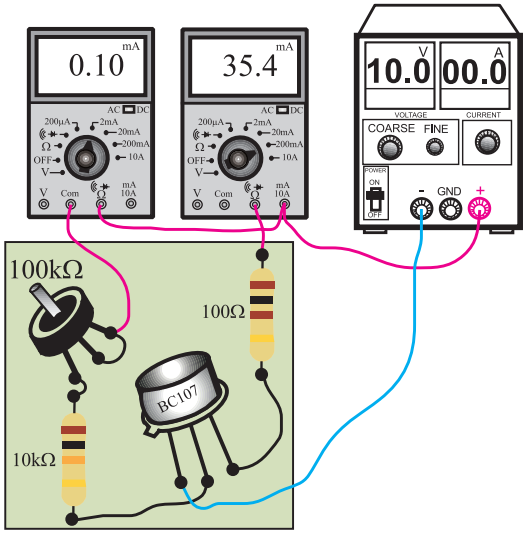
- منبع تغذیه را با احتیاط به برق وصل کنید و پس از روشن کردن، ولتاژ خروجی آن را روی صفر ولت بگذارید.

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



الف - شماتیک مدار

حالت (۱) حالت (۲)



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 ۱۰kΩ 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.

■ با تغییر پتانسیومتر، جریان بیس را به ترتیب روی ۰/۲mA، 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		$\beta_5 =$

همـان طورکه از جدول ۱-۱ مشـخص اسـت با افزایش جریان بیس (I_B) جریان کلکتور(I_C) زیاد می‌شود.

اگـر ایـن آزمایش را تکـرار کنید یا در دماهـای مختلف محیط انجـام دهید، ممکن اسـت اعداد به دسـت آمده در هر آزمایش با هم تفاوت داشـته باشند. مثلاً در مرحله اوّل برای I_B = ۰/۱ mA، مقـدار 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 وآن را با حرف β (بتا – Beta) مشخص می کنند.

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

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

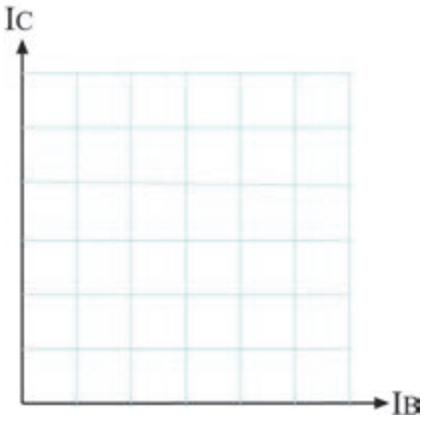
بـا توجه بـه مقادیر مختلف I_B در جـدول ۱-۱، ضریب تقویت جریان ترانزیسـتور در هرمرحله را محاسبه کنید و در جدول ۱-۱ بنویسید.

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

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.

سـوال ۲: در این آزمایش مطابق جـدول ۱-۱ با تغییر دادن I_B، مقـدار جریـان I_C تغییـر کـرده اسـت. به کمک نقطه‌یابی منحنی I_C را به صورت تابعی از I_B در نمودار شکل ۱-۱۷ با مقیاس مناسب رسم کنید.



شکل ۱-۱۷

سـوال ۳: این 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

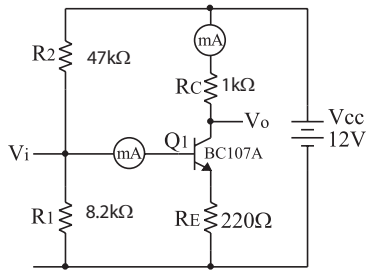
۱-۴-۱ هدف آزمایش : اندازه‌گیری ولتاژ و جریان‌های DC (نقاط کار) یک ترانزیستور بایاس شده.

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

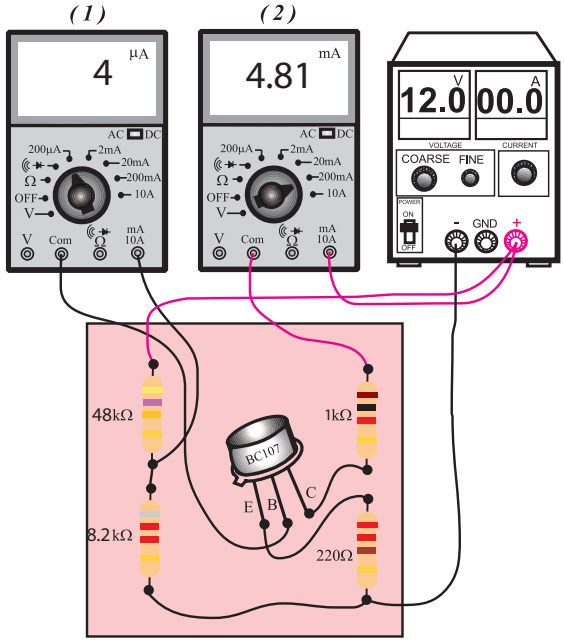
ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	منبع تغذیه ۱A و ۱۵-۰ V	یک دستگاه
۲	مولتی‌متر دیجیتالی	یک دستگاه
۳	برد برد آزمایشگاهی	یک قطعه
۴	ترانزیستورBC۱۰۷ یا BC۱۰۸ یا BC۱۰۹	یک عدد
۵	مقاومت های ۴۷kΩ،۱KΩ ۸/۲KΩ،۲۲۰Ω (۱/۴ وات)	هر کدام یک عدد
۶	سیم رابط یک سرگیره سوسماری	شش رشته
۷	سیم رابط معمولی ۵۰ سانتی متری	چهار 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 ۱-۱۸ را روی برد برد آزمایشگاهی ببندید.
- ولتاژ خروجی منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید.



الف – شماتیک مدار



ب – مدار عملی

شکل ۱-۱۸ مدار مورد آزمایش

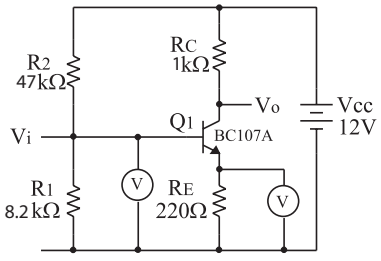
- مولتی‌متر دیجیتالی را روی رنج میلی آمپرمتر تنظیم کنید.
- میلی آمپرمتر را در حالت (۱) روی رنج ۲ mA قراردهید و به بیس ترانزیستور Q_1 وصل کنید.
- جریان بیس ترانزیستور Q_1 را بخوانید و یادداشت کنید.

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

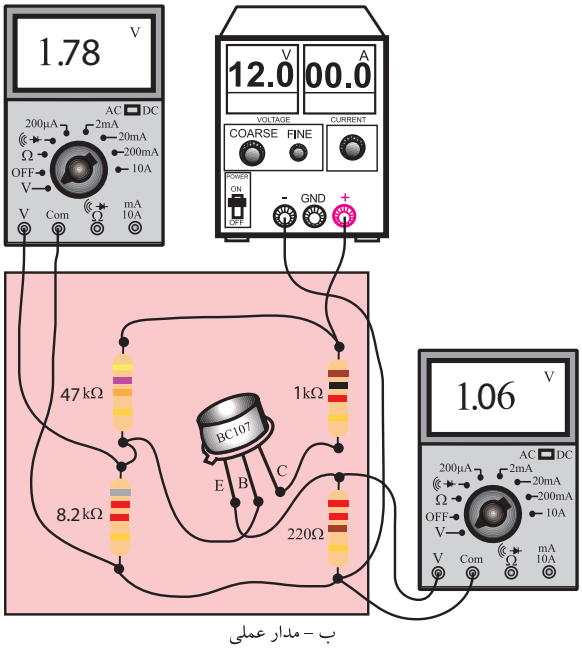
- میلی آمپر متر را از بیس ترانزیستور جدا کنید.
- رنج میلی آمپر متر را روی ۲۰ mA قرار دهید و آن را در مسیر کلکتور ترانزیستور Q_1 (بین مقاومت ۱K Ω ومثبت منبع تغذیه) وصل کنید، حالت (۲).
- جریان کلکتور ترانزیستور Q_1 را بخوانید و یادداشت کنید.

$$I_C = ...mA$$

- 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.