فصل دوم
ترانزیستور

پیش آزمون

۱- تفاوت کار با اهم‌متر عقربه‌ای و دیجیتالی در تست دیود و یا ترانزیستور چیست؟

۲- چند نوع ترانزیستور با توجه به شکل ظاهری ظاهر آن‌ها می‌شناسید؟

۳- ترانزیستور دارای چند پایه می‌باشد؟

الف) ۲ ب) ۳ ج) ۴ د) ۵

۴- آیا می‌توان با استفاده از دیود، ترانزیستور ساخت؟

۵- به چه دلیل بدنه برخی از قطعات نیمه‌هادی را فلزی می‌سازند؟

۶- وجود سوراخ بر روی بدنه برخی از قطعات الکترونیک به چه منظوری پیش‌بینی شده است؟

۷- ترانزیستورهای سیلیسیم دارای ..... ولت ولتاژ سد و ترانزیستورهای ژرمانیوم دارای ..... ولت ولتاژ سد می‌باشند.

الف) ۰/۵ - ۰/ ۲ ب) ۰/۷ – ۰/۲ ج) ۰/۲ - ۰/۷ د) ۰/۲ – ۰/۷

۸- آیا هنرجویان می‌توانند در فضای آزمایشگاه هنرستان ترانزیستور بسازند؟

۹- چرا در برخی از مدارات از اتصال چند ترانزیستور به دنبال یک‌دیگر استفاده می‌شود؟

۱۰- جثه قطعات نیمه‌هادی مثل دیود و ترانزیستور به چه ویژگی قطعه اشاره می‌نماید؟

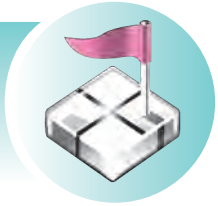
۱۱- چند دستگاه که در آن‌ها فکر می‌کنید ترانزیستور به‌کار رفته است نام ببرید؟

۱۲- برای استخراج اطلاعات فنی یک دیود یا ترانزیستور از چه منابعی می‌توانیم استفاده نماییم؟

۱۳- کدام‌یک از بخش‌های زیر در قطعات نیمه‌هادی بیش‌ترین ابعاد را دارد؟

الف) نیمه‌هادی‌های به‌کار رفته در آن ب) بدنه عایق آن‌ها

۱۴- آیا در مدارهای فرمان در برق صنعتی، ترانزیستور به‌کار رفته است؟



هدف کلی:
توانایی شناخت و بررسی عملکرد ترانزیستور

هدف‌های رفتاری

پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود:

۱- ساختمان ترانزیستور را تشریح کند و نمادهای مداری آن را تشخیص دهد.

۲- طرز کار ترانزیستور را شرح دهد.

۳- کاربردهای ترانزیستور را شرح دهد.

۴- نوع ترانزیستور و پایه‌های آن را به‌صورت عملی نشان دهد.

۵- نتیجه تغییرات جریان بیس بر جریان کلکتور را توضیح داده به‌صورت عملی نشان دهد.

۶- عملکرد ترانزیستور به عنوان کلید را به‌صورت عملی نشان دهد.

مدت زمان آموزش (ساعت)

زمان تئوری	زمان عملی	زمان کل
۶	۹	۱۵

مقدمه

پس از ساخت نیمه‌هادی‌ها، تغییرات اساسی در علم الکترونیک به‌وجود آمد... به گونه‌ای که طراحان آن توانستند ضمن کوچک کردن حجم مدارها، تلفات انرژی را کاهش دهند. این در حالی بود که از آن پس مدارات دارای کارایی و توانایی بیش‌تری درصنعت شدند.

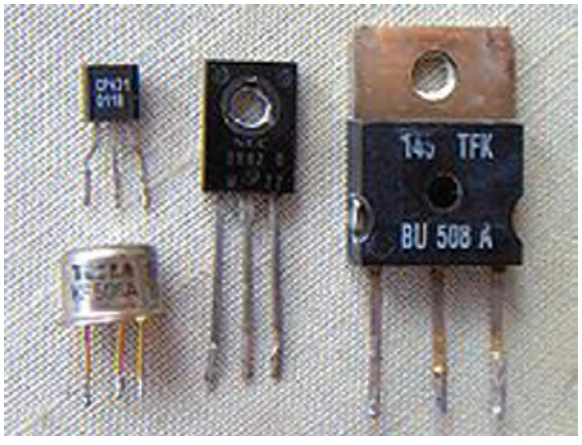
همان‌گونه که ساختمان دیودها که از پیوند نیمه‌هادی‌های P و N به‌وجود آمده بود، قطعه‌ی دیگری نیز بنام ترانزیستور ساخته شد که در آن هم از پیوندهای مذکور استفاده شده بود. ولی این قطعه توانست قابلیت‌های بیش‌تری را در اختیار علم الکترونیک و برق قرار دهد.

با استفاده از این قطعه متخصصان توانستند به‌صورت یک کلید، مسیر جریانی را قطع یا وصل نمایند و شرایطی را به‌وجود آورند که با به‌کارگیری این قطعه یک کلید الکترونیکی داشته باشند. ولی طراحان این قطعه کاربرد دیگری را نیز در این قطعه میسر ساختند و آن تقویت جریان‌های ضعیف متناوب می‌باشد .این کاربرد منجر به آن گردید که این قطعه برای مدارات مختلف تقویت کننده مورد استفاده قرار گیرد.

این قطعه در کارخانه‌های تولید نیمه‌هادی‌ها تحت شرایطی بسیار دقیق، حساس و آزمایشگاهی ساخته می‌شود و در اغلب شرایط برای ساخت آن لازم است سازندگان از ربات‌های مخصوص استفاده نمایند.

با توسعه ساخت ترانزیستور، متخصصین توانستند با کنار یک‌دیگر قراردادن تعداد زیادی از این ترانزیستورها قطعه جدیدتری به نام IC [۱] را به‌وجود آورند. در فصل بعدی خواهید دید که چگونه با استفاده از نیمه‌هادی‌های P و N قطعات دیگری که به قطعات الکترونیک صنعتی شهرت دارند ساخته شده است.

در این فصل شما ضمن آشنا شدن با شکل ظاهری و ساختمان ترانزیستور، نسبت به کاربردهای آن نیز آشنا خواهید شد و یاد خواهید گرفت که چگونه می‌توانید با استفاده از یک آزمایش ساده از سلامت ترانزیستور اطمینان حاصل کنید و پایه‌های آن را از یک‌دیگر تشخیص دهید.



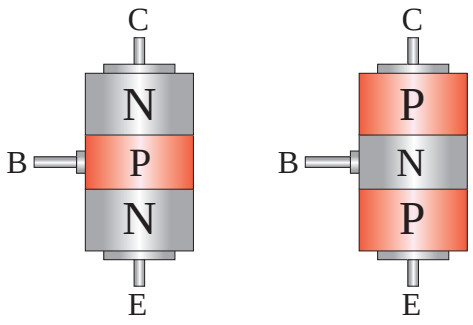
شکل ۱-۲- چند نمونه ترانزیستور

۱. Integrated Circuit (مدارهای مجتمع)

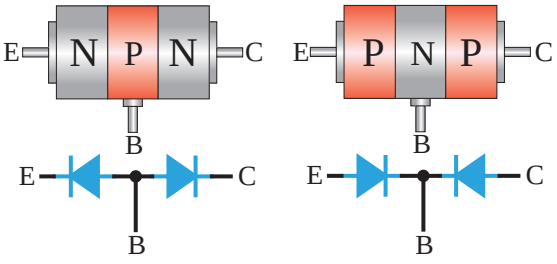
۲-۱ آشنایی با ساختمان و نماد مداری ترانزیستور

۲-۱-۱ ساختمان دیودی ترانزیستور

همان‌گونه که در مقدمه این فصل ذکر گردید برای ساخت قطعه‌ای به نام ترانزیستورهای BJT لازم است از اتصال نیمه‌هادی‌های N و P استفاده گردد. ولی این بار به جای اتصال دو نیمه‌هادی از سه نیمه‌هادی استفاده می‌شود. همان‌گونه که در شکل ۲-۲ نشان داده شده است، بنابراین در چیدن نیمه‌هادی‌ها کنار هم دو ترکیب به‌وجود می‌آید این ترکیب به‌صورت NPN و یا PNP می‌باشد. مشاهده می‌گردد که در هر دو حالت از هر یک از نیمه‌هادی‌ها یک پایه خارج می‌شود و این باعث خواهد شد ترانزیستورها دارای سه پایه باشد.



شکل ۲-۲- حالت‌های قرار گرفتن نیمه‌هادی‌ها

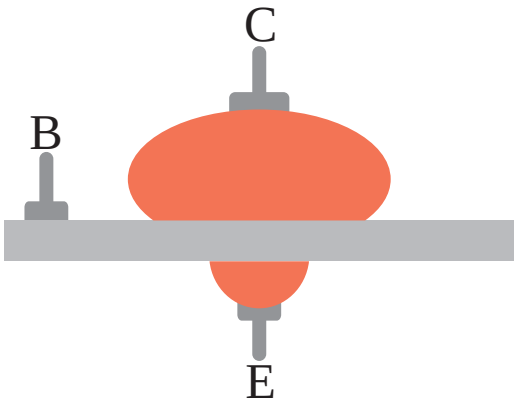


شکل ۲-۳- معادل دیودی نیمه‌هادی‌ها

همان‌گونه که در شکل ۲- ۳ نشان داده شده است، در دو ترکیب‌های به‌وجود آمده، دو دیود به چشم می‌خورد، که در جهت‌های قرینه یک‌دیگر قرار گرفته‌اند و می‌توانند در بایاس موافق یا مخالف قرار گیرند و به راحتی می‌توان هر دو دیود را با استفاده از یک دستگاه مولتی‌متر آزمایش نمود و حتی پایه‌های کاتد و آند آن‌ها را شناسایی کرد.

۲-۱-۲ پایه‌های ترانزیستور

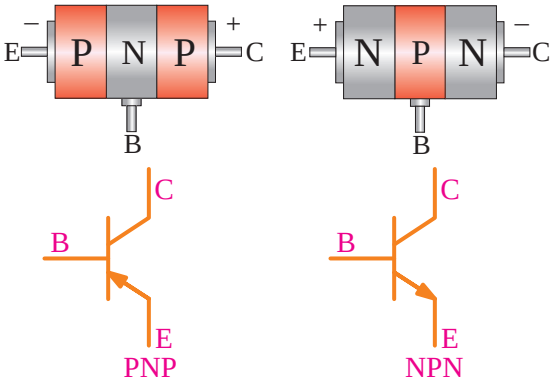
با توجه به این که هدف از ساخت ترانزیستور عملکرد دیگری به غیر از دیود بوده است در اتصال نیمه‌هادی‌های مربوطه از تکنیک دیگری استفاده می‌شود، به این گونه که مانند شکل ۲-۴ سطح تماس یکی از نیمه‌هادی‌ها را با پایه مشترکشان بیش‌تر از دیگری در نظر می‌گیرند. بنابراین پایه‌ای که بین دو نیمه‌هادی مشترک می‌باشد بیس (Base) است که باحرف B و پایه‌ای که سطح تماس بیش‌تری دارد کلکتور (Collector) است که باحرف C و پایه‌ای که سطح تماس کم‌تری دارد امیتر (Emitter) است که باحرف E نشان داده می‌شود.



شکل ۲-۴- نام‌گذاری پایه‌های ترانزیستور

خاطر نشان می‌گردد که نیمه‌هادی کلکتور دارای بیش‌ترین ابعاد و لایه بیس دارای کم‌ترین ابعاد می‌باشد و علاوه بر آن لایه بیس نیز دارای کم‌ترین ناخالصی و لایه امیتر دارای بیش‌ترین ناخالصی می‌باشد.

با نامگذاری پایه‌ها و حالت قرار گرفتن نیمه‌هادی‌های به‌کار رفته در آن به دو حالت PNP و یا NPN برای هر یک، نماد فنی خاصی در نظر گرفته می‌شود و بر این اساس در نقشه‌های مدارات الکترونیک از آن‌ها استفاده می‌گردد. این نمادها در شکل ۵-۲ نشان داده شده است.



شکل ۵-۲- نماد ترانزیستور

بین پایه‌های ترانزیستور مقاومت‌های متفاوتی وجود دارد که توسط دستگاه مولتی‌متر قابل اندازه‌گیری می‌باشد و مقدار این مقاومت در تشخیص پایه‌ها به ما کمک می‌کند. برای این منظور اگر مولتی‌متر را در وضعیت تست دیود قرار دهیم مشاهده خواهیم کرد دیود به‌وجود آمده، بین بیس و امیتر مقاومت بیش‌تری را نسبت به دیود به‌وجود آمده بین بیس و کلکتور در بایاس موافق دارد. (جدول ۱-۲)

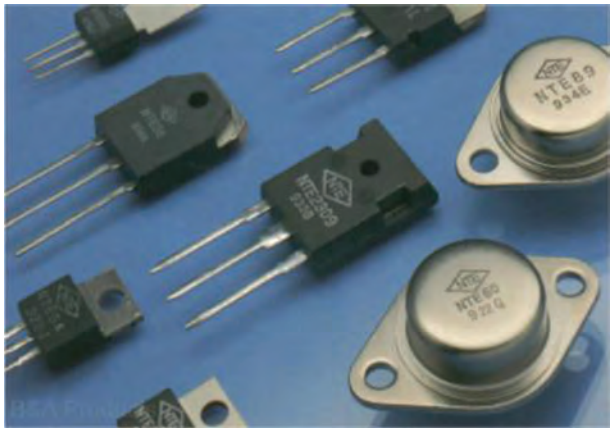
جدول ۱-۲- مقاومت بین پایه‌های ترانزیستور

نام پیوند	مقدار مقاومت
بیس – امیتر	مقاومت بیش‌تر
بیس – کلکتور	مقاومت کم‌تر

به دلیل آن که ترانزیستورها از نیمه‌هادی‌های سیلیسیوم و یا ژرمانیم ساخته می‌شوند بنابراین ولتاژ سد برای سیلیسیم ۰/۷ ولت و برای ژرمانیم ۰/۲ ولت می‌تواند می‌باشد و این نکته را در مدارات نیز باید در نظر گرفت.

۳-۱-۲ شکل ظاهری ترانزیستور و پایه‌های آن

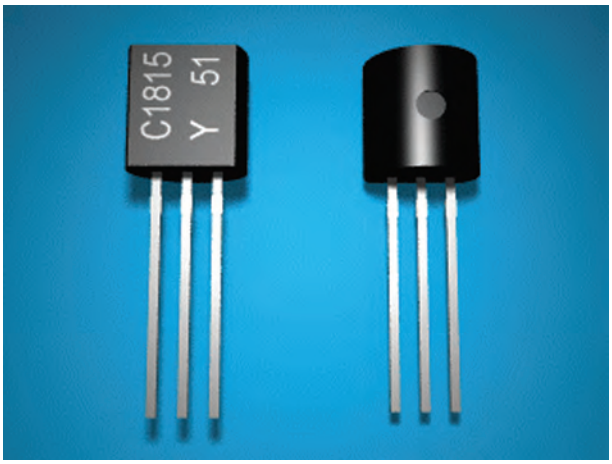
ویژگی که ترانزیستورها را ازیک‌دیگر متمایز ساخته است تحمل فرکانس و توان در آن‌ها می‌باشد. این امر در شکل ظاهری آن‌ها و نحوه قرارگرفتن آن‌ها در مدار تاثیر می‌گذارد، و جثه آن نیز حاکی از این کاربرد نیز می‌باشد. در شکل ۶-۲ می‌توانید چند نمونه از ترانزیستورهایی که برای توان‌های بالای صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند رامشاهده نمایید. در این شکل سوراخ‌های روی ترانزیستور به منظور پیچ شدن به سطحی فلزی در نظر گرفته شده است. تماس ترانزیستورها به سطوح فلزی بزرگ‌تر یا هیت‌سینک[1] باعث خنک شدن آن‌ها در حین کار می‌گردد.



شکل ۶-۲- ترانزیستورهای پر قدرت

ولی در شکل ۷-۲ ترانزیستورهایی که فقط برای کاربردهای معمولی و فرکانس‌های بالا ساخته می‌شود نشان داده شده است که درمدارهای مورد استفاده در برق صنعتی کم‌تر کاربرد دارد.

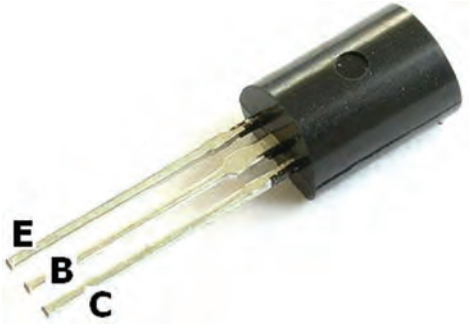
۱. Heatsync (سطوح فلزی انتقال دهنده حرارت)



شکل ۷-۲- ترانزیستور فرکانس بالا

اطلاعات مربوط به ترانزیستورها را متناسب با مورد استفاده کاربران می‌توان از کتاب‌های دیتا بوک[1] استخراج نمود. در این کتاب‌ها مشخصات فنی ترانزیستورها در جداول مربوطه قابل مشاهده می‌باشد و در صورت نیاز می‌توان با دیدن شکل و ابعاد ترانزیستورها در این کتاب‌ها، معادل مورد نظر را یافته و در مدار مربوطه به‌کار برد.

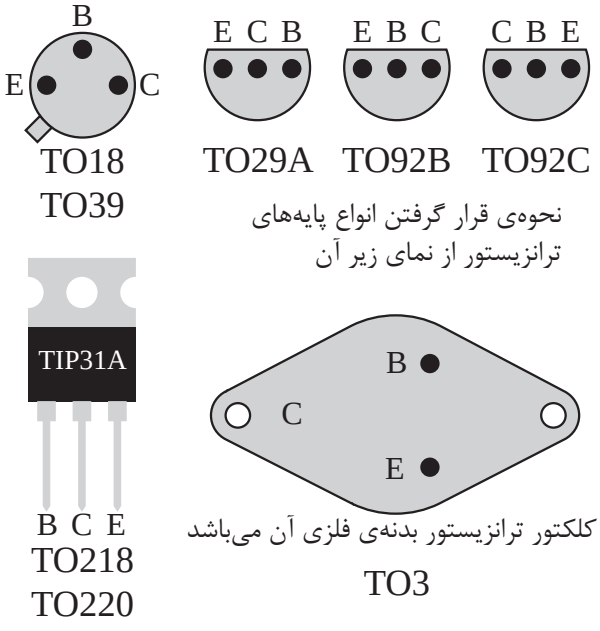
به غیر از شکل ظاهری ترانزیستور یکی از مشخصات دیگری که می‌توان از دیتا بوک‌های ترانزیستور استخراج نمود ابعاد ترانزیستور مورد نظر می‌باشد، که برای طراحان بردهای الکترونیک فضای مورد نیاز برای قرار گرفتن آن‌ها بر روی برد الکترونیک اطلاعات قابل توجهی می‌باشد.



شکل ۸-۲- پایه‌های ترانزیستور

وضعیت قرارگرفتن پایه‌های بیس، کلکتور و امیتر ترانزیستور نسبت به یک‌دیگر بر روی بردهای الکترونیک متفاوت است و کارخانه‌های سازنده به شکل های مختلف اقدام به ساخت آن‌ها می‌نمایند، به گونه‌ای که گاهی بیس می‌تواند وسط و یا کنار باشد.

در ترانزیستورهای صنعتی توان بالا که به ترانزیستورهای قدرت مشهورند اغلب پایه کلکتور بدنه فلزی ترانزیستور می‌باشد. شکل ۹-۲ انواع مختلف ترانزیستورها را از نظر نحوه قرارگیری پایه آن‌ها به گونه‌ای که از زیر به آن نگاه می‌شود را نشان می‌دهد. در این شکل به‌کار بردن نام‌های TO18-TO39-TO218-TO220-TO3 به مدل‌های متداول ترانزیستورهای دارای توان بالا اشاره می‌نماید.



شکل ۹-۲- انواع پایه‌های ترانزیستور

۱. Data Book Transistor (کتاب اطلاعات ترانزیستور)

آزمایش شماره ۱

زمان: ۹۰ دقیقه

- **آزمایش ترانزیستور وتشخیص پایه‌های آن**

- **تشخیص نوع ترانزیستور**

هدف از آزمایش: تشخیص PNP و یا NPN بودن ترانزیستور.

شرح آزمایش: در این آزمایش تصمیم داریم بتوانیم با در اختیار داشتن دو نوع ترانزیستور، نوع آن‌ها را از نظر PNP و NPN بودن آن‌ها تشخیص دهیم و صحت این تشخیص را حتی می‌توانیم با استفاده از Data Book تایید نماییم.

این آزمایش می‌تواند با استفاده از مولتی‌مترهای عقربه‌ای و دیجیتالی صورت پذیرد. ولی در این آزمایش ما فقط از مولتی‌متر دیجیتالی استفاده می‌نماییم ولی خاطر نشان می‌گردد، در صورت استفاده از مولتی‌متر عقربه‌ای باید رنگ سیم‌ها را از نظر مثبت و منفی برعکس در نظر بگیریم.

تجهیزات و قطعات مورد نیاز:

جدول۲-۲- تجهیزات مورد نیاز آزمایش شماره ۱

نام و مشخصات تجهیزات و قطعات	تعداد / مقدار
مولتی‌متر دیجیتال	۱ دستگاه
سیم رابط با گیره سوسماری	۲ رشته
ترانزیستور 2SA950	۱ عدد
ترانزیستور BC107	۱ عدد

مراحل اجرای آزمایش:

۱- ترانزیستور 2SA950 و مولتی‌متر و سیم‌های رابط را تحویل بگیرید.

۲- مولتی‌متر را در حالت تست دیود قرار دهید.

۳- سیم‌های رابط را مطابق شکل ۱۰-۲-الف به پایه‌های ترانزیستور 2SA950 وصل کنید.

۴- مقدار خوانده شده از روی مولتی‌متر را یادداشت نمایید.

۵- سیم‌های رابط را بار دیگر مطابق شکل ۱۰-۲-ب به پایه‌های ترانزیستور 2SA950 متصل نمایید.

۶- مقدار خوانده شده را یادداشت نمایید.

۷- بار دیگر سیم‌های رابط را مطابق شکل‌های ۱۰-۲-ج و ۱۰-۲-د به پایه ترانزیستور 2SA950 متصل نمایید.

۸- نتایج مرحله قبل را یادداشت نمایید.

۹- کلیه مراحل این آزمایش را برای ترانزیستور BC107 تکرار نمایید و نتایج را یادداشت کنید.

اگر مولتی‌مترشما علامت OL و یا مقاومتی زیاد رانشان داد یعنی دیود مورد آزمایش شما در بایاس مخالف می‌باشد.

اگر مولتی‌متر شما علامت 0.60 و یا مقاومتی کم را نشان داد یعنی دیود مورد آزمایش شما در بایاس موافق می‌باشد.

۱۰- این آزمایش را برای چند ترانزیستور دیگر به دل‌خواه انجام دهید.

۱۱- نتایج به‌دست آمده را در مورد پایه‌های ترانزیستور با Data Book مقایسه نمایید.

شکل ۱۰-۲-الف

شکل ۱۰-۲-ج

شکل ۱۰-۲-ب

شکل ۱۰-۲-د

سوال (۱)- ترانزیستور 2SA950 در کدام‌یک از وضعیت‌های شکل‌های (الف)، (ب)، (ج) و (د) در بایاس موافق قرار گرفته است؟

سوال (۲)- ترانزیستور BC107 تحت شرایط اشکال الف و ب در بایاس موافق قرار گرفته است و یا تحت شرایط اشکال ج و د؟

سوال (۳)- کدام‌یک از ترانزیستورها NPN و کدام‌یک PNP می‌باشد؟

سوال (۴)- اگر هیچ یک از شرایط PNP و NPN تشخیص داده نشد آیا به این معنی می‌باشد که ترانزیستور سوخته است؟

سوال(۵)- خلاصه عملیاتی که در این آزمایش انجام داده‌اید شرح دهید و در دفتر گزارش کار عملی خود بنویسید.

سوال(۶)- نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه توضیح دهید.

سوال (۷)- نتایج به‌دست آمده در مراحل ۴ و ۶ و ۸ را به دفتر گزارش کار خود منتقل نمایید.

آزمایش شماره ۲

زمان: ۹۰ دقیقه

- تشخیص پایه‌های ترانزیستور

هدف از آزمایش: تشخیص نام پایه‌های ترانزیستور (بیس، امیتر و کلکتور).

شرح آزمایش: در این آزمایش تصمیم داریم با در اختیار داشتن دو نوع ترانزیستور، نام پایه‌های آن‌ها را تشخیص داده و صحت این تشخیص را با استفاده از Data Book تایید نماییم.

تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش:

جدول ۳-۲- تجهیزات مورد نیاز آزمایش شماره ۲

نام و مشخصات تجهیزات و قطعات	تعداد / مقدار
مولتی‌متر دیجیتال	۱ دستگاه
سیم رابط با گیره سوسماری	۲ رشته
ترانزیستور 2SA950	۱ عدد
ترانزیستور BC107	۱ عدد
دیتا بوک	۲ جلد

مراحل اجرای آزمایش:

۱- ترانزیستور 2SA950 و مولتی‌متر و سیم‌های رابط را تحویل بگیرید.

۲- مولتی‌متر را در حالت تست دیود قرار دهید.

۳- بدون آنکه دست‌های شما به قسمت فلزی سر سیم‌های رابط و یا پایه‌های ترانزیستور تماس پیدا کند، سیم‌های رابط را مطابق شکل ۱۱-۲-الف به پایه‌های ترانزیستور 2SA950 وصل کنید.

۴- مقدار خوانده شده از روی مولتی‌متر را بر اساس شماره پایه‌های ترانزیستور در شکل ۱۱-۲-الف در جدول ۴-۲ یادداشت نمایید.

۵- سیم‌های رابط را بار دیگر مطابق شکل ۱۱-۲-ب به پایه‌های ترانزیستور 2SA950 متصل نمایید.

۶- مقدارخوانده شده از روی مولتی‌متر را بر اساس شماره پایه‌های ترانزیستور در شکل ۱۱-۲-ب در جدول ۴-۲ یادداشت نمایید.

۷- این بار آزمایش را بدون آن‌که دست‌های شما به قسمت فلزی سر سیم‌های رابط و یا پایه‌های ترانزیستور تماس پیدا کند بر روی ترانزیستور BC107 به ترتیب مانند شکل‌های ۱۱-۲-ج و ۱۱-۲-د انجام دهید.

۸- مقدار خوانده شده از روی مولتی‌متر را بر اساس شماره پایه‌های ترانزیستور در شکل ۱۱-۲-ج و ۱۱-۲-د در جدول ۴-۲ یادداشت نمایید.

۹- این آزمایش را برای ۱۰ ترانزیستور دیگر NPN و PNP نیز تکرار کنید و جدول ۴-۲ را ادامه دهید.

۱۰- شکل هر ترانزیستور را در کنار ردیف مربوط به خود در کنار جدول رسم کنید.

۱۱- نتایج به‌دست آمده را با Data Book مقایسه نمایید.

جدول۴-۲- تشخیص پایه‌های ترانزیستور

ردیف	نام ترانزیستور	مقاومت بین پایه‌های ۳ و ۲	مقاومت بین پایه‌های ۳ و ۱	نام پایه‌ها
۱	2SA950			۱=
				۲=
				۳=
۲	BC107			۱=
				۲=
				۳=

شکل ۱۱-۲-الف

شکل ۱۱-۲-ب

شکل ۱۱-۲-ج

شکل ۱۱-۲-د

سوال (۱)- بر اساس مقاومت به‌دست آمده برای هر حالت به گونه‌ای که یکی کم‌تر از دیگری است می‌توانید نام پایه‌های مربوطه را که با نام‌های بیس، کلکتور و امیتر نامیده می‌شوند در جدول ۵-۲ جایگزین نمایید؟

سوال (۲)- به چه دلیل مقاومت بین پایه مشترک نسبت به دوپایه دیگر متفاوت است؟

سوال(۳)- نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه توضیح دهید.

سوال(۴)- خلاصه عملیاتی که در این آزمایش انجام

داده‌اید شـــرح دهید و در دفتر گـــزارش‌کار عملی خود بنویسید.

سوال(۵)- جدول کامل شده ۴-۲ را به دفتر گزارش کار خود انتقال دهید.

۲-۲ طرز کار ترانزیستور

۲-۲-۱ بایاس ترانزیستور

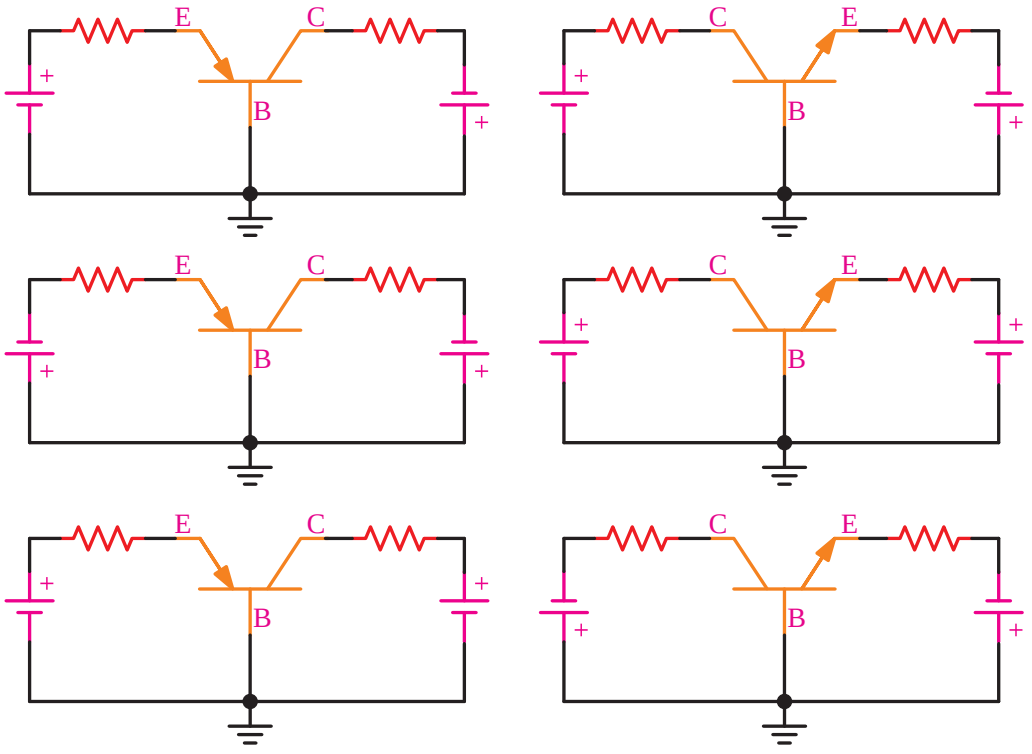
به‌طورکلی برای راه اندازی تمامی قطعات الکترونیکی لازم اســـت شرایط اولیه‌ای برای آن‌ها پیش‌بینی گردد و ترانزیستورها نیز از این قائده مستثنی نیستند. مهم‌ترین شـــرایط اولیه‌ای که باید برای عملکرد ترانزیستور فراهم گردد، تامین ولتاژ DC تغذیه مورد نیاز آن می‌باشـــد که به آن بایاس کردن ترانزیستور گویند.

به منظور اعمال ولتاژ DC به ترانزیستور مانند شکل ۲-۱۲ تنها سه روش کلی به‌کار گرفته می‌شود:

الـــف- دیودهـــای امیتر-بیـــس در بایـــاس موافق و کلکتور-بیس در بایاس مخالف.

ب- دیودهای امیتر-بیس در بایاس مخالف و کلکتور-بیس در بایاس مخالف.

ج- دیودهای امیتر-بیس در بایاس موافق و کلکتور-بیس دربایاس موافق.



شکل ۲-۱۲- انواع اتصال تغذیه DC به ترانزیستور