آزمایش ٦

مشخصهٔ ترانزیستور در مدار امیتر مشترک

هدف

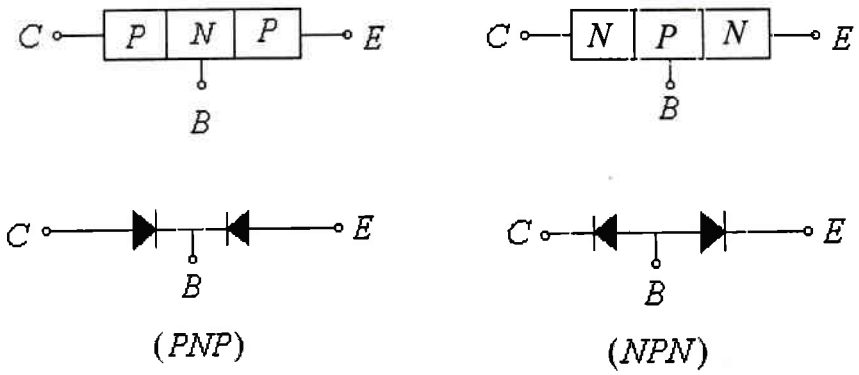
آشنایی با انواع ترانزیستور ، تشخیص پایه‌ها ، تست سالم بودن ترانزیستور و رسم مشخصه‌های ترانزیستور در مدار امیترمشترک.

وسایل آزمایش

منبع تغذیه dc (ثابت و متغیر) – مولتی‌متر (۳ عدد) – ترانزیستور (٤عدد) ، BC ۱۰۷ ، AC ۱۰۷ ، BD ۱۳۵ ، BD ۱۳٦ – مقاومتهای ٤۷۰Ω ، 1kΩ ، ۳Ω – بردبورد – سیمهای رابط – کاغذ میلیمتری.

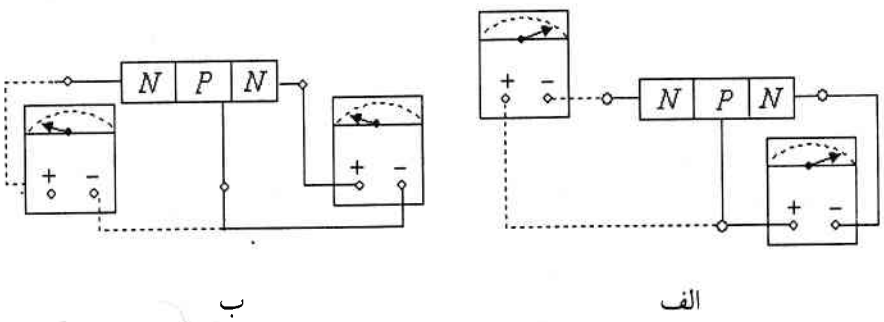
تئوری آزمایش

باتوجه به نمایش دیودی ترانزیستورها که در شکل ٦ -۱، دیده می‌شود، بیس با امیتر تشکیل یک دیود و با کلکتور نیز دیود دیگری را تشکیل می‌دهد و باتوجه به این که دیود در گرایش مستقیم هدایت می‌کند و در گرایش معکوس هدایت نمی‌کند، به کمک آوومتر می‌توانیم با آزمایش دیود بیس- امیترو همین طور دیود بیس- کلکتور، پایهٔ بیس را مشخص کنیم.



شکل ٦ – ١. نمایش دیودی ترانزیستورهای (PNP) و (NPN)

برای ترانزیستور نوع NPN، اگر یکی از پایه‌ها بیس باشد باتوجه به شکلهای ٦–٢، وقتی سیم مثبت آوومتر به بیس متصل شود در صورتی که سیم منفی آوومتر به هر یک از پایه‌های دیگر وصل شود، یعنی به هر یک از پایه‌های کلکتور و امیتر که از نوع N هستند، ولتاژ منفی رسیده باشد، هر دو دیود در گرایش مستقیم بوده و عقربهٔ آوومتر عبور جریان را نشان خواهد داد (شکل ٦ –٢ الف)، همچنین وقتی سیم منفی (Com) آوومتر به بیس متصل شود در صورتی که سیم مثبت آوومتر به هر یک از پایه‌های دیگر وصل شود، یعنی به هر یک از پایه‌های کلکتور و امیتر که از نوع N هستند، ولتاژ مثبت رسیده باشد، هر دو دیود در گرایش معکوس بوده و عقربهٔ آوومتر حرکت نخواهد کرد، (شکل ٦ –٢ ب).



شکل ٦ – ٢. تشخیص بیس ترانزیستور NPN با استفاده از آوومتر

برای ترانزیستور نوع PNP نیز اتصال بیس در یک جهت با کلکتور و امیتر، جریان را عبور می‌دهد و در جهت عکس آن با هیچکدام جریانی را عبور نمی‌دهد. بنابراین پایهٔ بیس با چند بار تمرین با این آزمایش ساده قابل تشخیص است.

تشخیص نوع ترانزیستور باتوجه به این که بیس آن را تعیین کرده‌ایم به آسانی میسر است. برای این کار اگر سیم مثبت آوومتر را به بیس اتصال دهیم، با اتصال سیم منفی آوومتر (Com) به هر یک از دو اتصال دیگر اگر عبور جریانی نشان داده شود ترانزیستور از نوع منفی یا NPN است. برای شناسایی پایه‌های ترانزیستور روشهای دیگری نیز وجود دارد، برای مثال مقاومت اندازه‌گیری شده بین بیس و کلکتور یا بیس و امیتر در یک جهت کم و در جهت دیگر زیاد است.

زیرا در هر حالت یک دیود سر راه است که از یک جهت مستقیم و از جهت دیگر به طور معکوس تغذیه می‌شود.

در صورتی که بدنهٔ ترانزیستور فلزی باشد ، کلکتور از داخل به بدنه متصل است، پس در این نوع ترانزیستور، مقاومت کلکتور با بدنه صفر است و در برخی ترانزیستورها نزدیک پایهٔ امیتر زایده‌ای قراردارد.

در ترانزیستورهای جنس ژرمانیوم، هرگاه آوومتر را روی درجهٔ زیاد قراردهیم و دو سر آن را به دو پایهٔ امیتر و کلکتور اتصال دهیم، در جهتی که دستگاه کمتر نشان دهد برای ترانزیستور PNP، قطب مثبت پایهٔ کلکتور و برای ترانزیستور NPN، قطب مثبت پایهٔ امیتر است.

در ترانزیستورهای از جنس سیلیکون، هرگاه آوومتر را روی R×۱۰K قراردهیم و باتوجه به نمایش دیودی ترانزیستورها مقاومت معکوس بین بیس و کلکتور و یکبار بین بیس و امیتر را اندازه بگیریم، در حالت دوم مقاومت کمتر است زیرا ولتاژ معکوس دیود بیس- امیتر درحدود ٦ ولت وارد ناحیهٔ شکست خود می‌شود ولی ولتاژ معکوس بیس- کلکتور ولتاژ خیلی بیشتری را تحمل می‌کند. همچنین در این نوع از ترانزیستورها، مالتی‌متر دیجیتال مقاومت و دیود بیس- امیتر را در جهت مستقیم بیش از مقاومت بیس- کلکتور نشان می‌دهد.

تشخیص سالم بودن ترانزیستور

کلید آوومتر را در قسمت اهم روی کوچکترین ضریب (R×۱) قرار داده و آزمایشهای زیر را انجام می‌دهیم.

الف) اگر دیود بیس-امیتر سالم باشد در گرایش مستقیم جریان را عبور می‌دهد و در گرایش معکوس جریان را عبور نمی‌دهد. اگر در هر دو جهت جریان را عبور دهد، دیود بیس-امیتر خراب شده و در اصطلاح اتصال کوتاه شده است. اگر در هیچ جهت عبور جریان را نشان ندهد، دیود بیس -امیتر از سیمهای اتصال یا از نقطهٔ جوش P و N قطع است.

ب) اگر دیود بیس-کلکتور سالم باشد در گرایش مستقیم جریان را عبور می‌دهد و در گرایش معکوس جریان را عبور نمی‌دهد. اگر در هر دو جهت جریان را عبور دهد، دیود بیس- کلکتور خراب شده و در اصطلاح اتصال کوتاه شده است. اگر در هیچ جهت عبور جریان را نشان ندهد، دیود بیس-کلکتور از سیمهای اتصال یا از نقطهٔ جوش P و N قطع است.

ج) اتصال‌های امیتر-کلکتور در هیچ جهت نباید جریان عبور دهند.

روش نامگذاری ترانزیستورها

برای نامگذاری ترانزیستورها سه استاندارد آمریکایی، ژاپنی و اروپایی وجود دارد. در استاندارد آمریکایی برای نامگذاری ترانزیستور از پیشوند ۲N شروع می‌شود و پس از آن سه یا چهار رقم می‌آید. مثل ۲N۳۰۵۵ و ۲N۸۲۲.

درنامگذاری ژاپنی از پیشوند ۲S استفاده می‌شود و پس از آن یک حرف می‌آید که نوع و بسامد کار ترانزیستور را مشخص می‌کنند مثلاً در ترانزیستور PNP حرف A بعد از ۲S مشخص کنندهٔ بسامد بالا و حرف B مشخص کنندهٔ بسامد پایین است و در ترانزیستور NPN حرف C بعد از ۲S مشخص کنندهٔ بسامد بالا و حرف D مشخص‌کنندهٔ بسامد پایین است. پس از این حرف یک عدد سه رقمی یا چهاررقمی می‌آید، برای مثال ۲SA۹۸۳ ترانزیستور PNP با بسامد بالا و ۲SB۳۸۹ ترانزیستور PNP قدرتی و ۲SC۷۶۹ ترانزیستور NPN کلیدی و بالاخره ۲SD۱۲۹ ترانزیستور NPN با

بسامد پایین است. معمولاً در این ترانزیستورها پیشوند 2S را روی ترانزیستور قرارنمی‌دهند و بقیهٔ حرف و اعداد نوشته می‌شود، مثلاً منظور از D۲۶۶ همان 2SD۲۶۶، است. در استاندارد اروپایی قدیمی از پیشوندهای OC یا OD شروع می‌شد و پس از آن سه رقم می‌آمد مثل OC۱۷۱ ، OD۶۰۳ ، OC۱۳۹. در استاندارد اروپایی جدید از دو حرف و سه رقم استفاده می‌شود که حرف اول جنس ترانزیستور و حرف دوم نوع آن را مشخص می‌کند. گاهی برای مصارف حرفه‌ای زیاد از سه حرف و دو رقم نیز استفاده می‌شود. جدول ٦ – ۱ حرف اول، حرف دوم و معنای هر یک و مثالهایی را در استاندارد اروپایی نشان می‌دهد.

جدول٦ – ۱، نامگذاری ترانزیستورها و دیودها در استاندارد اروپایی برمبنای جنس و نوع ترانزیستور

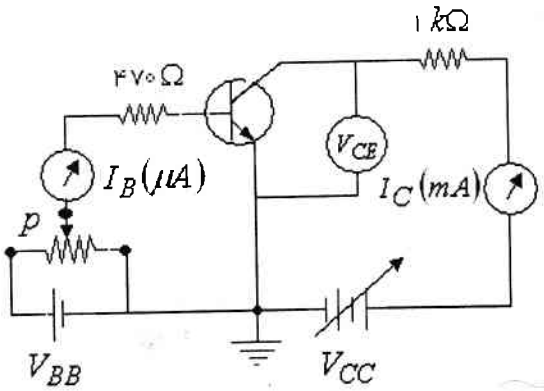
مثال	حرف دوم		حرف اول	
BA۱٤۸	دیود معمولی	A	ژرمانیوم	A
BB۱۰٥	دیود خازنی	B	سیلیسیوم	B
AC۱۲۸	ترانزیستور کم قدرت ، بسامد پایین	C	کالیوم – آرسینیو	C
AD۱٤۹	ترانزیستور قدرت ،بسامد پایین	D	ایندیم – آنتیموان	D
AE۷۱۸	دیود تونلی	E	عنصر حساس به نور	R
BF۱۹۹	ترانزیستور کم قدرت ، بسامد بالا	F		
BLX۱۳	ترانزیستور قدرت ، بسامد بالا	L		
BPX۳۹	نیمه رسانای حساس به نور	P		
CQ۱۱	نیمه‌رسانای تولیدکنندهٔ نور	Q		
ASY۲٦	ترانزیستور کلیدی معمولی	S		
BUY۷۱	ترانزیستور کلیدی قدرت	U		
BXY۲۹	دیود چند برابرکنندهٔ بسامد	X		
BY۱۷۹	دیود یکسوسازی قدرت	Y		
BZX۷۹	دیود زنر	Z		

روش آزمایش

الف) نوع و پایه‌های چهار ترانزیستوری را که در اختیار دارید تعیین کرده و سپس جدول زیر را کامل کنید.

ترانزیستور				
نوع ترانزیستور				

ب) مداری مطابق شکل ٦ - ٣ ببندید، با تغییر پتانسیومتر P برای I_B جریانهای مختلفی حاصل می‌شود. به ازای یک I_B معین ضمن تغییر V_{CC}، ولتاژهای مختلف V_{CE} را اندازه بگیرید. با دو میلی‌آمپرسنج I_B و I_C را اندازه‌گیری کنید و پس از تکمیل جدول مربوطه، مشخصهٔ خروجی ترانزیستور را روی کاغذ میلیمتری رسم کنید.



شکل ٦ - ٣. تعیین مشخصهٔ خروجی ترانزیستور در مدار امیتر مشترک

I_B=۰ μA		I_B=۵ μA		I_B=۱۰ μA		I_B=۱۵ μA		I_B=۲۰ μA		I_B=۲۵ μA	
V_{CE}	I_C	V_{CE}	I_C	V_{CE}	I_C	V_{CE}	I_C	V_{CE}	I_C	V_{CE}	I_C
۱۰		۱۰		۱۰		۱۰		۱۰		۱۰	
۸		۸		۸		۸		۸		۸	
٦		٦		٦		٦		٦		٦	
٤		٤		٤		٤		٤		٤	
۲		۲		۲		۲		۲		۲	
۱/۵		۱/۵		۱/۵		۱/۵		۱/۵		۱/۵	
۱		۱		۱		۱		۱		۱	
۰/۵		۰/۵		۰/۵		۰/۵		۰/۵		۰/۵	
۰		۰		۰		۰		۰		۰	

باتوجه به این که ضرایب α و β درحالت کلی به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$\beta = \left.\frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}\right|_{V_{CE}} = \text{ثابت} \qquad \text{یا} \qquad \beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}\Big|V_{CE} = \text{ثابت}$$

$$\alpha = \left.\frac{\Delta I_C}{\Delta I_E}\right|_{V_{BC}} = \text{ثابت} \qquad \text{یا} \qquad \alpha = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E}\Big|V_{BC} = \text{ثابت}$$

ابتدا از روی نمودار مشخصهٔ خروجی، β را به دست آورید و از روی β مقدار α را تعیین کنید. برای رسم مشخصهٔ ورودی ترانزیستور در حالت امیتر مشترک، با تغییر پتانسیومتر در مقدار و ایجاد همان جریانهای I_B، به ازای ٦، ۲، ۰=V_{CE} ولت، مقادیر V_{BE} را اندازه بگیرید و با کامل کردن جدول زیر، منحنی مشخصهٔ I_B را برحسب V_{BE} برای V_{CE} های مختلف رسم کنید.

V_{CE}=۰		V_{CE}=۲ V		V_{CE}=٦ V	
I_B	V_{BE}	I_B	V_{BE}	I_B	V_{BE}
۰		۰		۰	
۵μA		۵μA		۵μA	
۱۰μA		۱۰μA		۱۰μA	
۱۵μA		۱۵μA		۱۵μA	
۲۰μA		۲۰μA		۲۰μA	
۲۵μA		۲۵μA		۲۵μA	

پرسش

۱- از دو رابطهٔ $\alpha = \frac{I_C}{I_E}$ و $I_B + I_E + I_C = ۰$ رابطهٔ $B = \frac{\alpha}{1-\alpha}$ را به دست آورید.

۲- اگر در یک مدار امیتر مشترک، $I_C = ۰/۹۸ I_E$ باشد، مقدار ضریب تقویت جریان چقدر است؟

۳- جنس و نوع ترانزیستورهای زیر را براساس جدول (۱-٦) تعیین کنید:

AC۱۲۷، BC۱۰۷، BD۱۳۵، BF۳۵۷

٤- در چه مواردی از یک ترانزیستور به صورتهای امیترمشترک، کلکتور مشترک و یا بیس مشترک استفاده می‌شود.

۵- منظور از نواحی فعال، اشباع و قطع در منحنی مشخصهٔ خروجی ترانزیستور چیست؟

٦- منظور از نقطهٔ کار ترانزیستور [۱] چیست؟

---

۱. از روابط زیر می‌توان برای تعیین نقطهٔ کار ترانزیستور (نقطه‌ای به مختصات I_C و V_{CE}) استفاده کرد.

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$$

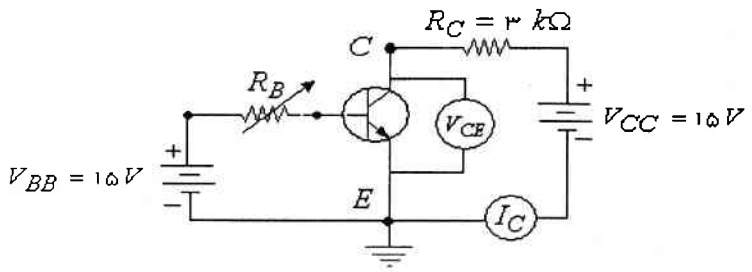
$$I_c = \beta I_B$$

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

تمرین مدار

می‌دانیم که خط بار در مشخصهٔ خروجی ترانزیستور (بنا به فرض در ترکیب امیتر مشترک) خطی است که دو نقطهٔ اشباع و قطع را به یکدیگر وصل می‌کند، نقطهٔ اشباع محل تلاقی خط بار با محور I_C و نقطهٔ قطع محل تلاقی خط بار با محور V_{CE} است. بنابراین نقطهٔ اشباع حداکثر مقدار ممکن جریان کلکتور را به ما می‌دهد و نقطهٔ قطع حداکثر مقدار ممکن ولتاژ کلکتور- امیتر را معین می‌کند. از طرفی خط بار شامل هر نقطهٔ کار ممکن است. به عبارت دیگر وقتی مقاومت بیس از صفر تا بینهایت تغییر کند جریان کلکتور و ولتاژ کلکتور- امیتر تغییر می‌کند. اگر کلیهٔ مقادیر I_C و V_{CE} را رسم کنیم یک رشته نقاط کار به دست می‌آیند که همه بر روی خط بار قراردارند.

اکنون مدار شکل زیر را ببندید و به طور تجربی خط بار را برای ترانزیستور زیر رسم کنید.



با تغییر مقاومت بیس از صفر تا بینهایت، جریان کلکتور (I_C) و ولتاژ کلکتور-امیتر (V_{CE}) را اندازه‌گیری کنید. اگر کلیهٔ نقاط کار به دست آمده را در منحنی خروجی (I_C-V_{CE}) به یکدیگر وصل کنید خط مستقیمی به دست می‌آید که از دو نقطه با مشخصات زیر می‌گذرد.

$\begin{cases} I_C = ۰mA \\ V_{CE} = ۱۵v \end{cases}$ و $\begin{cases} I_C = ۵mA \\ V_{CE} = ۰ \end{cases}$ این دو نقطه چه نامیده می‌شوند؟