

آزمایش ۴

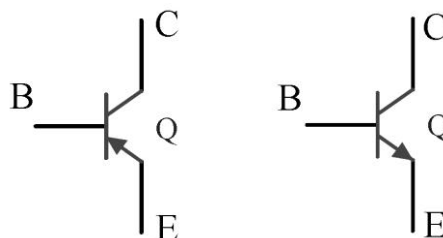
آشنایی با ترانزیستورهای Bjt و مشخصه های ورودی و خروجی آنها

هدف از آزمایش: در این آزمایش مروری بر نواحی عملکرد ترانزیستورهای Bjt خواهیم داشت و مشخصه های ورودی و خروجی آن را رسم می کنیم. از روی این مشخصه ها می توانیم پارمترهای مختلف ترانزیستور را استخراج کنیم.

ترانزیستورهای Bjt از دو دیود پیوندی تشکیل شده اند. دیودهایی که در ترانزیستور به کار رفته اند از لحاظ عملکردی مانند دیودهایی هستند که در مورد آزمایش قرار دادیم. این دیودهای پیوندی در یک ولتاژ معلوم که در برگه ی اطلاعاتی ترانزیستور آمده است، روشن می شوند و جریان الکتریکی را هدایت می کنند. شکل (۱) معادل دیودی ترانزیستورهای Bjt را نشان می دهد. همان طور که در شکل (۱) مشاهده می کنید بین پایه های بیس-امیتر یک دیود و دیود دیگر بین پایه های بیس-کلکتور قرار دارد. با توجه به نحوه قرار گرفتن دیودها در ترانزیستور، این ترانزیستورها به دو نوع NPN و PNP طبقه بندی می شوند. اگر در تشخیص سمبل مداری این دو نوع ترانزیستور که در شکل (۲) نشان داده شده اند، مشکل دارید، می توانید این عبارت را به خاطر داشته باشید که در ترانزیستورهای NPN جهت فلش به داخل اشاره ندارد یا به عبارت دیگر iN Not Pointing.



شکل (۱)



شکل (۲)

از این پس به جای واژه ی دیود، در ترانزیستورها از واژه ی پیوند استفاده می کنیم، به عنوان مثال به جای دیود بیس-امیتر، پیوند بیس امیتر می گوییم. با توجه به روشن بودن و خاموش بودن این پیوندها چهار ناحیه کاری برای ترانزیستور تعریف می شود که فقط سه ناحیه آن برای ما اهمیت دارد. این نواحی را برای ترانزیستور نوع NPN می توانید در جدول (۱) مشاهده کنید.

جدول (۱)

پیوند بیس-امیتر	پیوند بیس-کلکتور	ناحیه کاری
معکوس	معکوس	خاموش
مستقیم	معکوس	فعال
مستقیم	مستقیم	اشباع
معکوس	مستقیم	فعال معکوس

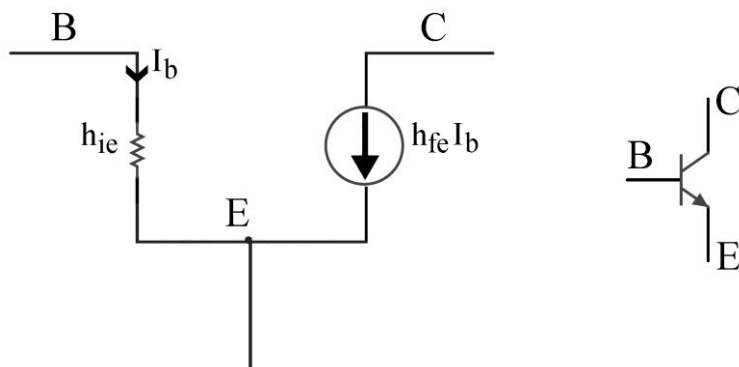
با توجه به اینکه ترانزیستور در چه ناحیه ای عمل می کند، رفتار ترانزیستور متفاوت خواهد بود، این تفاوت را می توان در روابط جریان و ولتاژ ترانزیستور مشاهده کرد. توجه داریم در هر ناحیه تنها شرایط همان ناحیه برقرار می باشد، هنگامی که در مرز دو ناحیه قرار داریم از شرایط هر دو ناحیه برای تحلیل ترانزیستور می توان استفاده کرد. تحلیل گره و مش همواره و در هر ناحیه ای که باشیم صادق هستند. توضیح مختصر این نواحی در جدول (۲) آمده است.

جدول (۲)

ناحیه ی خاموش	در این ناحیه جریان بیس و کلکتور صفر می باشد و برای تحلیل مدار روی کاغذ می توانید ترانزیستور را حذف کنید.
ناحیه ی اشباع	در این ناحیه ولتاژ V_{CE} را برابر 0.2 ولت در نظر می گیرند و برای محاسبه جریان از تحلیل گره استفاده می کنند. بنابراین برای بدست آوردن جریان از رابطه ی $I_E = I_B + I_C$ می توان استفاده کرد.
ناحیه ی فعال	در این ناحیه تقویت کننده گی جریان داریم، برای بدست آوردن جریان می توان از رابطه $\beta I_B = I_C$ استفاده کرد.

ترانزیستورهای Bjt را می توان با سه نوع آرایش در مدارهای الکترونیکی به کار برد، این سه نوع عبارتند از، امیتر مشترک، بیس مشترک و کلکتور مشترک. هر کدام از این آرایش ها دارای ویژگی ها و کاربردهای مخصوص خود می باشد.

به طور کلی در تحلیل سیگنال کوچک ترانزیستور را می توان به صورت ساده شکل (۳) مدل کرد. پارمترهای h_{fe} و h_{ie} را می توان از روی منحنی مشخصه ی ترانزیستور بدست آورد. برای این پارمترها داریم، $h_{ie} = r_{\pi} = \beta \frac{V_T}{I_C}$ و $h_{fe} = \beta = \frac{I_C}{I_B}$ در رابطه ی اخیر I_C جریان DC ترانزیستور و $V_T = 25\text{mv}$ می باشد.



شکل (۳)

ترانزیستورهای معمول که در آزمایشگاه استفاده می شوند، BC107، BC108 و یا BC109 می باشند. این ترانزیستورها از نوع NPN و h_{fe} آن ها از ۱۲۵ تا ۹۰۰ متغیر می باشد. برای اطلاع بیشتر از پارامترهای ترانزیستورها می توانید از سایت www.alldatasheet.com برگه های اطلاعاتی المان های مداری را دانلود و مطالعه کنید. در ترانزیستورهای یاد شده، پایه نزدیک به زائده آمیتر می باشد، پایه بیس در وسط قرار دارد و پایه ی دیگر کلکتور است. توجه ۱: بدنه ی فلزی این ترانزیستورها از داخل به کلکتور اتصال دارد، بنابراین در هنگامی که سیم بندی را انجام می دهید باید مراقب باشید که سیگنال یا ولتاژی به بدنه ی ترانزیستور اعمال نشود، در غیر این صورت نتایجی که بدست می آورید نادرست می باشند.

امیتر مشترک و مشخصه های ورودی و خروجی آن برای ترانزیستور NPN

در این ترکیب پایه ی امیتر بین ورودی و خروجی مشترک می باشد. ورودی به بیس اعمال می شود و خروجی را از کلکتور می گیریم. برای رسم مشخصه ورودی باید جریان بیس را بر حسب ولتاژ بیس- امیتر به ازای ولتاژهای کلکتور-امیتر متفاوت بدست آورد.

در حالت ac از این ترکیب به عنوان تقویت کننده ی ولتاژ و جریان استفاده می شود. مقاومت ورودی در این آرایش کمتر از حالت کلکتور مشترک و بیشتر از حالت بیس مشترک می باشد اما مقاومت خروجی در این ترکیب بیشتر از حالت کلکتور مشترک و کمتر از حالت بیس مشترک می باشد.

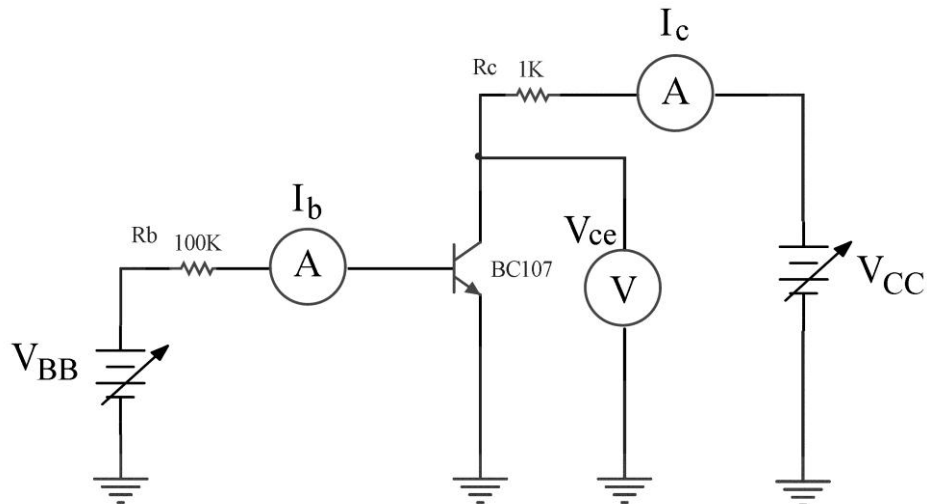
پیش گزارش - (۱) تحلیل گره و مشی برای ترانزیستور Bjt بنویسید که در تمام نواحی کاری صدق کند.

پیش گزارش - (۲) تفاوت پارامتر β و h_{fe} را توضیح دهید.

پیش گزارش - (۳) مداری برای رسم مشخصه ورودی امیتر مشترک ترانزیستور NPN به عنوان مثال BC107 طرح کنید. مشخصه ی ورودی را در یکی از نرم افزارهای مربوط مانند Orcad برای ولتاژهای کلکتور-امیتر صفر، ۵ ولت و ۱۰ ولت رسم نمایید. $h_{ie} = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B} |_{V_{CE}=\text{Constant}}$ ، با توجه به این رابطه و جدولی که برای مشخصه ورودی آرایش امیتر مشترک بدست آورده اید h_{ie} را در دو نقطه حساب کنید.

برای مشخصه خروجی باید جریان کلکتور را بر حسب ولتاژ کلکتور-امیتر به ازای جریان های بیس متفاوت رسم کنید.

- برای رسم مشخصه خروجی مدار شکل (۳) را روی برد بورد ببندید. ابتدا با تنظیم ولتاژ متغیر اعمالی به بیس جریان بیس را روی مقدار مورد نظر قرار دهید، با تغییر ولتاژ V_{CC} جریان کلکتور و متناظر با آن ولتاژ کلکتور-امیتر تغییر خواهد، به این ترتیب نقاط کاری مختلفی برای مدار بدست خواهد آمد. این کار را برای جریان های بیس متفاوتی که در جدول آمده است تکرار کنید و نتایج را یادداشت نمایید.



شکل (۳)

گزارش کار- (۱) جدول (۳) را کامل کنید و مشخصه ی خروجی را برای جریان های بیسی که در جدول در نظر گرفته شده رسم کنید. نواحی قطع، اشباع و فعال را روی منحنی هایی که رسم کرده اید مشخص کنید.

جدول (۳)

$I_b = 100\mu A$		$I_b = 50\mu A$		$I_b = 5\mu A$		$I_b = 0$		
V_{ce}	I_c	V_{ce}	I_c	V_{ce}	I_c	V_{ce}	I_c	
								۱
								۲
								۳
								۴
								۵
								۶
								۷
								۸

توجه ۱: برای اندازه گیری جریان ها می توانید مقاومتی در حدود 100Ω یا $1K\Omega$ در مسیر جریان قرار دهید و با اندازه گیری ولتاژ و تقسیم عدد بدست آمده بر مقدار مقاومتی که در مدار قرار داده اید جریان را بدست آورید.

گزارش کار- (۲) β را در سه نقطه کاری متفاوت بدست آورید و با هم مقایسه کنید.

گزارش کار- (۳) $h_{fe} = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_b} |_{V_{CE}=Constant}$ را در سه نقطه کاری متفاوت بدست آورید و با هم مقایسه کنید.

بیس مشترک و مشخصه های ورودی و خروجی آن برای ترانزیستور NPN

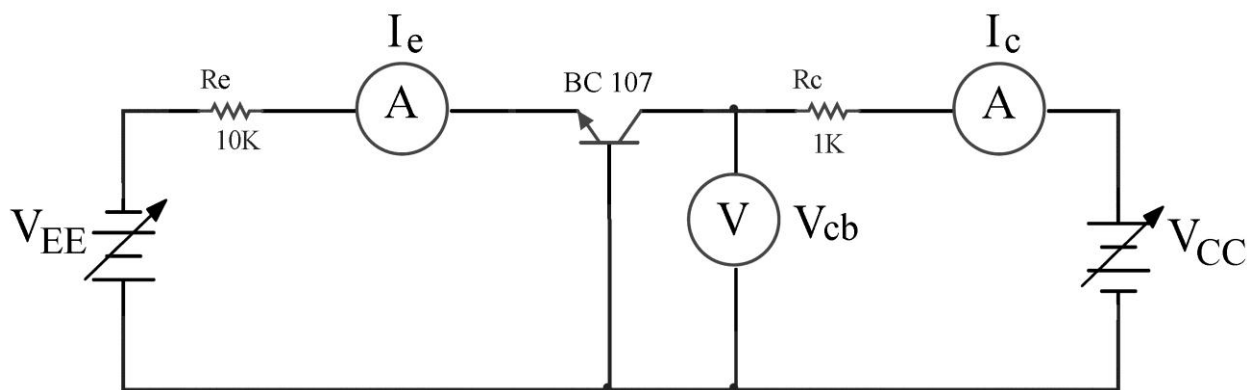
در این ترکیب پایه ی بیس بین ورودی و خروجی مشترک می باشد. ورودی به امیتر اعمال می شود و خروجی را از کلکتور می گیریم. برای رسم مشخصه ورودی باید جریان امیتر را بر حسب ولتاژ امیتر- بیس به ازای ولتاژهای کلکتور- بیس متفاوت بدست آورد.

در حالت ac، بهره جریان این آرایش کمتر از واحد می باشد. از این ترکیب معمولاً برای تقویت ولتاژ استفاده می شود. مقاومت خروجی در این حالت بسیار بالا می باشد، از این آرایش در تقویت کننده های چند طبقه برای تطبیق امپدانس هم استفاده می شود.

پیش گزارش- ۴) مداری برای رسم مشخصه ورودی بیس مشترک ترانزیستور NPN به عنوان مثال BC107 طرح کنید. مشخصه ی ورودی را در یکی از نرم افزارهای مربوط مانند Orcad برای ولتاژهای کلکتور- بیس صفر، ۵ ولت و ۱۰ ولت رسم نمایید. $h_{ib} = \frac{\Delta V_{EB}}{\Delta I_E} |_{V_{CB}=Constant}$ ، با توجه به این رابطه و جدولی که برای مشخصه ورودی آرایش بیس مشترک بدست آورده اید h_{ib} را در دو نقطه حساب کنید.

برای مشخصه خروجی باید جریان کلکتور را بر حسب ولتاژ کلکتور- بیس به ازای جریان های امیتر متفاوت رسم کنید.

- برای رسم مشخصه خروجی مدار شکل (۴) را روی برد بورد ببندید. ابتدا با تنظیم ولتاژ متغیر اعمالی به سمت امیتر جریان امیتر را روی مقدار مورد نظر قرار دهید، با تغییر ولتاژ V_{cc} جریان کلکتور و متناظر با آن ولتاژ کلکتور- بیس تغییر خواهد، به این ترتیب نقاط کاری مختلفی برای مدار بدست خواهد آمد. این کار را برای جریان های امیتر متفاوتی که در جدول آمده است تکرار کنید و نتایج را یادداشت نمایید.



شکل (۴)

گزارش کار- ۴) جدول (۴) را کامل کنید و مشخصه ی خروجی را برای جریان های امیتری که در جدول در نظر گرفته شده رسم کنید. نواحی قطع، اشباع و فعال را روی منحنی هایی که رسم کرده اید مشخص کنید.

جدول (۴)

$I_e = 10 \text{ mA}$		$I_e = 5 \text{ mA}$		$I_e = 1 \text{ mA}$		$I_e = 0.1 \text{ mA}$		
V_{cb}	I_c	V_{cb}	I_c	V_{cb}	I_c	V_{cb}	I_c	
								۱
								۲
								۳
								۴
								۵
								۶
								۷
								۸

گزارش کار- ۵) $h_{fb} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} |_{V_{CB}=\text{Constant}}$ را در سه نقطه کاری متفاوت بدست آورید و با هم مقایسه کنید.

کلکتور مشترک و مشخصه های ورودی و خروجی آن برای ترانزیستور NPN

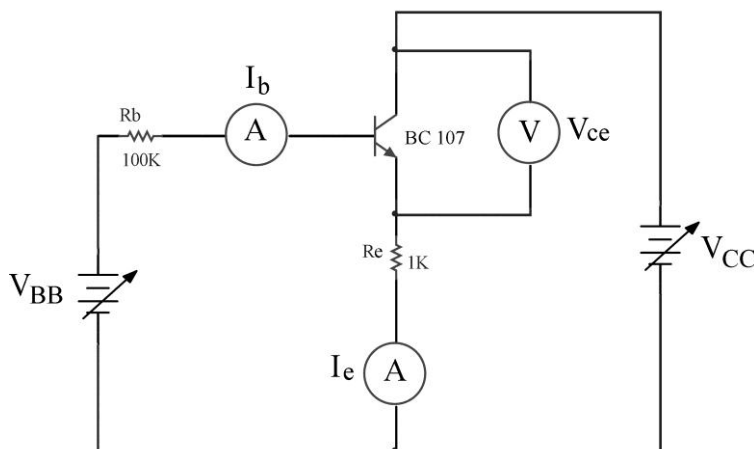
در این ترکیب پایه ی کلکتور بین ورودی و خروجی مشترک می باشد. ورودی به بیس اعمال می شود و خروجی را از امیتر می گیریم. برای رسم مشخصه ورودی باید جریان بیس را بر حسب ولتاژ کلکتور- بیس به ازای ولتاژهای متفاوت امیتر- کلکتور بدست آورد.

در حالت ac، بهره ولتاژ این آرایش کمتر از واحد می باشد. از این ترکیب معمولاً برای تقویت جریان استفاده می شود. مقاومت خروجی و ورودی در این ترکیب به ترتیب بسیار پایین و بسیار بالا می باشد. از این آرایش هنگامی که مقاومت خروجی کوچک است برای تطبیق امپدانس استفاده می کنیم. با توجه به اینکه جریان امیتر تقریباً با جریان کلکتور برابر است، بنابراین مشخصه ی خروجی این ترکیب خیلی شبیه به مشخصه ی خروجی ترکیب امیتر مشترک می باشد، اگرچه مشخصه ورودی این دو ترکیب تفاوت دارد.

پیش گزارش- ۵) مداری برای رسم مشخصه ورودی کلکتور مشترک ترانزیستور NPN به عنوان مثال BC107 طرح کنید. مشخصه ی ورودی را در یکی از نرم افزارهای مربوط مانند Orcad برای ولتاژهای کلکتور- امیتر صفر، ۵ ولت و ۱۰ ولت رسم نمایید. $h_{ic} = \frac{\Delta V_{CB}}{\Delta I_B} |_{V_{EC}=\text{Constant}}$ ، با توجه به این رابطه و جدولی که برای مشخصه ورودی آرایش بیس مشترک بدست آورده اید h_{ic} را در دو نقطه حساب کنید.

برای مشخصه خروجی باید جریان امیتر را بر حسب ولتاژ کلکتور- امیتر به ازای جریان های بیس متفاوت رسم کنید.

- برای رسم مشخصه خروجی مدار شکل (۵) را روی برد ببندید. ابتدا با تنظیم ولتاژ متغیر اعمالی به بیس جریان بیس را روی مقدار مورد نظر قرار دهید، با تغییر ولتاژ V_{cc} جریان امیتر و متناظر با آن ولتاژ کلکتور- امیتر تغییر خواهد، به این ترتیب نقاط کاری مختلفی برای مدار بدست خواهد آمد. این کار را برای جریان های بیس متفاوتی که در جدول آمده است تکرار کنید و نتایج را یادداشت نمایید.



شکل (۵)

گزارش کار- ۶) جدول (۵) را کامل کنید و مشخصه ی خروجی را برای جریان های آمیتری که در جدول در نظر گرفته شده رسم کنید. نواحی قطع، اشباع و فعال را روی منحنی هایی که رسم کرده اید مشخص کنید.

جدول (۵)

$I_b = 100 \mu A$		$I_b = 50 \mu A$		$I_b = 5 \mu A$		$I_b = 0$		
V_{ce}	I_e	V_{ce}	I_e	V_{ce}	I_e	V_{ce}	I_e	
								۱
								۲
								۳
								۴
								۵
								۶
								۷
								۸

گزارش کار- ۷) $h_{fc} = \frac{\Delta I_E}{\Delta I_B} |_{V_{EC}=Constant}$ را در سه نقطه کاری متفاوت بدست آورید و با هم مقایسه کنید.