

بسم الله الرحمن الرحيم

عنوان درس : الکترونیک ۱

مدرس : دکتر مهرداد طهماسبی

شیوه ارزیابی :

۱. امتحان پایان ترم ۱۵ نمره

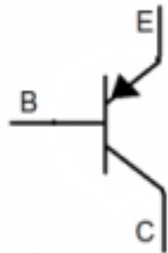
۲. حل تمرین ۵ نمره

ارتباط با مدرس : IAU.TAHMASEBI@GMAIL.COM

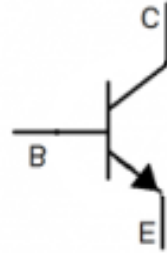
طراحی مدارهای بایاس ترانزیستور

ترانزیستور BJT (یادآوری)

ترانزیستور PNP

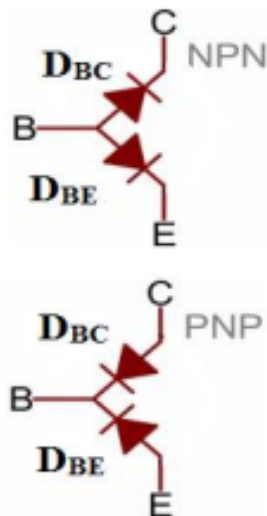


ترانزیستور NPN



$$I_E = I_C + I_B$$

نواحی کار ترانزیستور:



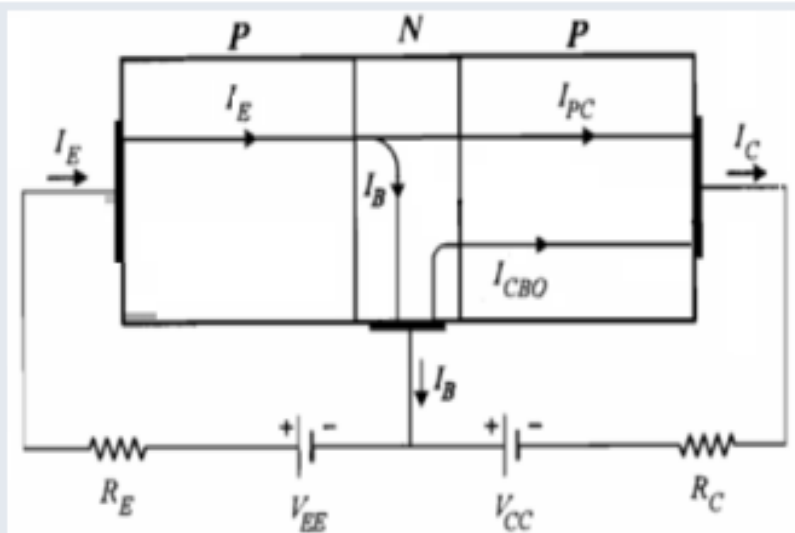
D_{BE}	D_{BC}	حالت بایاس
Off	Off	قطع
On	Off	فعال
On	On	اشباع
Off	On	فعال معکوس



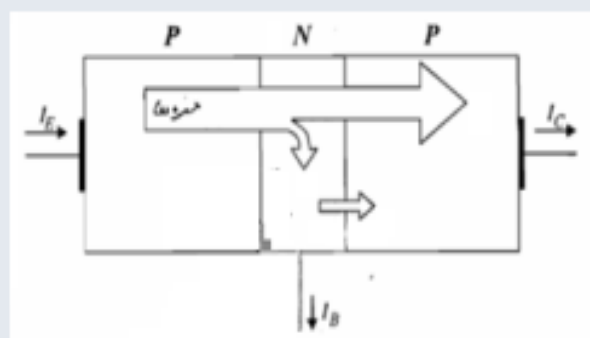
تقویت کننده ($V_O = AV_i$)



اساس کار ترانزیستور در ناحیه فعال



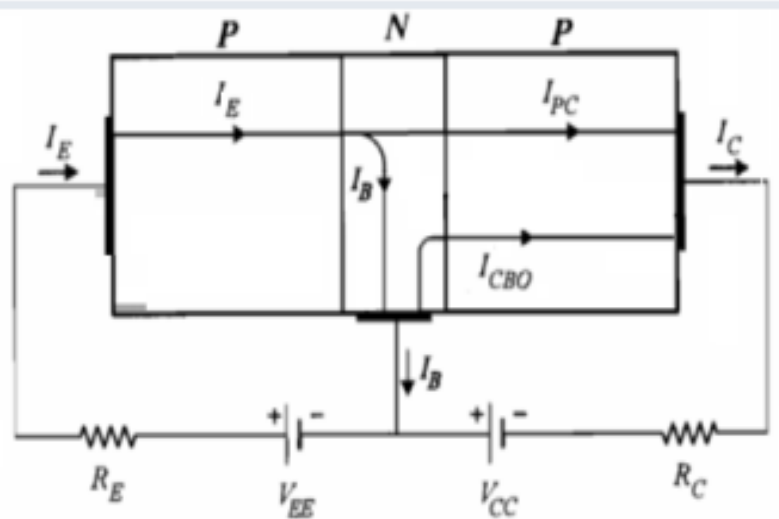
$D_{BE}:On \rightarrow BE$ بایاس مستقیم
 $D_{BC}:Off \rightarrow BC$ بایاس معکوس



1. حفره ها به وسیله باتری از **E** به سمت **B** می روند.
2. حفره ها تحت تاثیر سر منفی باتری V_{CC} به سمت راست حرکت می کنند.
3. مقداری از حفره ها تحت تاثیر سر منفی باتری V_{EE} به سمت پایین حرکت می کنند. مقدار حفره هایی که به سمت پایین حرکت می کنند، کم است زیرا

1. جریان اشباع معکوس نیز در پیوند **BC** برقرار می شود.

اساس کار ترانزیستور در ناحیه فعال



$$\begin{cases} I_C = I_{PC} + I_{CBO} \\ \alpha = I_{PC}/I_E \end{cases} \rightarrow I_C = \alpha I_E + I_{CBO} \sim \alpha I_E$$

• I_{CBO} ناچیز است و قابل صرف نظر است.

• α : ضریب تقویت جریان I_C/I_E ($0 < \alpha < 1$)

$$\begin{cases} I_C = \alpha I_E \\ I_E = I_B + I_C \end{cases} \rightarrow \frac{I_C}{\alpha} = I_B + I_C \rightarrow I_C = \frac{\alpha}{1 - \alpha} I_B \rightarrow I_C = \beta I_B$$

• β : بهره جریان

در نتیجه، در ناحیه فعال داریم:

$$\begin{cases} I_C = \alpha I_E \\ I_C = \beta I_B, \beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \end{cases}$$

نواحی کار ترانزیستور

نواحی کار ترانزیستور **NPN** :

حالت قطع : $D_{BE}:Off, D_{BC}:Off \rightarrow I_C=I_B=I_E=0$

حالت فعال : $D_{BE}:On, D_{BC}:Off \rightarrow I_C=\beta I_B, V_{CE}>V_{CE(sat)}$

حالت اشباع : $D_{BE}:On, D_{BC}:On \rightarrow V_{CE}=V_{CE(sat)}$

$V_{CE(sat)}$: ولتاژی است که در حالت اشباع دو سر **C** و **E** قرار می گیرد.

نکته: روابط بالا برای ترانزیستور **NPN** است. برای ترانزیستور **PNP** روابط مثل **NPN** است با این تفاوت که جای اندیس ها جابه جا می شود یعنی به جای V_{CE} ، V_{EC} قرار می گیرد.

۱۱-۵ نقطه‌ی کار و خط بار

۱۱-۵-۱ نقطه‌ی کار

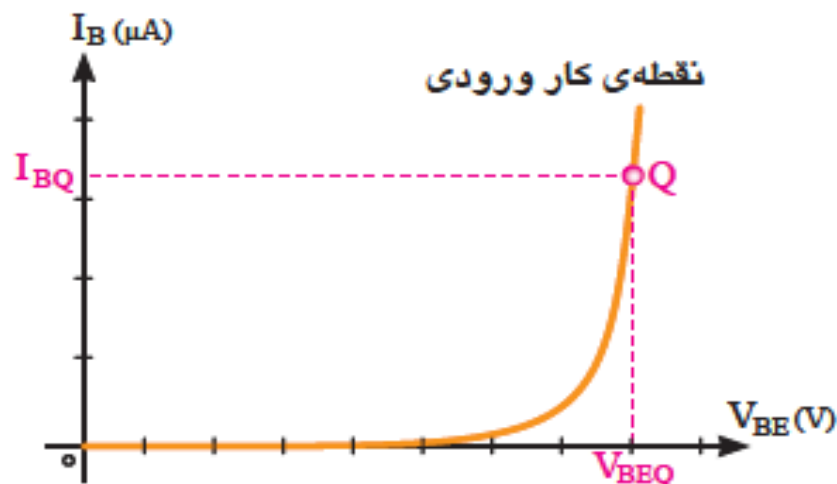
الف) تعریف نقطه‌ی کار: به مقادیر dc کمیت‌های

$V_{BE} - V_{CE} - I_B - I_C$ در شرایطی که هیچ منبع سیگنال

AC به ورودی آن متصل نباشد، نقطه‌ی کار DC

ترانزیستور گویند. شکل ۵-۳۸ نقطه‌ی کار را روی

منحنی مشخصه‌ی ورودی نشان می‌دهد.



شکل ۵-۳۸ نقطه‌ی کار ورودی روی منحنی مشخصه‌ی ورودی

در شکل ۵-۳۹ نقطه‌ی کار روی منحنی مشخصه‌ی خروجی نشان داده شده است.



شکل ۵-۳۹ نقطه‌ی کار خروجی روی منحنی مشخصه‌ی خروجی

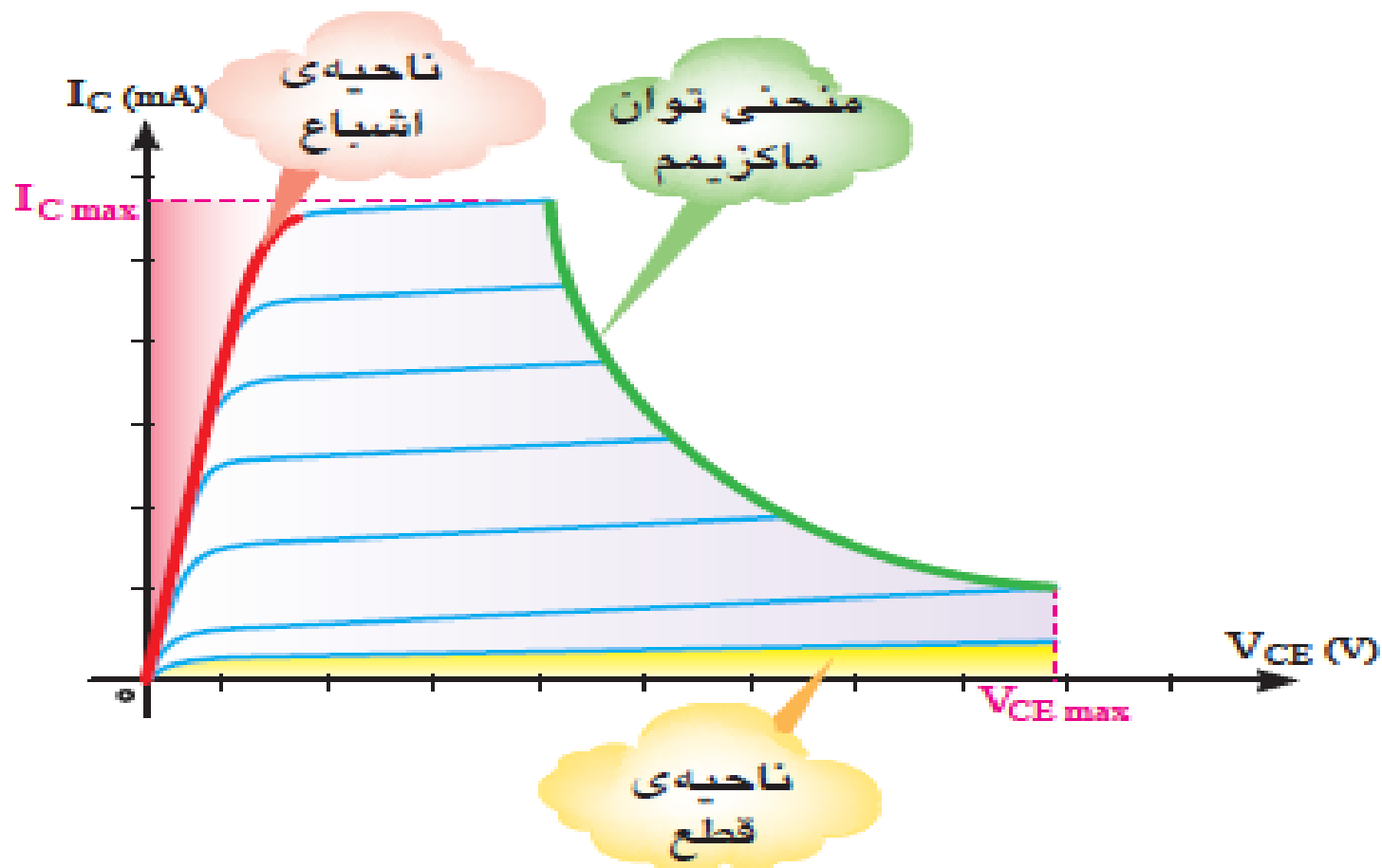
نقطه‌ی کار را با حرف Q نشان می‌دهند. Q حرف اول کلمه‌ی Quicent Point به مفهوم نقطه کار است.

ب) انتخاب نقطه‌ی کار: برای انتخاب نقطه‌ی کار،

ابتدا باید محدودیت‌های ترانزیستور را در نظر گرفت. از جمله محدودیت‌ها، تحمّل توان تلف شده در ترانزیستور، حداکثر جریان کلکتور و حداکثر ولتاژ بین کلکتور و امیتر است. که در آخر این فصل راجع به مقادیر ماکزیمم توضیحاتی داده خواهد شد. نظر به این که تلفات توان توسط ترانزیستور برابر $P_T = V_{CE} \cdot I_C + V_{BE} \cdot I_B$ است، یادآور می‌شود که مقدار $V_{BE} \cdot I_B$ کم است و معمولاً از

آن صرف نظر می‌کنند.

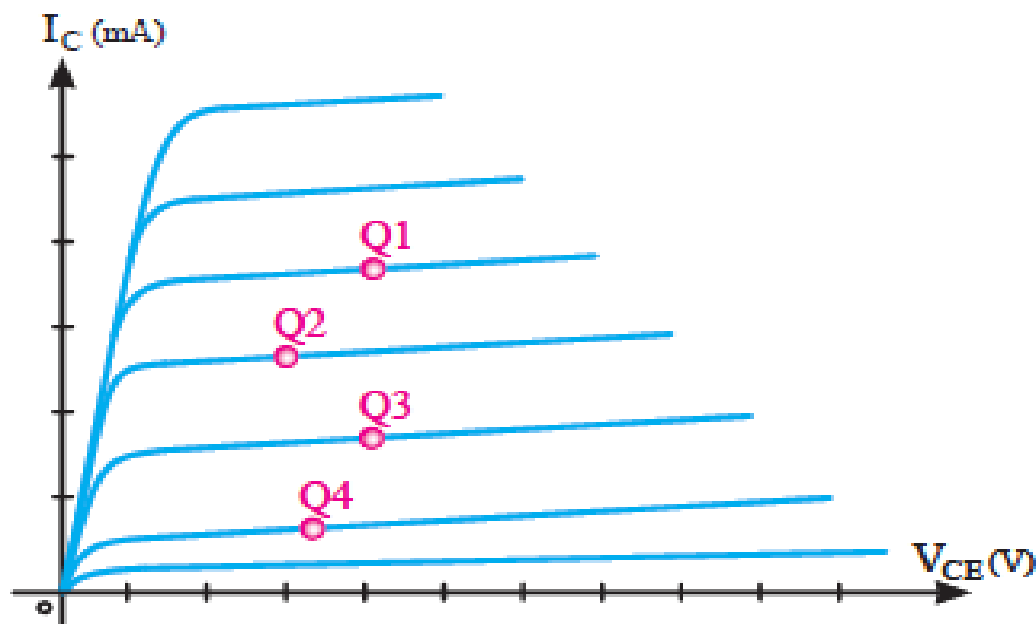
نقطه‌ی کار باید در محلی قرار گیرد که حاصل ضرب $V_{CE} \cdot I_C$ با ماکزیمم توان قابل تحمّل ترانزیستور مساوی یا کم‌تر باشد. رسم مشخصه‌ی $V_{CE} \cdot I_C$ در شکل ۴۰-۵ آمده است. هم‌چنین، محل نقطه‌ی کار نباید در محل $I_B = 0$ (منطقه‌ی قطع) باشد (منطقه‌ی قطع منطقه‌ای است که جریان ورودی ترانزیستور برابر صفر است). در ضمن نقطه‌ی کار باید در محلی قرار گیرد که بتواند سیگنال را از دو طرف به یک اندازه تقویت کند. شکل ۴۰-۵، منطقه‌ی قطع، اشباع و منحنی توان ماکزیمم را نشان می‌دهد.



شکل ۴۰-۵ منحنی توان ماکزیمم روی منحنی مشخصه خروجی

۲-۱۱-۵ خط بار: بر روی منحنی مشخصه‌ی خروجی

ترانزیستور، می‌توان نقاط زیادی را به عنوان نقطه‌ی کار انتخاب نمود. شکل ۵-۴۱ نقاط کار مختلفی را روی منحنی مشخصه‌ی خروجی ترانزیستور نشان می‌دهد.

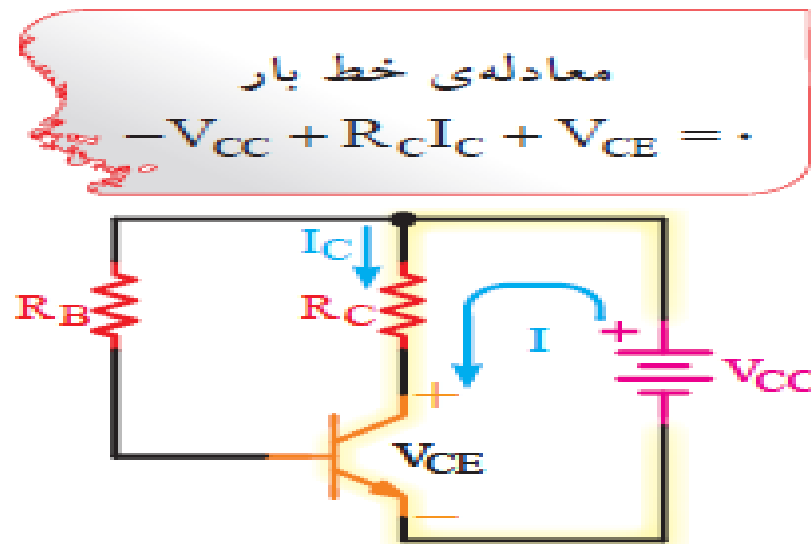


شکل ۵-۴۱ بر روی منحنی مشخصه‌ی خروجی ترانزیستور، نقاط زیادی را می‌توان به عنوان نقطه‌ی کار انتخاب کرد

این نقاط کار روی خط راست قرار ندارند و با تغییر ولتاژ منبع یا R_B و یا R_C به دست آمده‌اند. اگر چند نقطه‌ی کار را به صورتی پیدا کنیم که در آن‌ها ولتاژ منبع تغذیه و مقاومت R_C ثابت مانده باشد، ملاحظه خواهیم کرد که نقاط مذکور روی یک خط مستقیم قرار خواهند گرفت، که به آن خط بار ترانزیستور می‌گویند. به تعبیر دیگر خط بار مکان هندسی نقاط کار مختلف است که در آن نقاط، مقادیر V_{CC} و R_C ثابت بماند.

۳-۱۱-۵ معادله‌ی خط بار و نحوه‌ی رسم آن:

برای رسم خط بار ابتدا باید معادله آن را نوشت. برای این منظور، با توجه به جهت جریان و جهت گردش در حلقه‌ی خروجی از یک نقطه (مثلاً قطب منفی منبع تغذیه) در مدار شکل ۵-۴۲ معادله‌ی KVL را می‌نویسیم. به این طریق:



شکل ۵-۴۲ تقویت کننده ترانزیستوری

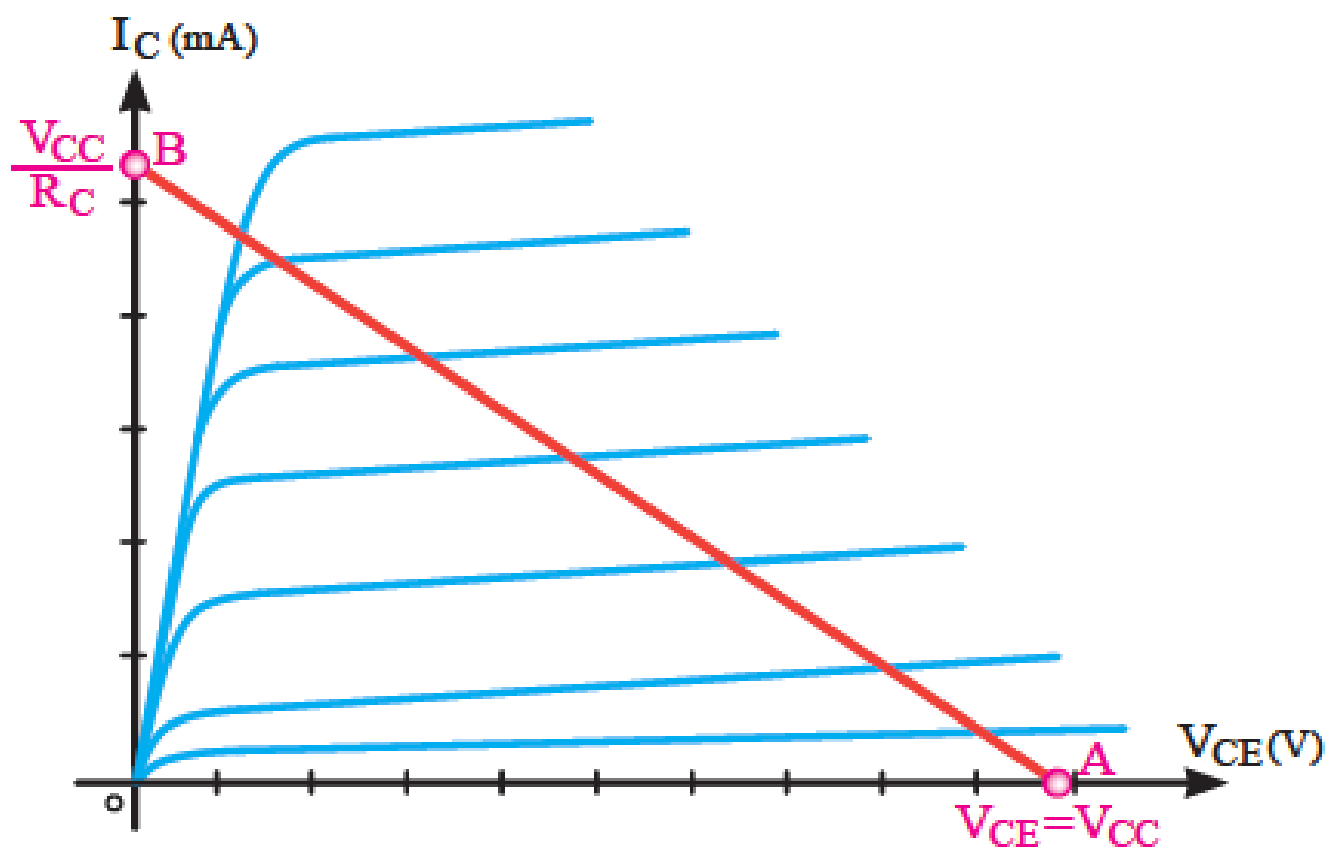
در معادله‌ی فوق R_C و V_{CC} ثابت ولی I_C و V_{CE} متغیر هستند. لذا برای به دست آوردن حداقل دو نقطه از خط بار، یک بار I_C را برابر صفر فرض می‌کنیم و در معادله‌ی خروجی قرار می‌دهیم و V_{CE} را به دست می‌آوریم (نقطه A) و بار دیگر V_{CE} را برابر صفر فرض می‌کنیم و در معادله‌ی خروجی قرار می‌دهیم و I_C را به دست می‌آوریم (نقطه B)، سپس نقاط A و B را به هم وصل می‌کنیم تا خط بار به دست آید. در شکل ۴۳-۵، خط بار را که روی منحنی مشخصه‌ی خروجی رسم شده است، مشاهده می‌کنید.

نقطه‌ی A

$$\begin{cases} I_C = 0 \\ -V_{CC} + 0 \times R_C + V_{CE} = 0 \\ V_{CE} = V_{CC} \end{cases}$$

نقطه‌ی B

$$\begin{cases} V_{CE} = 0 \\ -V_{CC} + I_C R_C + 0 = 0 \\ I_C = \frac{V_{CC}}{R_C} \end{cases}$$



شکل ۴۳-۵ نحوه‌ی ترسیم خط بار

مثال ۵-۱، در صورتی که در مدار شکل ۵-۴۲،

$V_{CC} = 6V$ $R_C = 1K\Omega$ باشد، خط بار آن را روی

منحنی مشخصه‌ی شکل ۵-۴۴ رسم کنید.

حل: ابتدا معادله‌ی KVL حلقه‌ی خروجی را

می‌نویسیم. برای نقطه A با فرض $I_C = 0$ ، مقدار V_{CE}

را به دست می‌آوریم. برای نقطه‌ی B با توجه به معادله‌ی

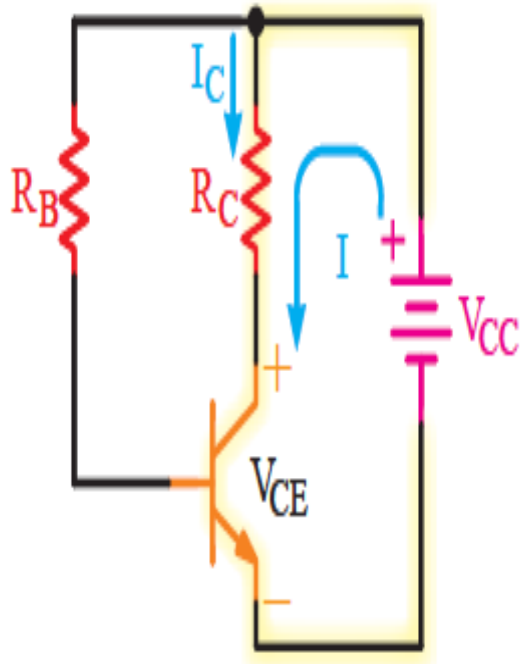
KVL حلقه‌ی خروجی و فرض $V_{CE} = 0$ مقدار I_C را به

دست می‌آوریم.

اکنون مقادیر محاسبه شده برای A و B را روی منحنی

مشخصه‌ی خروجی شکل ۵-۴۴ جدا می‌کنیم. با اتصال

A و B خط بار خواسته شده به دست می‌آید.



شکل ۵-۴۲ تقویت کننده ترانزیستوری

اکنون مقادیر محاسبه شده برای A و B را روی منحنی مشخصه‌ی خروجی شکل ۴۴-۵ جدا می‌کنیم. با اتصال A و B خط بار خواسته شده به دست می‌آید.

نقطه‌ی A

$$-V_{CC} + I_C R_C + V_{CE} = 0$$

$$I_C = 0$$

$$-6 + 1K\Omega \times 0 + V_{CE} = 0$$

$$V_{CE} = 6V$$

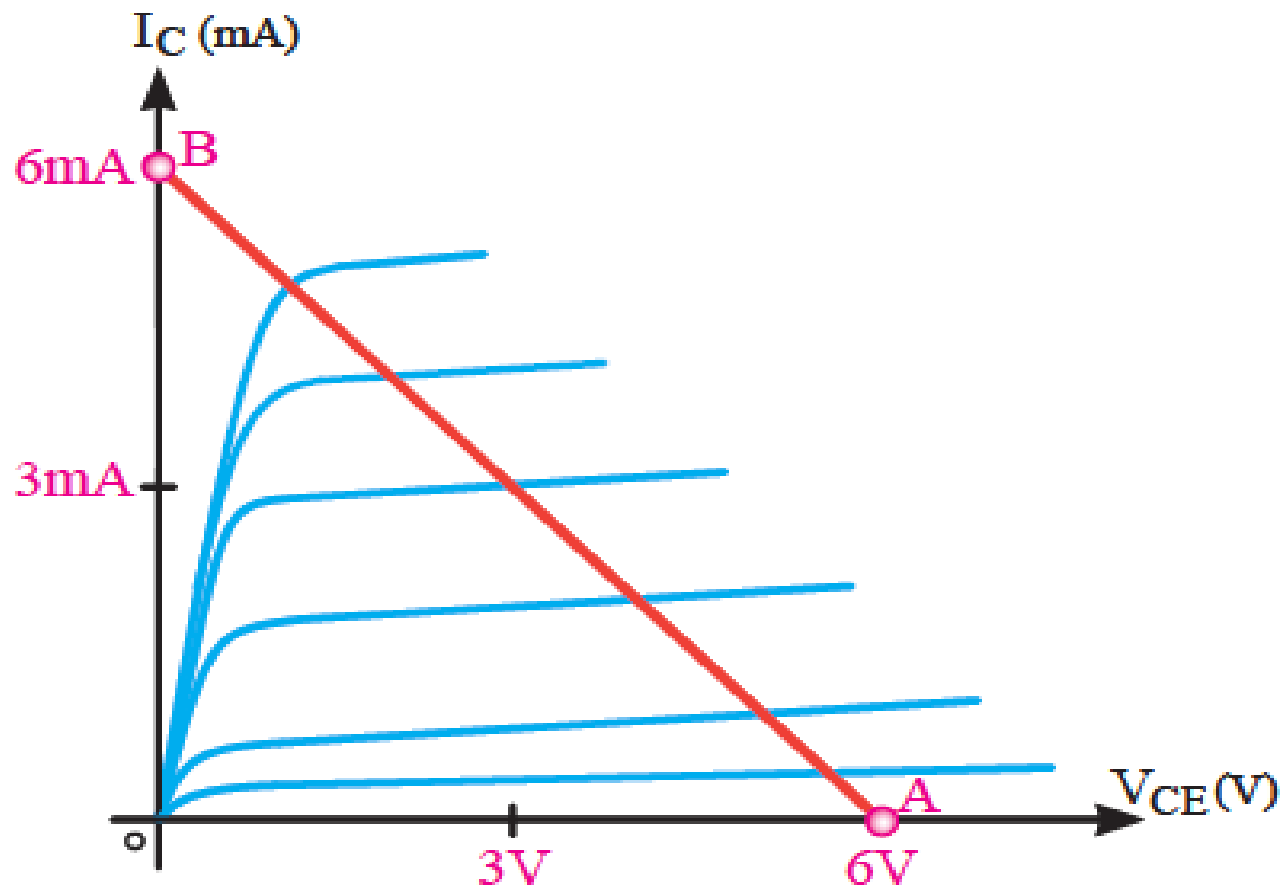
نقطه‌ی B

$$-V_{CC} + I_C R_C + V_{CE} = 0$$

$$V_{CE} = 0$$

$$-6 + 1K\Omega \times I_C + 0 = 0$$

$$I_C = \frac{6V}{1K\Omega} = 6mA$$



شکل ۴۴-۵ رسم خط بار روی منحنی مشخصه‌ی خروجی

۱۳-۵ تأمین ولتاژها و جریان‌های مورد نیاز

ترانزیستور

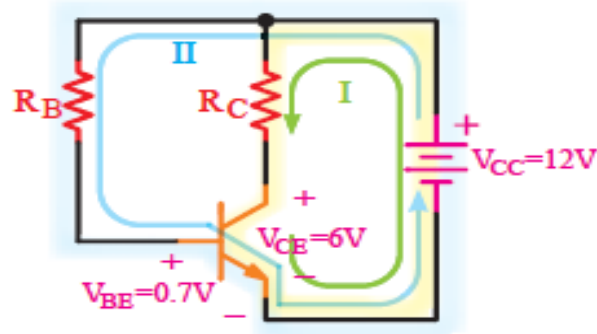
مقدار ولتاژی که باید به قسمت‌های مختلف ترانزیستور یا مدارات ترانزیستوری اعمال شود یک اندازه نیست. مثلاً ولتاژی که باید بین بیس و امیتر قرار گیرد، حدود $V_{0.65}$ و مقدار ولتاژی که بین کلکتور و امیتر باید قرار گیرد حدود نصف ولتاژ منبع تغذیه است و... بنابراین، مشاهده می‌شود که در یک مدار ترانزیستوری، به تعداد زیادی منبع تغذیه با ولتاژهای مختلف نیاز است. تأمین این همه ولتاژهای مختلف از طریق منابع تغذیه

متعدد امکان‌پذیر نیست. برای تأمین ولتاژهای مورد نیاز قسمت‌های مختلف یک تقویت کننده به کمک فقط یک منبع تغذیه، باید از تقسیم کننده‌های مقاومتی اهمی استفاده کرد. برای این منظور مقاومت‌های اهمی را با قسمت‌های مختلف تقویت کننده سری می‌کنند و با ایجاد افت ولتاژ کافی، ولتاژ و جریان‌های DC مورد نیاز را به دست می‌آورند.

لازم است یادآوری شود که در انتخاب مقاومت‌ها، هدف‌های دیگری نیز از جمله تعیین ضریب بهره، امپدانس ورودی، امپدانس خروجی و... در نظر گرفته می‌شود.

برای این که دریابیم، چگونه می توان با مقاومت های
اهمی، افت ولتاژهای لازم را ایجاد نمود، به مثال ساده
زیر توجه کنید:

مثال ۲-۵: اگر بخواهیم مقدار ولتاژ V_{CE} در
یک ترانزیستور، ۶ ولت و مقدار V_{BE} برابر ۰/۷ ولت و
مقدار $I_C = 10\text{mA}$ و مقدار $I_B = 0/1\text{mA}$ باشد، مقدار
مقاومت هایی را که باید با ترانزیستور سری شوند، به
دست آورید. (مدار شکل ۴۸-۵) ولتاژ منبع تغذیه ۱۲
ولت است.



شکل ۴۸-۵ مدار تقویت کننده ی ترانزیستوری

حل: در مدار شکل ۴۸-۵ اگر بخواهیم $V_{CE} = 6\text{V}$
باشد، باید مقدار ۶ ولت ولتاژ دو سر مقاومت R_C افت کند

تا جمع دو ولتاژ برابر ولتاژ منبع تغذیه بشود. بنابراین:

$$U_{RC} = 6V$$

از آن جایی که می‌خواهیم $I_C = 1.0\text{mA}$ بشود، و این

جریان از R_C نیز عبور می‌کند لذا مقدار R_C با توجه به

جریان عبوری از آن برابر:

$$U_{RC} = R_C \cdot I_C$$

$$R_C = \frac{U_{RC}}{I_C} = \frac{6}{1.0\text{mA}} = 6000\Omega$$

طبق قانون ولتاژ کیرشهوف (KVL) می‌توان محاسبات بالا را در حلقه‌ی I شکل ۴۸-۵ به صورت زیر نوشت:

$$-V_{CC} + R_C I_C + V_{CE} = 0 \quad \text{معادله‌ی KVL در}$$

$$-12 + R_C \times 1.0\text{mA} + 6 = 0 \quad \text{حلقه‌ی خروجی}$$

$$R_C = \frac{12 - 6}{1.0\text{mA}} = 6.0\text{k}\Omega \quad R_C \text{ محاسبه‌ی}$$

هم‌چنین، طبق قانون ولتاژ کیرشهوف (KVL) می‌توانیم معادله‌ی حلقه‌ی II شکل ۴۸-۵ را بنویسیم و مقدار R_B را نیز محاسبه نماییم.

$$-V_{CC} + R_B I_B + V_{BE} = 0 \quad \text{معادله‌ی KVL در}$$

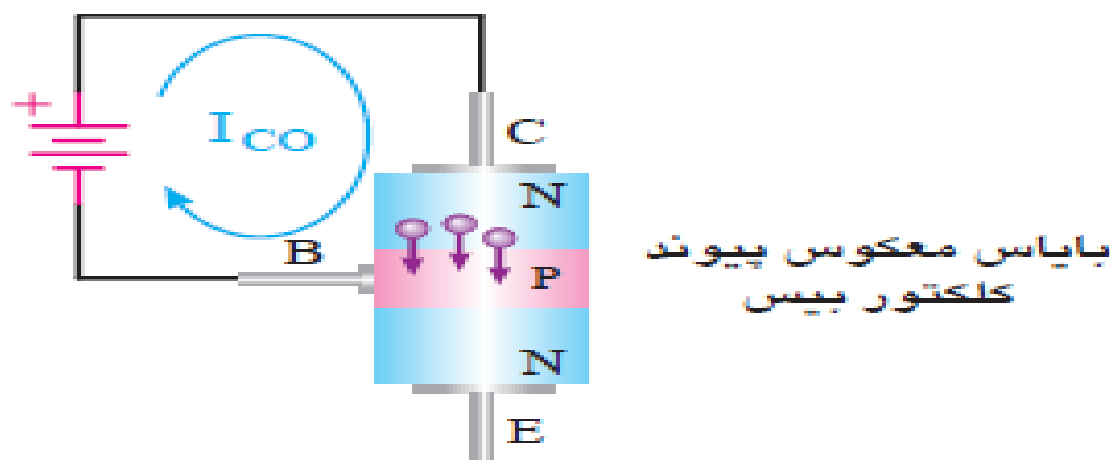
$$-12 + R_B \times 0.1\text{mA} + 0.7 = 0 \quad \text{حلقه‌ی ورودی}$$

$$R_B = \frac{12 - 0.7}{0.1\text{mA}} = 113\text{k}\Omega \quad R_B \text{ محاسبه‌ی}$$

بنابراین، با قرار دادن مقادیرهای با مقادیر به دست آمده، مقدار V_{CE} و V_{BE} و I_B و I_C طبق خواسته‌ی صورت مسئله به دست می‌آید.

۱۴-۵ تأثیر درجه‌ی حرارت در ترانزیستور:

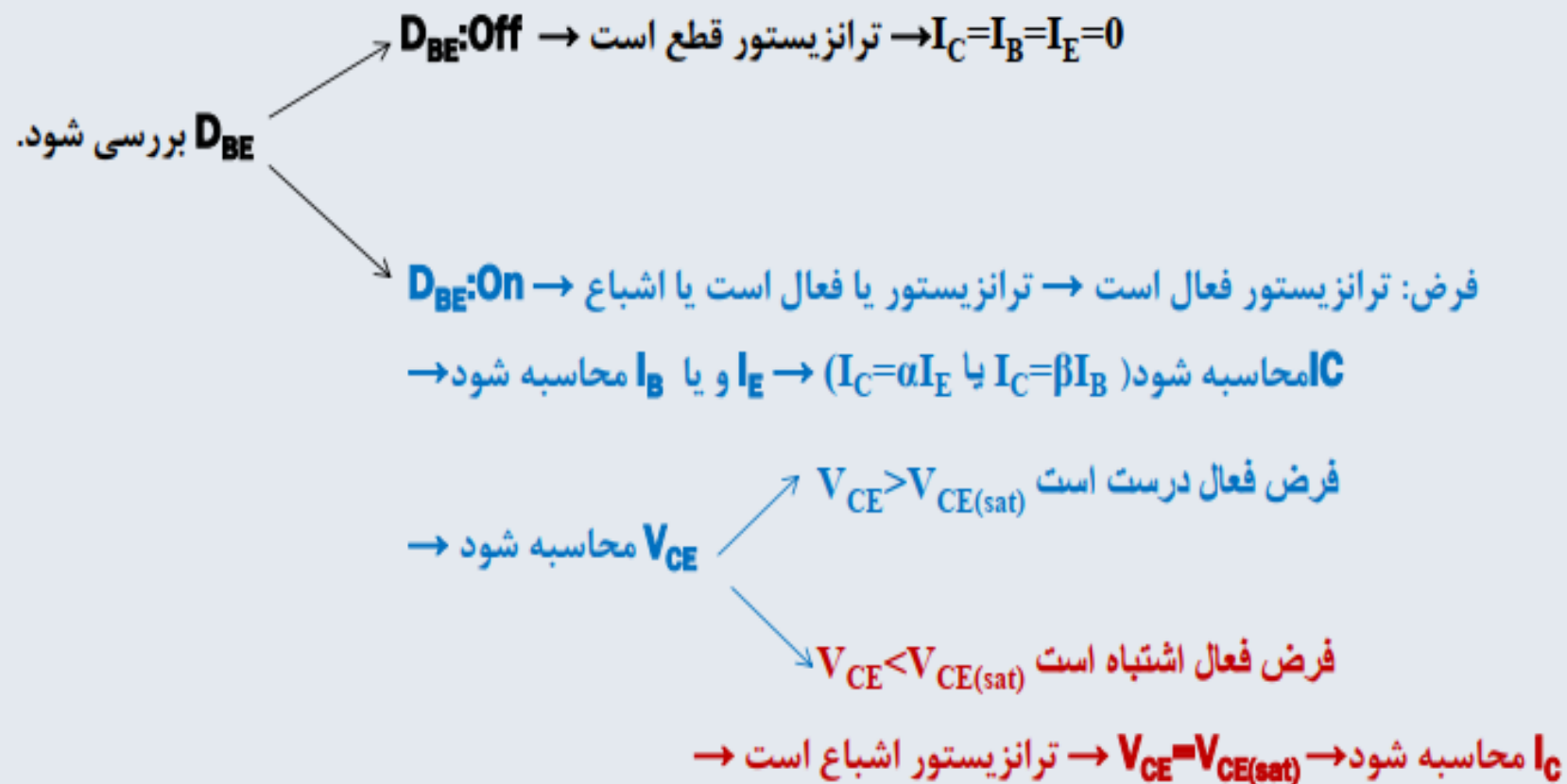
افزایش درجه‌ی حرارت، بیش‌تر بر روی جریان معکوس کلکتور بیس، نسبت به جریان‌های دیگر، اثر می‌گذارد. مطابق شکل ۴۹-۵، با توجه به این که بیس - کلکتور در بایاس مخالف قرار دارد، جریان بسیار ضعیفی، که عامل آن حامل‌های اقلیت (حفره‌ها) هستند، از کلکتور به طرف بیس جاری می‌شود. این جریان را جریان قطع کلکتور می‌نامند و با I_{CO} نمایش می‌دهند.



شکل ۴۹-۵ نمایش جریان I_{CO}

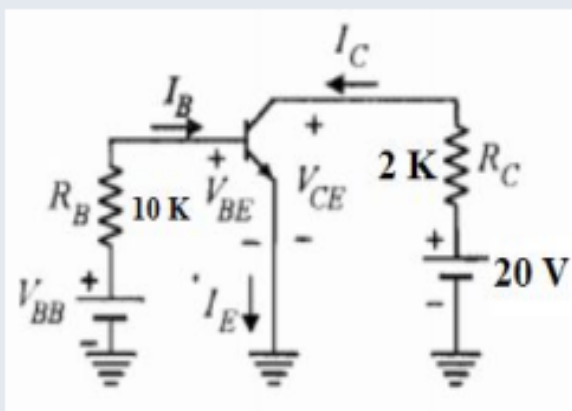
تعیین نقطه کار ترانزیستور

تعیین نقطه کار ترانزیستور
جریان خروجی
ولتاژ خروجی
Q:



تعیین نقطه کار ترانزیستور

مثال: در مدار شکل زیر $V_{BE(ON)} = 0.7$ و $\beta = 100$ است $(V_{CE(sat)} = 0.2)$.



الف: I_C و V_{CE} را به ازای $V_{BB} = 0.2$ محاسبه کنید.

ب: I_C و V_{CE} را به ازای $V_{BB} = 1.2$ محاسبه کنید.

ج: I_C و V_{CE} را به ازای $V_{BB} = 2.7$ محاسبه کنید.

الف: $V_{BB} = 0.2$

$V_{BB} = 0.2 \rightarrow V_{D, BE} < V_Y \rightarrow D_{BE}: Off \rightarrow I_C = I_B = I_E = 0$

$$V_{CE} = V_C - V_E = (20 - R_C I_C) - (0) = 20 \text{ V}$$

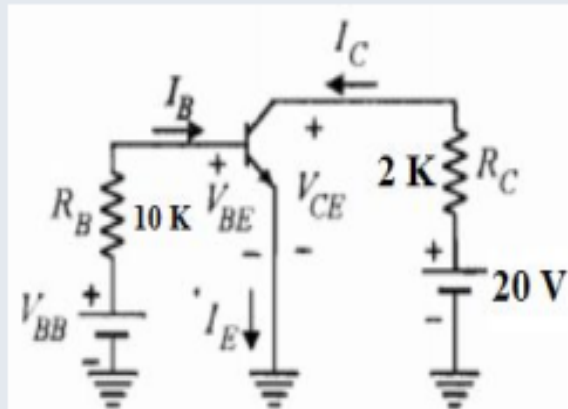
ب: $V_{BB} = 1.2$

$V_{BB} = 1.2 \rightarrow V_{D, BE} > V_Y \rightarrow D_{BE}: On \rightarrow$ ترانزیستور یا فعال است یا اشباع

$\rightarrow$ فرض: $I_C = \beta I_B = 5 \text{ mA}$ فعال $\rightarrow I_B = (V_{BB} - V_{BE(ON)}) / R_B \rightarrow I_B = 0.05 \text{ mA}$ فرض: ترانزیستور فعال است

$\rightarrow V_{CE} = V_C - V_E = (20 - R_C I_C) - (0) = 10 \text{ V} > V_{CE(sat)}$ فرض فعال درست است

تعیین نقطه کار ترانزیستور



ادامه حل مثال:

ج: $V_{BB}=2.7$

$V_{BB}=2.7 \rightarrow V_{D,BE} > V_Y \rightarrow D_{BE} \text{ On} \rightarrow$ ترانزیستور یا فعال است یا اشباع

$\rightarrow$ فرض: ترانزیستور فعال است $\rightarrow I_B = (V_{BB} - V_{BE(ON)}) / R_B \rightarrow I_B = 0.2 \text{ mA} \rightarrow$ فرض: $I_C = \beta I_B = 20 \text{ mA}$

$\rightarrow V_{CE} = V_C - V_E = (20 - R_C I_C) - (0) = 20 \text{ V} < V_{CE(sat)} \rightarrow$ فرض فعال اشتباه است

$\rightarrow$ ترانزیستور اشباع است $\rightarrow \underline{V_{CE} = V_{CE(sat)} = 0.2 \text{ V}} \rightarrow \underline{I_C = (20 - V_{CE}) / R_C = 9.9 \text{ mA}}$

ترکیب (آرایش) های ترانزیستور



در ترانزیستور ۳ port داریم.

- port ورودی
- port خروجی
- port مشترک بین ورودی و خروجی

ورودی	خروجی	مشترک
B	C	E
E	C	B
B	E	C

امیتر مشترک ، (CE) Common Emitter

بنابراین ۳ ترکیب متصور است:

بیس مشترک (CB)

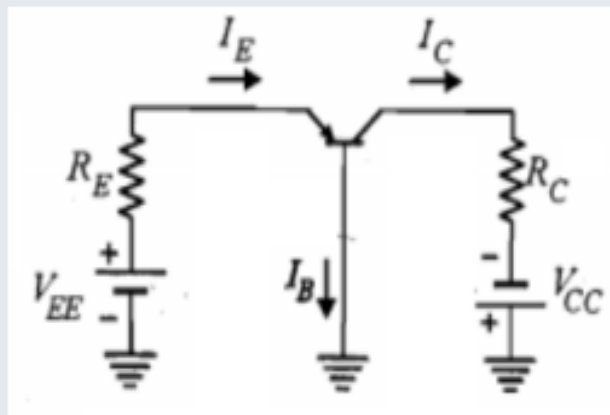
کلکتور مشترک (CC)

نکته: برای پایه خروجی، اولویت با کلکتور است و بعد از آن امیتر.

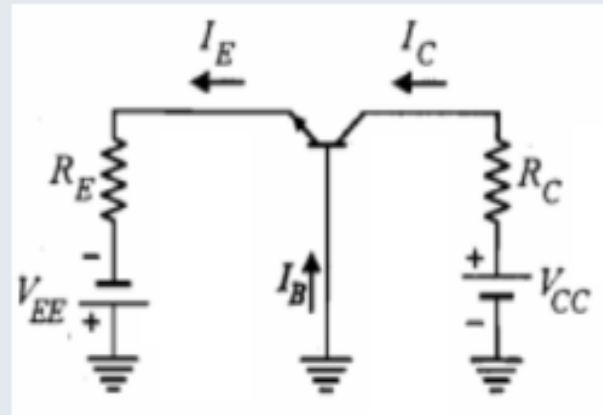
ترکیب بیس مشترک

مشخصه ورودی (جریان ورودی بر حسب ولتاژ ورودی به ازای تغییرات ولتاژ خروجی)
 دو مشخصه برای ترانزیستور رسم می شود:
 مشخصه خروجی (جریان خروجی بر حسب ولتاژ خروجی به ازای تغییرات جریان ورودی)

مشترک: بیس
 ۱- ترکیب بیس مشترک
 ورودی: امیتر
 خروجی: کلکتور

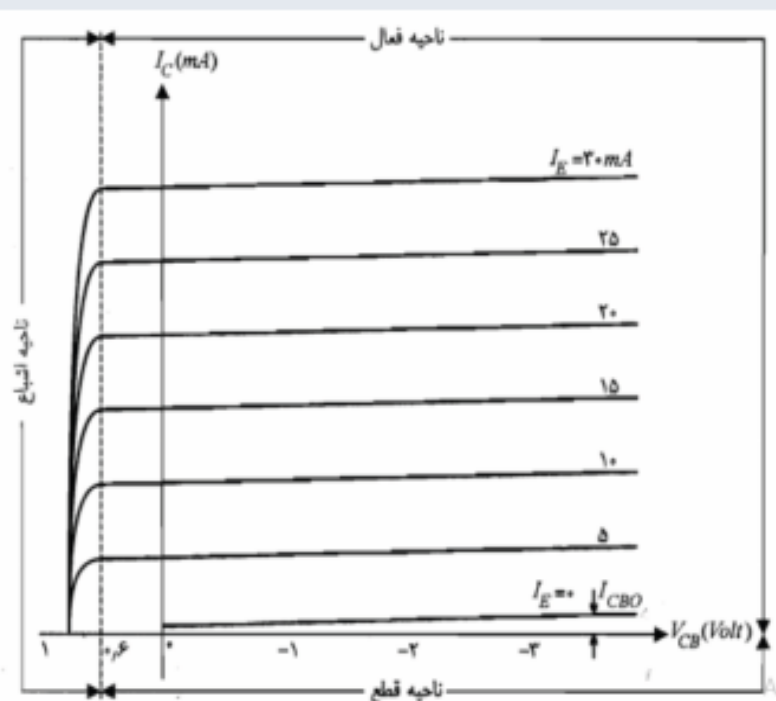
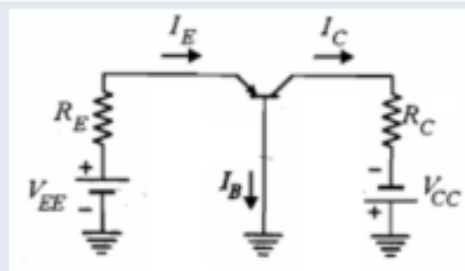


ترکیب بیس مشترک با ترانزیستور PNP



ترکیب بیس مشترک با ترانزیستور NPN

مشخصات ترکیب بیس مشترک با ترانزیستور PNP



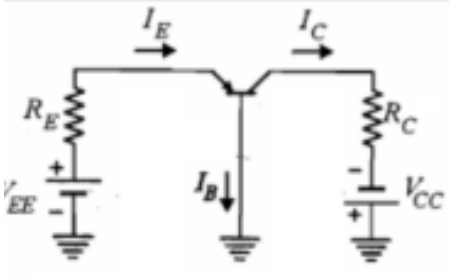
مشخصه خروجی (جریان خروجی I_C) بر حسب ولتاژ خروجی V_{CB} به ازای تغییرات جریان ورودی I_E :

$$I_C = \alpha I_E$$

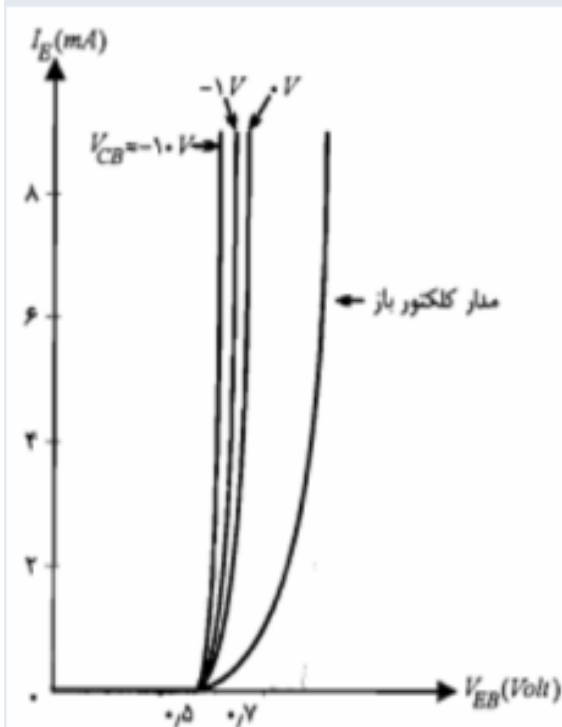
- در ناحیه فعال، شیب مشخصه صفر نیست، زیرا α ثابت نیست.
- α با تغییر V_{CB} تغییر می کند (مدولاسیون عرض بیس).

$$V_{CB(sat)} = V_{CE(sat)} + V_{EB} = -0.2 + 0.7 = 0.5$$

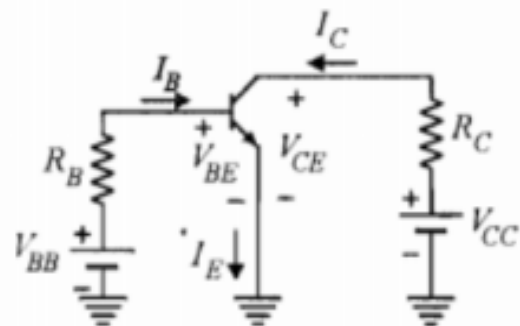
مشخصات ترکیب بیس مشترک با ترانزیستور PNP



مشخصه ورودی (جریان ورودی I_E بر حسب ولتاژ ورودی V_{EB}) به ازای تغییرات ولتاژ خروجی V_{CB} :



مشخصات ترکیب امیتر مشترک با ترانزیستور NPN



مشترک: امیتر
۲- ترکیب امیتر مشترک
ورودی: بیس
خروجی: کلکتور

مشخصه خروجی (جریان خروجی I_C) بر حسب ولتاژ خروجی

(V_{CE}) به ازای تغییرات جریان ورودی (I_B):

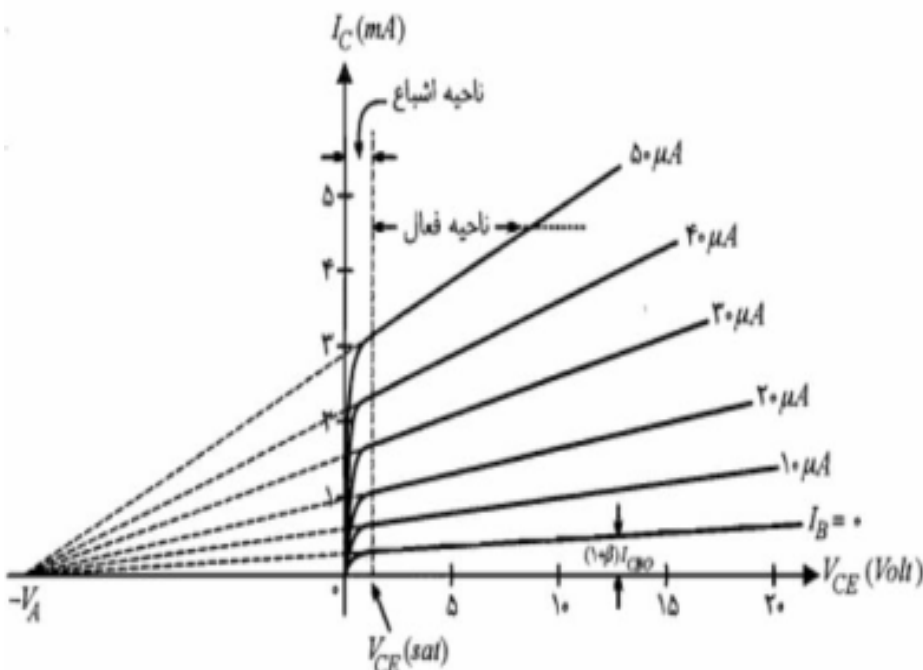
$$I_C = \beta I_B$$

- در ناحیه فعال، شیب مشخصه صفر نیست، زیرا β ثابت نیست.
- β با تغییر V_{CE} تغییر می کند (اثر ارلی).

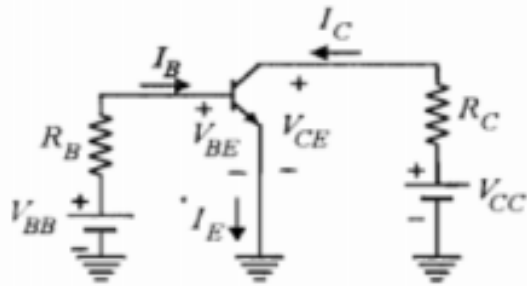
$$I_C = I_S e^{V_{BE}/V_T} \left(1 + \frac{V_{CE}}{V_A} \right)$$

ولتاژ ارلی

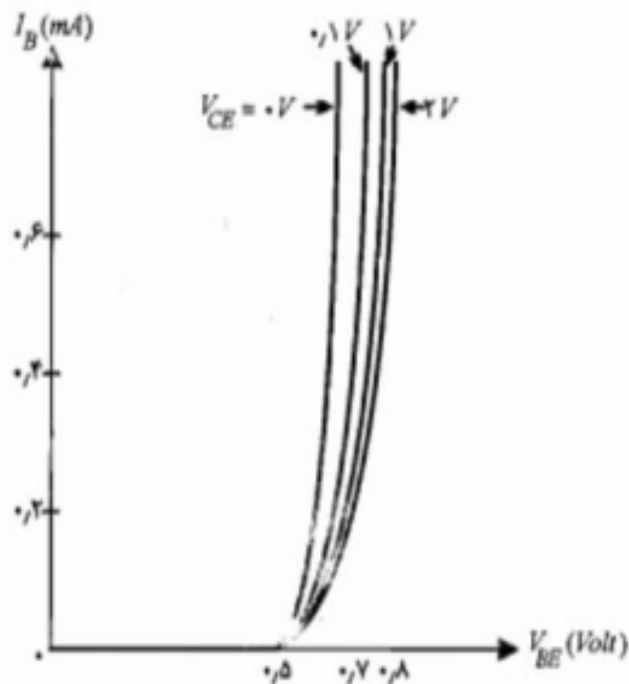
15



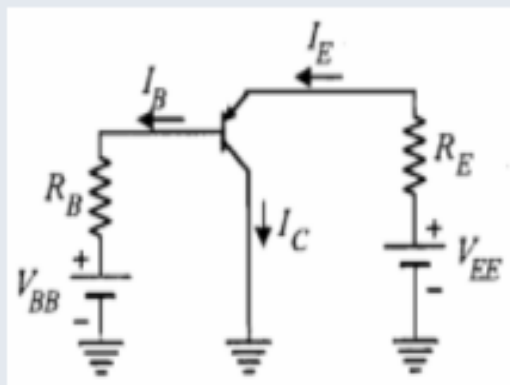
مشخصات ترکیب امیتر مشترک با ترانزیستور NPN



مشخصه ورودی (جریان ورودی I_B) بر حسب ولتاژ ورودی (V_{BE}) به ازای تغییرات ولتاژ خروجی (V_{CE}):



مشخصات ترکیب کلکتور مشترک



۲- ترکیب کلکتور مشترک

- مشتک: کلکتور
- ورودی: بیس
- خروجی: امیتر

مشخصه خروجی:

(جریان خروجی I_E) بر حسب ولتاژ خروجی (V_{EC}) به ازای تغییرات جریان ورودی (I_B)

• با توجه به اینکه $\alpha=1$ است، $I_C=I_E$ است. از طرفی $V_{EC}=V_{CE}$ در نتیجه می توان از مشخصه خروجی امیتر مشترک استفاده کرد.

مشخصه ورودی:

(جریان ورودی I_B) بر حسب ولتاژ ورودی (V_{BC}) به ازای تغییرات ولتاژ خروجی (V_{EC})

• از مشخصه ورودی امیتر مشترک استفاده می شود.

تمرین

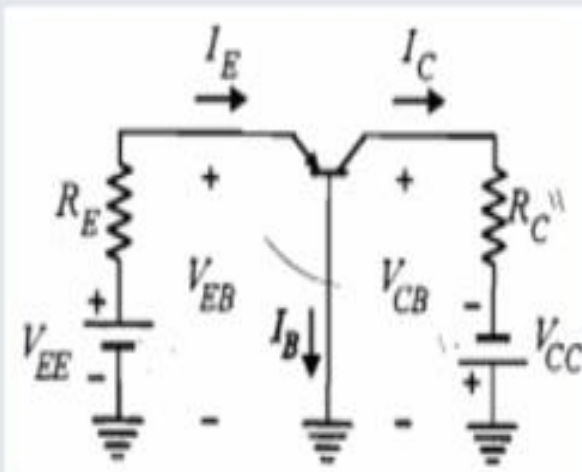
تمرین :

اگر در مدار شکل زیر $V_{CC}=V_{EE}=10$, $\alpha=0.98$, $R_E=9.3K$ باشد،

الف: با فرض $R_C=11K$ و $V_{EB}=0.7$ نقطه کار مدار را محاسبه کنید.

ب: با فرض $R_C=4K$ و $V_{EE}=0$ نقطه کار مدار را محاسبه کنید.

ج: با فرض $R_C=4K$ ، حداقل مقدار V_{EE} که ترانزیستور را به اشباع می برد، محاسبه کنید.



تعیین نقطه کار ترانزیستور (یادآوری)

D_{BE}	D_{BC}	حالت بایاس
Off	Off	قطع
On	Off	فعال
On	On	اشباع

تعیین نقطه کار ترانزیستور
ولتاژ خروجی $Q: I$ جریان خروجی

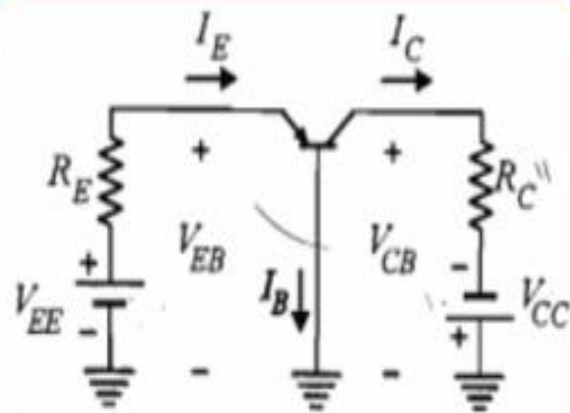
$D_{BE}: Off \rightarrow$ ترانزیستور قطع است $\rightarrow I_C = I_B = I_E = 0$

فرض: ترانزیستور فعال است $\rightarrow$ ترانزیستور یا فعال است یا اشباع $D_{BE}: On$
محاسبه شود I_C (یا $I_C = \beta I_B$ یا $I_C = \alpha I_E$) و I_E یا I_B محاسبه شود $\rightarrow$ بررسی شود.

فرض فعال درست است $V_{CE} > V_{CE(sat)}$
 V_{CE} محاسبه شود $\rightarrow$

فرض فعال اشتباه است $V_{CE} < V_{CE(sat)}$

I_C محاسبه شود $\rightarrow V_{CE} = V_{CE(sat)} \rightarrow$ ترانزیستور اشباع است $\rightarrow$



اگر در مدار شکل زیر $R_E=9.3K$, $\alpha=0.98$, $V_{CC}=V_{EE}=10$ باشد،
 الف: با فرض $V_{EB}=0.7$ و $R_C=11K$ مدار را محاسبه کنید.
 ب: با فرض $V_{EE}=0$ و $R_C=4K$ نقطه کار مدار را محاسبه کنید.
 ج: با فرض $R_C=4K$ ، حداقل مقدار V_{EE} که ترانزیستور را به اشباع می برد،
 محاسبه کنید.

الف:

$V_{D,BE} > V_Y \rightarrow D_{BE}:On \rightarrow$ ترانزیستور یا فعال است یا اشباع

$\rightarrow$ فرض: ترانزیستور فعال است $\rightarrow I_E = (V_{EE} - V_{BE(ON)}) / R_E \rightarrow I_E = 1 \text{ mA} \rightarrow$ فرض: $I_C = \alpha I_E = 0.98 \text{ mA}$

$\rightarrow V_{EC} = V_E - V_C = (V_{EE} - R_E I_E) - (R_C I_C - V_{CC}) = -0.08 \text{ V} < V_{CE(sat)} \rightarrow$ فرض فعال اشتباه است

$\rightarrow$ ترانزیستور اشباع است $\rightarrow V_{EC} = V_{EC(sat)} = 0 \text{ V} \rightarrow I_C = (0.7 - (-V_{CC})) / R_C = 0.97 \text{ mA}$

$$Q: \begin{cases} I_C = 0.97 \text{ mA} \\ V_{CB} = 0.7 \end{cases}$$

پایان جلسه دهم