

جزوه درس الکترونیک ۱

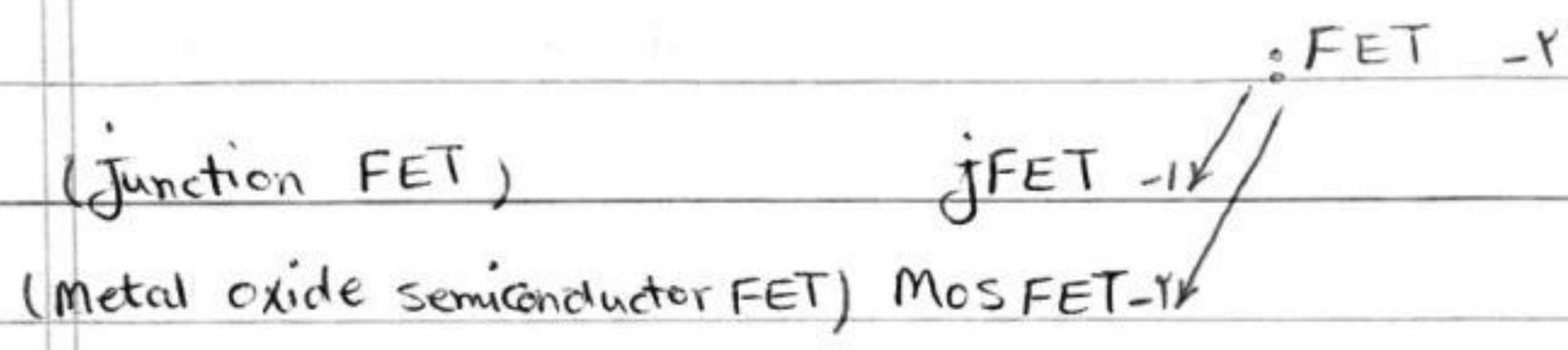
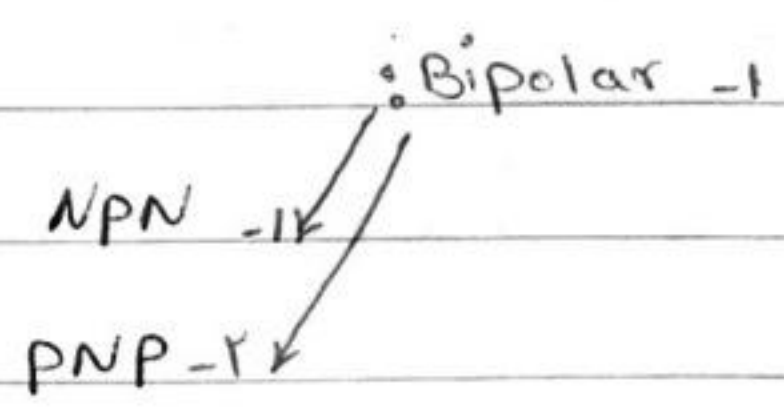
مدرس: آرش آهن گداز

آموزش کده فنی و حرفه ای شماره ۲ اساری

ترانزیستورها:

انواع ترانزیستورها:

- ۱ Bipolar (دوقطبی)
- ۲ FET (Field Effect Transistor)



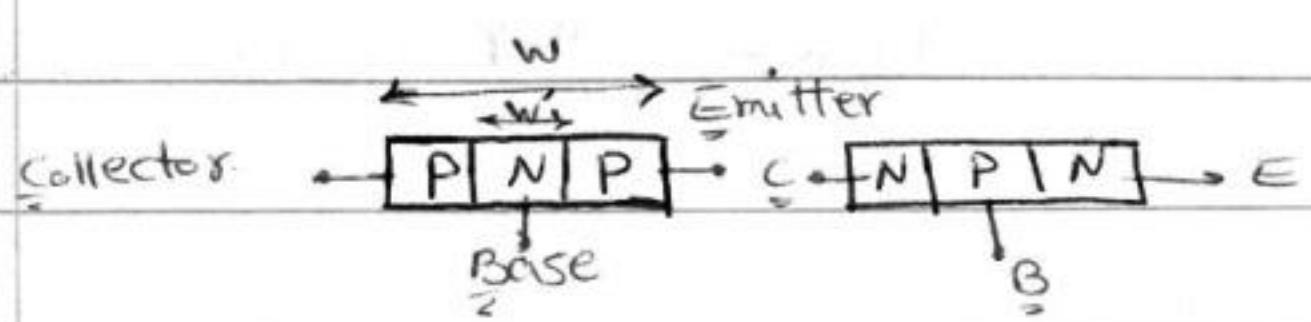
واژه‌ی ترانزیستور از دو کلمه‌ی «Transistor = Transfer + resistor» تشکیل شده که دارای معنی انتقال جریان از مدار به مقاومت کم به مدار با مقاومت زیاد می‌باشد.

**

Bipolar Junction Transistor:

ترانزیستورهای BJT:

این ترانزیستورها در یک عنصر سه پایه‌ای است که از سه لایه‌ی نیمه‌رسانا تشکیل شده که لایه‌ی میانی با دو لایه‌ی جانبی متفاوتی با آندها به این دو نوع ترانزیستور داریم:



Note ۱: سه پایه‌ی آن مطابق شکل می‌باشد.

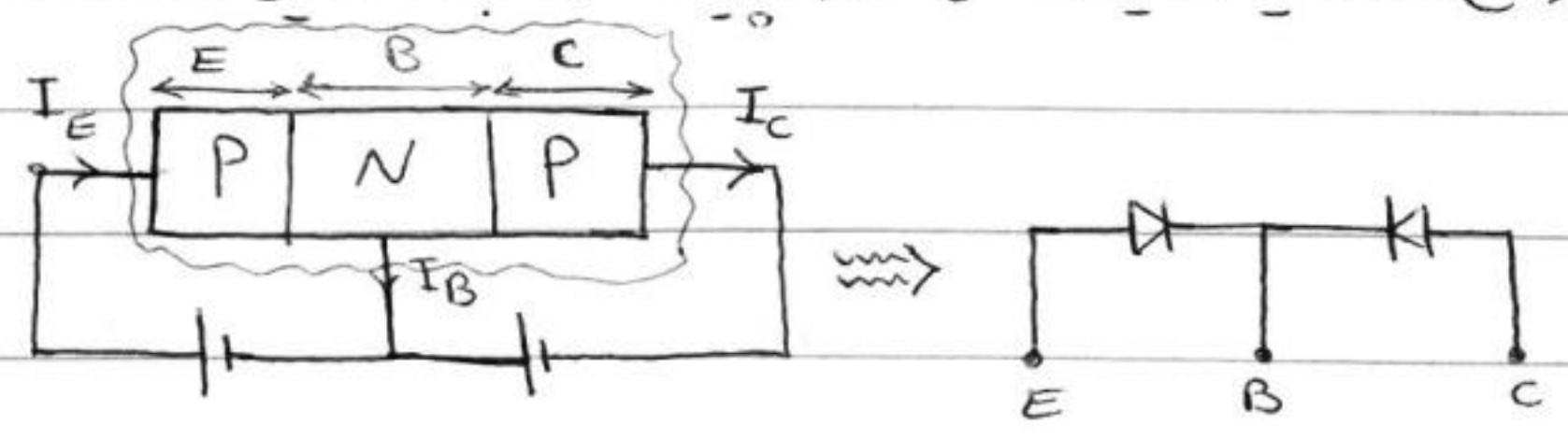
Note ۲: پهنای لایه‌ی Base کم است به گونه‌ای که:

$$\frac{W}{W_1} = 150$$

Note: ناخالصی نامی Base نسبت به نوعی دیگر کمتر است:

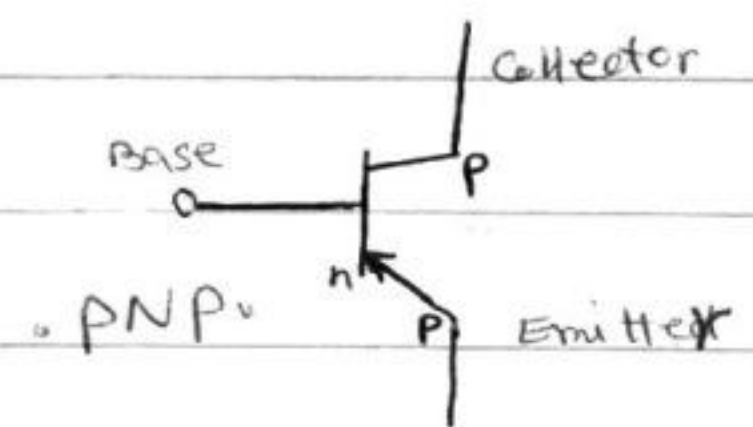
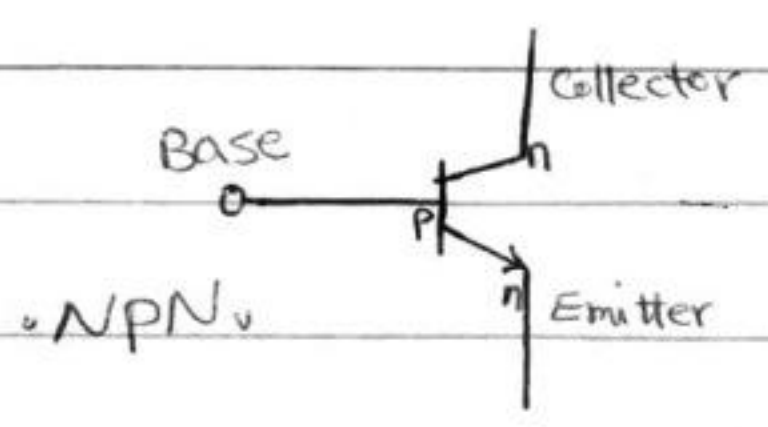
Emitter << collector < ناخالصی Base

در واقع می توان یک ترانزیستور BJT را با دو دیود P-N مطابق شکل زیر نشان داد:



باز هم به جهت های نشان داده شده در شکل: $I_E = I_B + I_C$

معمولاً ترانزیستورهای BJT را با نام های زیر می دهند:

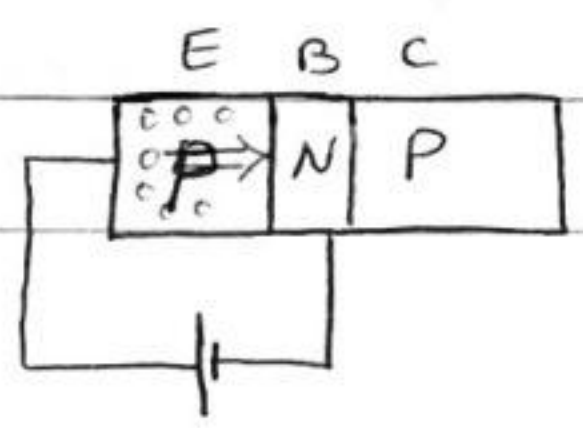


Note: نوع نشان هوا به نشان دهنده ی نوعی ن می باشد.

کارکردی ترانزیستور:

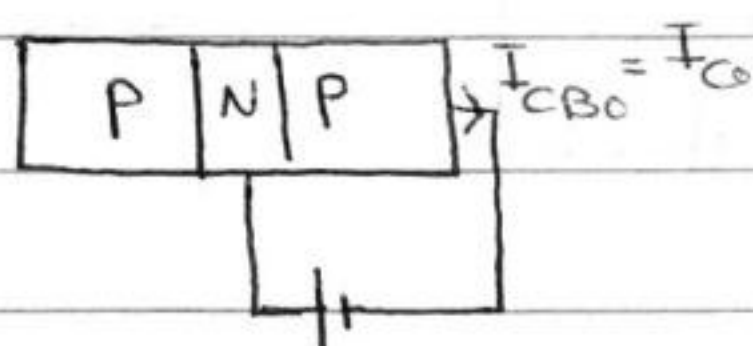
این، اگر بخواهیم Base - Emitter را به صورت مستقیم Bias بکنیم این حالت مشابه با حالتی است که دیود با

تغذیه ی مستقیم Bias، ترسیه است بنابراین عرض نامی کلیه به علت Bias نامی بسیار کوچکی می شود و حالت های زیرین Emitter (در این شکل فرضها) به سمت Base می کشند.



پا) اثر پیوند Base-collector به صورت معکوس Bias نمود این حالت مشابه دیود با تغذیه معکوس است بنابراین عرض ناحیه کلیم به علت Bias اعلای تر نسبتی گردد و چون آن به دیود است این باعث معکوس پیوند می باشد و آن را با

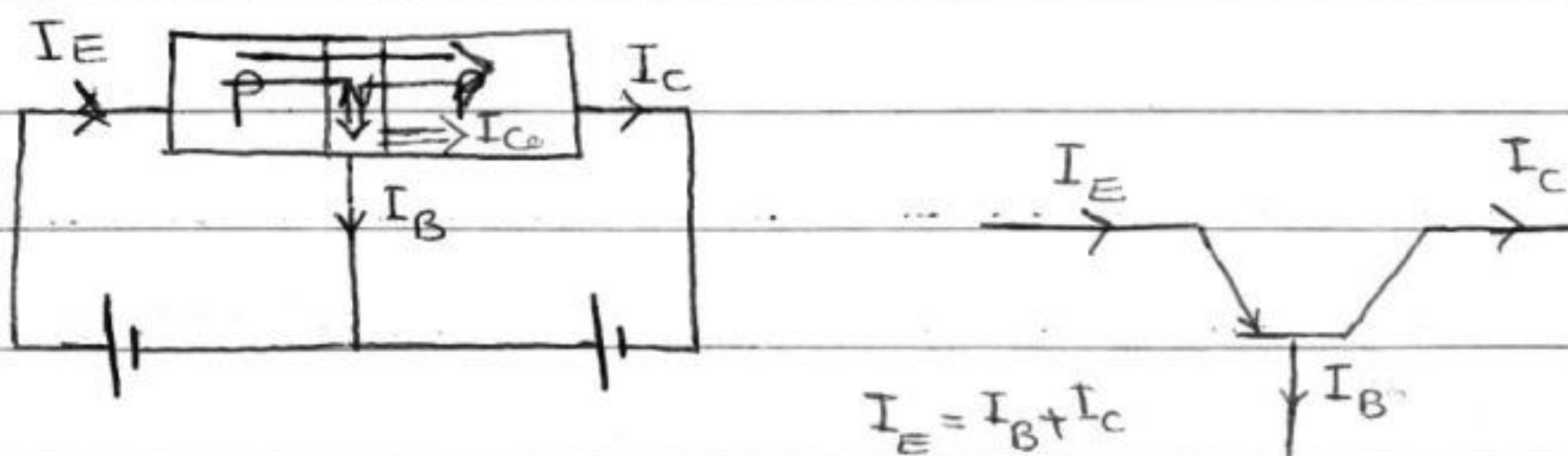
I_{CBO} نام گذاری می کنند (جریان Collector-Base از Emitter به open است و گاهی آن را I_{CO} می نامند در واقع ناشی از حامل های اقلیتی می باشد)



در حالتی که ولتاژ سیم Emitter-Base و ولتاژ معکوس Collector-Base هر دو به آنزیم وصل می شود جریان ایجاد می شود. Emitter ناشی از حامل های اکثریتی می باشد پس از طی ناحیه کلیم با عرض بسیار کوچک به نیمه خاکی N می رسند و چون نیمه خاکی N

(Base) بسیار نازک می باشد و در آن نایب می دارد که ولتاژی از حامل های اکثریتی Base برای سیری دهند و بیشتر این حامل ها وارد ناحیه ای Collector می شود زیرا این حامل های اکثریتی Emitter به حامل های ناایبی Base رسیده اند و واقع فاصله حامل های اقلیتی

پیوند معکوس Bias بدی Base-collector می باشد بنابراین به راحتی به رادیو Collector راطی می باشد یعنی پس جریان مطابق زیر خواهد بود:

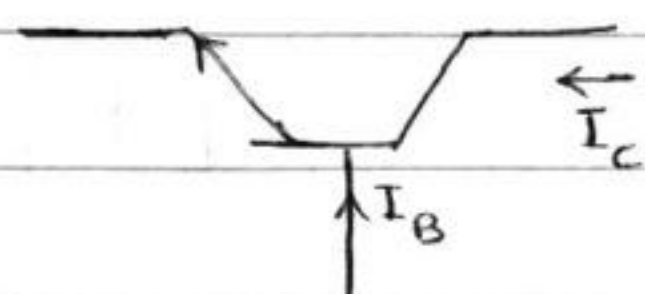
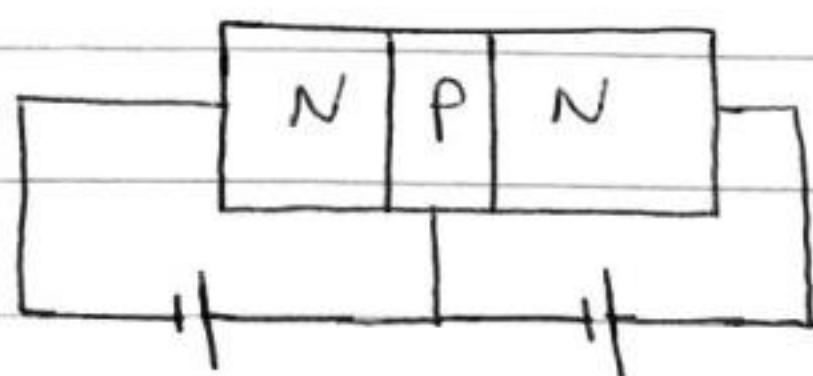


همانطور که در شکل مشخص است جریان Collector یا I_C دارای دو مؤلفه است:

$$I_C = I_{C(\text{اکتلیت})} + I_{C(\text{اکثریت})}$$

در این رابطه I_C جریان حامل‌های اکثریت بوده و در برده‌ی میلی آمپر است. اما جریان I_E در واقع جریان اشیاع می‌شود پس باید I_C را به I_E تبدیل کرد. در هر دو آمپر یا نانو آمپر باید و چون نانی از حامل‌های اقلیت است به سرن به دو

وابسته است. برای ترانزیستور NPN نیز مطابق شکل خواهیم داشت:



$$I_B + I_C = I_E$$

**

آرایش‌های مختلف ترانزیستور:

پایانه به پایانه ترانزیستور یک عنصر سه پایانه می باشد و هرگاه می توان یک پایانه را به زمین وصل کرد و دیگری ورودی و سرن را

سرن رفت برای این در مدارات کاربردی ترانزیستور به منظور استفاده از قابلیت‌های مختلف ترانزیستور انجام از سرن رفتی و Switching، تطبیق امپدانس و... معمولاً از سرن رفت به حالت زیر استفاده می شود:

Common Base

۱- بیس مشترک

Common Emitter

۲- امیتر مشترک

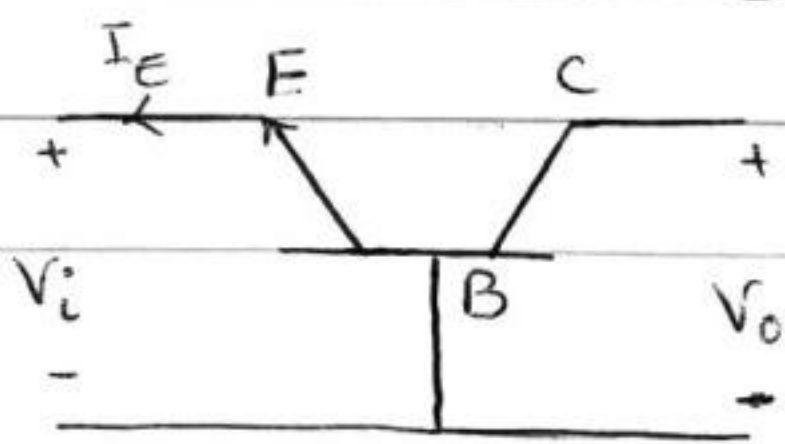
Common Collector

۳- کلکتور مشترک

۱- Common Base

در این حالت ورودی بین Emitter و Base وصل می شود و خروجی از Collector سرن رفت به

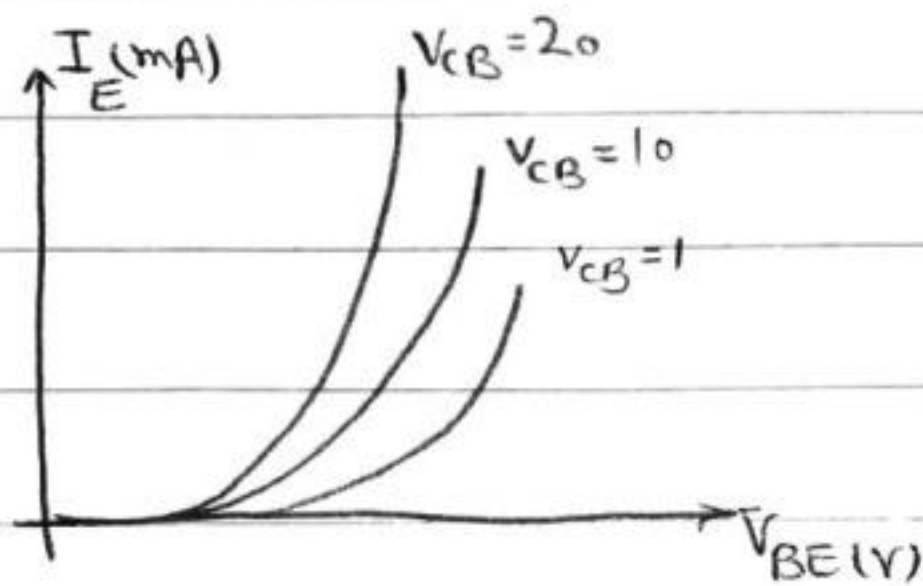
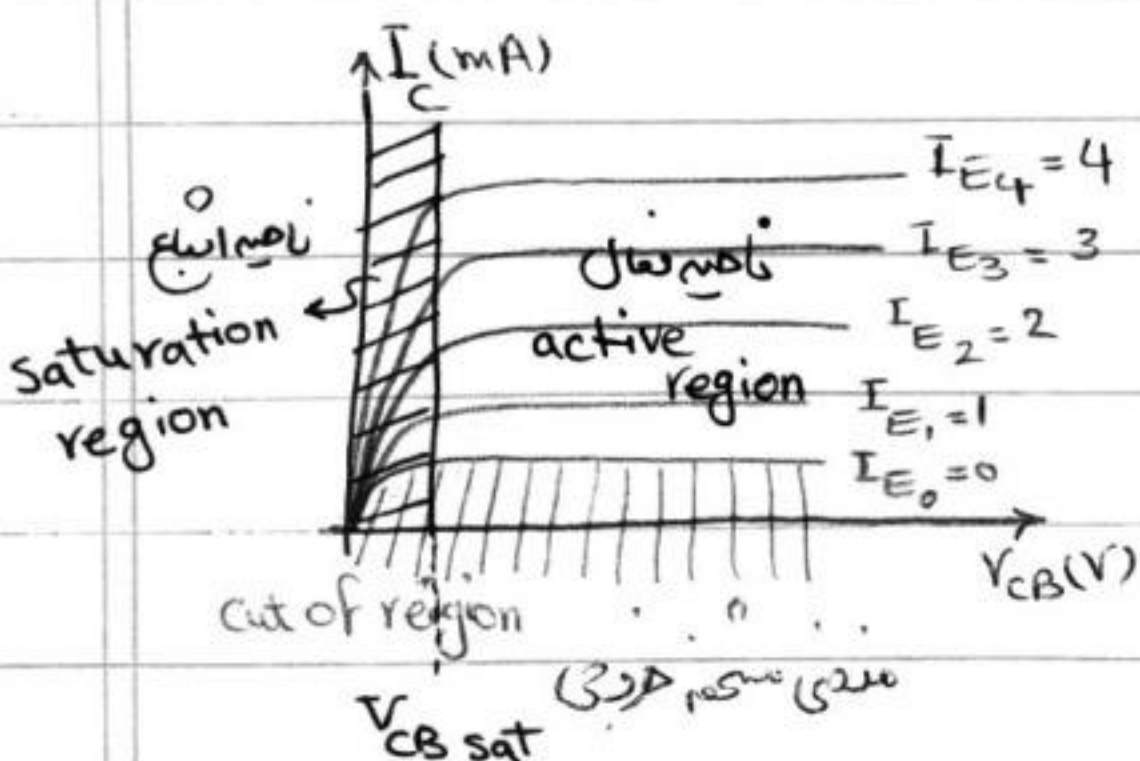
Base سرن رفت می شود و پایانه Base بین ورودی و خروجی سرن رفت است.



رای تریج عمل در این عنصر به پایه میل و آنرا نیز در اغلب دودسته منفی نیاز داریم:

الف) منفی مشخصه های ورودی که رابطه ی جریان ورودی را با ولتاژ ورودی به ازای مقادیر مختلف ولتاژ خروجی بیان می کنند

ب) منفی مشخصه های خروجی که رابطه ی جریان خروجی را به حسب ولتاژ خروجی و به ازای مقادیر مختلف جریان ورودی بیان می کنند



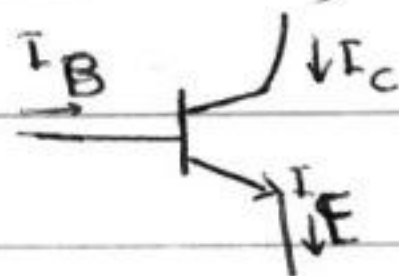
منفی مشخصه های ورودی

بر اساس منفی مشخصه های خروجی ۳ ناحیه ی کاری رای و آنرا نیز وجود دارد:

۱- ناحیه ی فعال (active region): در این ناحیه ی تفهینی Emitter-Base مستقیم و Collector-Base معکوس است.

۲- ناحیه ی قطع (cut of region): در این ناحیه ی تفهینی Emitter-Base و Collector-Base هر دو معکوس هستند.

۳- ناحیه ی اشباع (Saturation region): در این ناحیه ی تفهینی Emitter-Base و Collector-Base هر دو مستقیم می باشند.



$$I_E = I_B + I_C$$

Note: پانویه به رابطه ی

جریان Base در ناحیه ی فعال از مقادیر میروا پیروا و جریان Collector از مقادیر میلی آمپری باشد

$$I_E \approx I_C$$

بنابراین در ناحیه ی فعال همواره داریم:

Note: پانویه به منفی مشخصه های ورودی اگر ولتاژ خروجی ورودی منفی های ورودی به خودی هم است به بایست بویب مناسب

همواره می توان از منفی زیر استفاده نمود به عبارت دیگر اگر آنرا نیز توری در حالت وصل بار را در Base-Emitter

آزادی توان نسبت به $V_{BE} = 0.7$ (V) در نظر گرفته می شود.

آنالیز AC و DC:

توجه: در آنالیز مدارات ترانزیستوری همواره باید دو حالت مجزا را در نظر بگیریم:

الف) آنالیز DC

ب) آنالیز AC

در حالت آنالیز DC، مسأله ولتاژ و جریان (Biasing) را مشخص می کنیم. باید همواره به خاطر داشته باشیم که ترانزیستور

بیاض غیر متیل است و برای کارکرد مناسب آن باید به ولتاژ صحیح تغذیه شود.

پارامترهای ترانزیستور:

الف) پارامتر α :

α_{DC} : نسبت I_C به I_E را در حالت DC، α_{AC} می نامند که در واقع ناشی از حاملهای اکثریت

Emitter می باشد. در حالت DC نسبت I_C به I_E ناشی از حاملهای اکثریت را α_{DC} می نامند. در این رابطه I_C و I_E جریان Collector و Emitter در نقطه کاری باشند و مقدار عملی α بین 0.9 و 1 است: $0.9 < \alpha < 1$

با توجه به رابطه ی فوق داریم:

$$I_C = I_E (\text{حاملهای اقلیت}) + I_{CB0} (\text{حاملهای اکثریت})$$

$$I_C = \alpha I_E + I_{CB0}$$

α_{AC} : نسبت تغییرات I_C حول نقطه کاری به تغییرات I_E ، α_{AC} می نامند.

$$\alpha_{AC} = \left. \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} \right|_{V_{CB} = \text{etc}}$$

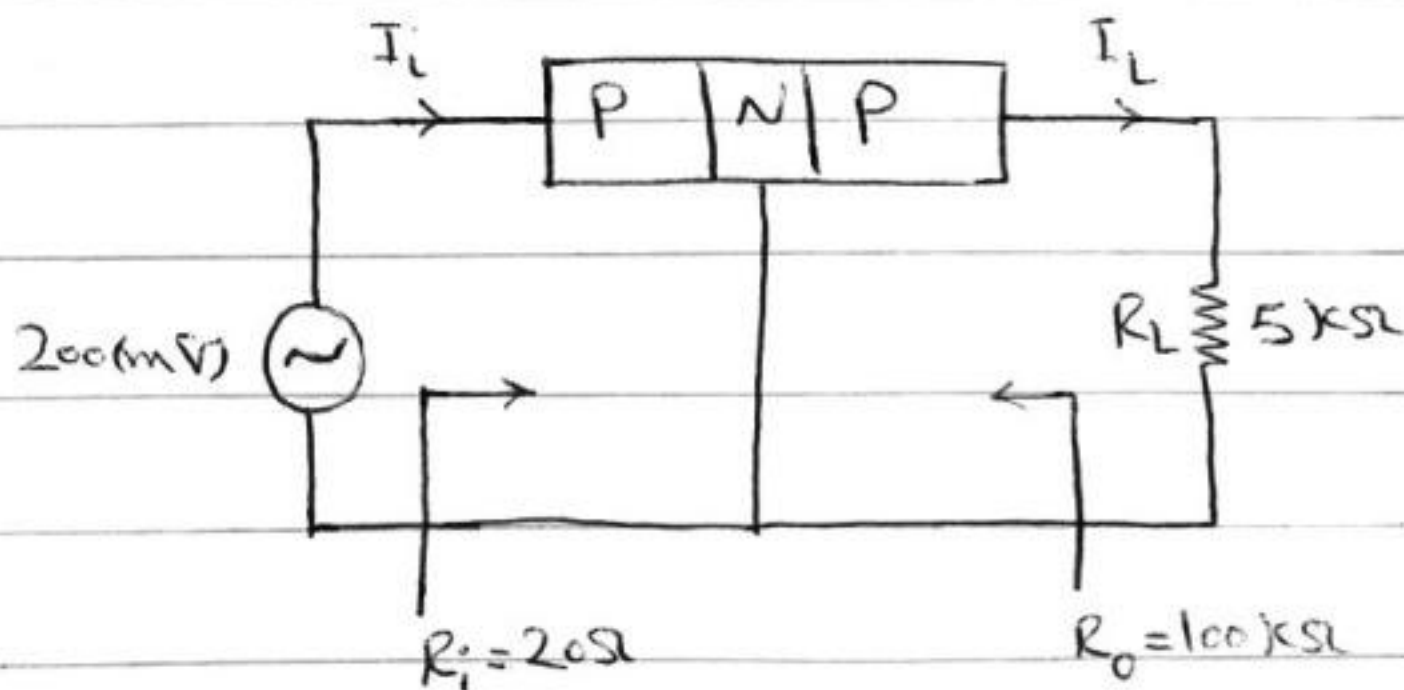
51

$$\alpha_{Ac} = \alpha_{Dc} = \alpha$$

در طبقه موارد محلی α_{Ac} را می توان با α_{Dc} در نظر گرفت.

Ex: در بخش زیر فرض کنید ترانزیستور به طور مناسب در ناحیه فعال Bias و درجه است مطلوب این عبارت رتوب و لیا؟

• $V_i = 200 \text{ mV}$, $\alpha = 1$, $R_L = 5 \text{ k}\Omega$, $R_o = 100 \text{ k}\Omega$, $R_i = 20 \Omega$



$$I_i = \frac{V_i}{R_i} = \frac{200 \text{ mV}}{20 \Omega} = 10 \text{ mA}$$

$$I_L = I_C = \alpha I_E = 1 \times 10 \text{ mA} = 10 \text{ mA}$$

$$V_L = 5 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-3} = 50 \text{ V}$$

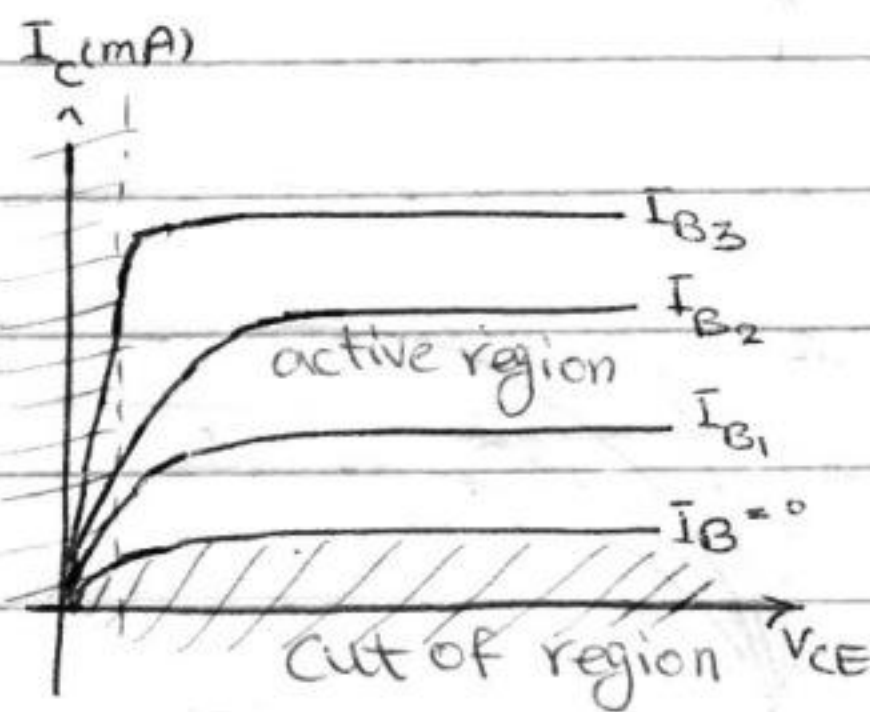
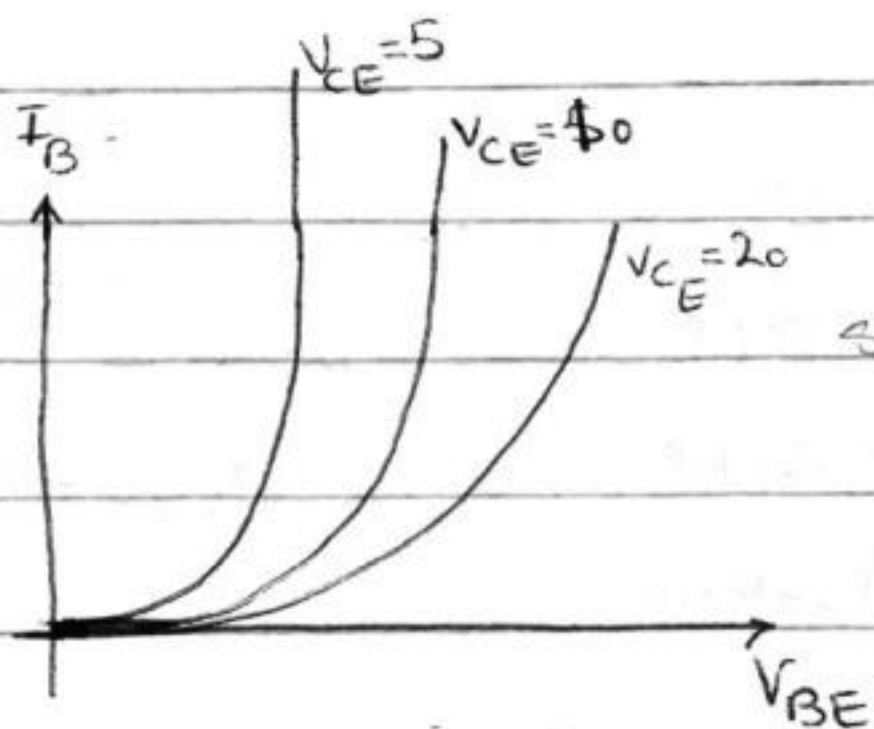
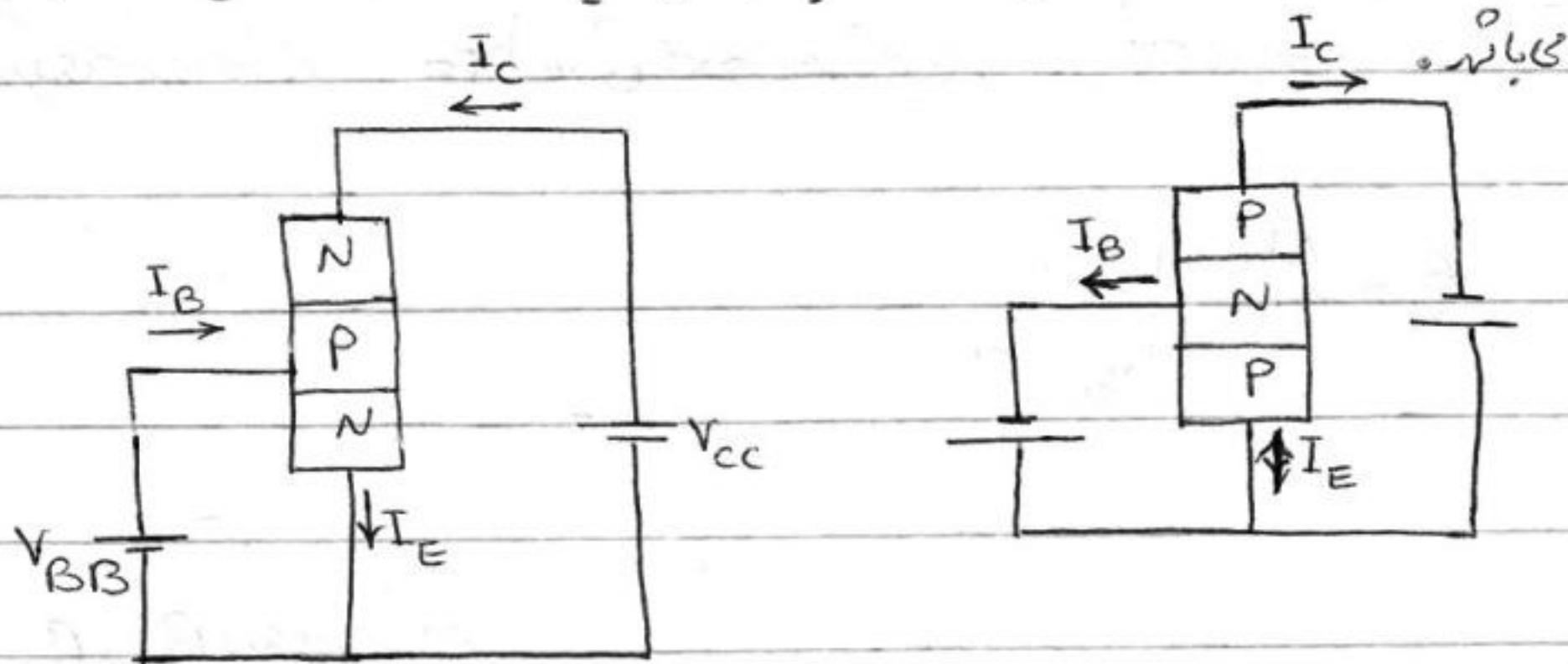
• $AV = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_L}{V_i} = \frac{50}{200 \text{ mV}} = 250$

Common Emitter:

آرایش امیتر مشترک:

اگر ورودی بین Base-Emitter وصل شود و خروجی از collector بیاید، "Common Emitter" می‌گویند. آرایش

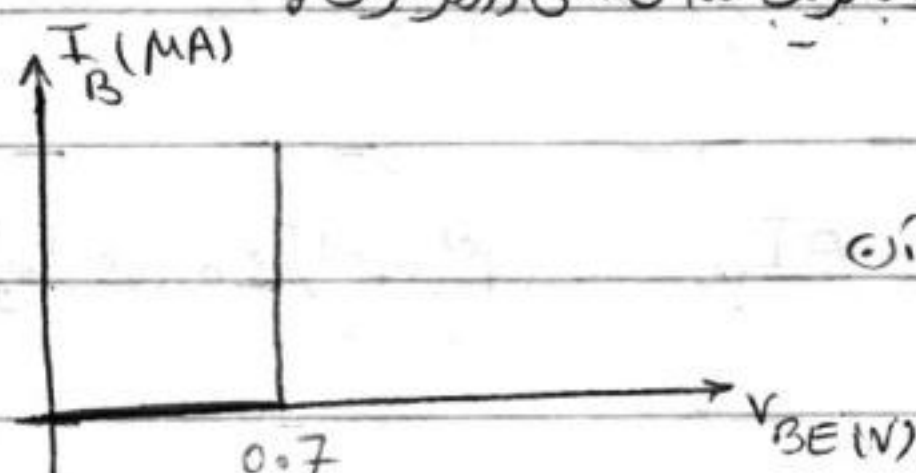
مفهوم را امیتر مشترک می‌گویند. این حالت تقریباً پرکاربردترین حالت موارات تقویت کننده با ترانزیستورهای BJT است.



$$I_C = \alpha I_E + I_{CBO} = \alpha (I_B + I_C) + I_{CBO}$$

$$I_C = \frac{\alpha I_B}{1 - \alpha} + \frac{I_{CBO}}{1 - \alpha} \xrightarrow{I_B = 0} I_{CEO} = \frac{I_{CBO}}{1 - \alpha} \quad | \quad I_B = 0 \mu A$$

Note: منفی ورودی در آرایش Emitter مشترک می‌تواند با تقویت کننده‌ای در خروجی در نظر گرفته شود.



اگر ترانزیستوری داریم ولتاژ ۰.۷ ولت روی B-E است.

و اگر ولتاژ کمتر از ۰.۷ باشد، جریان بیاید.

پارامتر β :

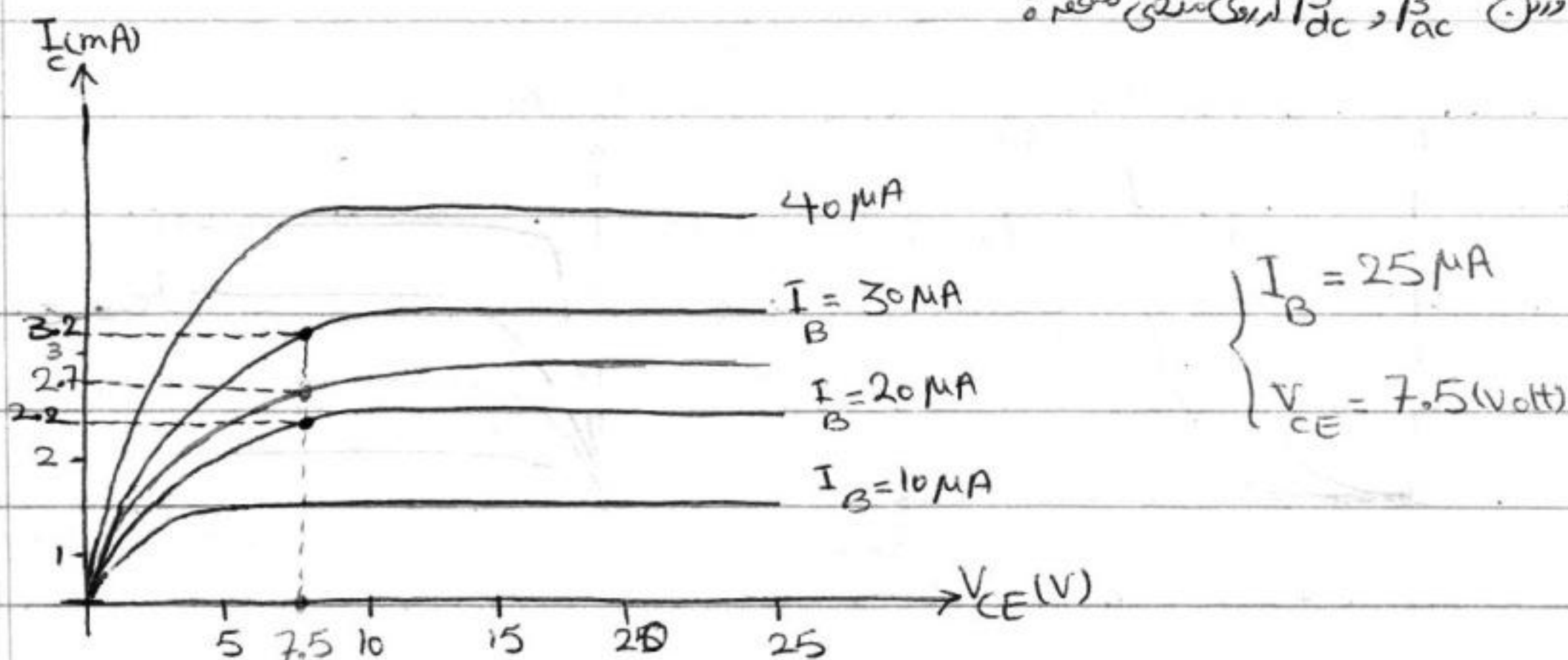
$$\beta_{dc} = \frac{I_c}{I_B}$$

نسبت جریان collector به جریان Base است:

در این نقطه حاصل نسبت جریان DC، collector به جریان DC، Base، β_{dc} و نیز مقدار تقریبی آن در برداری مشخص می باشد h_{FE} که می دهند معمولاً بین 40 تا 600 می باشد.

$$\beta_{ac} = \left. \frac{\Delta I_c}{\Delta I_B} \right|_{V_{CE} = cte}$$

نسبت آدرس β_{ac} و β_{dc} از روی منحنی مشخص:



$$\beta_{dc} = \frac{I_c}{I_B} = \frac{2.7}{25\text{ mA}} = 108$$

$$\beta_{ac} = \left. \frac{\Delta I_c}{\Delta I_B} \right|_{V_{CE} = cte} = \frac{3.2 - 2.2}{30\text{ mA} - 20\text{ mA}} = \frac{1}{10\text{ mA}} = 100$$

در واقع β_{ac} و β_{dc} با هم تفاوت دارند اما این تفاوت معمولاً در حدی است که ملاحظه در بارهای عملی نمی توانیم β_{ac} را تقریباً مساوی با β_{dc} در نظر بگیریم به عبارت دیگر اگر در مسئله بی از این روداده شود مقدار برای هر دو در نظر گرفته می شود.

بنابراین تقریباً همواره می توانیم بنویسیم $I_c = \beta I_B$

: β و α سے، : Note

$$1 - \alpha = \frac{I_C}{I_E}$$

$$2 - \beta = \frac{I_c}{I_B}$$

$$3 - I_E = I_B + I_C$$

$$I_E = I_B + I_C \rightarrow \frac{I_C}{\alpha} = \frac{I_C}{\beta} + I_C \rightarrow \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\beta} + 1 \rightarrow \alpha = \frac{\beta}{1 + \beta}$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$$

Note

$$\frac{I}{E} = \frac{I}{B} + \frac{I}{C} \rightarrow \frac{I}{E} = \frac{I}{B} + \beta \frac{I}{B} \rightarrow \frac{I}{E} = (1 + \beta) \frac{I}{B}$$

$$I_C \approx I_E$$

• Note

$$\frac{I_{CEO}}{I_{CBO}} = \frac{1}{1-\alpha} \rightarrow \frac{I_{CEO}}{I_{CBO}} = (1+\beta) \rightarrow \frac{I_{CEO}}{I_{CBO}} \approx \beta$$

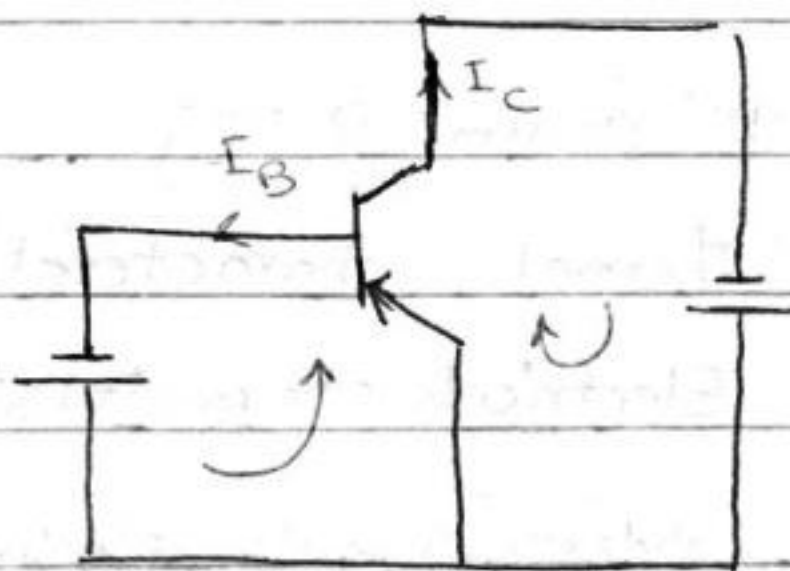
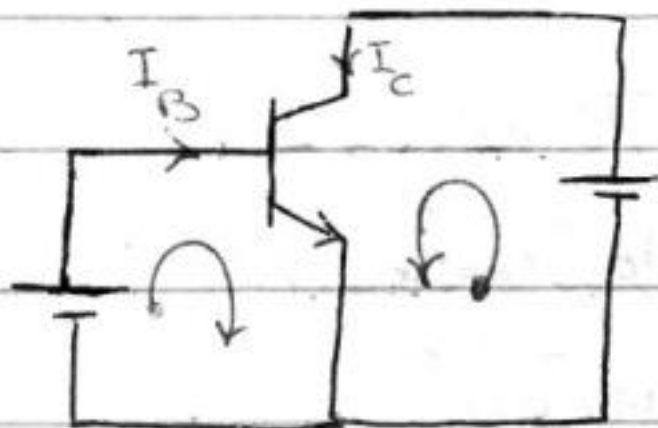
$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} \rightarrow 1-\alpha = \frac{\alpha}{\beta} = \frac{\frac{\beta}{1+\beta}}{\beta} = \frac{1}{1+\beta}$$

$$\frac{I}{E} = \frac{I}{C} + \frac{I}{B}$$

مانو جہ نہ اچھی

Note: ہم منظور آئیں جب متاع و بنا در ایندی مد در آئیں Emitter و تر و تر

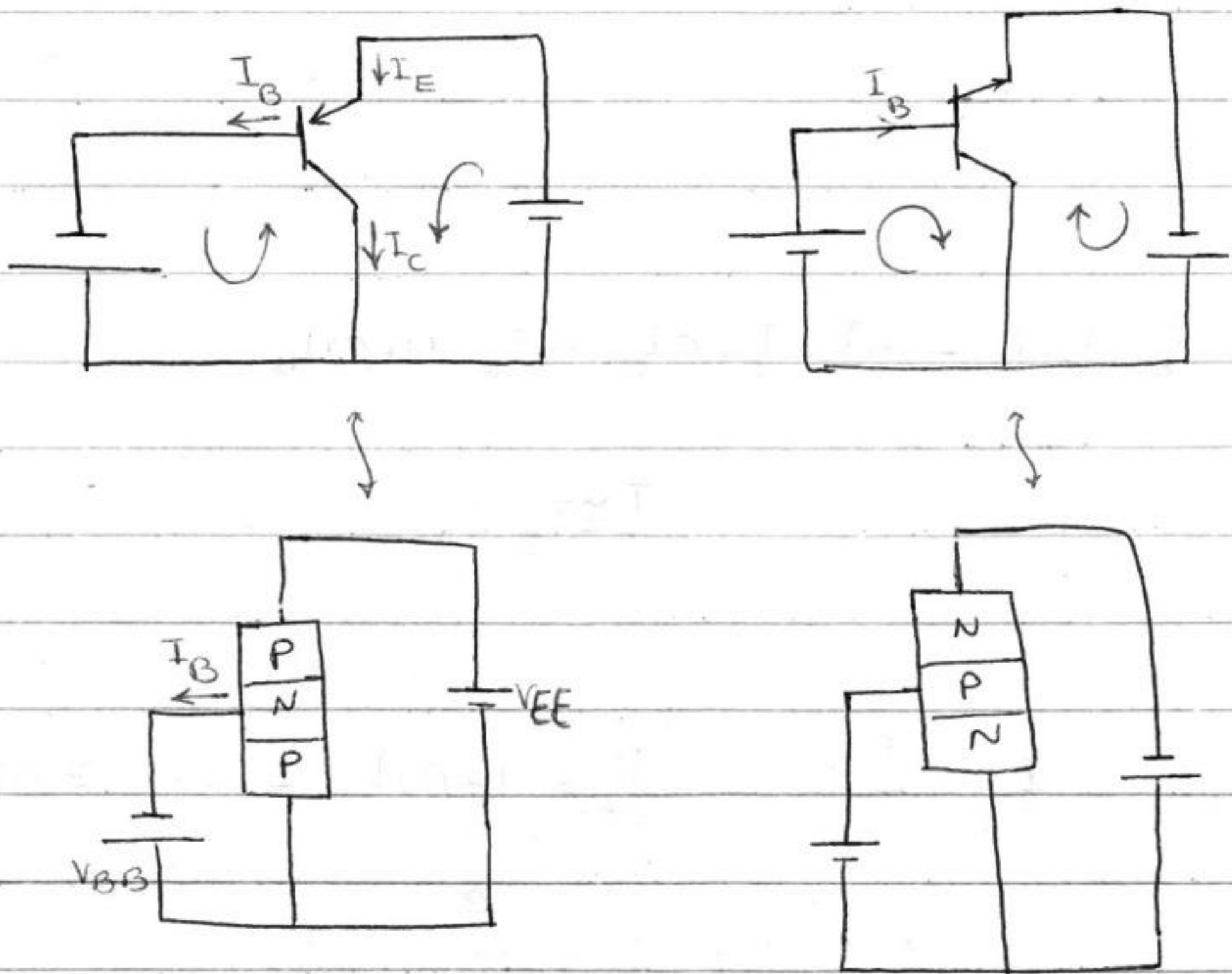
وہ مال ملے گا بلا کسی مطالبہ



آرایش کاتود مشترک:

الترنایی Collector پس ورودی و خروجی مشترک باشد به آن Common collector می گویند

در این حالت نه عکس به منظور تطبیق امپدانس به کاری رود امپدانس ورودی بسیار بزرگ و امپدانس خروجی بسیار کوچک است.
Note: تبدیلی منحنی ها و مدارها موارد Common collector و Common Emitter مشترک است.



Note: برای مشخصات می توانیم هر رانندگی در دل مقادیر جداول و نمودارهایی است که معمولاً سه گروه اصلی مشخصات را بیان می کند این گروه ها عبارتند از:

- ✓ Maximum Rating : مقادیر مجاز
- ✓ Thermal characteristics : مشخصات حرارتی
- ✓ Electrical characteristics : مشخصات الکتریکی

که با توجه به کاربرد باید اطلاعات درخواه را از این جداول و نمودارها استخراج و در امپدانس و یا تغییر مورد استفاده قرار داد.

۵۷

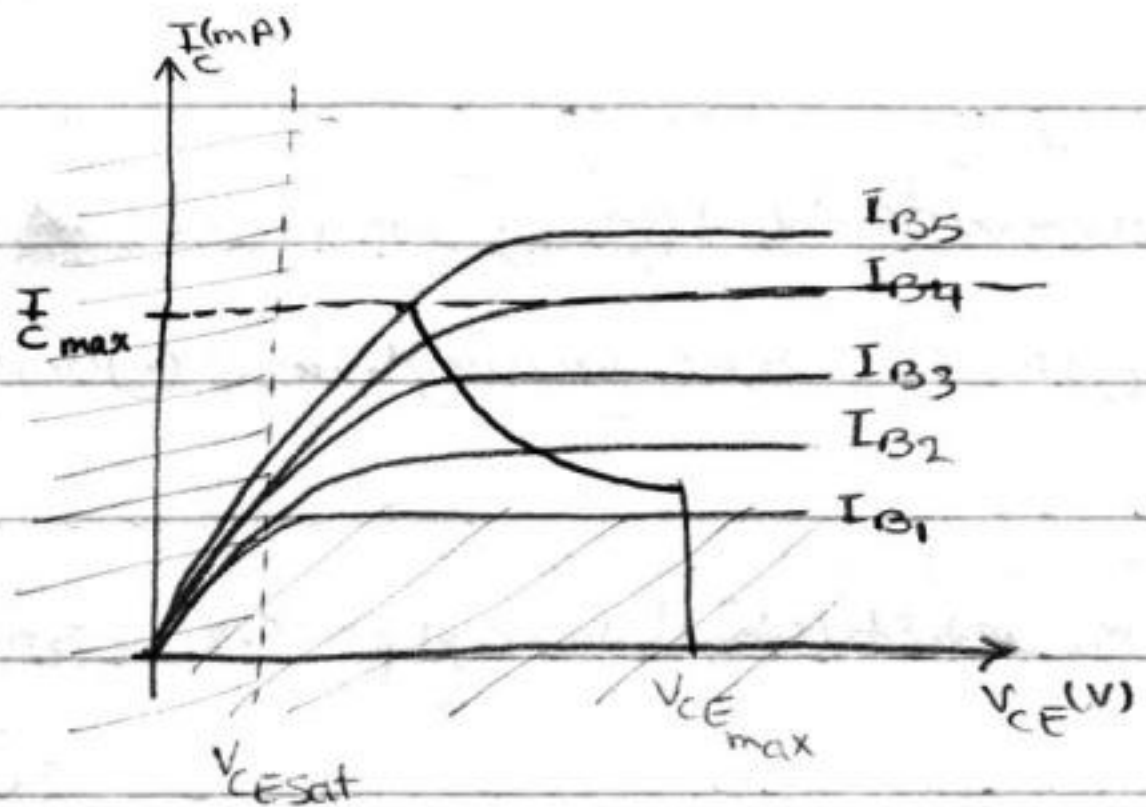
در این مورد معیار بار ازنیم مجاز از اهنیت دیده ای برخوردارید معمولاً این معیار بر محدوده کار خطی ترانزیستور، امپنی می باشد.

$$I_{Cmax}$$

$$V_{CEmax} = V_{Br(CEO)} = V_{CEO}$$

$$V_{CESat}$$

$$P_{Cmax} = V_{CE} I_C$$



هم در حالت active، هم در حالت cut-off، I_{Cmax} و P_{Cmax} باید بدیده ← برای این در نگاه فزونی کار کنید

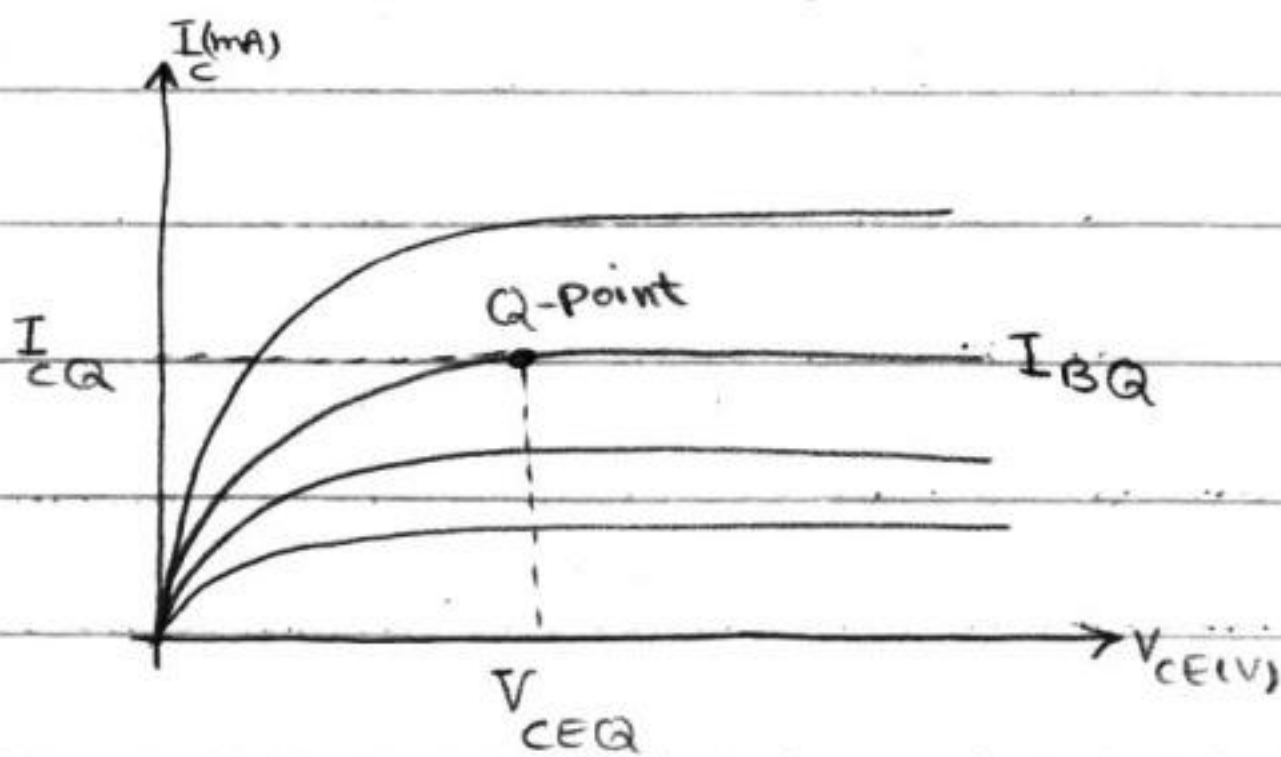
فصل چهارم

بایاس DC ترانزیستورهای BJT

برای آنکه ترانزیستور دارای عملکرد صحیح باشد باید پایه‌های آن به پهن مناسبی از ولتاژ DC تغذیه گردد، تأمین ولتاژ DC مورد نیاز از یک منبع کاری ترانزیستور را بایاس کردن می‌نامند. اثر مقدار جریان خروجی و ولتاژ خروجی را به ازای

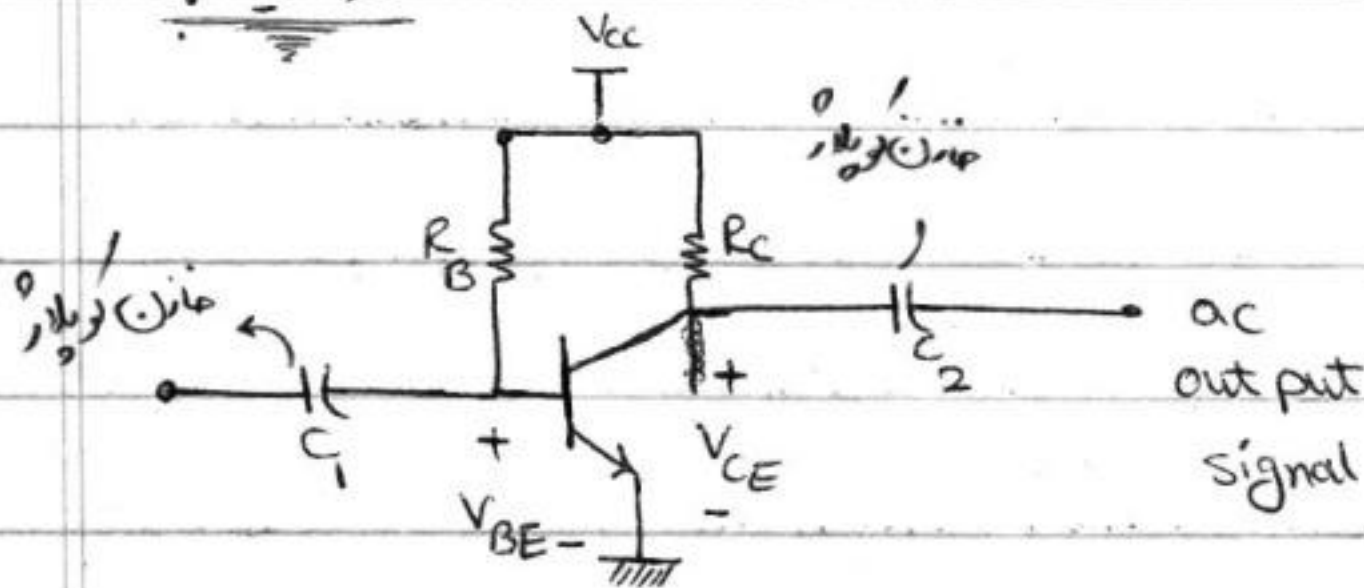
مقادیر مشخص جریان ورودی ورودی منحنی منحنی خروجی نشان دهیم این نقطه را نقطه کاری می‌نامند و در آنجا در آرایش DC مدارات ترانزیستوری به خوبی زیر است.

- ۱- بارش KV جریان Base را مشخص می‌کند.
- ۲- در حلقه‌ی خروجی β برای جریان Base را مشخص می‌کند و ولتاژ Collector-Emitter را تعیین می‌کند.
- ۳- با توجه به تعادلات دیپ آف و در حلقه‌ی خروجی خط بار را ترسیم و نقطه‌ی کاری را مشخص می‌کنیم.



مدار تغذیه ثابت

مدار Fix Bias



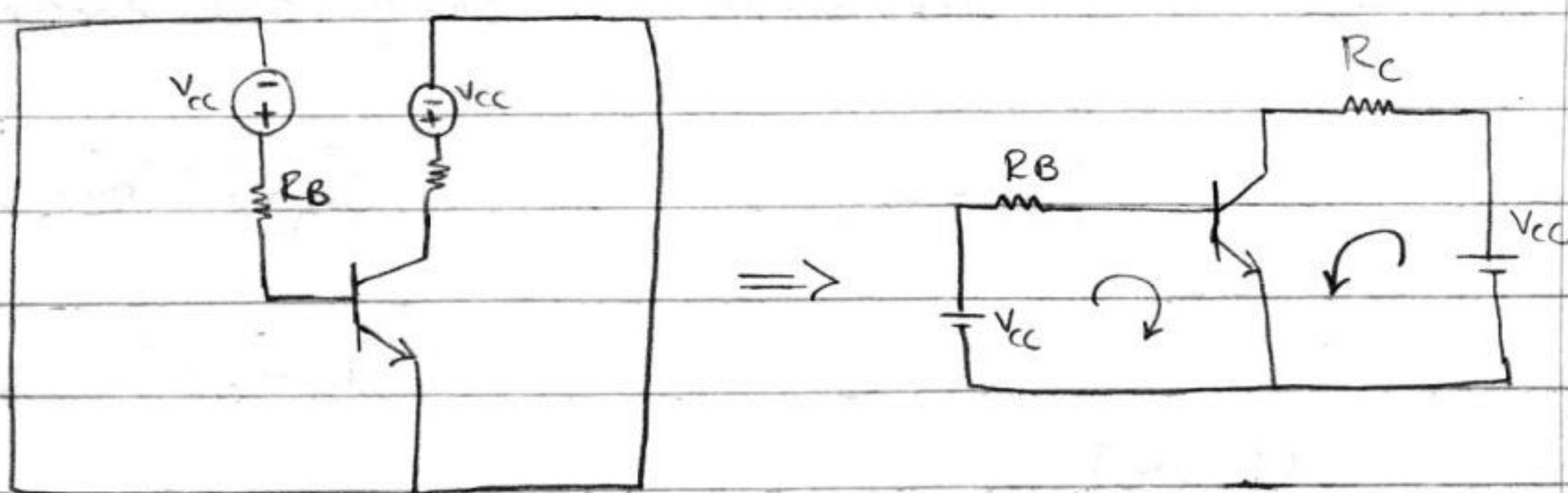
$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

$f = 0 \rightarrow$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{DC} \rightarrow \text{افتد باز} \\ \text{ac} \rightarrow \text{افتد کوتاه} \end{array} \right.$

در مدارات الکترونیکی طبقه‌های مختلف را معمولاً به روش‌های معیاری به یکدیگر اتصال می‌دهیم، مانند کوپلرهای حثاتی، کوپلر ترانسفرمیری، کوپلر مستقیم و...

بنابراین خازن‌های به‌کار رفته در خروجی و ورودی برای قرارگیری در مسیر به منظور جدا کردن تغذیه DC ترانزیستورها از یکدیگر می‌باشند و به آنها خازن‌های کوپلری می‌گویند.

مدار را به شکل زیر می‌توان تغییر داد:



1) Step: input loop: $-V_{CC} + R_B I_B + V_{BE} = 0 \rightarrow I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$

2) Step: $I_C = \beta I_B$

3) Step: out put loop: $-V_{CC} + I_C R_C + V_{CE} = 0 \rightarrow V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$

یا داده‌های چند نکته:

1) $I_C = \beta I_B$

2) $V_{BE} = 0.7$

3) $I_E = I_C$

4) $V_{AB} = V_A - V_B$

$V_{BE} = V_B - V_E$

$V_{CE} = V_C - V_E$

اسباع ترانزیستور:

اگر راندهای $I_c = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C}$ ، در نظر بگیریم مقدار I_c وقتی به حد اکثر خود می رسد V_{CE} تقریباً

مساوی با صفر باشد $(V_{CE} \approx 0)$

$$I_c = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C} \xrightarrow{V_{CE} \approx 0} I_{C_{sat}} = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

در این حالت جریان I_c به ماکزیمم مقدار خود رسیده و در این مدار مشخص برای V_{CC} و R_C آن مقدار I_c از این مقدار کم جریان اسباج تا کمتر نمانده می شود بالاتر نمی رود و آن را با $I_{C_{sat}}$ نشان می دهند بنابراین در

$$I_{C_{sat}} = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

مدار Bias ثابت خواهم داشت:

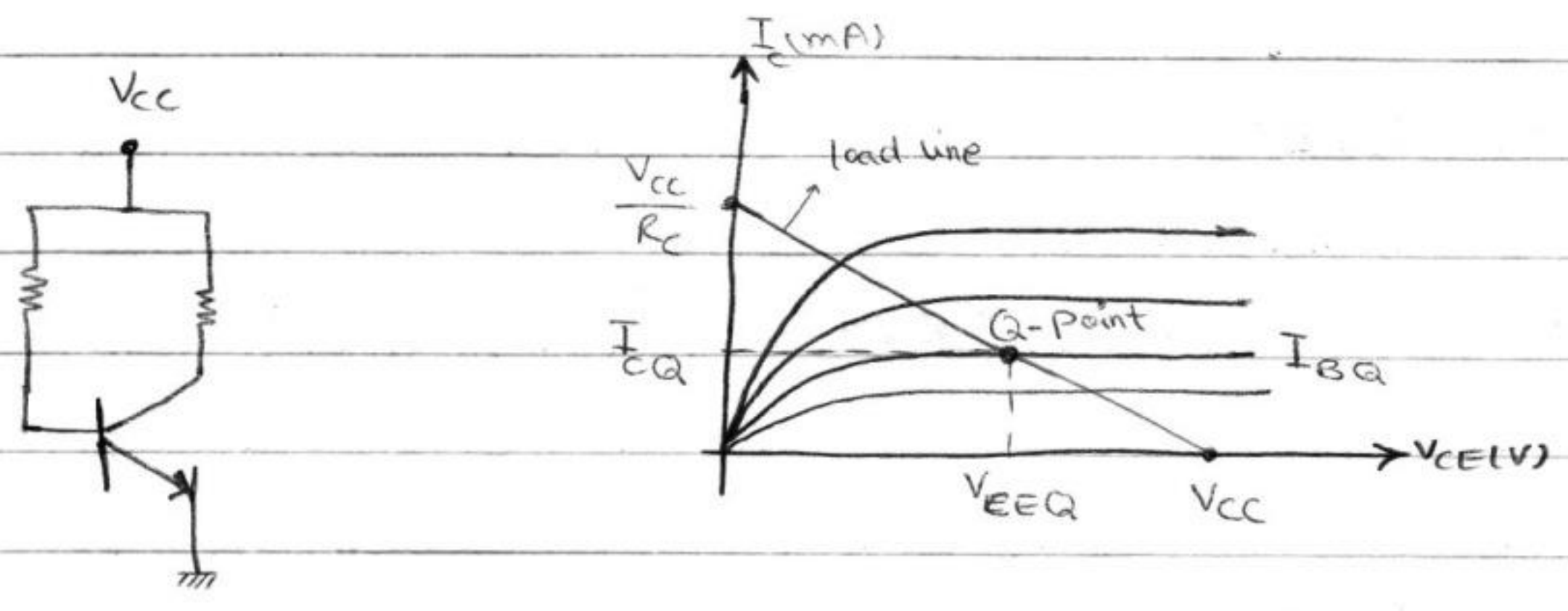
و یا در حالت طی خواهم داشت:

$$I_c \Big|_{V_{CE}=0} \approx I_{C_{sat}}$$

**

load line Analysis:

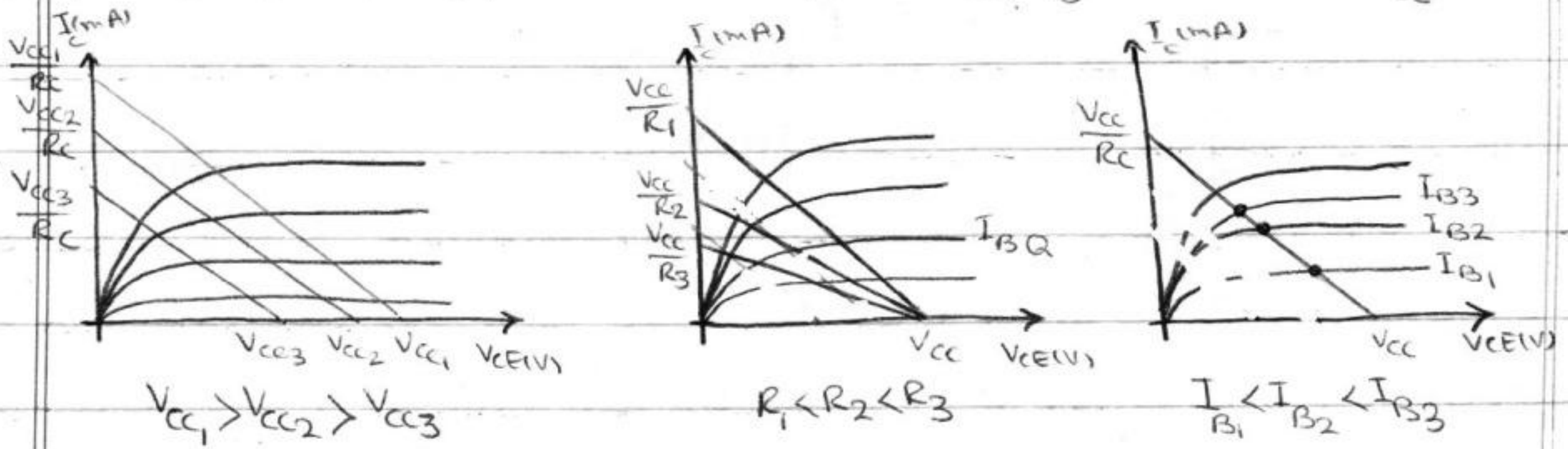
تحلیل خط بار:



$$V_{CE} = V_{CC} - I_c R_C \rightarrow \begin{cases} I_c = 0 \rightarrow V_{CE} = V_{CC} \\ V_{CE} = 0 \rightarrow I_c = \frac{V_{CC}}{R_C} \end{cases}$$

محور عمودی با محورهای

اثر تغییرات V_{CC} و R_C و I_B روی نقطه بار:



**

مدار تغذیه بایست با مقاومت امیتر:

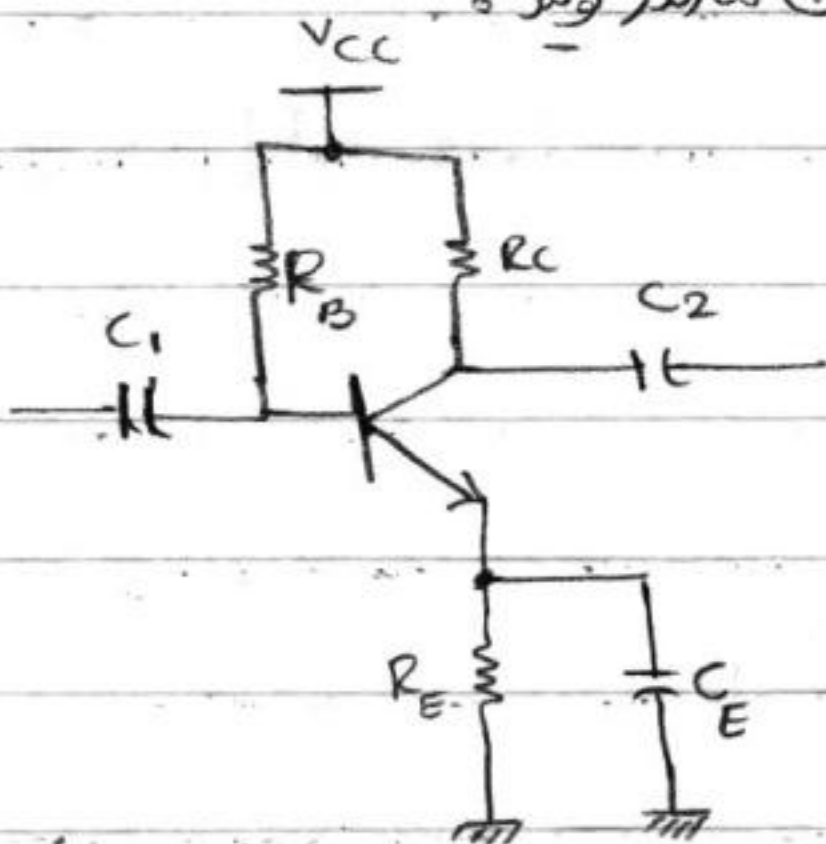
در مدارات تغذیه ترانزیستوری همواره باید از درجه داران رانندگی در نظر بگیریم اگر به سبب معیبه های ارائه شده

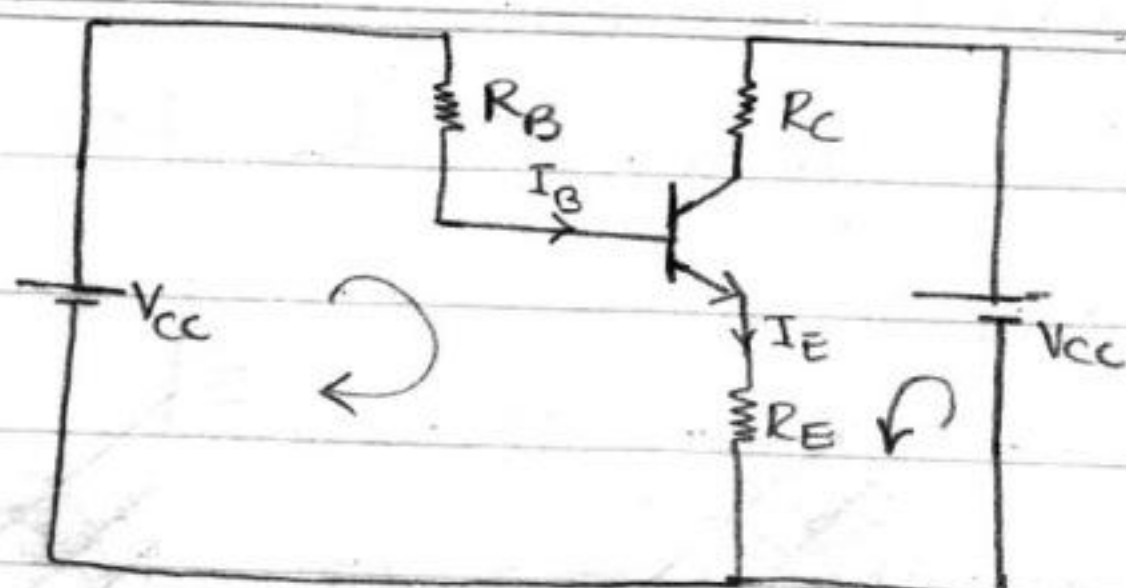
توسط رانندگی ترانزیستور توجه کنیم در می یابیم که پارامترهایی نظیر β و I_{CEO} با دما تغییر می کنند و عوامل منجر به تغییر نقطه کار ترانزیستوری شود در این مدار معضاتی توانایی حفظ نقطه کار در اثر درجه داران را ضربه

پایداری می باشد آن را با S نمایش می دهند.

به منظور افزایش ضریب پایداری در مدار تغذیه بایست یک مقاومت در امیتر قرار می دهند این مقاومت پایداری را

افزایش می دهد اما باعث تضعیف ضریب تقویت مدار می گردد برای این آن را با یک خازن موازی در نظر می گیرند تا در فرکانس های مورد نیاز اتصال کوتاه شود این خازن خازن شاتر یا کپاسیتور شاتر است.



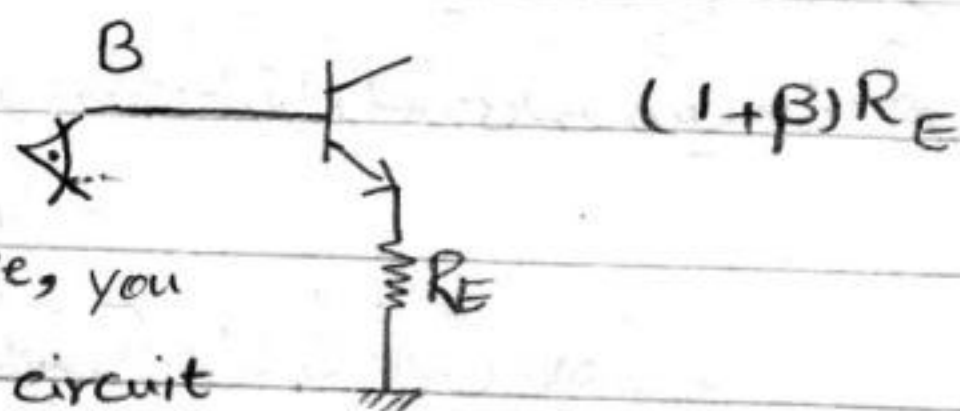


input loop: $-V_{CC} + I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E = 0 \rightarrow I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (1 + \beta) R_E}$

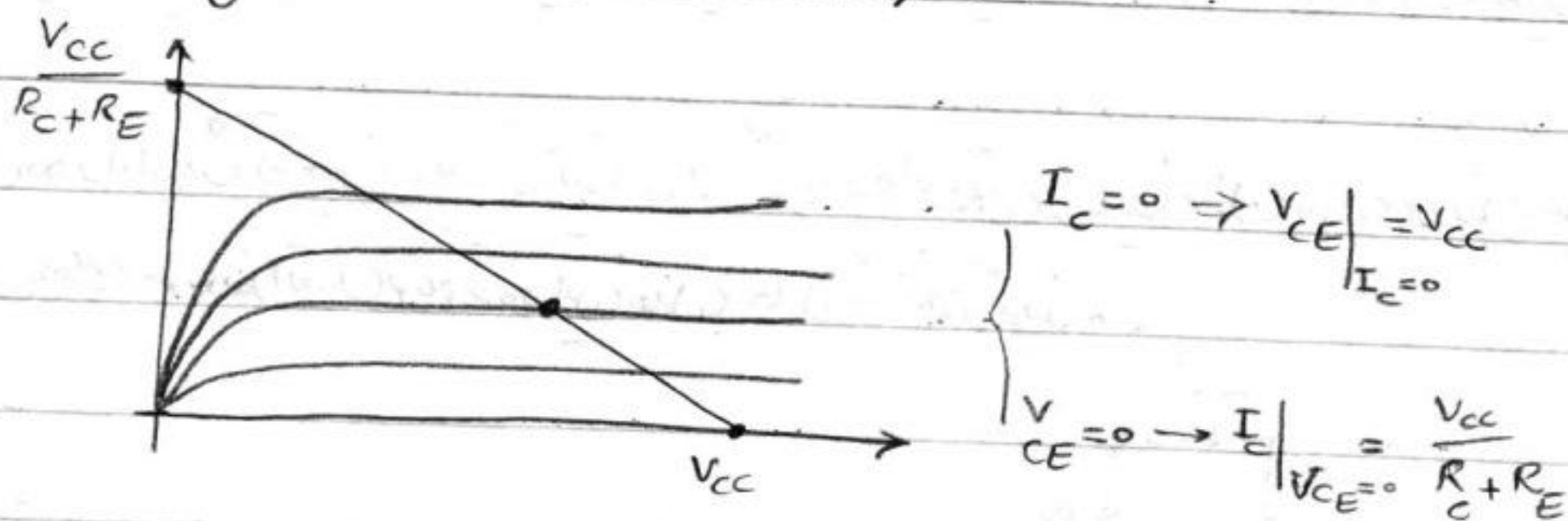
output loop:

$-V_{CC} + I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E = 0 \rightarrow V_{CE} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$

Note: در واقع همین به نظر می آید که معادلات موجود در Base و Emitter $(1 + \beta) I_B$ است.



This is an eye, you are looking circuit from here. (looking from Base to Emitter)

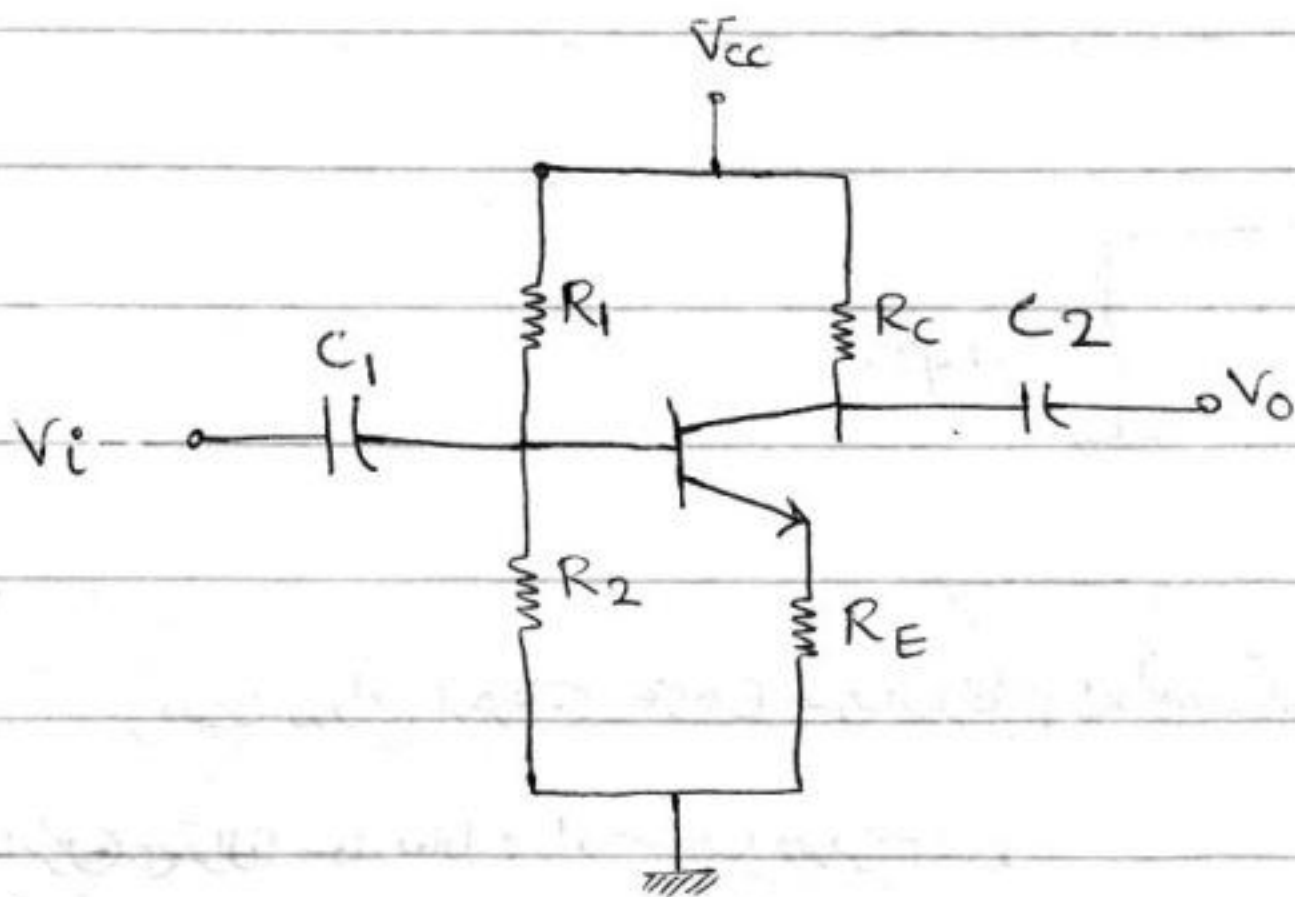


$V_{CE} = V_C - V_E \rightarrow V_{CE} = V_{CE} + V_E$
 $V_{BE} = V_B - V_E \rightarrow V_{BE} = V_{BE} + V_E$

93

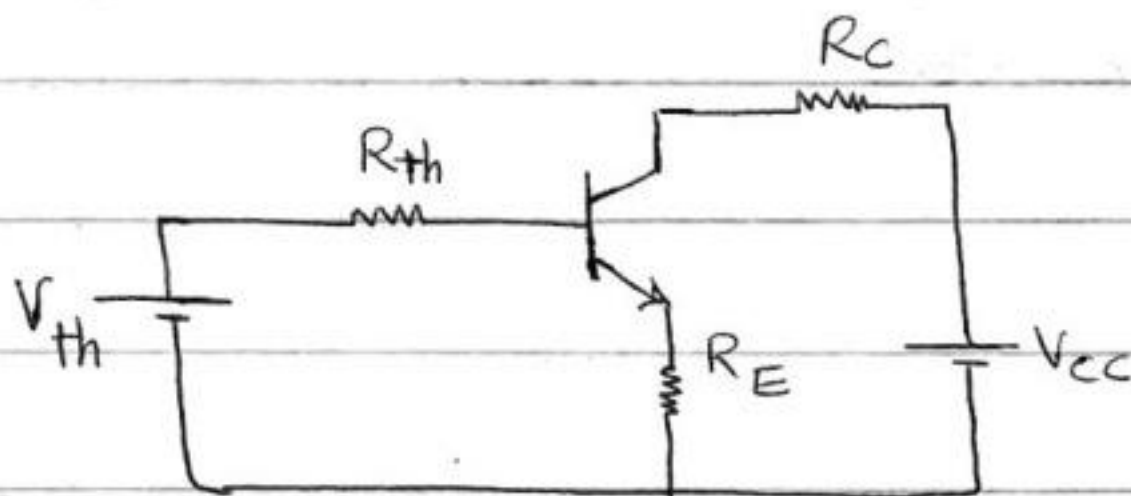
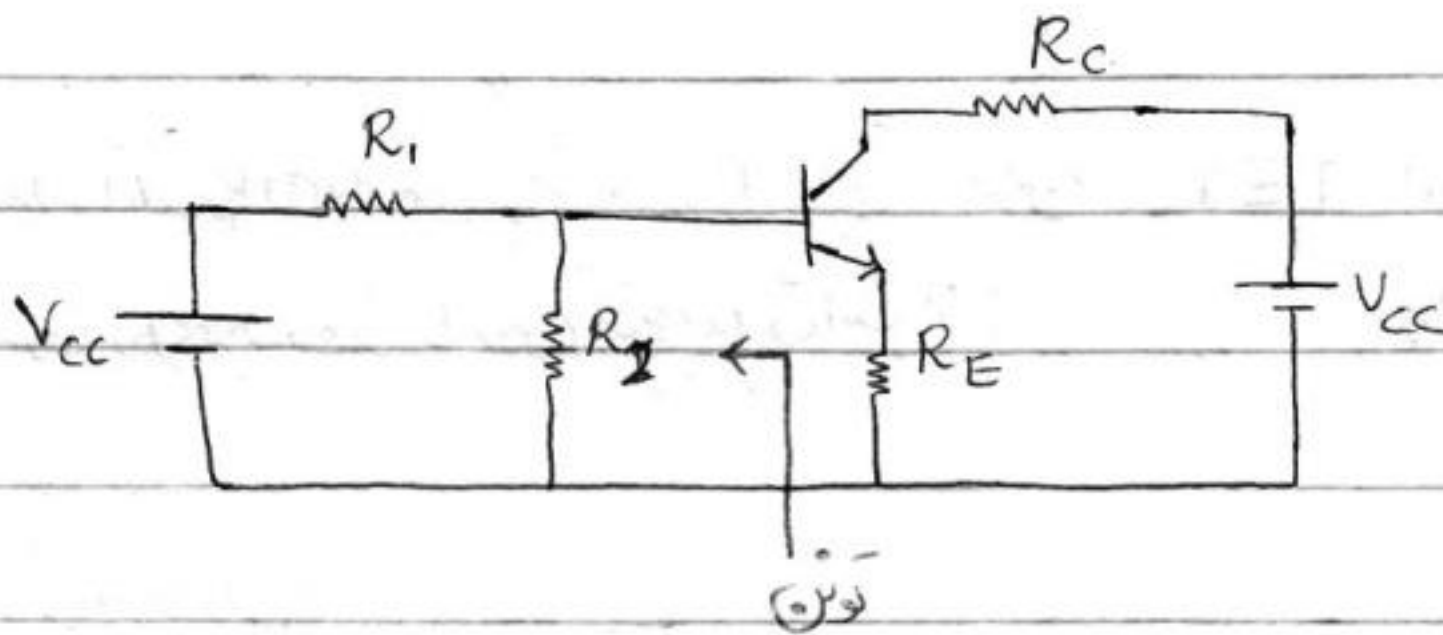
Voltage Divider Bias circuit:

مدار Bias با تقسیم ولتاژ:



precision analysis:

۱) آنالیز دقیق:



$$R_{th} = R_1 \parallel R_2$$

$$V_{th} = V_{cc} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

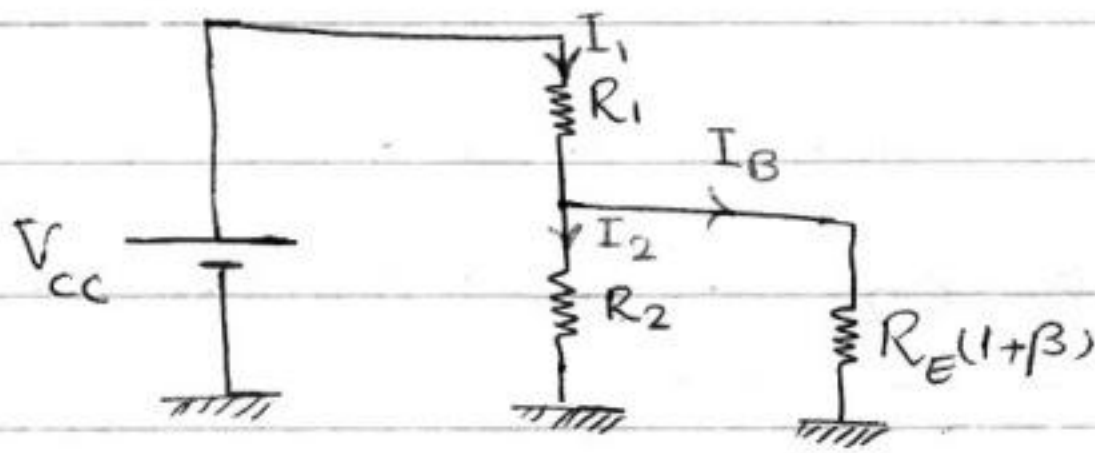
input loop:

$$-V_{th} + I_B R_{th} + V_{BE} + I_E R_E = 0 \rightarrow I_B = \frac{V_{th} - V_{BE}}{R_{th} + (1 + \beta) R_E}$$

output loop:

$$-V_{cc} + I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E = 0 \rightarrow V_{CE} = V_{cc} - I_C (R_C + R_E)$$

۲- آنالیز تقریبی:



در آنالیز تقریبی در واقع از جریان Base صرف نظر می‌کنیم و دانسته می‌شود که مقاومت Emitter از دست می‌دهد $V_{BE} \approx 0.7V$ و $(1+\beta) V_{BE}$ را می‌توان مدار معادل را به صورت زیر ترسیم نمود:

$$I_1 = I_2 + I_B \xrightarrow{I_B \approx 0} I_1 \approx I_2$$

در مدارات علی‌الطلب $R_E(1+\beta)$ خیلی بزرگتر از R_2 می‌باشد بنابراین $I_1 \approx I_2$ است یعنی جریان Base را نادیده می‌گیریم و تقریباً عبارت است از:

$$\beta R_E > 10 R_2$$

پس از انتخاب رزستور تقریبی داریم:

$$V_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC}$$

$$V_E = V_B - V_{BE}$$

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} \approx I_{CQ}$$

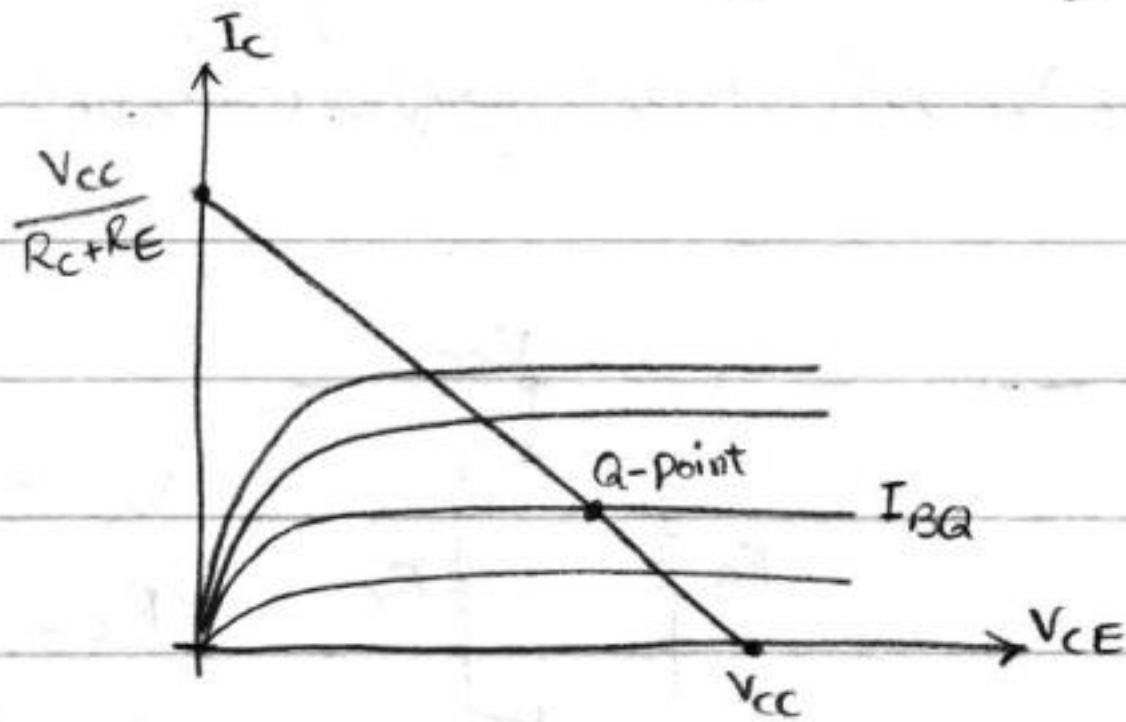
output loop: $-V_{CC} + I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E = 0$

$$V_{CEQ} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$$

Note: اگر ولتاژ $V_{CE} = 0$ باشد آنوقت:

$$I_{C(sat)} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$$

Note: آنالیز خط بار را می توان برای مدار Voltage Divider به کار برد:



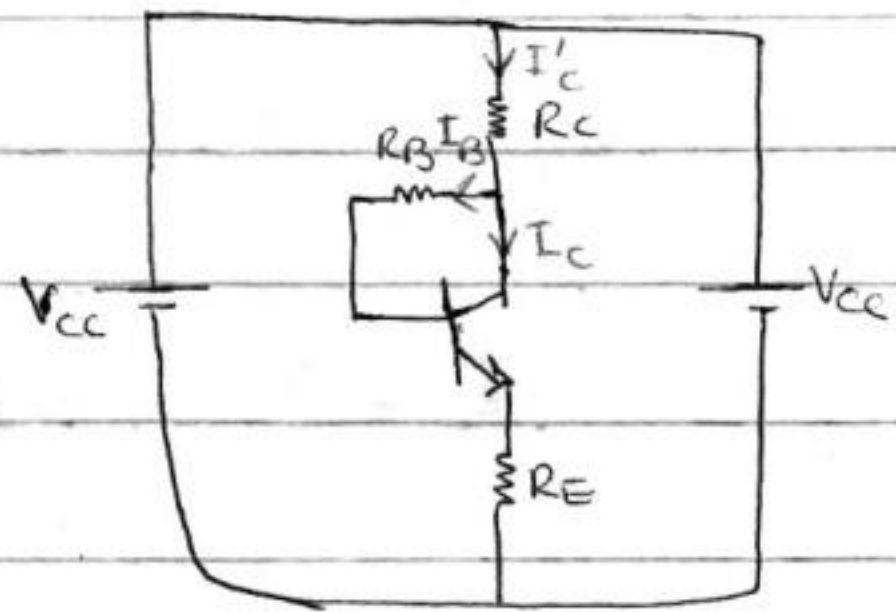
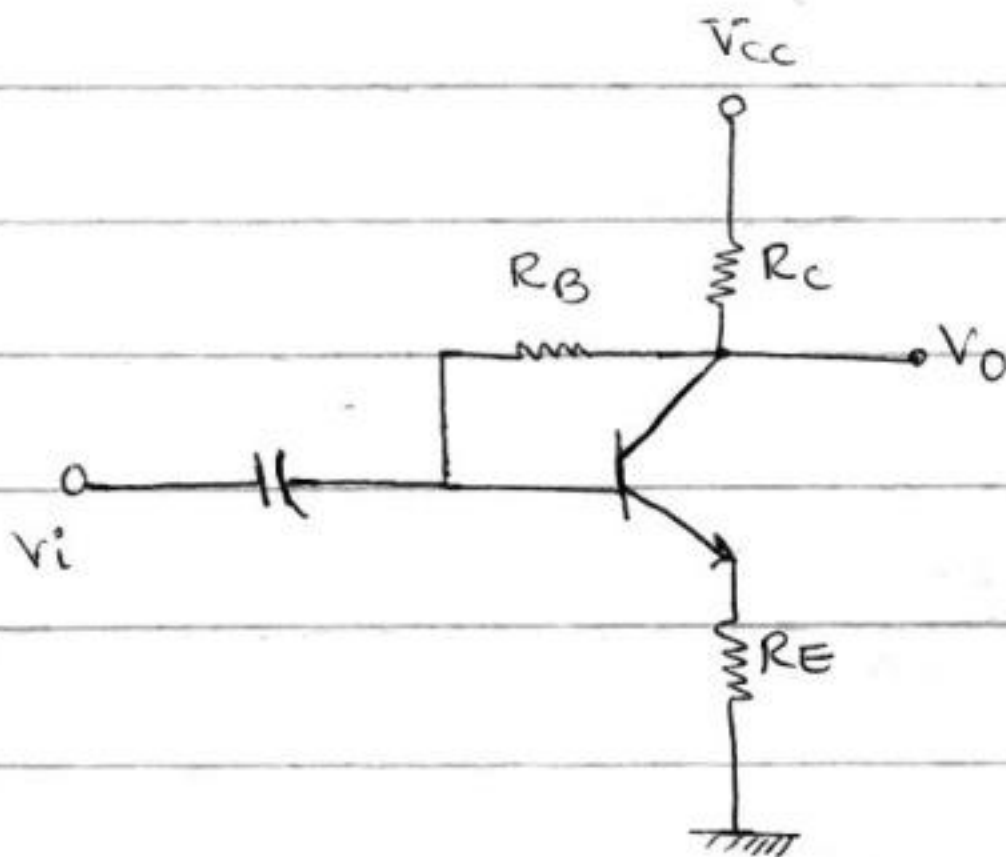
$$V_{CEQ} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$$

$$\begin{cases} I_C = 0 \\ V_{CE} = 0 \end{cases}$$

**

پایس

پایس DC با Feedback و بار:



$$I'_C = I_C + I_B \approx I_C$$

input loop: $-V_{CC} + I'_C R_C + I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E = 0 \rightarrow I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + \beta(R_C + R_E)}$

output loop:

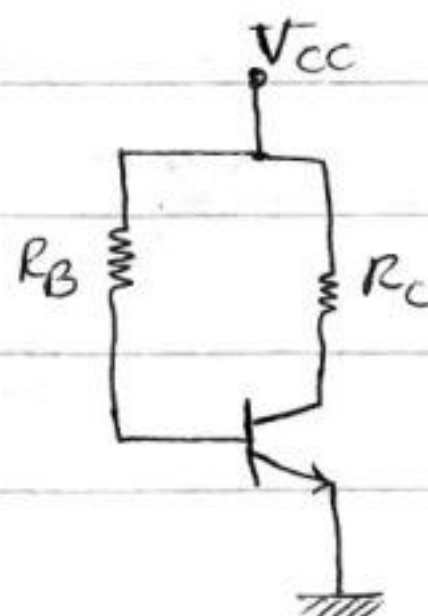
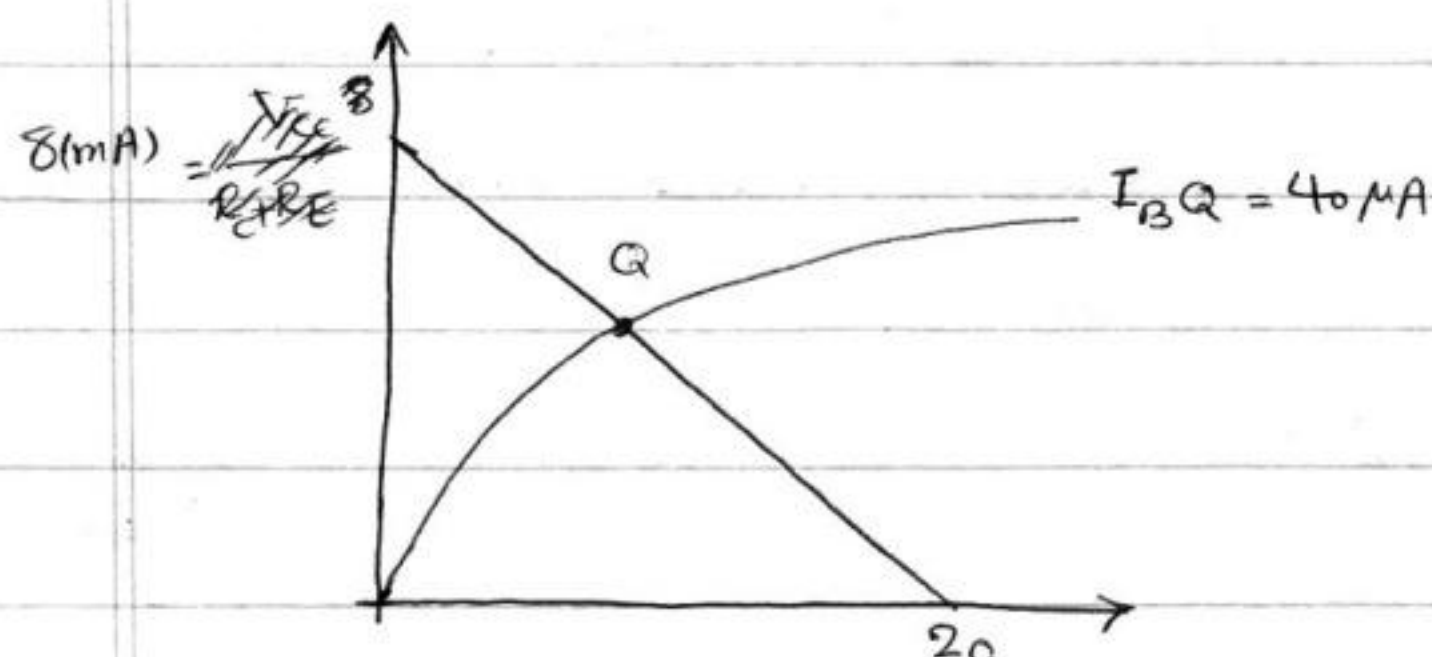
$$-V_{CC} + I'_C R_C + V_{CE} + I_E R_E = 0 \Rightarrow V_{CE} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$$

مسابه حالت بی: $I_{C(sat)} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \xrightarrow{V_{CE} = 0} I_{C(sat)} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$$

فرایند طراحی:

EX: معضی معضی یک ترانزیستور داده شده است مقادیر V_{CC} , R_C , R_B را برای آرایش پایاس ثابت پیدا کنید.



$$V_{CC} = ?$$

$$R_C = ?$$

$$R_B = ?$$

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

$$V_{CC} = 20$$

$$V_{CE} = 0 \Rightarrow I_C(\text{sat}) = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

$$I_C = \frac{20}{R_C} \Big|_{V_{CE}=0} \Rightarrow R_C = \frac{20}{8 \text{ mA}}$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} \Rightarrow R_B = \frac{20 - 0.7}{40 \mu\text{A}} = 485.2 \text{ k}\Omega$$

معمولاً روش معضی برای طراحی وجود ندارد اما اغلب با توجه به داده‌های معضی ترانزیستور این روش را به صورت مرتب و با دقت باید به کار ببریم.

نکات برای طراحی مدارات پایاس ترانزیستورهای آ.ج.:

- ۱- با توجه به معضی معضی‌ها و ولتاژ منبع تغذیه و جریان و ولتاژ نقطه کار را تعیین می‌کنیم.
- ۲- با نوشتن معادلات KVL در حلقه‌ی ورودی و خروجی مقادیر جریان Base را محاسبه و مطابقاً ترانزیستور می‌یابیم.

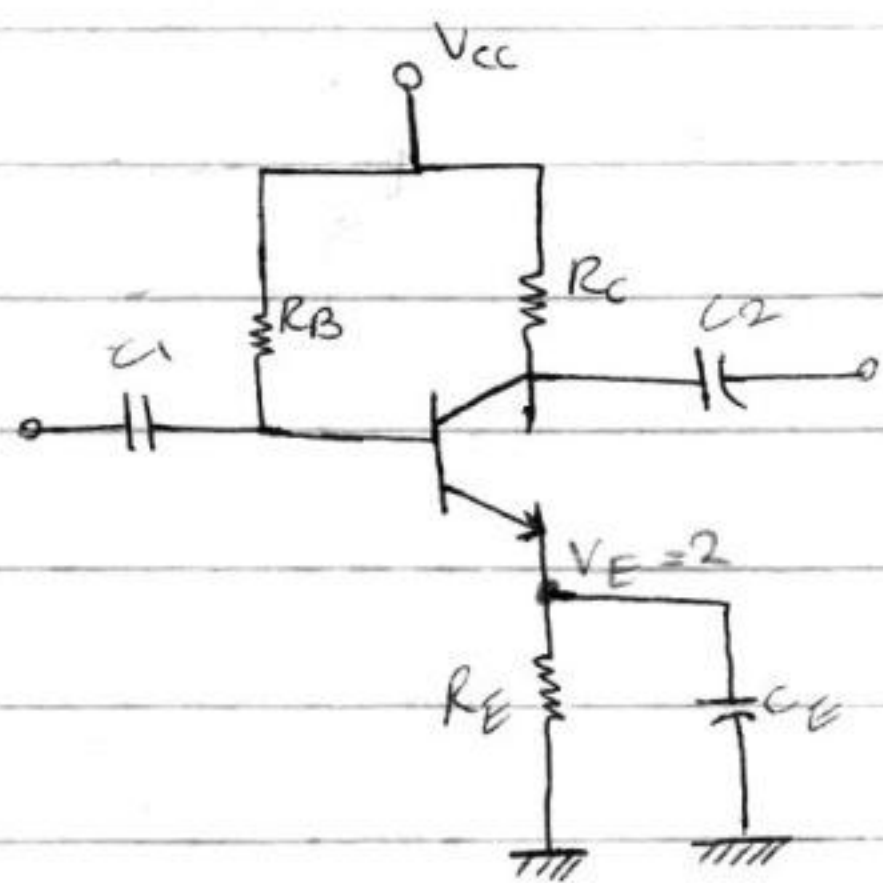
- ۳- در حالتی که مقاومت در Emitter داشته باشیم اهر ولتاژ تغذیه را برای این دی مقاومت Emitter در نظر می گیریم.
- ۴- مقدار ولتاژ collector-Emitter، تغذیه ولتاژ V_{CC} در نظر می گیریم و یا بالعکس V_{CC} را در برابر ولتاژ collector-Emitter.

منظور می بینیم (زیرا تغذیه کار باید در میان ناحیه فعال باشد).

۵- در همی حالات مقادیر را با مقادیر استاندارد تقریب می زنیم.

- ۶- در هر مرحله پاسخ بدست آمده را با تجارب قبلی مقایسه نموده و اگر بی اعداد بدست آمده مطمئن می شویم.
- ۷- در صورت امکان مدار را توسط «P-spice» آنالیز و اصلاح می کنیم.

Ex: مدار زیر را طراحی کنید.



$I_{CQ} = 2mA$
 $V_{CEQ} = 10V$ (2N4401)
 $\beta = 150$

$$V_{CEQ} = 10 \rightarrow V_{CC} \cong 2V_{CEQ} = 20$$

$$V_E = \frac{1}{10} V_{CC} = \frac{1}{10} \times 20 = 2 \text{ Volt}$$

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{2}{R_E} = 2mA \rightarrow R_E = 1k\Omega$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{2mA}{150} = 13.3 \mu A$$

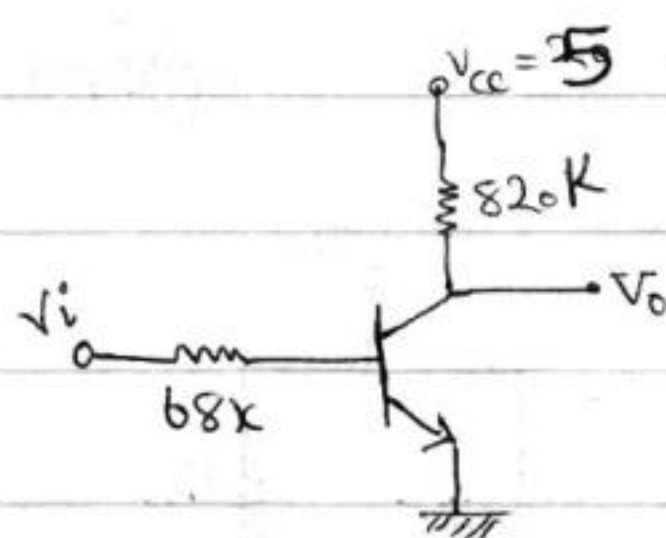
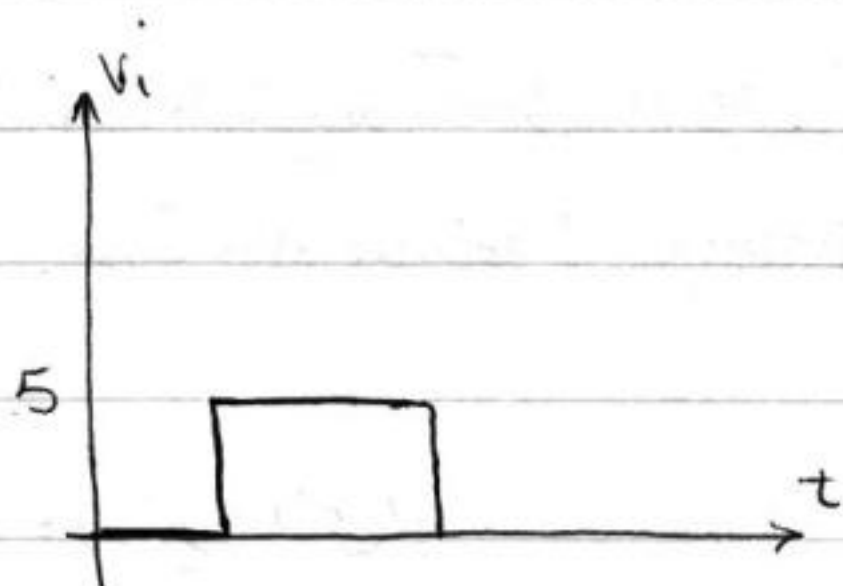
$$R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE} - V_E}{I_B} = 1.3 M\Omega$$

$$R_C = \frac{V_{CC} - V_{CE} - V_E}{I_C} = \frac{20 - 10 - 2}{2mA} = 4k\Omega$$

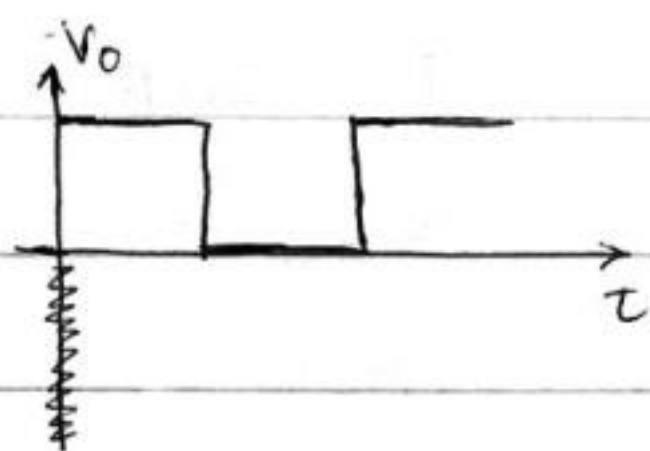
کاربرد Switching ترانزیستور:

اگر نقطه کار ترانزیستور به طور مناسب بین ناحیه قطع و اشباع جابجایی یابد Collector-Emitter ترانزیستور به ترتیب مانند اتصال باز و اتصال کوتاه عمل می کند. این امر اساس استفاده از ترانزیستور در مدارات Switching و وارونگ را می سازد.

Ex: اگر در مدار زیر V_i به ورودی اعمال شود شکل موج خروجی را ترسیم کنید.



$$\beta = 125$$



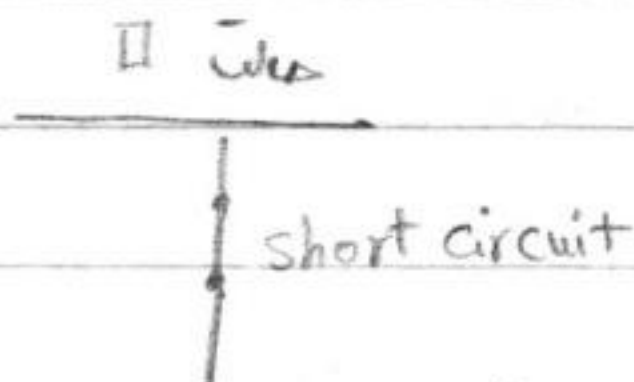
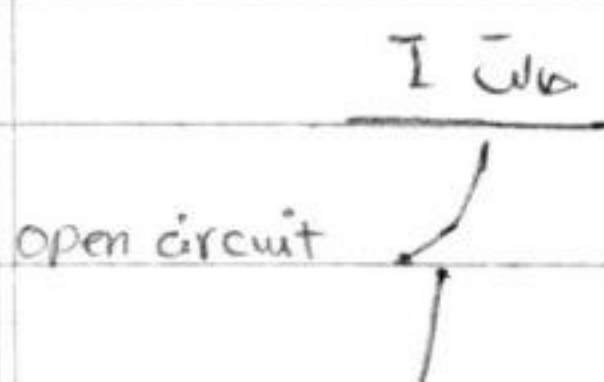
$$I_B = \frac{V_i - V_{BE}}{R_B} = \frac{5 - 0.7}{68k} = 63 \mu A$$

$$I_{C(sat)} = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{5V}{820} = 6.1 mA$$

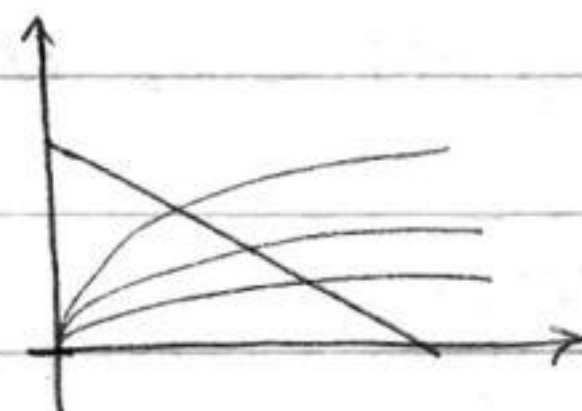
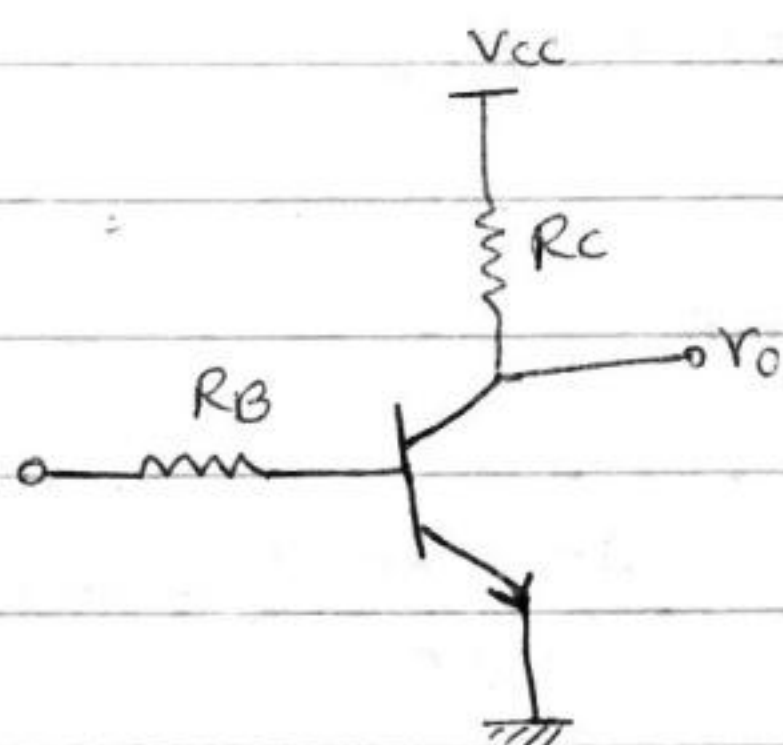
$$I_{B(sat)} = \frac{I_{C(sat)}}{\beta} = \frac{6.1 mA}{125} = 48.8 \mu A$$

I) $V_i = 0 \Rightarrow I_B = 0 \Rightarrow I_C = 0 \Rightarrow V_o = V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = V_{CC} = 5 (Volt)$

II) $V_i = 5 \Rightarrow I_B = 63 \mu A \Rightarrow I_B > I_{B(sat)} \Rightarrow V_o = V_{CE} = 0$ ترانزیستور در اشباع می باشد.



روش طراحی مدارات Switching :

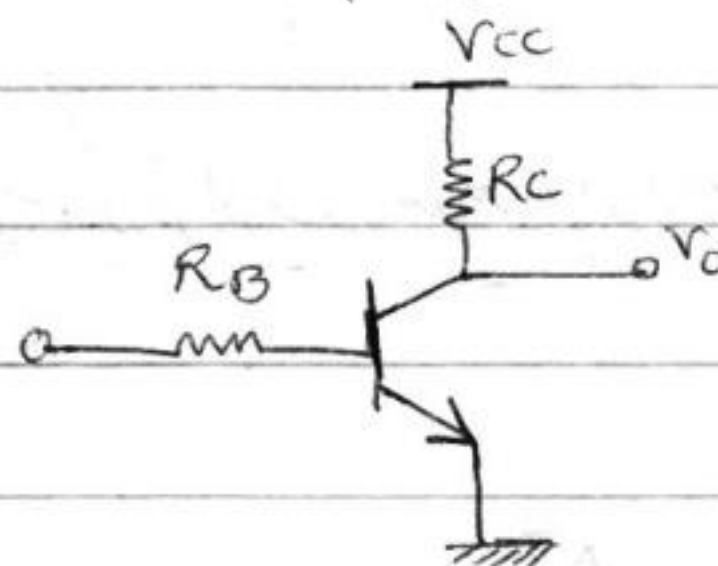
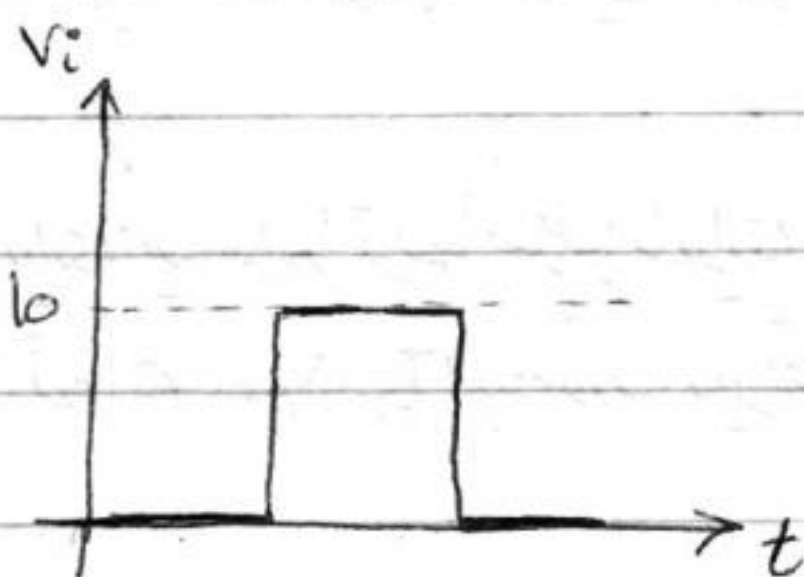


فرض کنید می‌خواهیم مدار فوق را به عنوان switch طراحی کنیم.

$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} \rightarrow I_C(\text{sat}) = \frac{V_{CC}}{R_C} \Big|_{V_{CE}=0} \Rightarrow I_B(\text{sat}) = \frac{I_C(\text{sat})}{\beta}$$

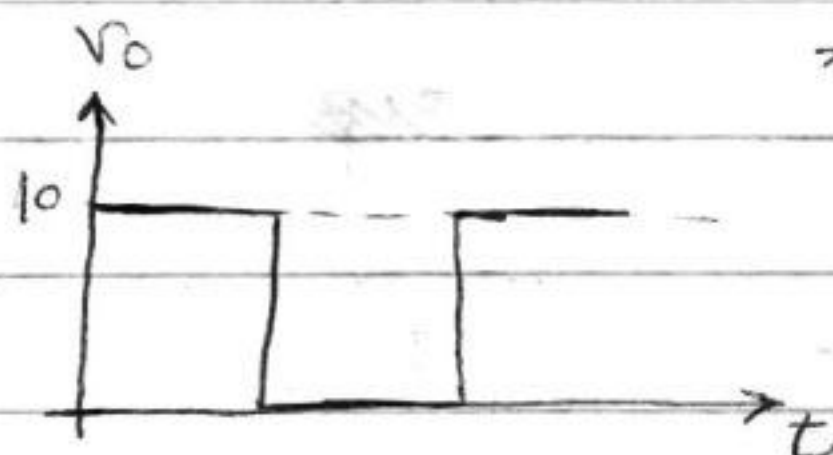
حال باید I_B را بیشتر از $I_B(\text{sat})$ در نظر بگیریم و R_B را محاسبه کنیم.

Ex: مدار زیر را به گونه‌ای طراحی کنید که برای ورودی V_i نشان داده شده به صورت switch عمل کند.



$$I_C(\text{sat}) = 10 \text{ mA}$$

$$\beta = 250$$



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

$$I_C(\text{sat}) = \frac{V_{CC}}{R_C} \Big|_{V_{CE}=0} \Rightarrow R_C = \frac{10 \text{ (V)}}{10 \text{ (mA)}} = 1 \text{ (k}\Omega\text{)}$$

$$I_B(\text{sat}) = \frac{I_C(\text{sat})}{\beta} = \frac{10\text{mA}}{250} \Rightarrow I_B(\text{sat}) = 40\mu\text{A}$$

$$I_B > I_B(\text{sat}) \rightarrow \text{در } I_B = 60\text{mA}$$

$$I_B = \frac{V_i - V_{BE}}{R_B} \Rightarrow R_B = \frac{V_i - V_{BE}}{I_B} = \frac{(10 - 0.7)(\text{Vsat})}{60\mu\text{A}} = 155\Omega$$

* *

پایداری حای؟

پارامترها به اندیشه مشخصات ترانزیستور مانند V_{BE} ، β ، I_{CO} در اثر دما تغییر می کنند بنابراین تغییر دما

محسوس است باعث جابجایی نقطه کاری می گردد. در این امر باعث خروج ترانزیستور از ناحیهی مورد نظر طراحی می گردد و کار مدار را مختل می کنند.

$$\begin{array}{l} \beta \uparrow \\ T \uparrow : V_{BE} \downarrow \\ I_{CO} \uparrow \end{array}$$

- ۱- بد ازای هر درجه افزایش دما $V_{BE} \approx 7.5\text{mV}$ کم می گردد.
- ۲- تقریباً به ازای هر درجه افزایش دما I_{CO} دو برابر می شود.

پایداری بی مدار را توسط ضریب پایداری مشخص می دهند برای بدی ترانزیستور ضریب پایداری بر اساس سه عامل و پایداری $(I_{CO}$ ، V_{BE} ، β) به صورت زیر تعریف می شود:

$$S(I_{CO}) = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_{CO}}$$

$$S(\beta) = \frac{\Delta I_C}{\Delta \beta}$$

$$S(V_{BE}) = \frac{\Delta I_C}{\Delta V_{BE}}$$

« پایداری احتمال بیایدی »

عمل بازی ترانزیستورهای BJT

مدارات ترانزیستوری در واقع با استفاده از منابع DC، توان AC سیگنال ورودی را تقویت می کنند.

$$\eta = \frac{P_o(AC) \text{ توان } ac \text{ خروجی}}{P_i(dc) \text{ توان } dc \text{ ورودی}}$$

$$P_{Output}(ac) > P_{Input}(ac)$$

میزان این اختلاف در واقع از طریق تغذیه DC تأمین می شود و هرگز نمی توان میزان ولتاژ خروجی را از میزان سطح ولتاژ تغذیه بالا برد.

Small signal Analysis:

تحلیل سیگنال کوچک:

اگر در محدوده سیگنال کوچک Small signal، باقیمانده ورودی سیگنال AC و دردی کوچک باشد می توان عملکرد ترانزیستور را مانند یک عنصر خطی در نظر گرفت و کلیس AC و DC را به صورت مجزا انجام داد.

برای آسانتر AC در مدار باید سه فرم کلی را طی کنیم:

۱- بدست آوردن مدار معادل AC شبکه

۲- جایگزینی مدار معادل ترانزیستور

۳- محاسبه پارامترهای خواسته شده مانند: Z_i ، Z_o ، A_v ، A_i

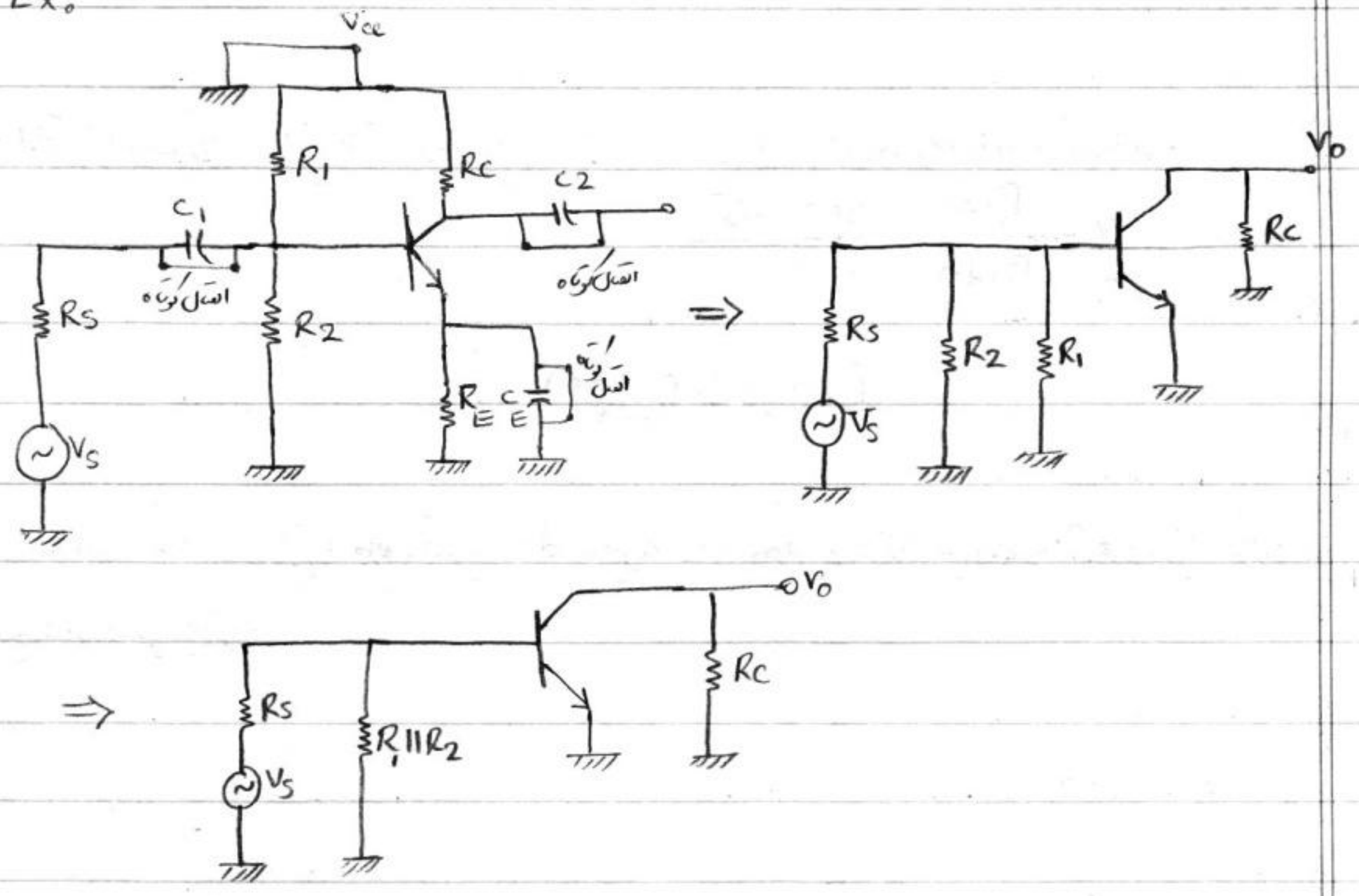
۱- بدست آوردن مدار معادل AC شبکه:

• تمام منابع DC را با اتصال کوتاه به زمین وصل می کنیم.

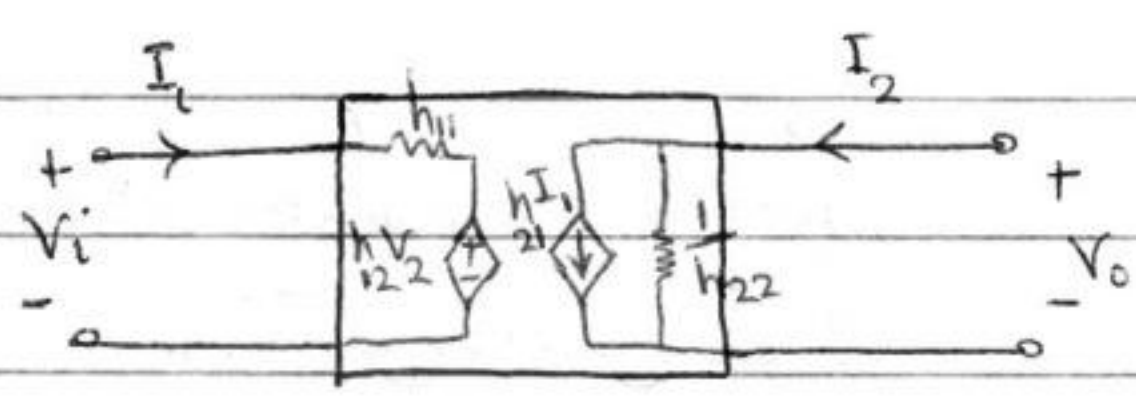
• تمام خازنها، کوپلرها و کاندیسورها را با اتصال کوتاه جایگزین می کنیم.

• ترسیم مجدد مدار با توجه به تغییرات انجام شده ی فوق

Ex:



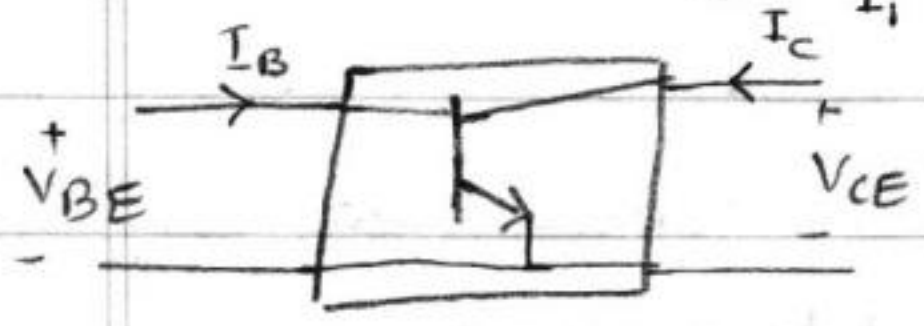
* تئوری مدار ۲ *



* two port network

$$\begin{cases} V_1 = h_{11} I_1 + h_{12} V_2 \\ I_2 = h_{21} I_1 + h_{22} V_2 \end{cases}$$

$$h_{11} = \frac{V_1}{I_1} \bigg|_{V_2=0} \quad h_{12} = \frac{V_1}{V_2} \bigg|_{I_1=0} \quad h_{21} = \frac{I_2}{I_1} \bigg|_{V_2=0} \quad h_{22} = \frac{I_2}{V_2} \bigg|_{I_1=0}$$



$h_{11} \rightarrow$ h_{ie} $= \frac{\delta V_{BE}}{\delta I_B} \bigg|_{V_{CE}=cte}$

input $\swarrow$ $\searrow$ emitter

۷۳

$$h_{12} \Rightarrow \text{ضریب انتقال ولتاژ معکوس} : h_{re} = \frac{\delta V_{BE}}{\delta V_{CE}} \bigg|_{I_B = cte}$$

Reverse Common
Emitter

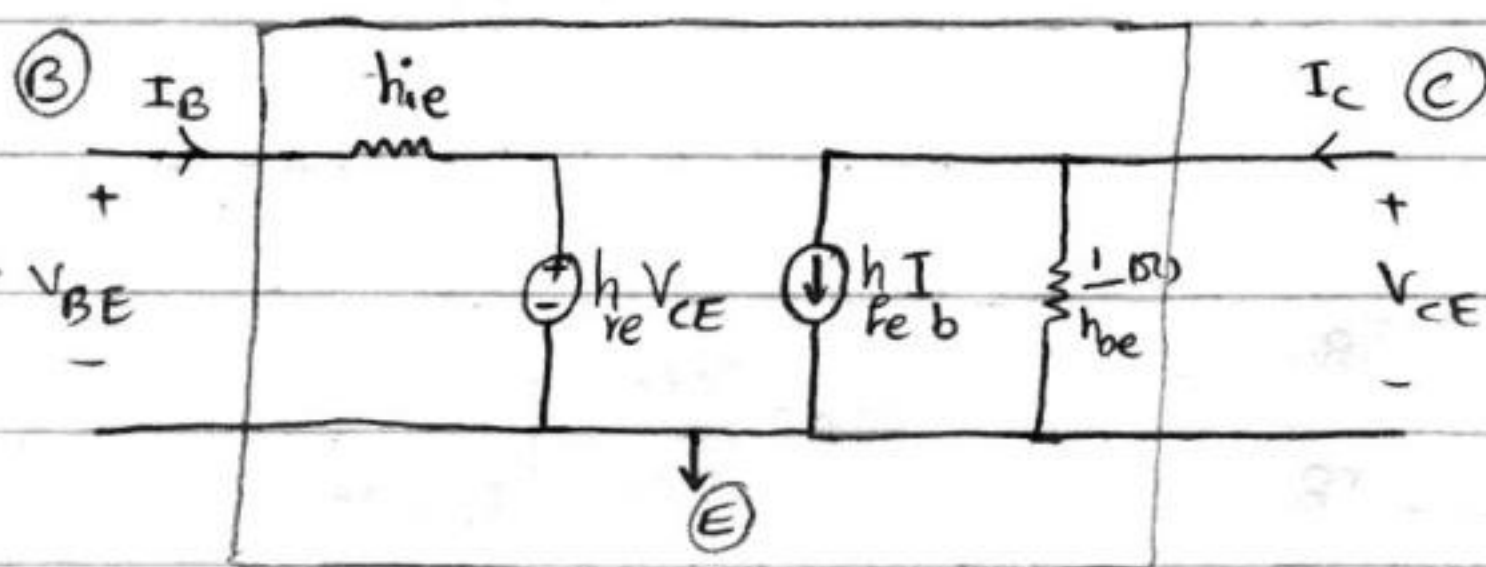
$$h_{21} \Rightarrow \text{ضریب انتقال جریان مستقیم} : h_{fe} = \frac{\delta I_C}{\delta I_B} \bigg|_{V_{CE} = cte}$$

Forward

$$h_{22} \Rightarrow \text{امپدانس خروجی} : h_{oe} = \frac{\delta I_C}{\delta V_{CE}} \bigg|_{I_B = cte}$$

output

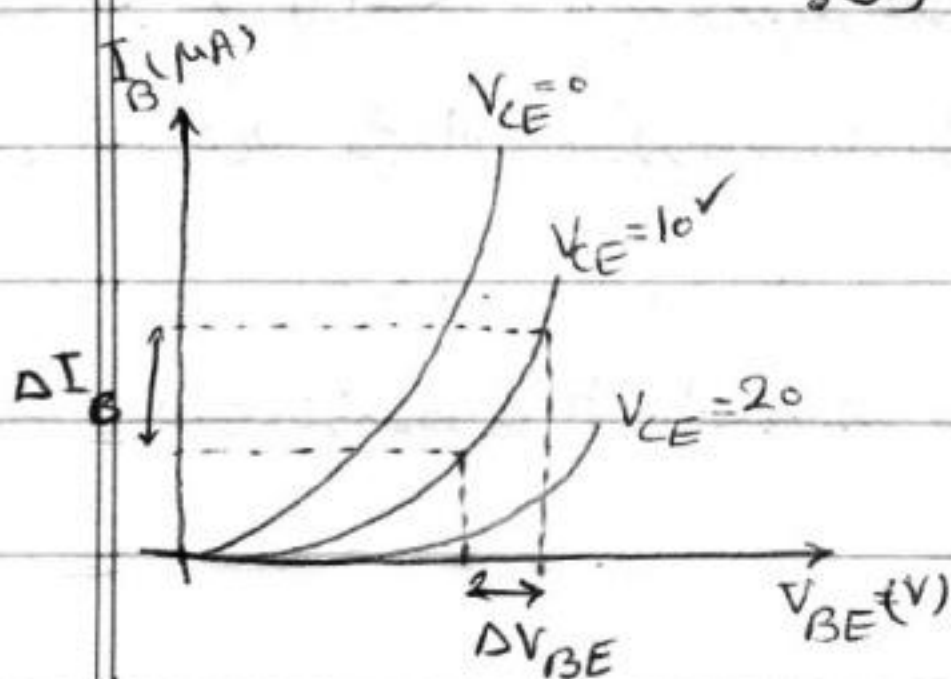
مدارهای مدل ترانزیستور:



روش تجربی در تعیین پارامترهای هائبرد:

باتوجه به اینکه پارامترهای مدارهای ترانزیستور جهت تحلیلات ac به کار برده می شوند بنابراین به منظور

تعیین پارامترهای فوق حول نقطه کاری توان از روش های تجربی نیز می توان رفت.



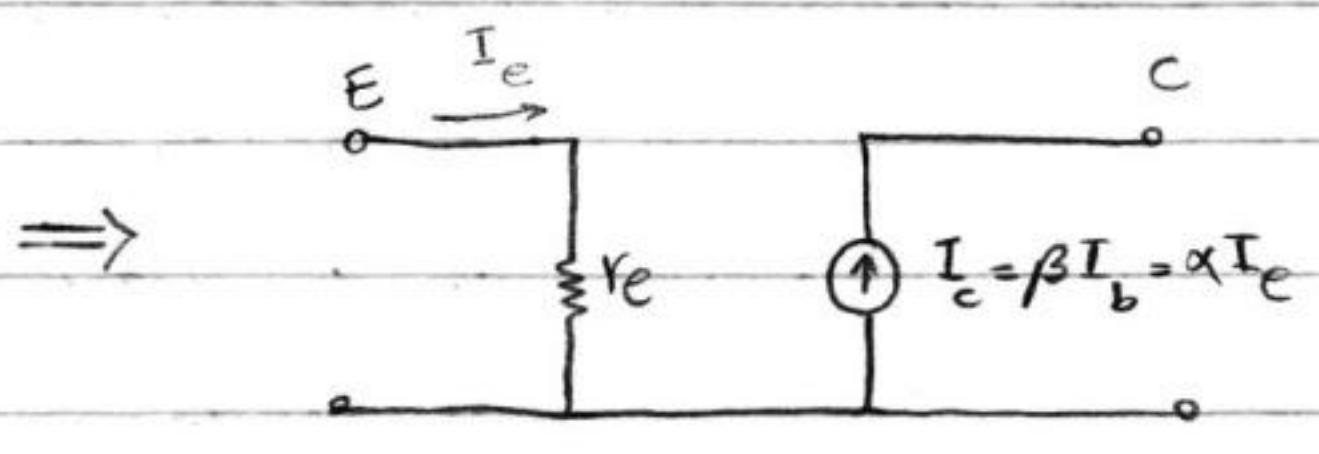
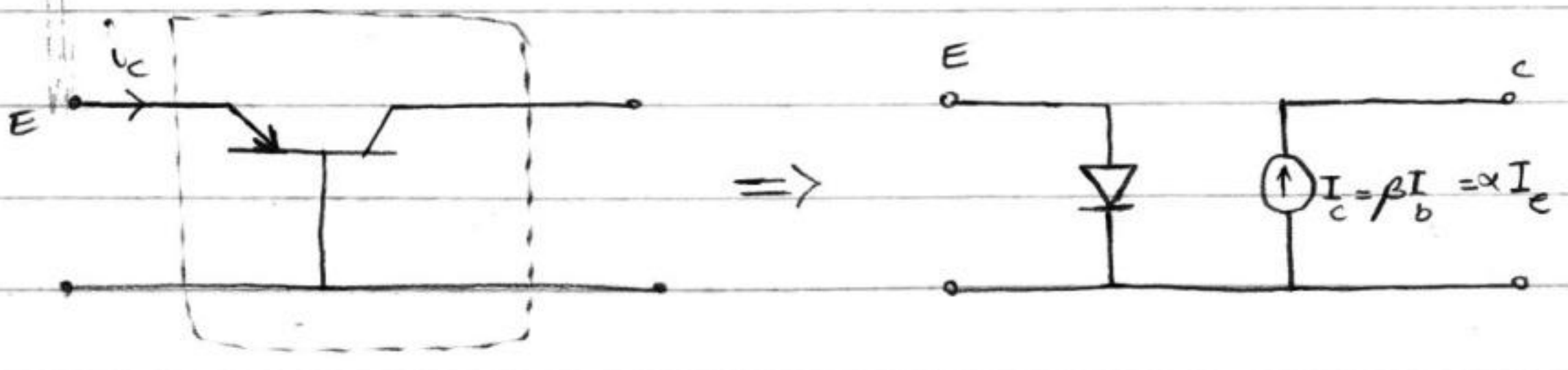
$$h_{ie} = \frac{\partial V_{BE}}{\partial I_B} \bigg|_{V_{CE} = cte} = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B} \bigg|_{V_{CE} = cte}$$

مدارهای r_e :

در واقع یک روش ساده تر برای مدل نمودن ترانزیستور بر اساس این حقیقت استوار است که در واقع اثر

ترانزیستور را به صورت یک $two\ port\ network$ در نظر بگیریم در ورودی این شبکه یک دیود $P-N$ وجود دارد که می توان آنرا با دیود مدل سازی نمود همچنین در خروجی ترانزیستور بر اساس منحنی مشخصه های

خارجی باید یک منبع جریان وارد کنیم $(I_c = \beta I_b)$ بنابراین نوع شبکه برای آرایش $Common\ Base$ داریم:



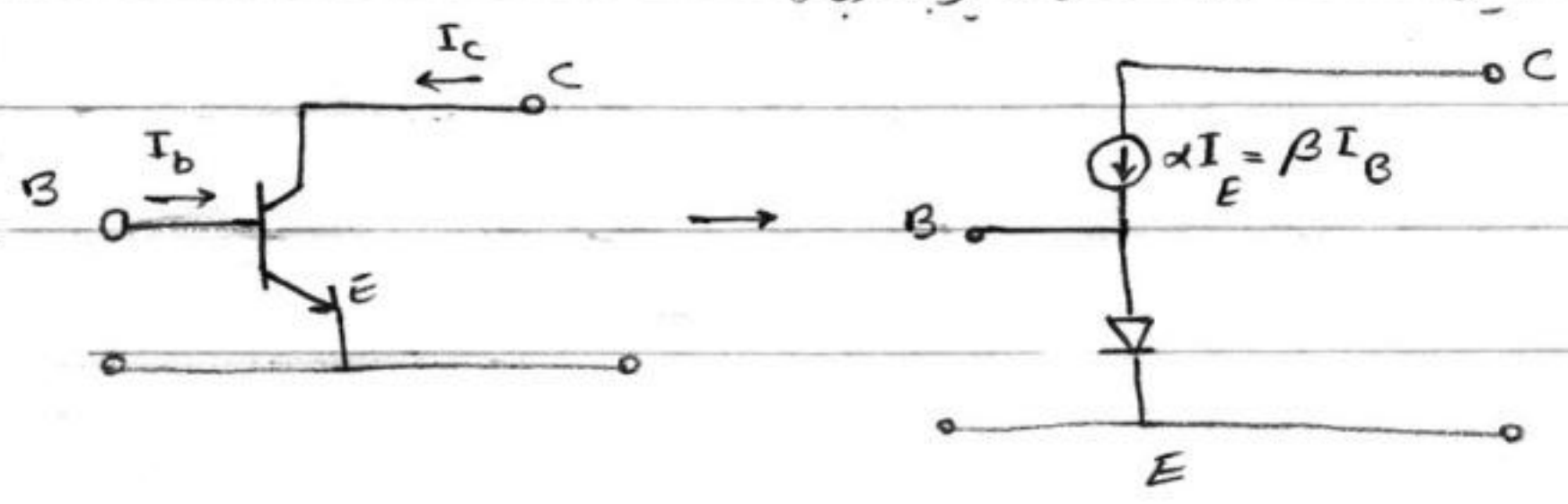
(*)

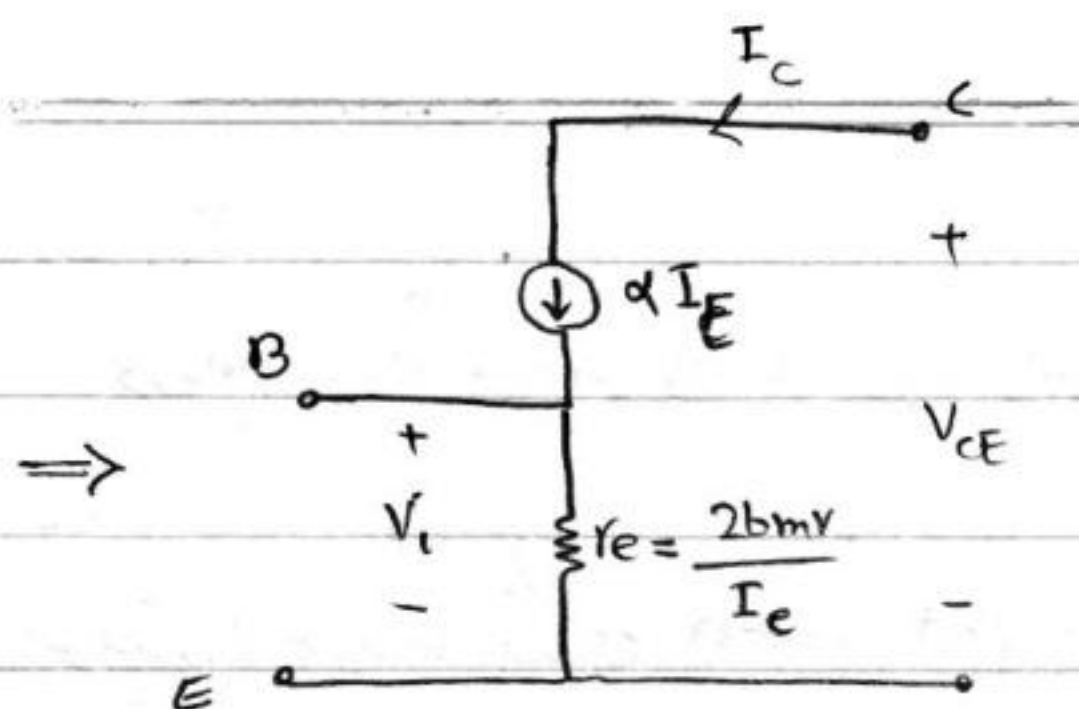
اما مقاومت دیافانی دیود یا هر دیود $P-N$ که در این بخش یادمان از رابطه $r_e = \frac{26(mV)}{I_E}$ می باشد در ورودی داریم

اگرچه dc ، $Emitter$ ، رابطه با هم نداریم در مدل ترانزیستور به صورت (*) درمی آید

$$r_d = \frac{26(mV)}{I_D} \rightarrow r_e = \frac{26(mV)}{I_E}$$

این مدل را برای آرایش $Emitter$ مشترک نیز به کار برده





امپدانس درونی Z_i

امپدانس خروجی Z_o

(Current gain) A_i گین جریان

A_v گین ولتاژ (Voltage gain)

پارامترهای اساسی در آنالیز AC:

الف) امپدانس ورودی: (Z_i) :

Note: در واقع اهم متر می تواند تنها مقدار معادلت را در حالت DC اندازه گیری کند اما برای محاسبه امپدانس ورودی و خروجی تقویت کننده باید از رابطه $Z_i = \frac{V_i}{I_i}$ استفاده کنیم.

Note: در آزمون یخه با قرار دادن باید معادلت به طور سری با خروجی و اندازه گیری اختلاف ولتاژ در دو سر آن توسط ولت متر یا اسیلوسکوپ و با استفاده از رابطه $Z_i = \frac{V_i}{I_i}$ محاسبه کنیم.

Note: امپدانس ورودی تقویت کننده می تواند سری در ولتاژهای پهنای باند (100 KHz) خاصیت اهمی دارد و با توجه به نوع قرار گرفتن ترانزیستور در مدار می تواند بین چند اهم تا چندین اهم تغییر کند.

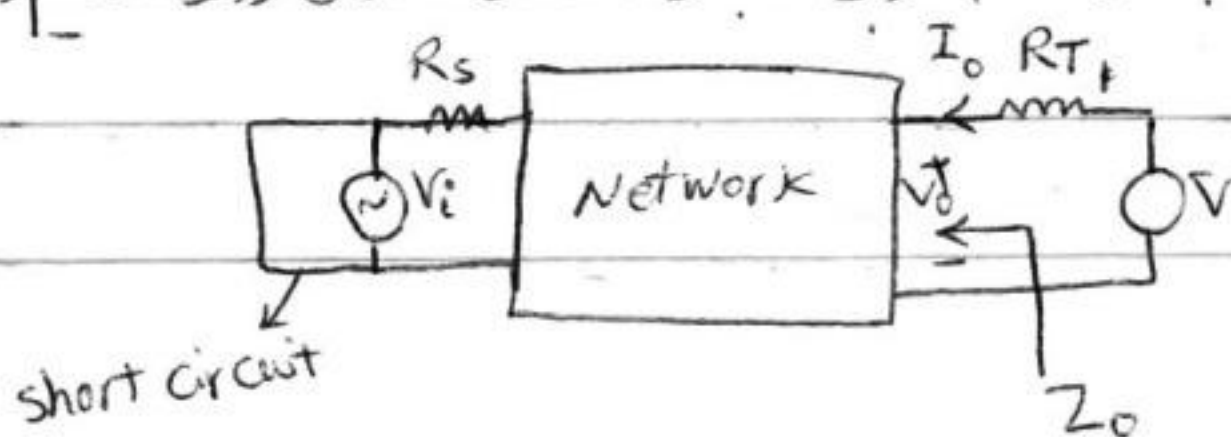
ب) امپدانس خروجی (Z_o) :

Note: برای محاسبه امپدانس خروجی باید هم ورودی را صفر کنیم (اتصال کوتاه) و با استفاده از رابطه $Z_o = \frac{V_o}{I_o} \bigg|_{V_i=0}$ امپدانس خروجی را محاسبه کنیم.

Note: امپدانس خروجی تقویت کننده ها نیز معادلتی مثل معادلت ورودی و با توجه به آرایش مدار بین چند اهم تا چندین اهم تغییر می کند.

Note: روش اندازه گیری:

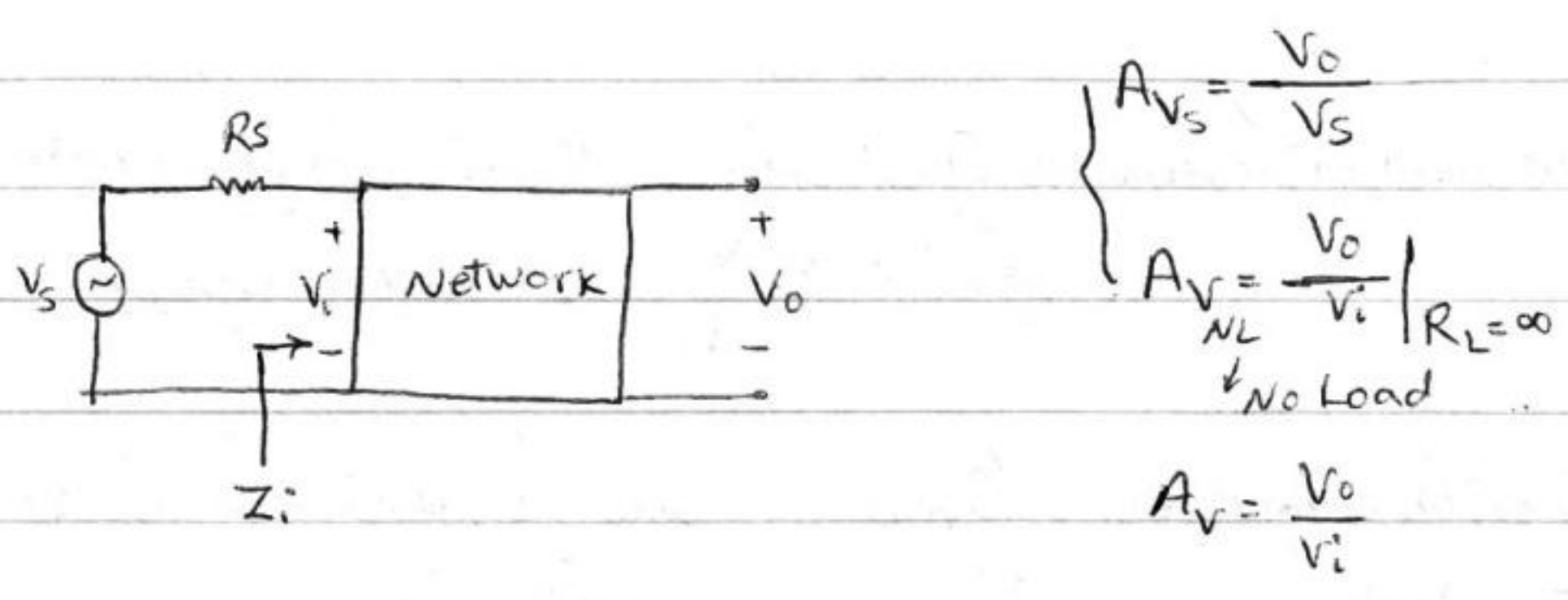
در اینجا با قرار دادن یک معادلت به طور سری با خروجی و اتصال کوتاه ورودی خواص مهم را می توانیم اندازه گیری کنیم.



$$I_o = \frac{V - V_o}{R_T}, \quad Z_o = \frac{V_o}{I_o}$$

ج. الجری ولتاژ (A_V) :

نسبت ولتاژ خروجی به ولتاژ ورودی را بهره ولتاژی می‌گویند و به دو نوع زیر قابل تقسیم می‌باشد:



Note: $A_{V_s} = \frac{V_o}{V_s} = \frac{V_o}{V_i} \times \frac{V_i}{V_s} = A_{V_{NL}} \times \frac{Z_i}{Z_i + R_s} \quad (R_L = \infty)$

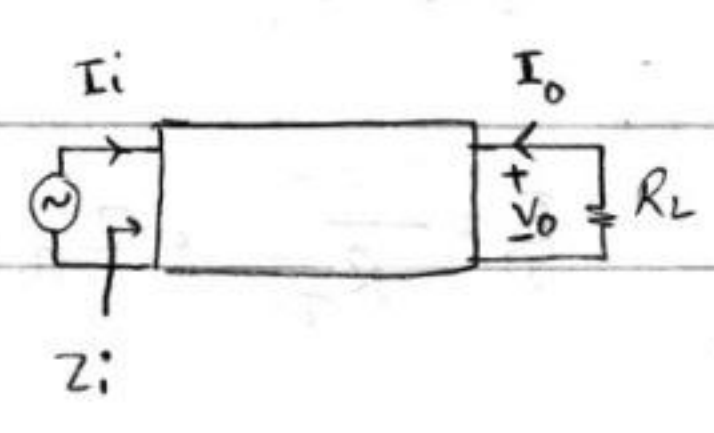
$$V_i = V_s \times \frac{Z_i}{Z_i + R_s} \rightarrow \frac{V_i}{V_s} = \frac{Z_i}{Z_i + R_s}$$

د. جری جریان A_i :

Note: جری جریان این پارامتری است Z_i ، A_V و R_L به شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$\begin{cases} A_i = \frac{I_o}{I_i} & (1) \\ I_o = \frac{-V_o}{R_L} & (2) \\ I_i = \frac{V_i}{Z_i} & (3) \end{cases} \xrightarrow{(2), (3) \rightarrow (1)} A_i = \frac{\frac{-V_o}{R_L}}{\frac{V_i}{Z_i}} = \frac{-V_o}{V_i} \times \frac{Z_i}{R_L}$$

$$\rightarrow A_i = -A_V \times \frac{Z_i}{R_L}$$



Note: در مدارات ترانزیستوری به ازای مقدار درجه به سیگنالهای سینوسی معمولاً بین رابطی جاری بین ورودی و خروجی وجود دارد به اغلب این سیگنالها یا هم فازند یا ۱۸۰ درجه با هم اختلاف فاز دارند.

$$A_i = -A_v \cdot \frac{\sum I_i}{R_i}$$

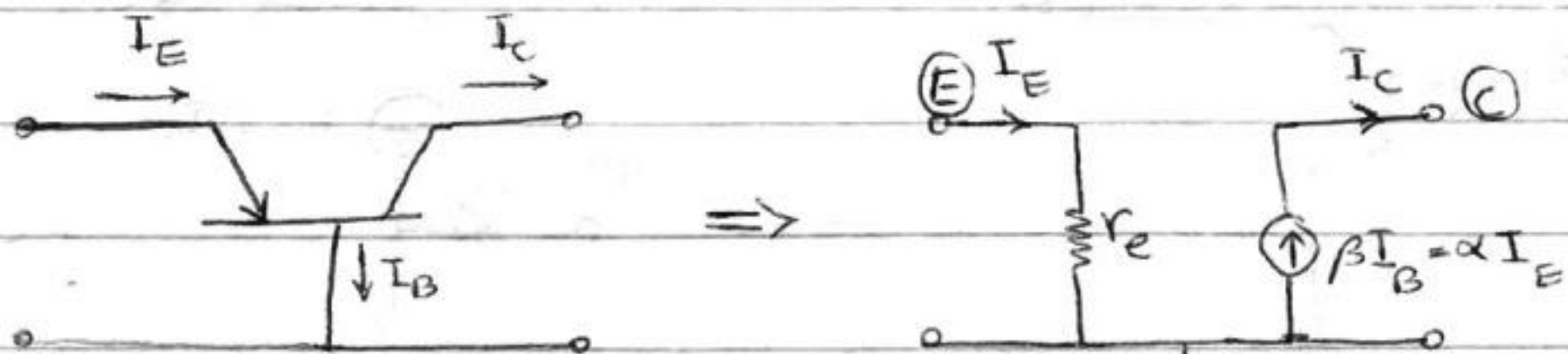
که ۱۸۰ اختلاف فاز

**

استفاده از مدل ترانزیستور در آرایشهای مختلف:

Common Base Configuration:

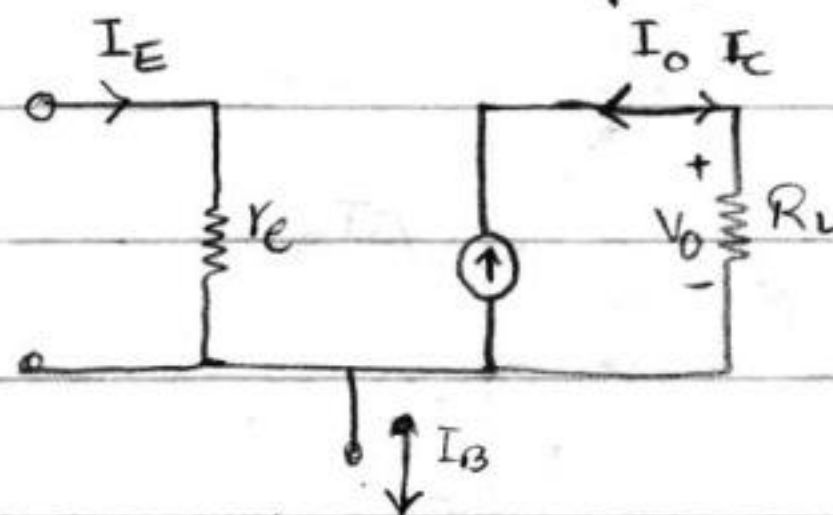
✓ آرایش بین مشترک:



$$Z_i = \frac{V_i}{I_i} = r_e$$

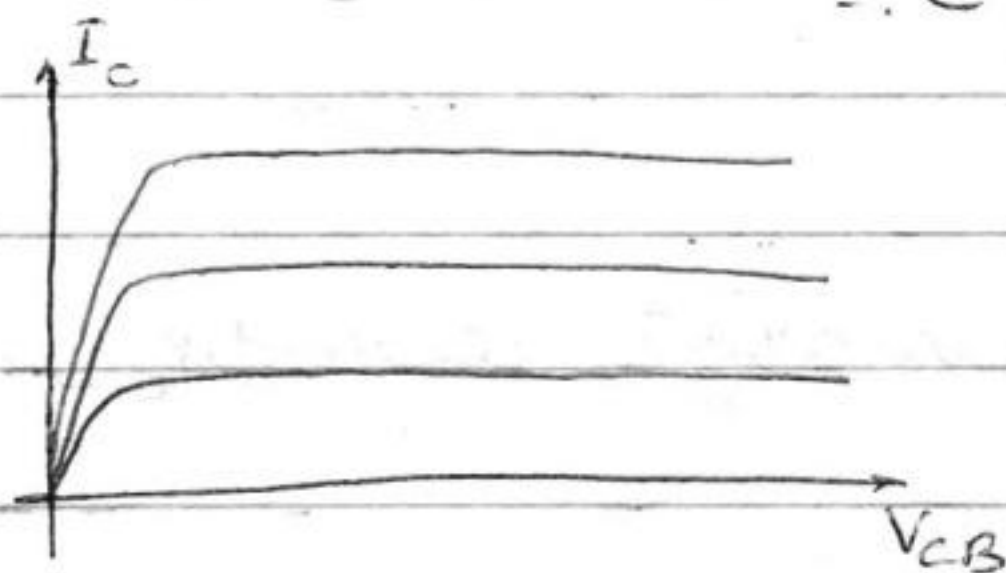
$$V_i = 0 \rightarrow I_E = 0 \quad Z_o = \frac{V_o}{I_o} \bigg|_{V_i=0} = \frac{1}{h_{oB}} \approx \infty$$

$I_C = \alpha I_E = 0$



Note: مقاومت ورودی بین مشترک خیلی پایین (در حد چند اهم) می باشد و مقاومت خروجی آن در حد ده مقاوم است به همین دلیل منفیهای بین مشترک حامله خطی به نظری رسند. علت خطی بودن منفیهای خروجی در حالت

بین مشترک به علت زیاد بودن $\frac{1}{h_{oB}}$ می باشد یعنی منبع جریان توان ارائه در خروجی ترانزیستور ایده آل می باشد.



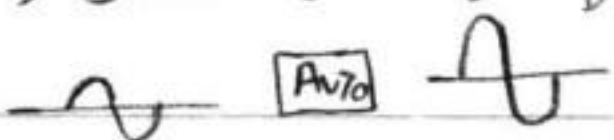
$$V_o = -I_o R_L = -(-I_C) R_L = \alpha I_E R_L$$

$$V_i = I_E Z_i = I_E r_e$$

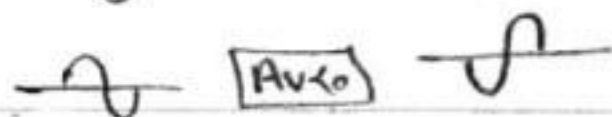
$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{\alpha I_E R_L}{I_E r_e} \rightarrow A_v = \frac{R_L}{r_e}$$

$$A_i = \frac{I_o}{I_i} = \frac{-I_c}{I_E} = -\alpha \frac{I_E}{I_E} = -\alpha \approx -1$$

Note: هر جا در A_v و A_i جواب منفی بدست آید از تغییر فاز ۱۸۰ درجه‌ای بین پارامترهای مورد نظر و خروجی و



خروجی است.

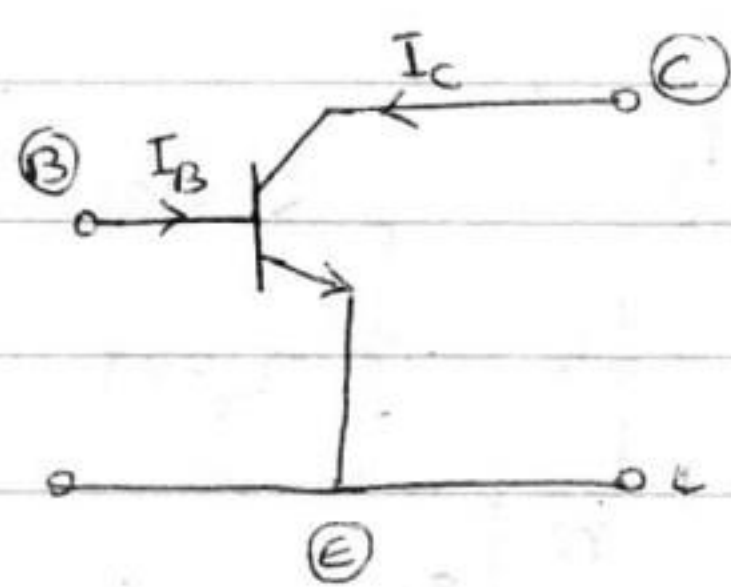


*

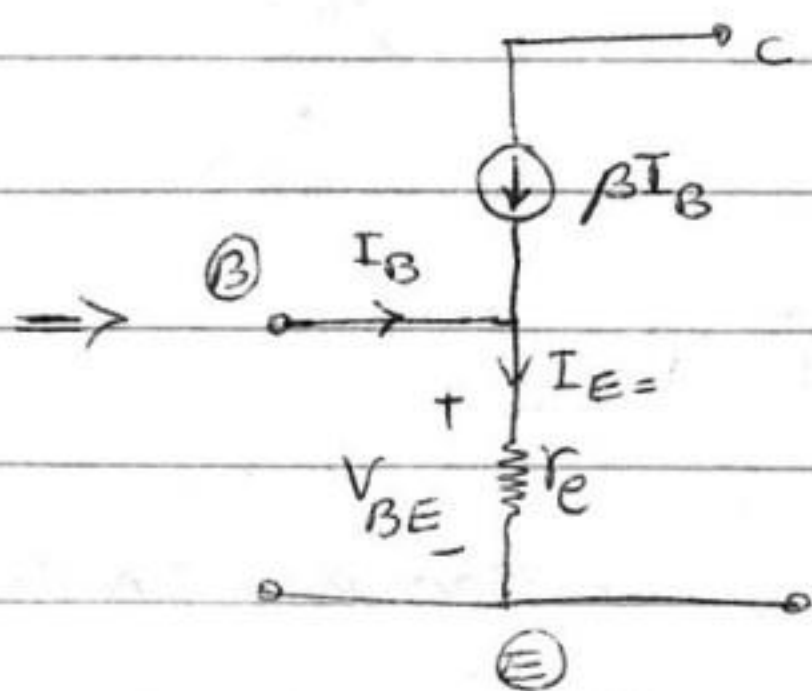
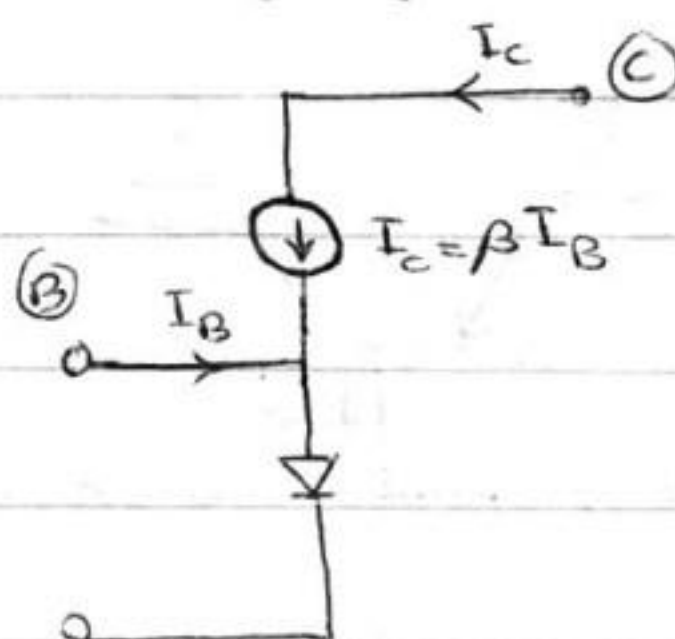
✓ Common Emitter Configuration:

✓ آرایش استر مشترک:

مدل ترانزیستور در آرایش استر مشترک به صورت زیر خواهد بود:



=>



$$I_E = I_C + I_B$$

$$I_E = (1 + \beta) I_B \approx \beta I_B$$

$$Z_i = \frac{V_i}{I_i} = \frac{V_{BE}}{I_B} = \frac{\beta I_B r_e}{I_B} \approx \beta r_e$$

$$Z_o = \frac{V_o}{I_o} \bigg|_{V_i=0} = \frac{1}{h_{oe}} \approx \infty \quad (*)$$

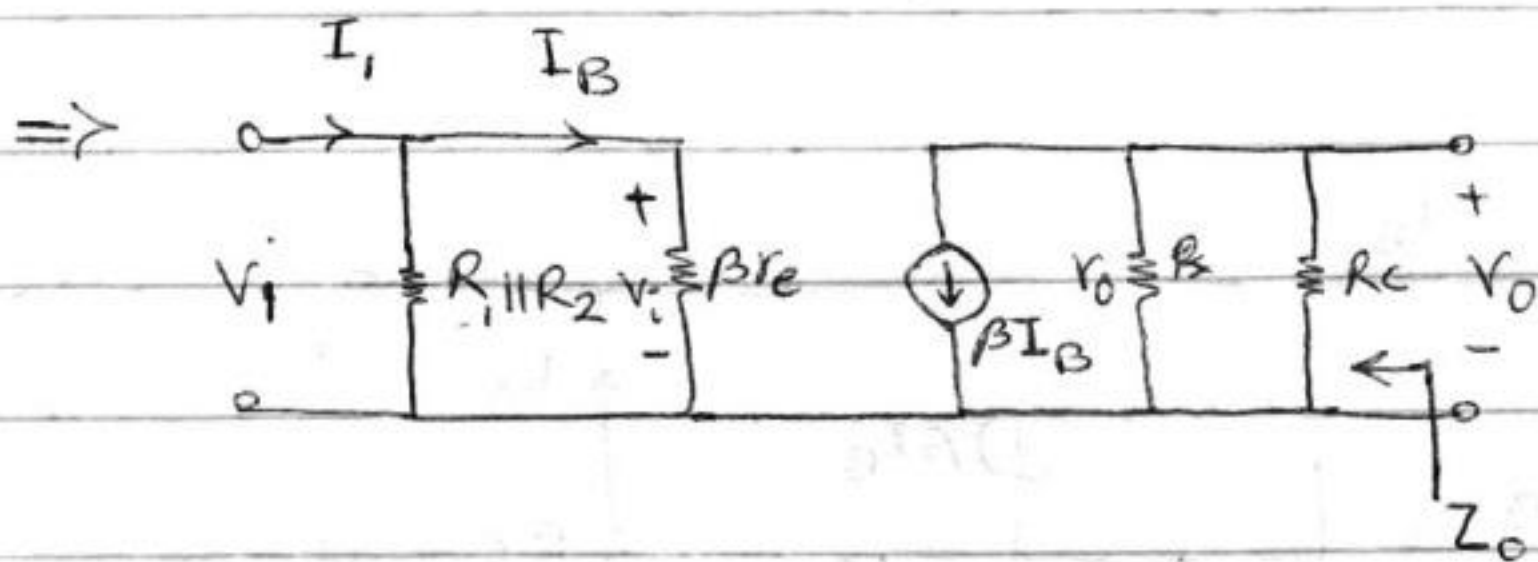
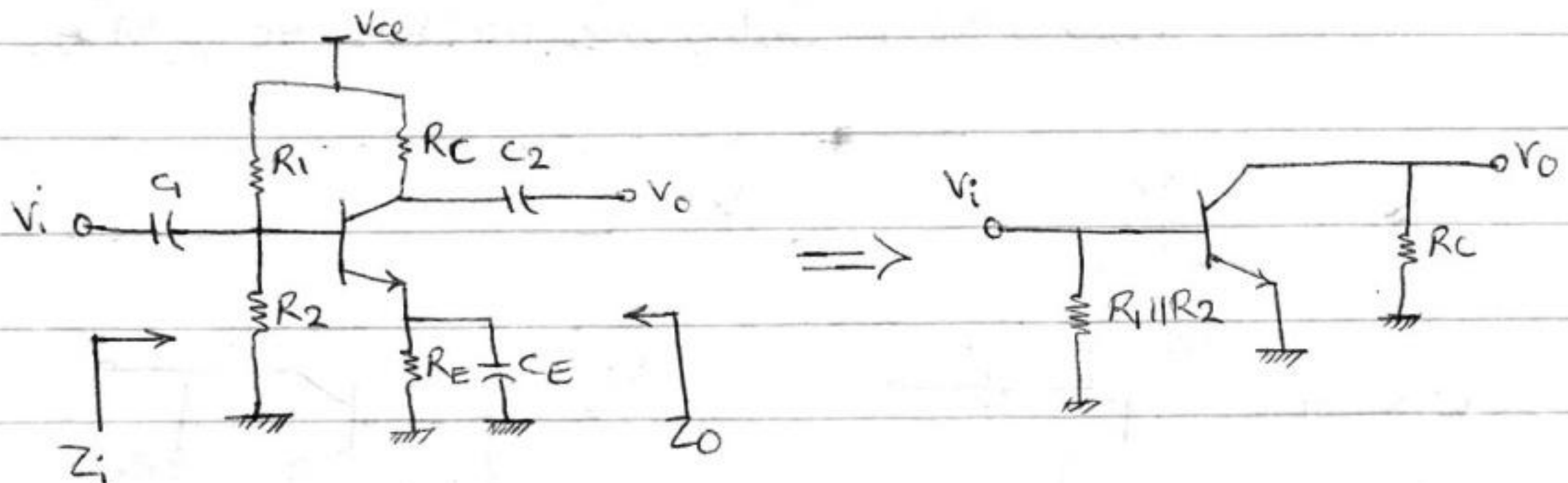
Note: مدل r_e برای محاسبه Z_o چندان مناسب و دقیق نیست اما می‌توانیم در ادامه ببینیم:

(*)

11

* Voltage Divider:

* بائس بانٹیم ویلر:



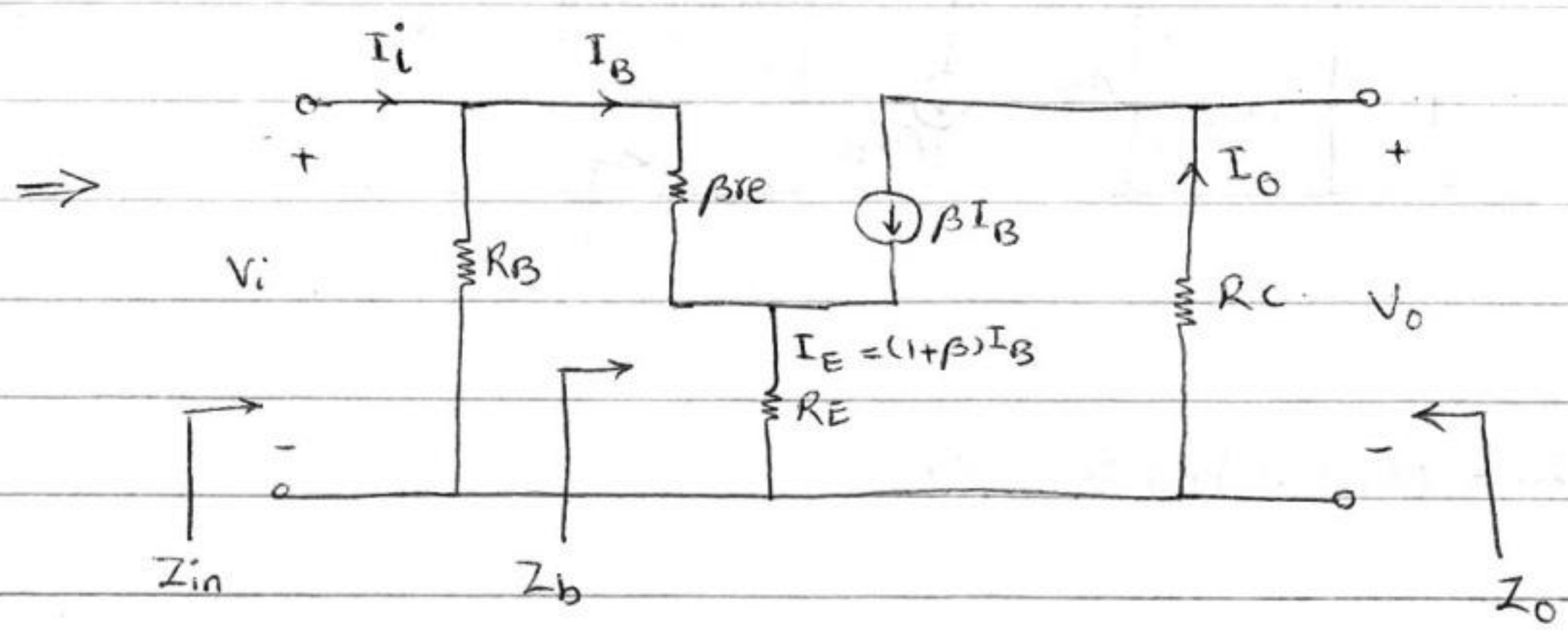
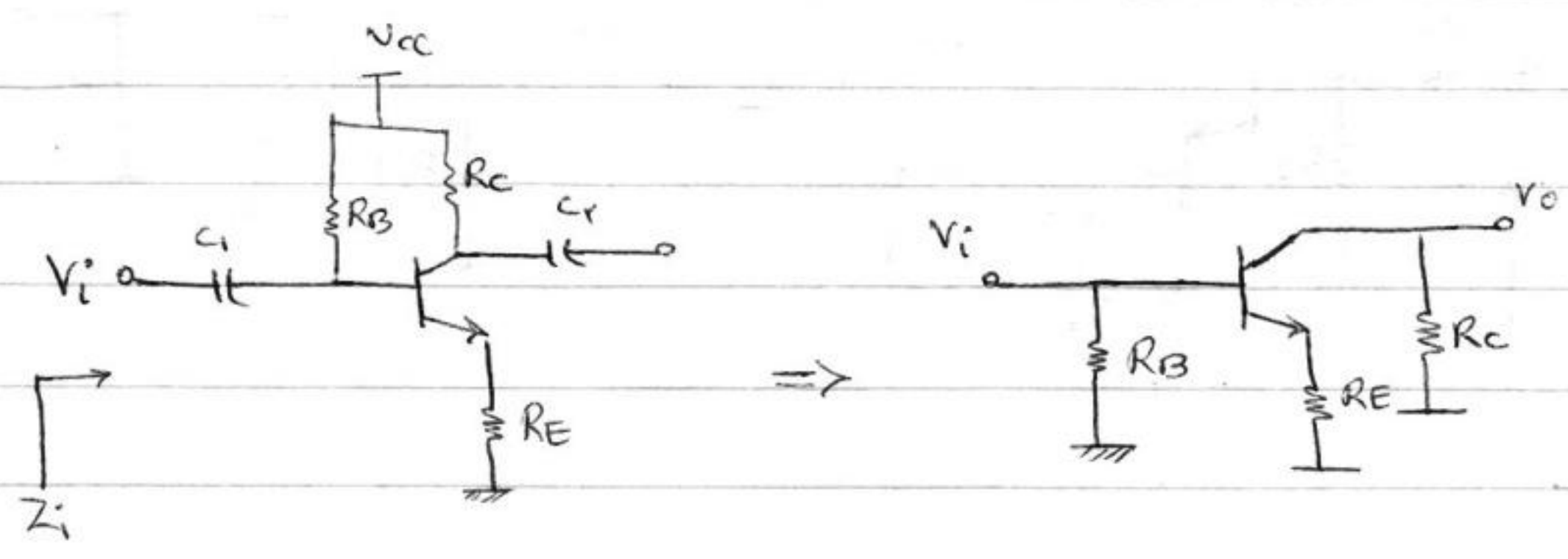
$$Z_i = (R_1 || R_2) || \beta r_e \cong \beta r_e$$

$$Z_o = \left. \frac{V_o}{I_o} \right|_{V_i=0} = R_C || r_o \cong R_C$$

$$A_i = -A_v \frac{Z_i}{Z_o} = \frac{R_C}{r_e} \cdot \frac{(R_1 || R_2) || \beta r_e}{R_C} \cong \beta$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-\beta I_B (R_C || r_o)}{I_B (\beta r_e)} = \frac{-(R_C || r_o)}{r_e}$$

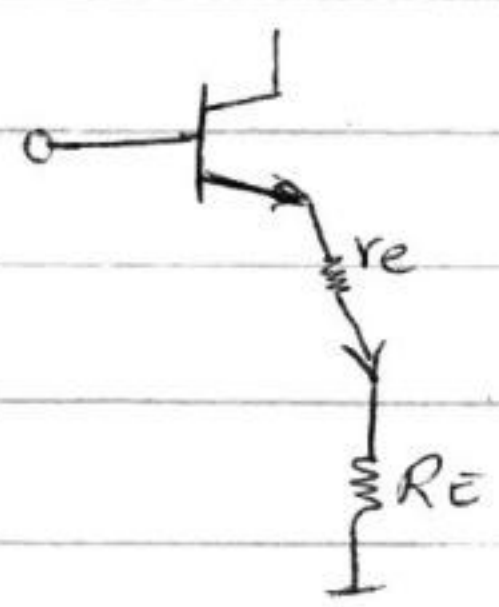
* آنالیز AC تقویت کننده امپدانس با مقادیر امپدانس برابر شده :



$$V_i = I_B \beta r_e + I_E R_E$$

$$V_i = I_B \beta r_e + (1 + \beta) I_B R_E$$

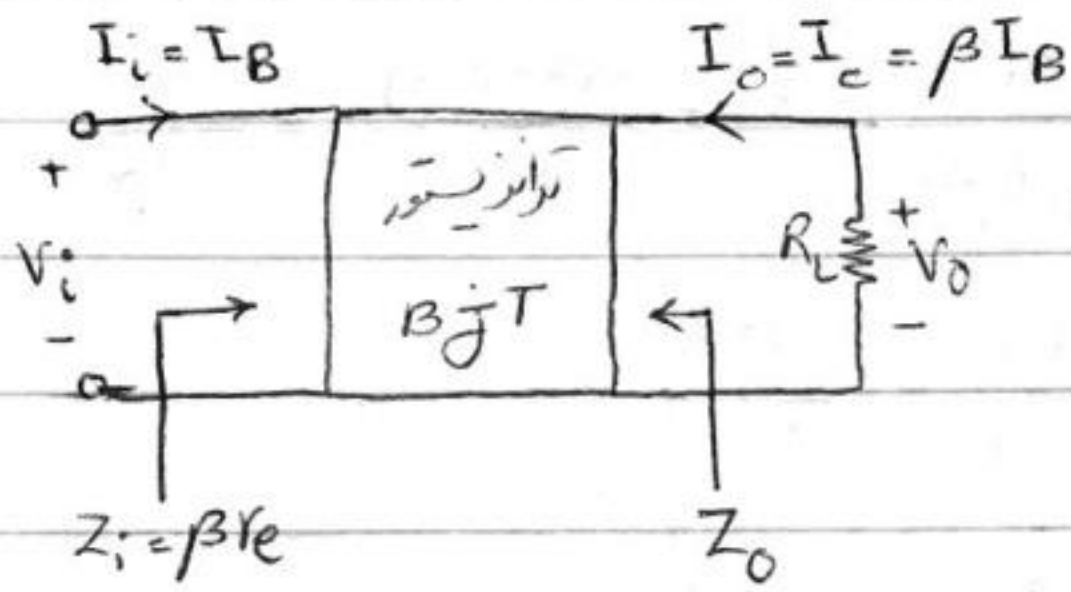
$$Z_b = \frac{V_i}{I_B} = \beta r_e + (1 + \beta) R_E \approx \beta (r_e + R_E)$$



Note: $Z_b = \beta (r_e + R_E)$ یعنی امپدانس دیده شده از Base، β برابر مقادیرهای موجود در امپدانس می باشد. r_e و R_E در سری است.

$$Z_i = R_B \parallel Z_b$$

17



$$V_o = -I_o R_L = -I_c R_L = -\beta I_B R_L$$

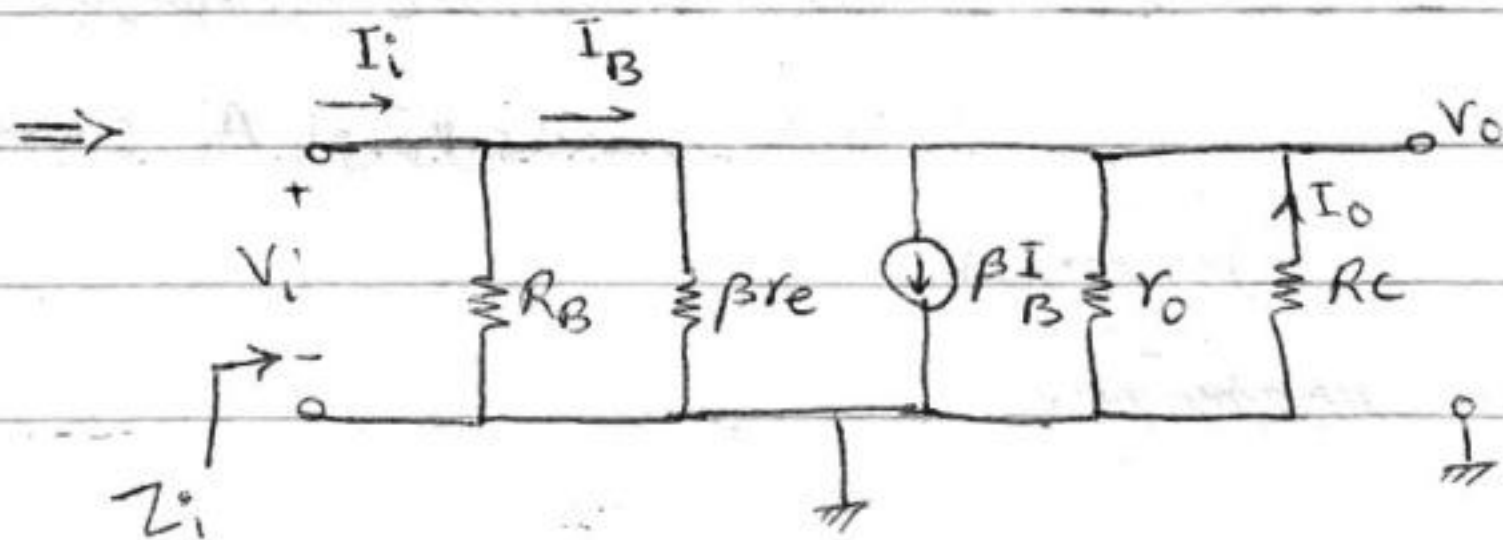
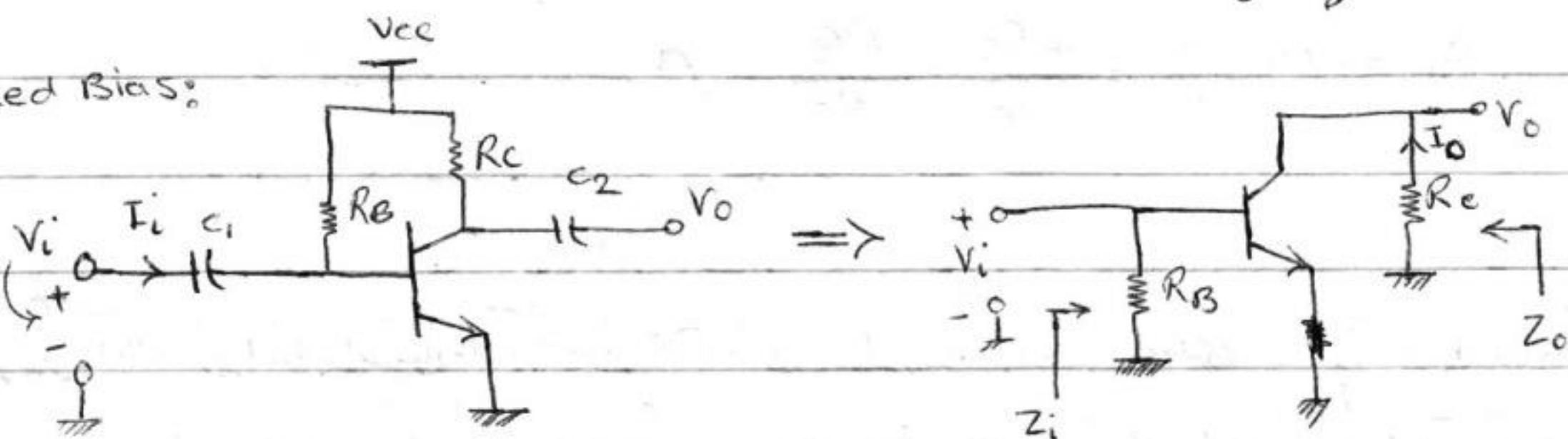
$$V_i = I_i Z_i = I_B \beta r_e$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-\beta I_B R_L}{I_B \beta r_e} = -\frac{R_L}{r_e}$$

\$180^\circ\$ phase shift

* Small signal model of BJT *

Fixed Bias:



$$Z_i = R_B \parallel \beta r_e \approx \beta r_e$$

$$Z_o = \left. \frac{V_o}{I_o} \right|_{V_i=0} = R_C \parallel r_o \approx R_C$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-\beta I_B (R_c || r_o)}{I_B (\beta r_e)} = \frac{-(R_c || r_o)}{r_e} = \frac{-R_c}{r_e}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} I_o = \frac{\beta I_B r_o}{r_o + r_e} \Rightarrow \frac{I_o}{I_B} = \frac{\beta r_o}{r_o + R_c} \\ I_B = \frac{R_B I_i}{R_B + \beta r_e} \Rightarrow \frac{I_B}{I_i} = \frac{R_B}{R_B + \beta r_e} \end{array} \right.$$

$$A_i = \frac{I_o}{I_i} = \frac{I_o}{I_B} \times \frac{I_B}{I_i} = \frac{\beta r_o}{r_o + R_c} \times \frac{R_B}{R_B + \beta r_e}$$

$\underbrace{r_o + R_c}_{r_o} \quad \underbrace{R_B + \beta r_e}_{R_B}$

$$\Rightarrow A_i = \frac{\beta r_o R_B}{r_o \times R_B} \cong \beta$$

$$\stackrel{2}{A_i} = -A_v \frac{Z_i}{R_L} = \frac{+R_c}{r_e} \cdot \frac{\beta r_e}{R_c} = \beta$$

روش آنالیزه ابتدا با استفاده از آنالیز DC مقدار I_E را بدست آورده و از رابطه $r_e = \frac{26mV}{I_E}$ معادله دیفرانسیل
میگیریم و میسر را محاسبه می کنیم. $h_{ie} = \beta r_e$ و β پارامترهای اساسی مدار را بدست می آوریم.

پارامترهای اساسی مدار: Z_o ، Z_i ، A_v ، A_i

Note: A_i را می توان از روش دیگر بدست آورد:

۱- از طریق فرمول $A_i = -A_v \frac{Z_i}{R_L}$

۲- از طریق رابطه $A_i = \beta$ (تقریباً)

(مقادیر عددی نسبت به مدار هر دو)

۱۵

$$Z_o = \frac{V_o}{I_o} \Big|_{V_i=0} = R_c$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-I_o R_c}{V_i} = \frac{-\beta I_b R_c}{V_i} = \frac{-\beta R_c V_i}{V_i Z_b} = \frac{-R_c}{r_e + R_E}$$

$$A_i = \frac{I_o}{I_i} = \frac{I_o}{I_b} \times \frac{I_b}{I_i} \Rightarrow ①$$

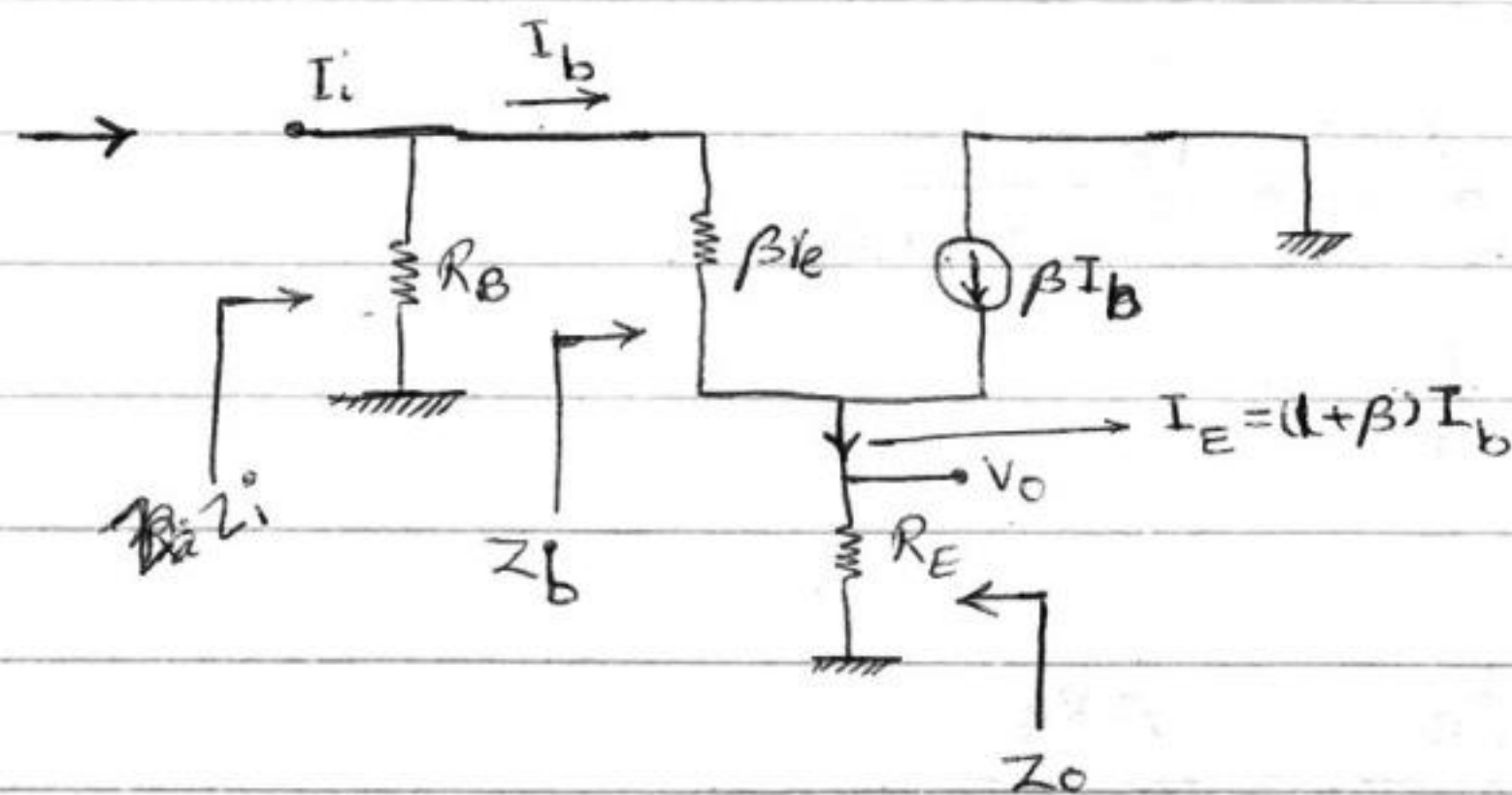
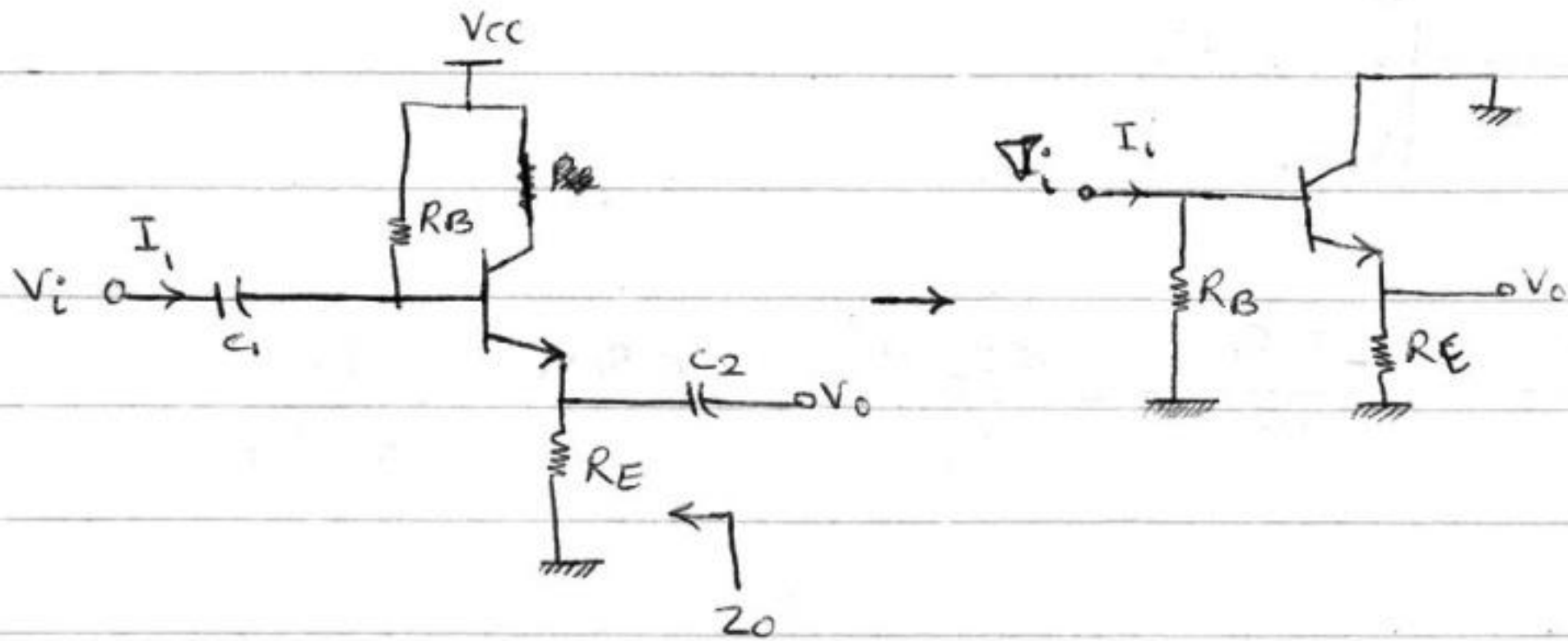
$$\textcircled{2} : \begin{cases} I_b = I_i \times \frac{R_B}{R_B + Z_b} \xrightarrow{Z_o=0} \frac{I_o}{I_i} = \frac{R_B}{R_B + Z_b} \\ I_o = \beta I_b \rightarrow \frac{I_o}{I_b} = \beta \end{cases}$$

$$\textcircled{1}, \textcircled{2} \rightarrow A_i = \beta \frac{R_B}{R_B + Z_b} = \frac{\beta R_B}{R_B + Z_b}$$

Note: باتوجه به فرمول $A_v = \frac{-R_c}{r_e + R_E}$ مشخص می شود که تفاوت R_E در حالت AC باعث کاهش می شود که این امر مطلوب نیست به همین دلیل تفاوت را اغلب با خازن بایпас به طور دواری در فرکانس بالا کنار

آنها نیز AC حذف می شود و باعث کاهش می شود.
Note: مثل وقتی که بایپاس می شود.

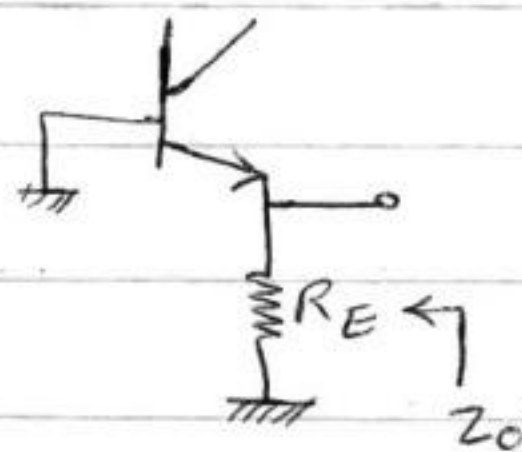
آرایش دنبال کننده امپدنی :



$$Z_b = \beta r_e + (1 + \beta) R_E \cong \beta (r_e + R_E)$$

$$Z_i = R_B \parallel Z_b$$

$$Z_o = \left. \frac{V_o}{I_o} \right|_{V_i=0} = R_E \parallel r_e \cong r_e$$

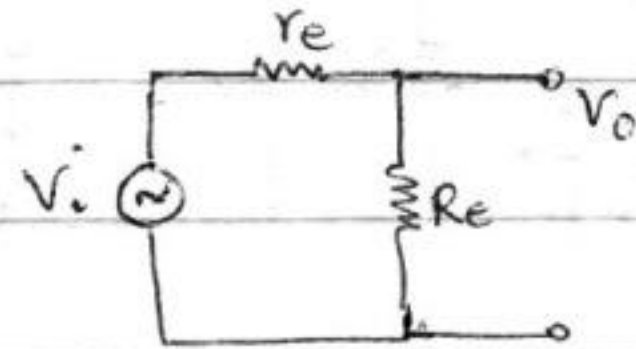


Note : مقاومت در مقابل این تفاوت ورودی (Z_i) نسبتاً بزرگ و متفاوت خروجی (Z_o) نسبتاً کوچک باید به همین علت از آرایش کاتفورستر یا دنبال کننده امپدنی برای تطبیق امپدانس استفاده می شود.

۱۷

Note: چنانچه از Emitter داخل ترانزیستور به سمت بارهای موجود در Base بر β تکیه کنیم و به Emitter متصل می‌شود.

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{R_E}{R_E + r_e} \approx 1$$



Note: در این آرایش خروجی و تار عموماً دارای بایاس می‌باشد ($A_V \ll 1$) زیرا دو واقعیت V_{BE} و تار خروجی عموماً به هم دارند.

Note: تار Emitter و Base دینی نسبتاً کمی ورودی و خروجی هم دارند.

$$A_I = \frac{I_o}{I_i} = \frac{I_o}{I_b} \times \frac{I_b}{I_i} \quad (1)$$

$$I_b = I_i \times \frac{R_B}{R_B + Z_b} \Rightarrow \frac{I_b}{I_i} = \frac{R_B}{R_B + Z_b} \quad (2)$$

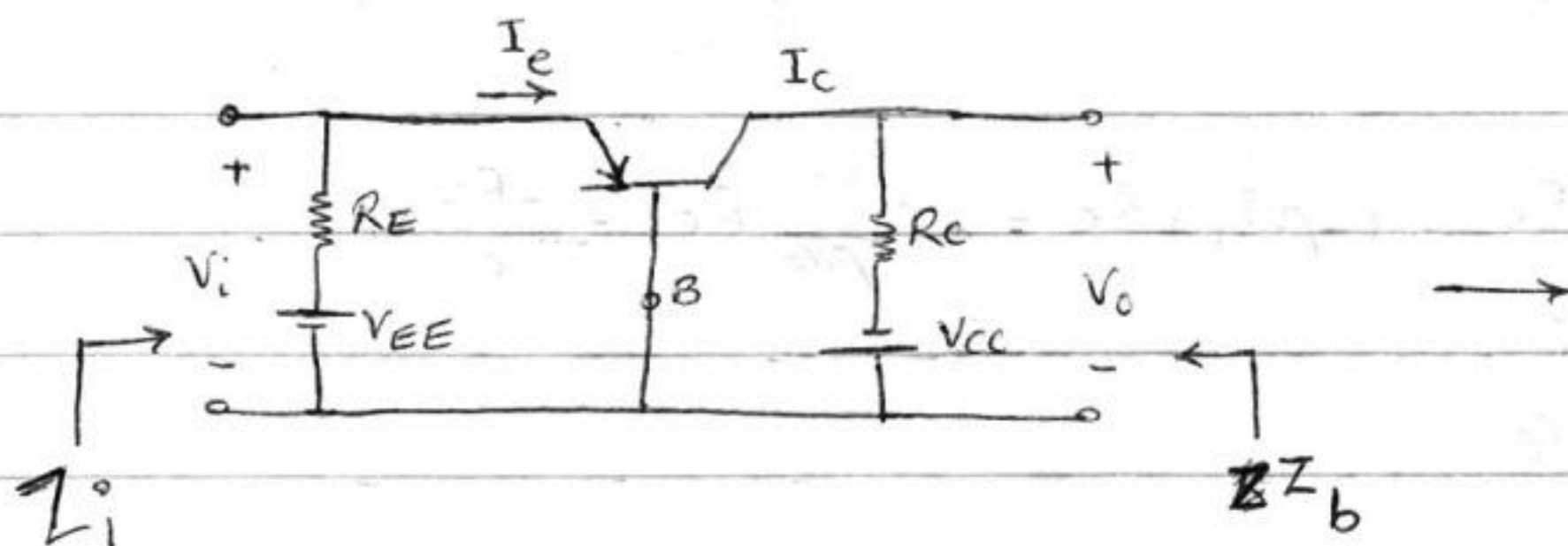
$$I_o = -I_e = -(1 + \beta)I_b \Rightarrow \frac{I_o}{I_b} = -(1 + \beta) \approx -\beta \quad (3)$$

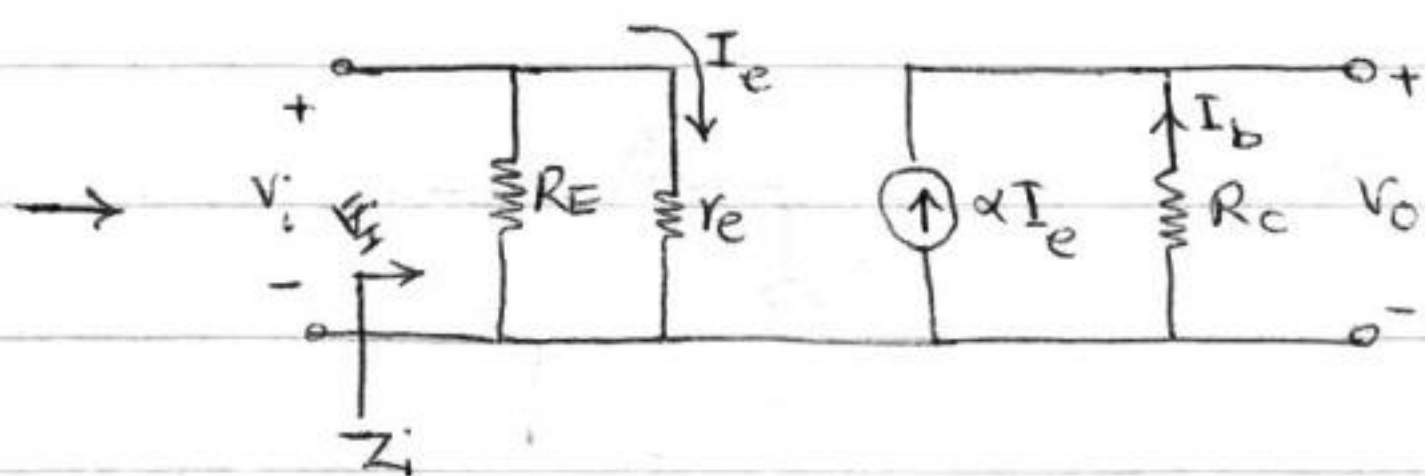
$$(1), (2), (3) \rightarrow A_I = \frac{-\beta R_B}{R_B + Z_b}$$

Note: برای عبور تار به سمت بار.

Common Base:

✓ بین تار:





$$Z_i = R_E \parallel r_e \approx r_e$$

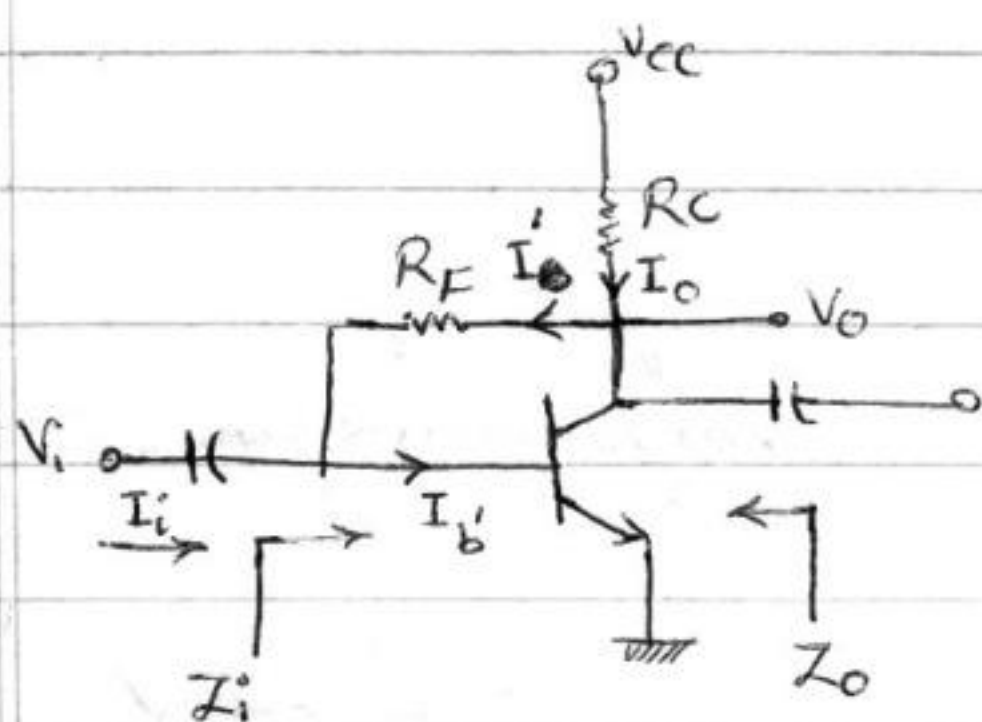
$$Z_o = R_c$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-I_o R_c}{V_i} = \frac{I_c R_c}{V_i} = \frac{\alpha I_e R_c}{V_i} = \frac{\alpha R_c}{V_i} \times \frac{V_i}{r_e} \approx \alpha \frac{R_c}{r_e} = \frac{R_c}{r_e}$$

$$A_i = \frac{I_o}{I_i} = \frac{-\alpha I_e}{I_e} = -\alpha \approx -1$$

*

V feedback collector configuration: feedback collector $\omega, \sqrt{}$



$$I' = \frac{V_o - V_i}{R_F}$$

$$I_o = I' + \beta I_b \approx \beta I_b$$

$$\begin{cases} V_o = -I_o R_c = (-\beta I_b) R_c = -\beta \frac{V_i}{\beta r_e} R_c = \frac{-R_c}{r_e} V_i \\ I_b = \frac{V_i}{\beta r_e} \end{cases}$$

(19)

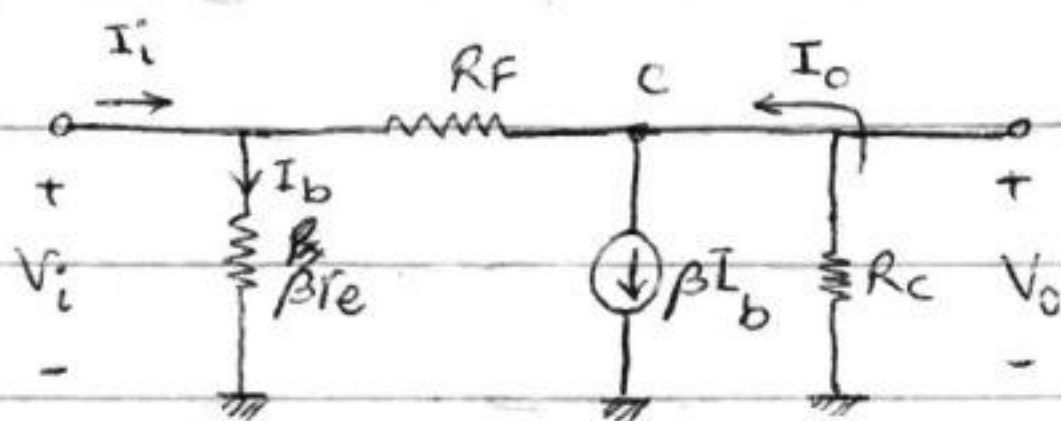
$$I' = \frac{V_o - V_i}{R_F} = \frac{V_o}{R_F} - \frac{V_i}{R_F} = \frac{-R_c}{r_e} \cdot \frac{V_i}{R_F} - \frac{V_i}{R_F} \rightarrow I' = -\frac{1}{R_F} \left(1 + \frac{R_c}{r_e}\right) V_i$$

$$V_i = (\beta I_b) r_e = (I_i + I') \beta r_e = I_i \beta r_e + I' \beta r_e$$

$$V_i = I_i \beta r_e - \frac{1}{R_F} \left(1 + \frac{R_c}{r_e}\right) \beta r_e V_i \Rightarrow V_i \left[1 + \frac{\beta r_e}{R_F} \left(1 + \frac{R_c}{r_e}\right)\right] = I_i \beta r_e$$

$$Z_i = \frac{V_i}{I_i} = \frac{\beta r_e}{1 + \frac{\beta r_e}{R_F} \left(1 + \frac{R_c}{r_e}\right)} \Rightarrow Z_i = \frac{r_e}{\frac{1}{\beta} + \frac{R_c}{R_F}}$$

$$Z_o = \frac{V_o}{I_o} \Big|_{V_i=0} = R_c \parallel R_F$$



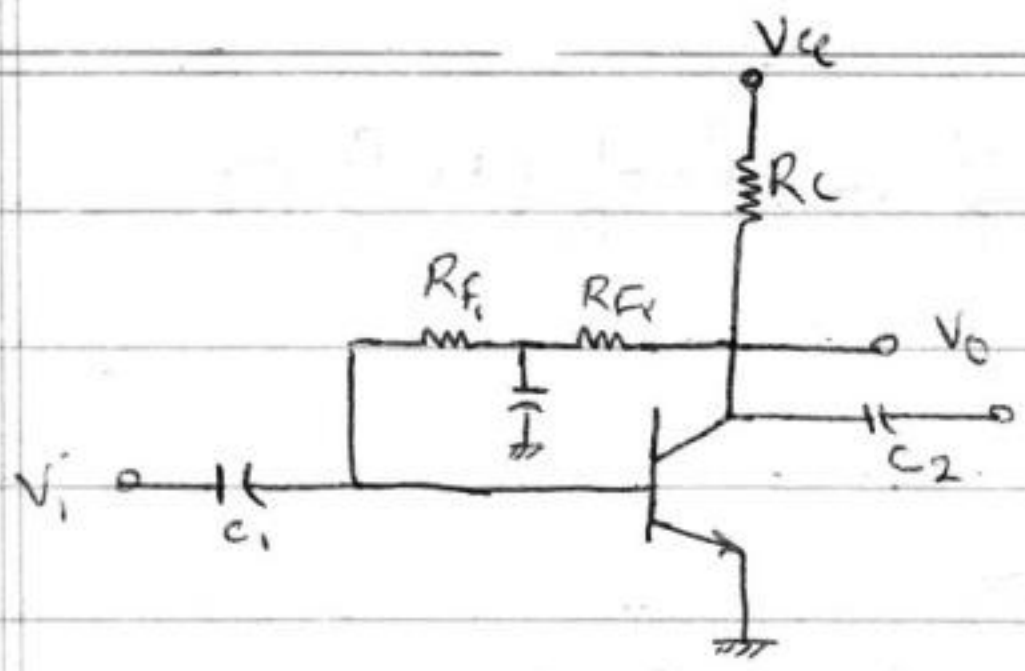
$$I_o = \beta I_b + I' \approx \beta I_b \quad \text{Note: } R_F \text{ effect is negligible, } I' \text{ is very small compared to } \beta I_b \text{ in this circuit.}$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-I_o R_c}{V_i} = \frac{-\beta I_b R_c}{V_i} = \frac{-\beta R_c V_i}{V_i \beta r_e} \rightarrow A_v = \frac{-R_c}{r_e}$$

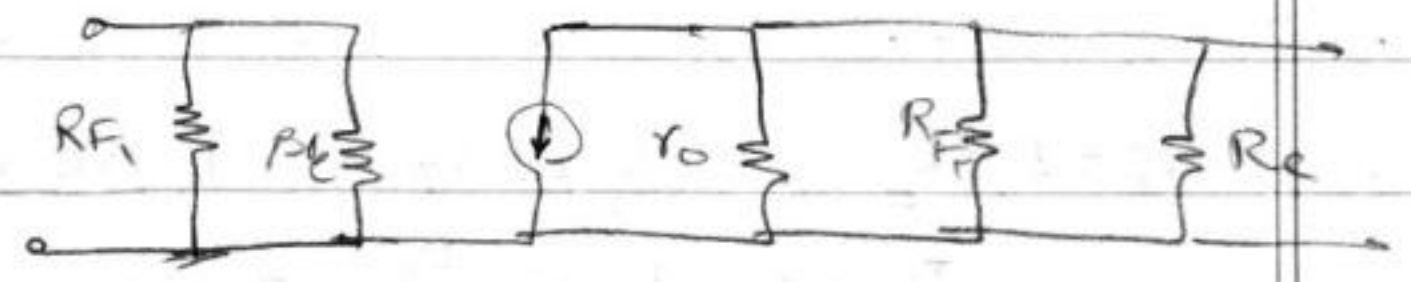
$$I_b \beta r_e + I_b R_F - I_i R_F + \beta I_b R_c = 0 \rightarrow I_b (\beta r_e + R_F + \beta R_c) = I_i R_F$$

$$\Rightarrow \frac{I_o}{\beta} (\beta r_e + R_F + \beta R_c) = I_i R_F \rightarrow I_o = \frac{\beta R_F I_i}{\beta r_e + R_F + \beta R_c}, \beta r_e \ll R_F$$

$$A_i = \frac{\beta R_F}{R_F + \beta R_c} \approx \frac{R_F}{R_c}$$



Note: خروجی دینو از سآب اتصال نبرو.



*

مدار معادل تفرقی هیبرید:

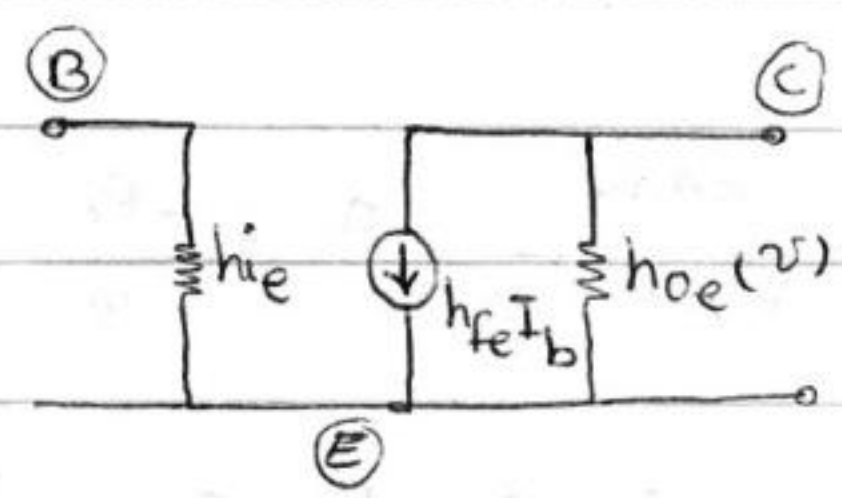
اگر بتوانیم معادله پارسرهای هیبرید را در مورد دینری به نحی DC بنویسد و

می توان مستقیماً به سراغ نحی AC برویم، روش نحی هیبرید کامل به نحی r_e می باشد اما نکات زیر باید

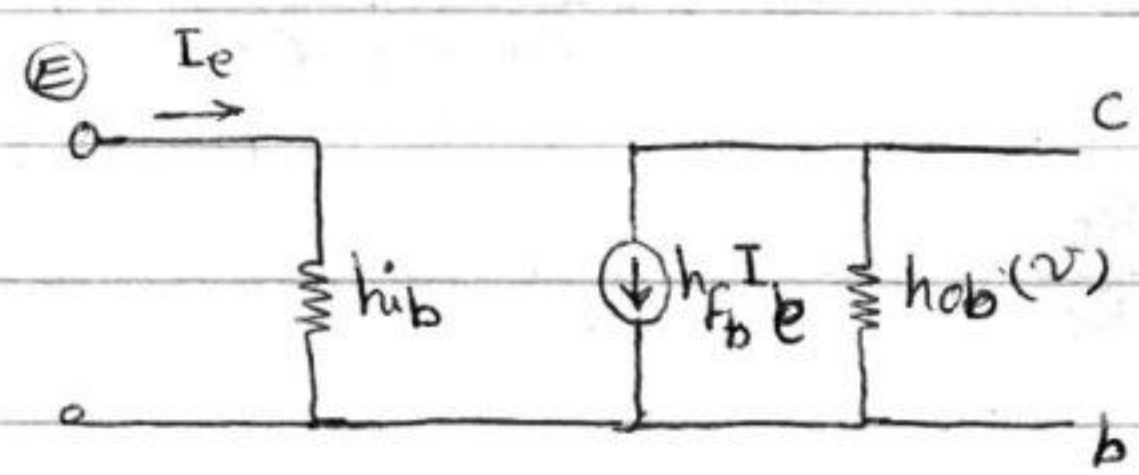
مورد توجه باشد:

در حالت آمپتر مشترک	در حالت بین مشترک
$h_{ie} = \beta r_e$	$h_{ib} = r_e$
$h_{fe} = \beta$	$h_{fb} = -\alpha$
$h_{oe} = \frac{1}{r_o}$	$h_{ob} = \infty$

✓ مدار معادل هیبرید ترانزیستور در حالت آمپتر مشترک:



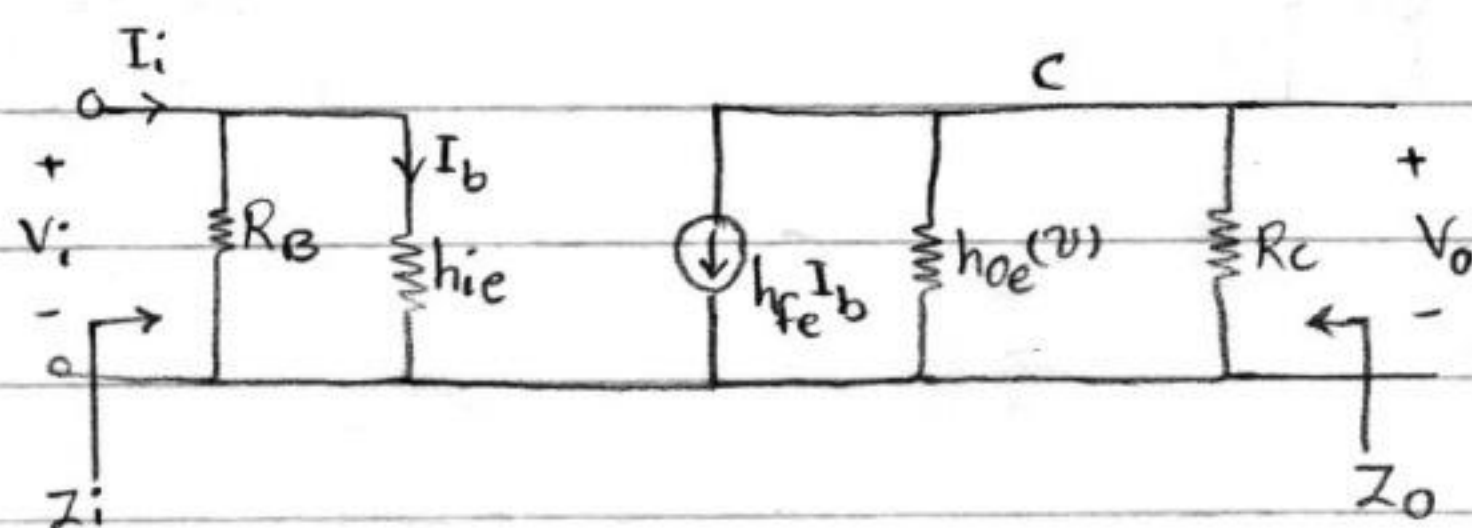
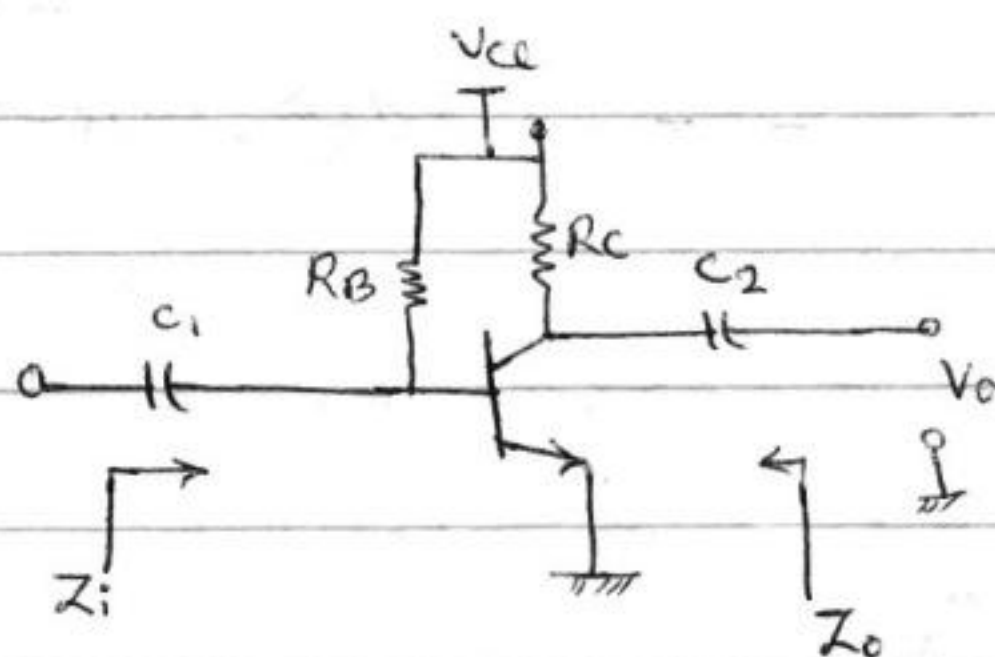
مدار معادل هیبرید ترانزیستور در حالت بین مشترک:



91

Exo

کتب مدار تغذیه ثابت با هسیرید:



$$Z_i = R_B \parallel h_{ie}$$

$$Z_o = R_C \parallel \frac{1}{h_{oe}}$$

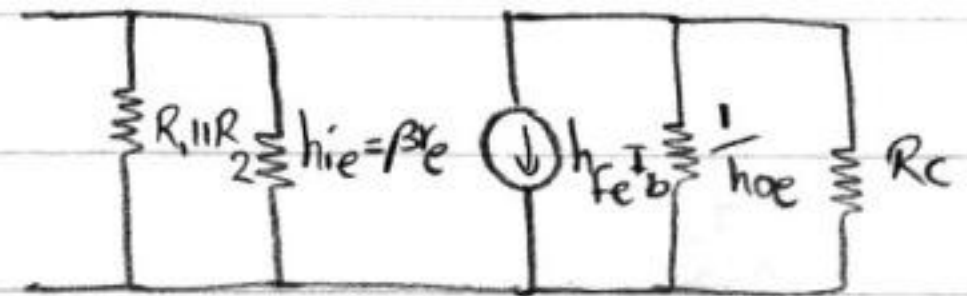
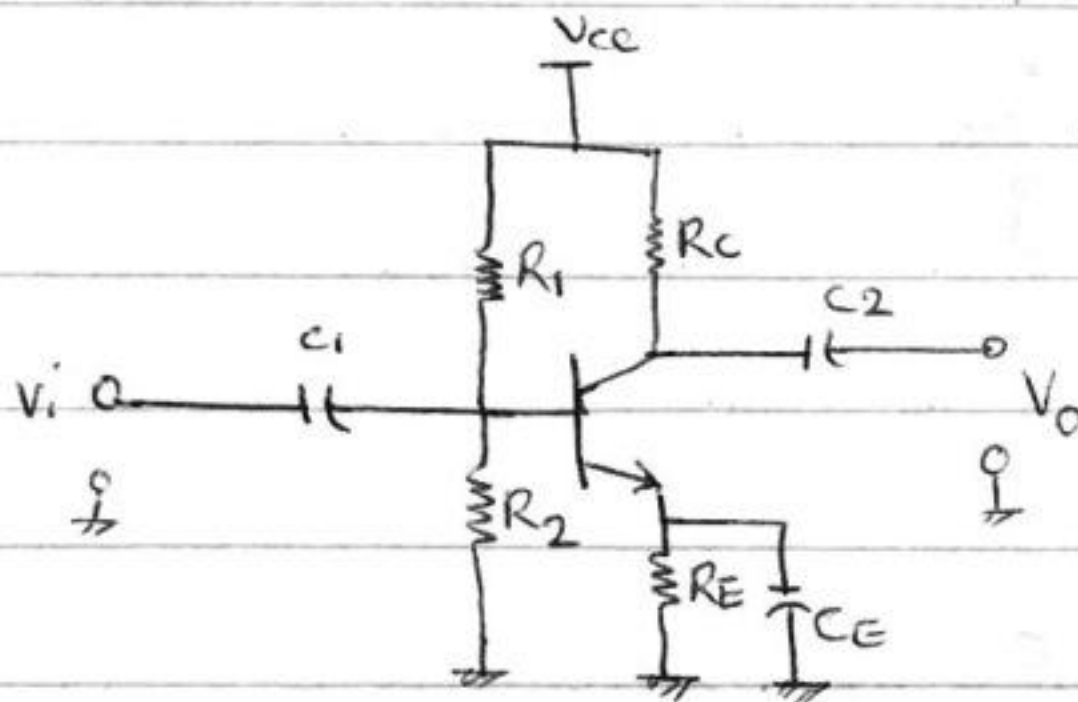
$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-I_o (R_C \parallel \frac{1}{h_{oe}})}{V_i} = \frac{-h_{fe} I_b (R_C \parallel \frac{1}{h_{oe}})}{V_i}$$

$$\Rightarrow A_v = \frac{-h_{fe} (R_C \parallel \frac{1}{h_{oe}}) V_i}{V_i h_{ie}} \Rightarrow A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-h_{fe} (R_C \parallel \frac{1}{h_{oe}})}{h_{ie}}$$

$$A_i = \begin{cases} \frac{1}{h_{oe}} \gg R_C & I_o = I_c \approx h_{fe} I_b \\ R_B \gg h_{ie} & I_i = I_b \end{cases}$$

$$A_i' = \frac{I_o}{I_i} = \frac{\beta I_b}{I_b} = h_{fe}$$

محاسبه مدار تقسیم ولتاژ با هسیرید:

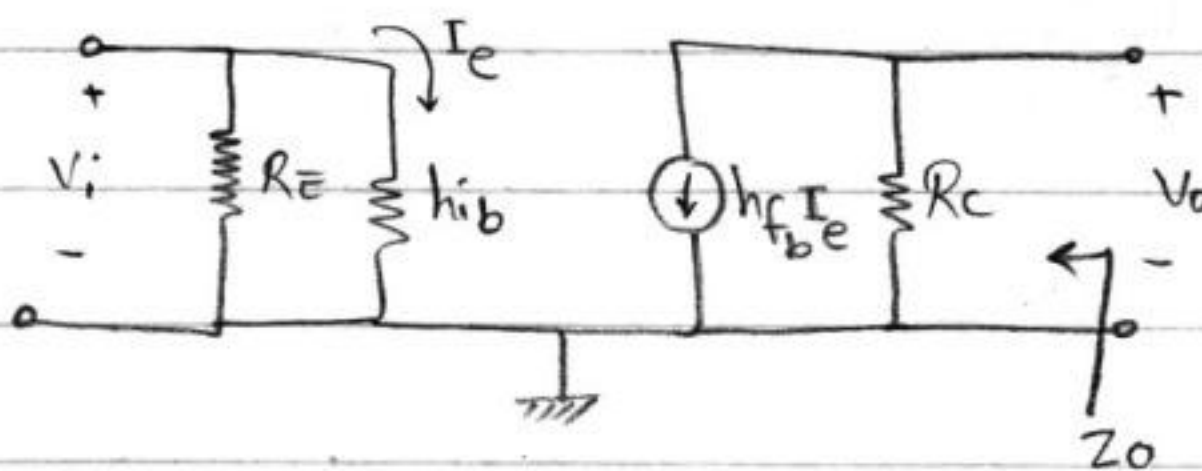
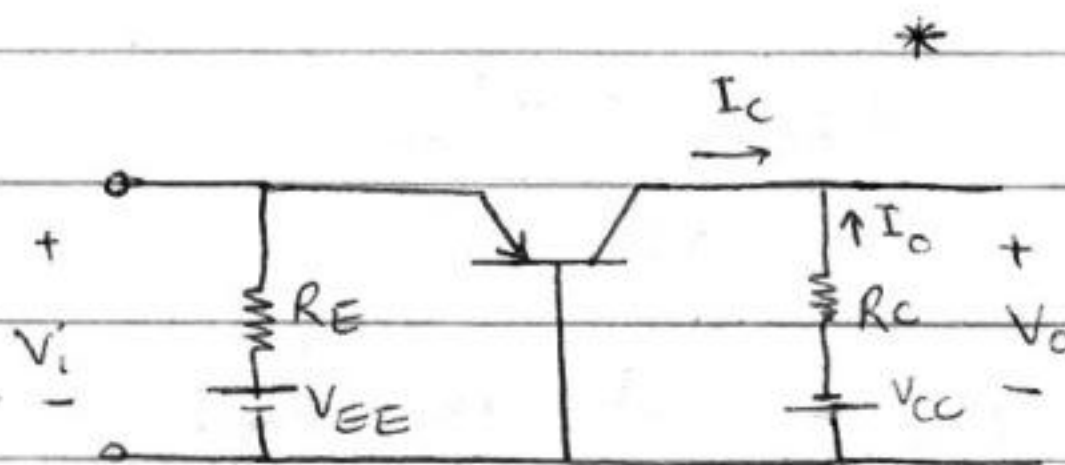


$$Z_i = R_1 || R_2 || h_{ie}$$

$$Z_o = R_c$$

$$A_v = \frac{-h_{fe} (\frac{1}{h_{oe}} || R_c)}{h_{ie}}$$

• تست پایایی مدل هفست به روش تعادل کردن



$$Z_i = R_E || h_{ib}$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-I_b R_c}{V_i}$$

$$= \frac{-h_{fb} I_e R_c}{V_i} = \frac{-h_{fb} R_c}{V_i} \times \frac{V_i}{h_{ib}}$$

$$A_v = \frac{-h_{fb} R_c}{h_{ib}}$$

$$A_i = \frac{I_o}{I_i} = h_{fe} \approx 1$$