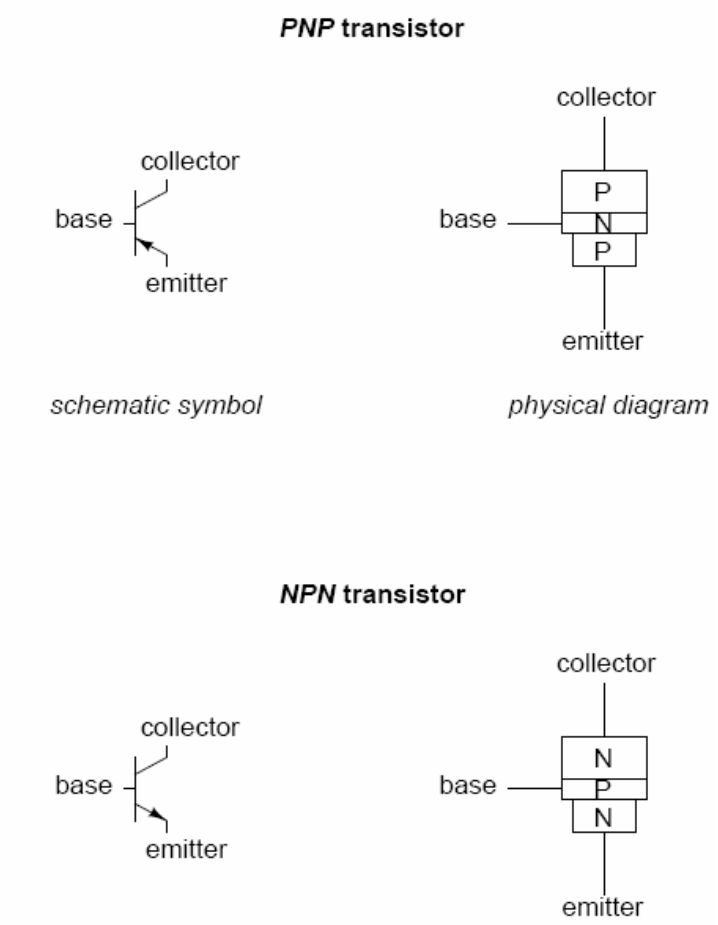
ترانزیستور BJT



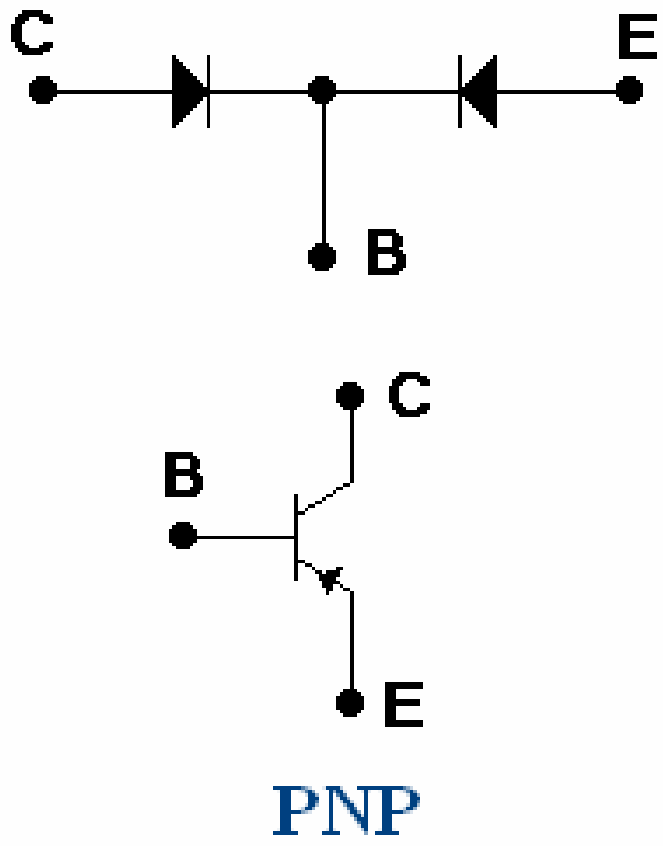
- ترانزیستورمعمولی،یک المان سه قطبی است که از سه نیمه هادی نوع Nو P کنارهم تشکیل شده است.باتوجه به ترتیب آنهادونوع ترانزیستورNPN وPNP قابل ساخت است.
- دارای سه پایه

الف-امیتر(منتشرکننده) Emitter

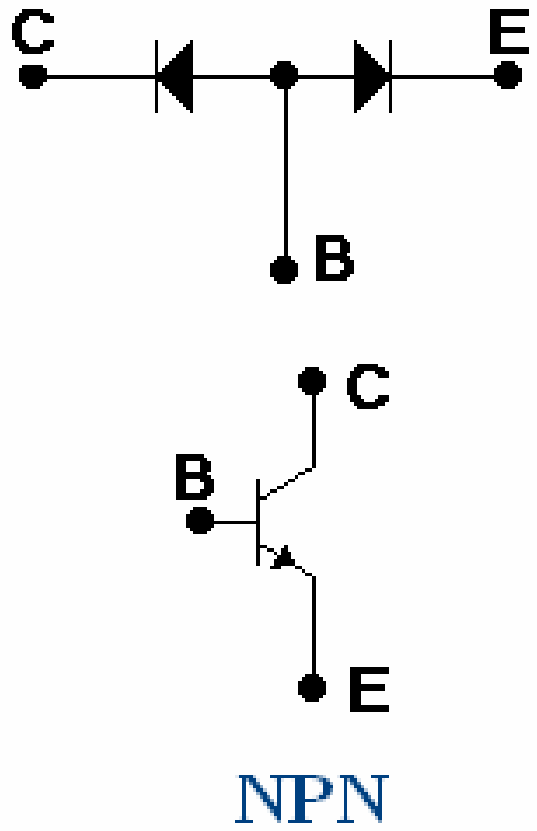
ب-بیس(پایه فرمان) Base

ج-کلکتور(جمع کننده) Collector

مدارمعادل دیودی ترانزیستور



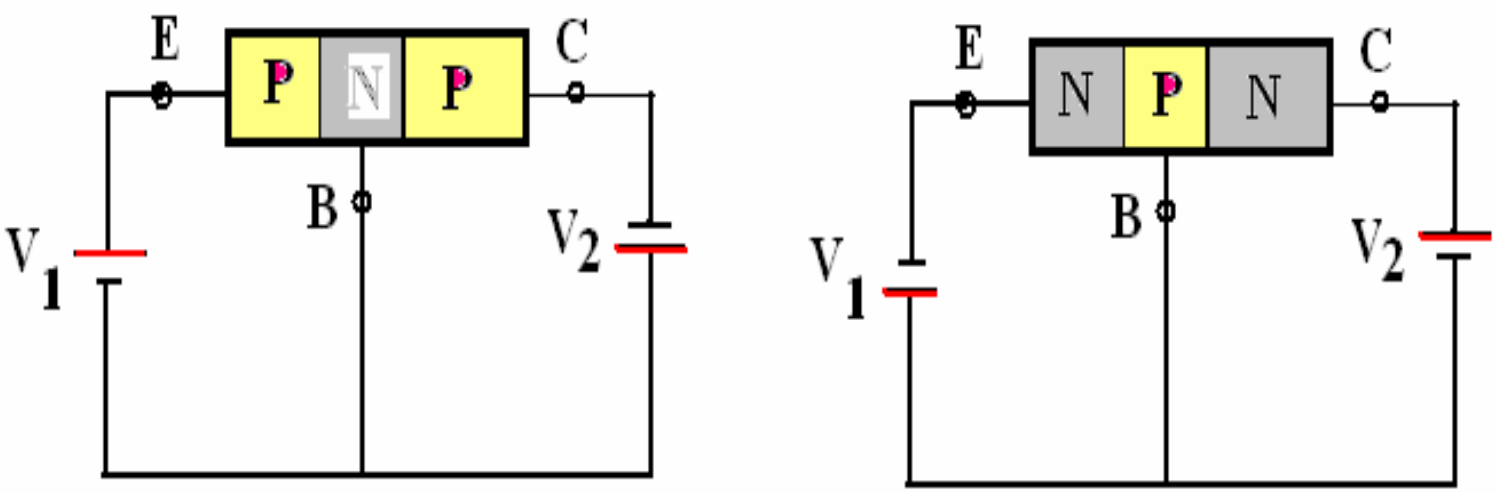
PNP

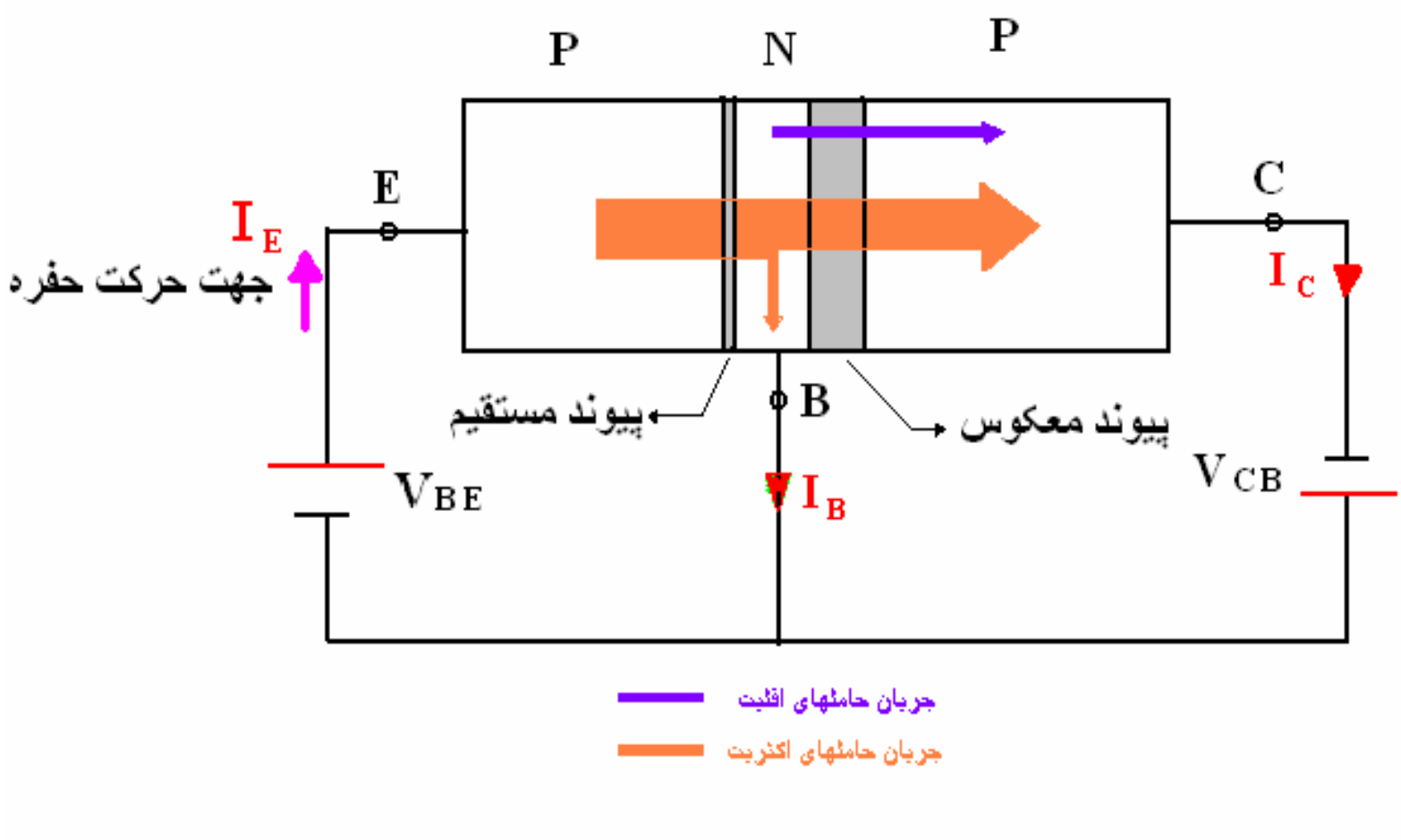


NPN

عملکرد ترانزیستور

- بایاسینگ: عمل تغذیه ولتاژDCبه پایه های ترانزیستوررا بایاسینگ گویند.
- اگر ترانزیستور بعنوان تقویت کننده(Amplifier)، کلید(switching) و... استفاده می شود حتماًباید تغذیه گردد.
- چون ترانزیستوردارای سه پایه است می توان به چند حالت تغذیه نمود.
- تغذیه ترانزیستورجهت تقویت کنندگی یا سوئیچینگ بایدبگونه ایی باشد که دیود بیس-امیتر درباياس مستقیم ودیود کلکتور-بیس در بایاس معکوس قرارگیرد.




P
N
P
E
C
B
I_E
جهت حرکت حفره
I_C
پیوند مستقیم
پیوند معکوس
V_{BE}
I_B
V_{CB}
جریان حاملهای اقلیت
جریان حاملهای اکثریت

اصول کار ترانزیستور

- ترانزیستور دارای دوپیوند بوده که یکی در بایاس مستقیم ودیگری دربایاس معکوس است.
- مقدارزیادی از حاملهای اکثریت ازپیوندبایاس مستقیم عبورکرده وبه نیمه هادی نوع N می رسند.
- لایه بیس بخاطر داشتن عرض کم ومقاومت بالا تعدادمحدودی از حامل اکثریت را به خارج هدایت می کند.
- بخش اعظم حاملهای اکثریت از پیوندمعکوس عبورکرده وبه ماده نیمه هادی P کلکتور نفوذ می کنند.
- طبق قانون جریان کیرشهف داریم:

$$I_C = I_C + I_C$$

(اکثریت — اقلیت)

$$I_E = I_B + I_C$$

نتیجه:

- در ترانزیستورهای عمومی جریان ناشی از حاملهای اقلیت بسیار کم بوده (میکروآمپر)وصرفنظر می شود.فقط به تغییرات دمایی حساس است.

تعریف:

ضریب تقویت اتصال کوتاه بیس مشترک (α):نسبت تغییرا ت کوچک در جریان کلکتور به تغییرات در جریان امیتر

$$\alpha = \left.\frac{\Delta I_C}{\Delta I_E}\right|_{V_{CB}=cnt..} \quad , \quad 0.90 \le \alpha \le 0.998$$

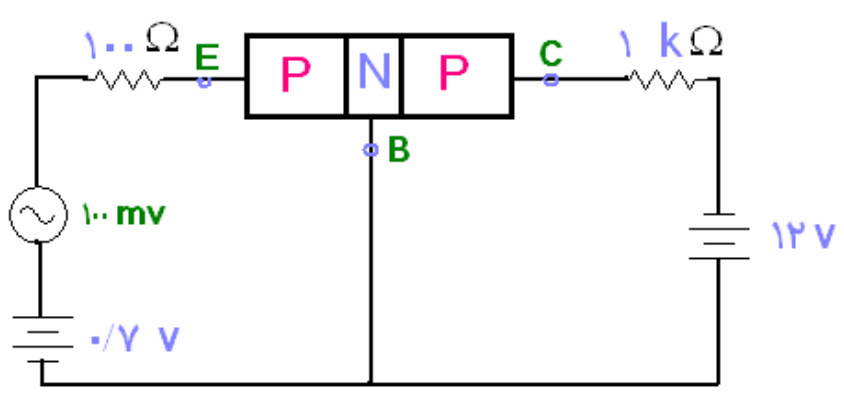
$$\alpha \cong \frac{I_C}{I_E}$$

چگونگی تقویت کنندگی ترانزیستور:

باذکر مثالی چگونگی تقویت کنندگی یک ترانزیستور را بررسی می کنیم .

مثال:در شکل زیر اگرمقاومت بیس – امیتر 30 اهم باشد.دامنه سیگنال در مقاومت کلکتوروبهره را حساب کنید؟

حل:ترانزیستور درباياس مناسب قرار دارد.بانوشتن kvl در حلقه بیس-امیتر داریم



چون جریان بیس درمقابل جریان امیتر وکلکتورناچیز است میتوان جریان امیتر رابرابرجریان کلکتور گرفت.

$$i_e = \frac{100\ mv}{100\ + 30} = 0.769\ mA$$

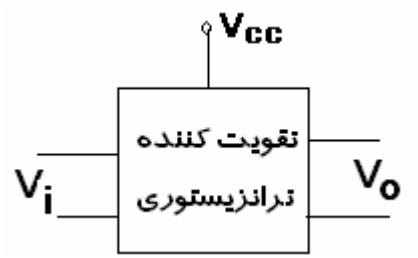
$$i_c = i_e = 0.769\,mA$$

$$V_R = Ri_c = 1 \times 0.769\ = 0.769\,v$$

$$A_v = \frac{v_R}{v_i} = \frac{0.769}{0.1} = 7.69$$

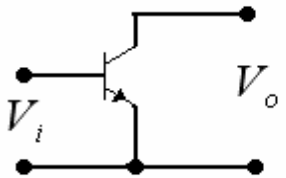
سیگنال ورودی 7/69 برابرتقویت شده است

آرایش های ترانزیستور



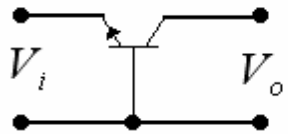
- منظورازآرایش ،چگونگی دادن و گرفتن سیگنال ازترانزیستور است- به مکان اعمال سیگنال، ورودی(input)وازجایی سیگنال تقویت شده دریافت می گرددخروجی(output)می نامند.

- درسیگنال ac،ترانزیستورهادر سه نوع آرایش استفاده می شوند.



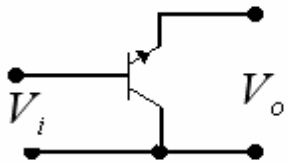
C.E

الف-آرایش امیتر مشترک(C.E)-دراین آرایش پایه امیتربین ورودی وخروجی مشترک است.سیگنال ورودی رابه بیس داده واز کلکتوردریافت می شود.



C.B

ب-آرایش بیس مشترک:(C.B)-دراین آرایش پایه بیس بین ورودی وخروجی مشترک است.سیگنال ورودی رابه امیترداده واز کلکتوردریافت می شود.

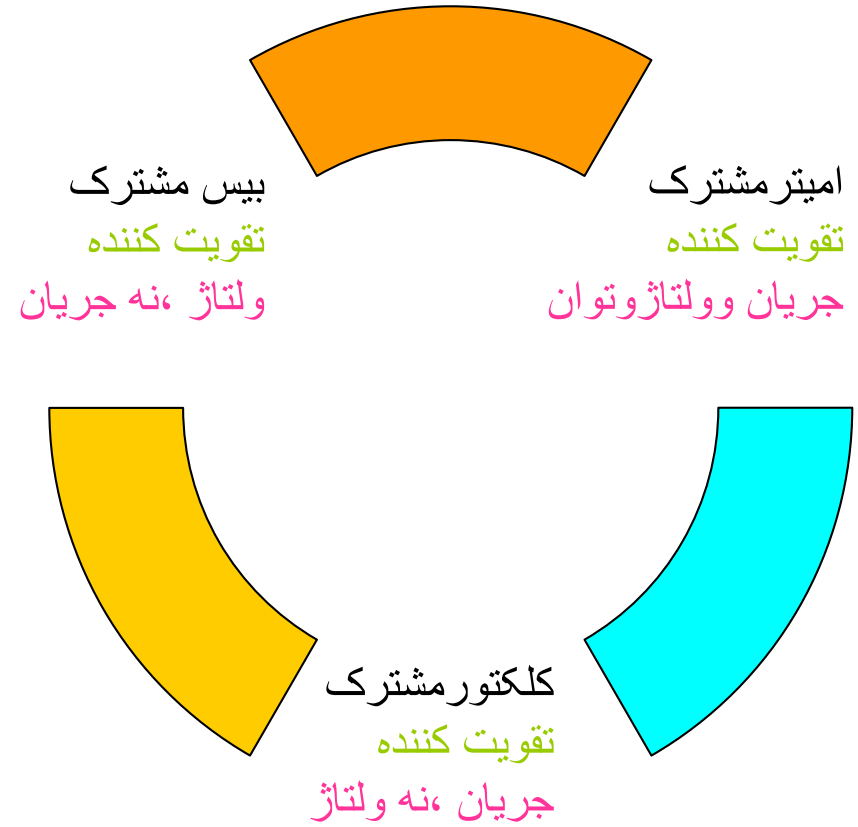


C.C

ج-آرایش کلکتور مشترک:(C.C)-دراین آرایش پایه کلکتوربین ورودی وخروجی مشترک است.سیگنال ورودی رابه بیس داده واز امیتردریافت می شود.نام دیگرش امیترفالوور(Emitter Follower) است.

نکات مهم درآرایش ها:

- آرایش هافقط درحالت AC برای تقویت کننده ها مطرح می شود.
- پایه بیس هرگز بعنوان خروجی وپایه کلکتورنیزبعنوان ورودی استفاده نمی شود.
- تقویت ولتاژ،جریان وتوان در تقویت کننده ها به نوع آرایش بستگی دارد.

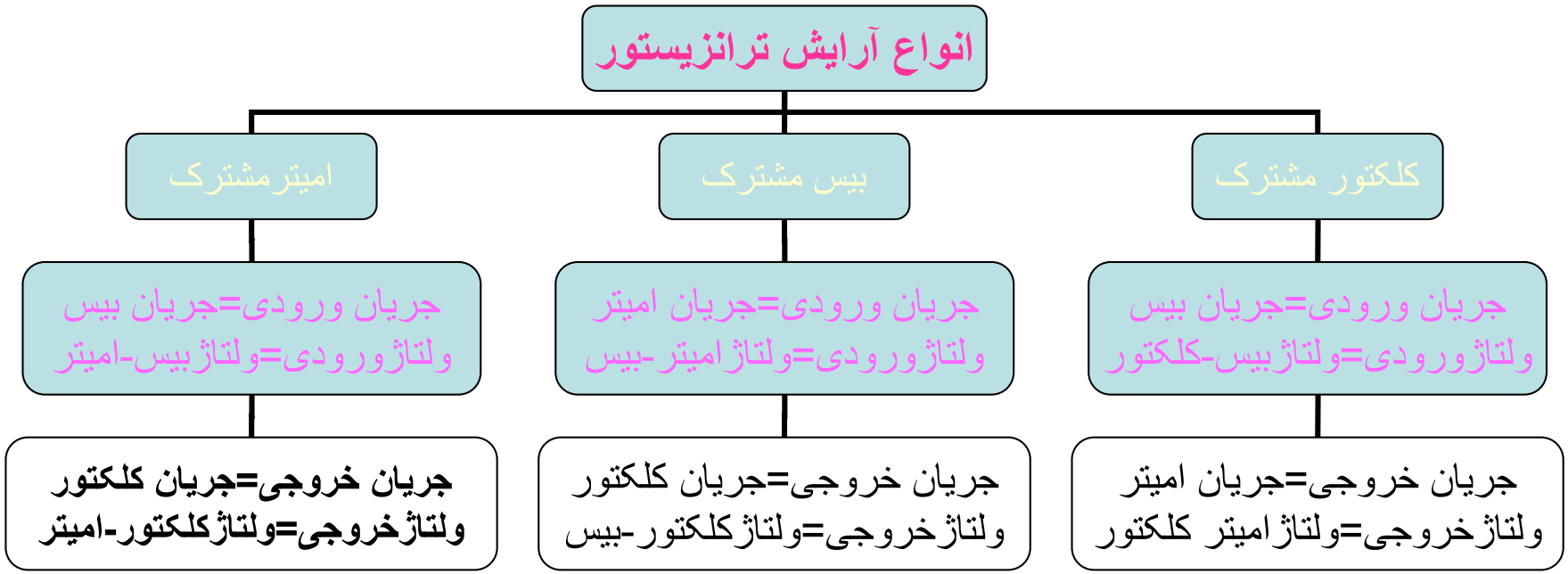


منحنی مشخصه ورودی: منحنی که تغییرات جریان ورودی را نسبت به تغییرات ولتاژورودی به ازای ولتاژخروجی ثابت نشان می دهد.

منحنی مشخصه خروجی: منحنی که تغییرات جریان خروجی را نسبت به تغییرات ولتاژخروجی به ازای جریان ورودی ثابت نشان می دهد.

منحنی مشخصه انتقالی: منحنی که تغییرات جریان ورودی را نسبت به تغییرات جریان خروجی به ازای ولتاژخروجی ثابت نشان می دهد.

شکل وکمیتهای روی منحنی به نوع آرایش بستگی دارد.در سه نوع آرایش بررسی می کنیم



منحنی مشخصه ها را دریک نوع آرایش مثلاً امیتر-مشترک که کاربرد بیشتری نیز دارد بررسی می کنیم

منحنی ها درآرایش امیترمشترک

منحنی ورودی: در این آرایش بیس-امیتریک دیودبوده که درباياس مستقیم قرار گرفته است ومنحنی ورودی شبیه منحنی مشخصه دیوددرحالت مستقیم می باشد.

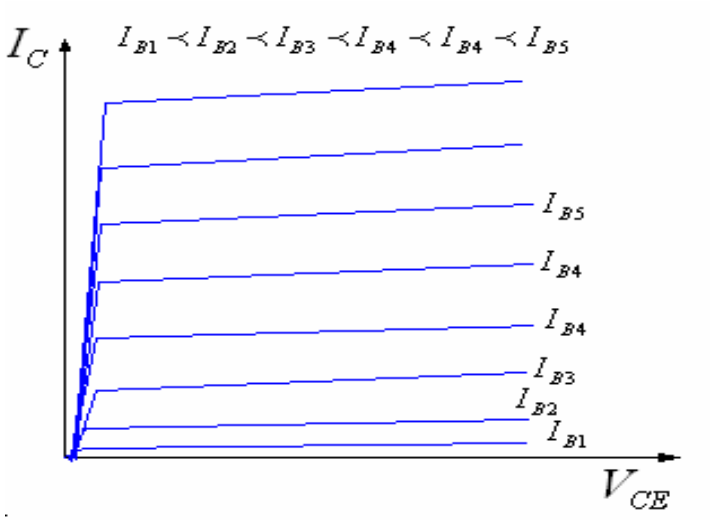
$$I_B = f(V_{BE})\Big|_{V_{CE}=cnt}$$

رابطه منحنی خروجی:

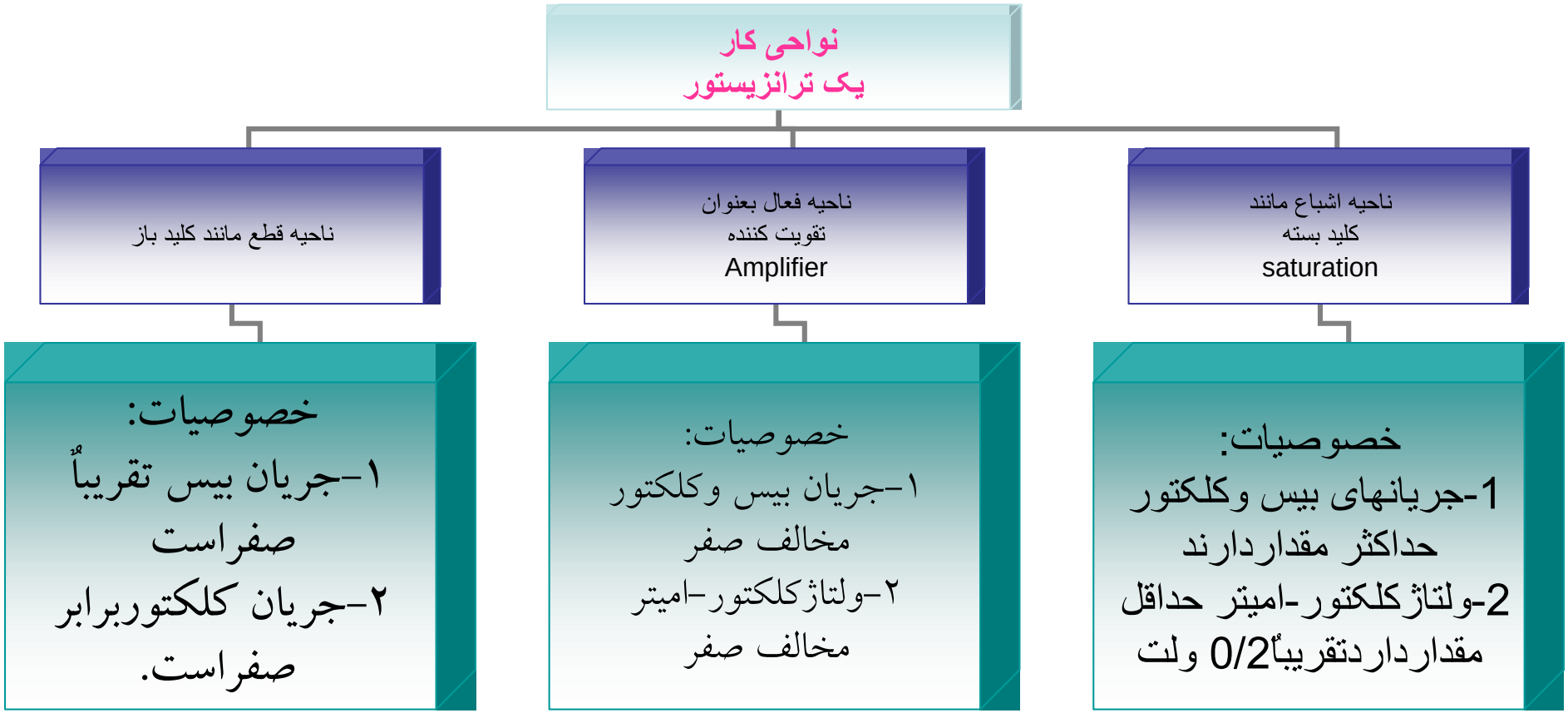
$$I_c = f(V_{CE})\Big|_{I_B=cnt}$$

رابطه منحنی انتقالی

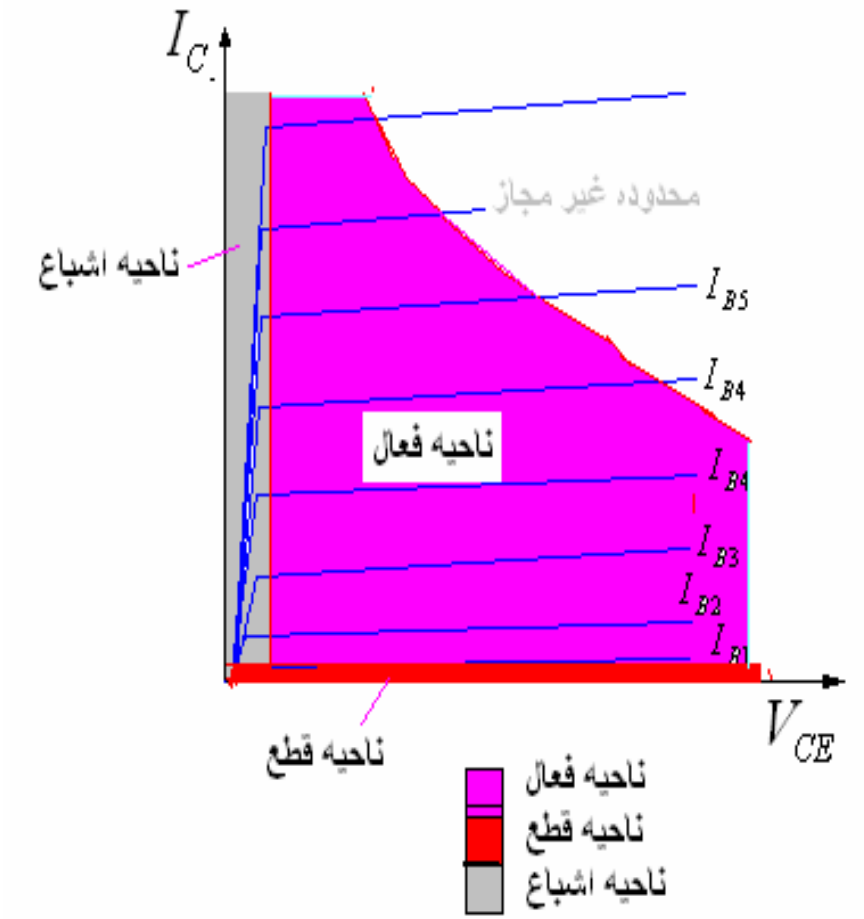
$$I_B = f(I_C)\Big|_{V_{CE}=cnt}$$



روی منحنی مشخصه خروجی ،سه ناحیه کاری ترانزیستوررا تعریف می کنندکه عبارتند:



محدوده وخصوصیات هرناحیه



ناحیه اشباع $\begin{cases} V_{CE} = V_{CE\,(saturation)} \cong 0.2\ v \\ I_C = I_{C\,(\max)} \end{cases}$

ناحیه فعال $\begin{cases} I_C \neq 0 \\ V_{CE} \neq 0 \end{cases}$ $, I_C = \beta I_B$

ناحیه قطع $\begin{cases} I_C = 0 \\ V_{CE} \neq 0 \end{cases}$ $, I_B \cong 0$

ضریب تقویت جریان امیتر مشترک:(β)دروضیعت امیترمشترک نسبت تغییرات جریان کلکتور به تغییرات جریان بیس رابه شرطی که ولتاژکلکتور-امیترثابت باشد

$$\beta = \left.\frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}\right|_{V_{CE}=cnt} \qquad \Rightarrow \qquad \beta \cong \frac{I_C}{I_B}$$

مثال :رابطه α , β راپیدا کنید

$$I_C = \alpha I_E$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$I_E = I_C + I_B \quad \rightarrow I_E = (1+\beta) I_B$$

$$\frac{I_C}{\alpha} = I_C + \frac{I_C}{\beta} \Rightarrow \alpha = \frac{\beta}{1+\beta} \Rightarrow \beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$$

توان تلف شده در ترانزیستور:

$$P_T = V_{BE} I_B + V_{CE} I_C \cong V_{CE} I_C$$

چون جریان بیس در مقابل جریان کلکتور بسیار کم است

اگر توان تلف شده بیشترازتوان مجاز ترانزیستورباشد باعث آسیب آن می گردد.

$$P_{T\max} = V_{CE} I_C$$

این معادله محدوده ناحیه فعال رامشخص می کند

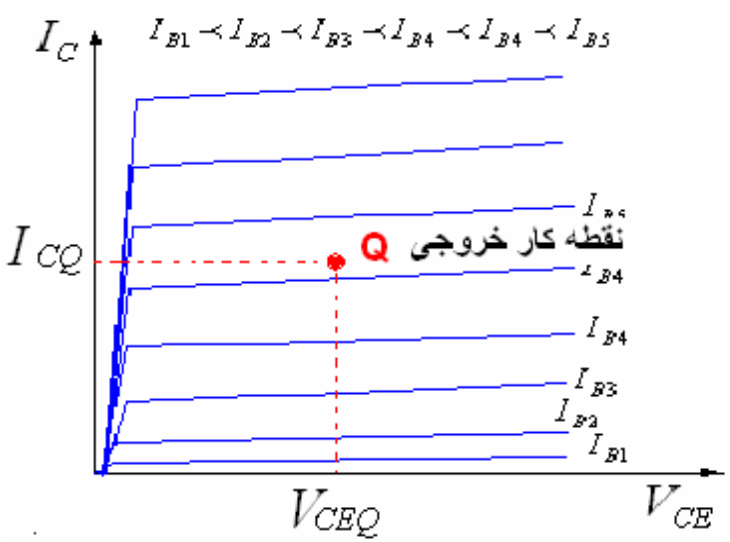
تغذیه یا بایاسینگ ترانزیستور

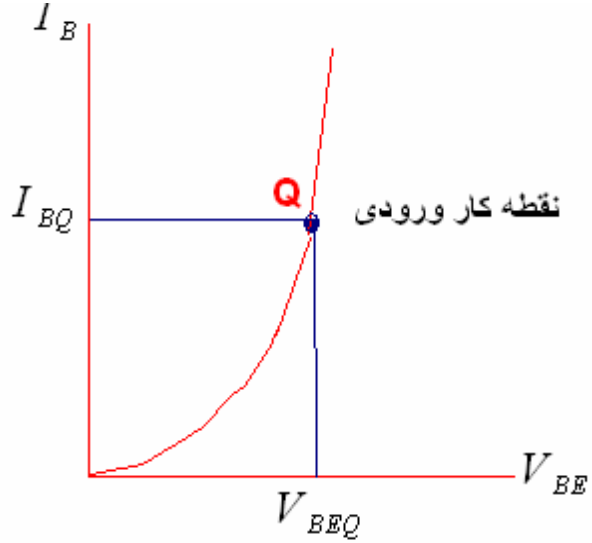
اتصال پایه های ترانزیستوربه منبع جریان مستقیم را بایاسینگ گویند.

هدف از تغذیه ،داشتن ولتاژوجریان درترانزیستورمعین که نقطه کارترانزیستور گویند.

نقطه کاروردی روی مشخصه ورودی ونقطه کار خروجی روی منحنی مشخصه خروجی مشخص می شود.

درحالت امیتر-مشترک نقاط کاروردی وخروجی درشکل زیر مشخص شده اند



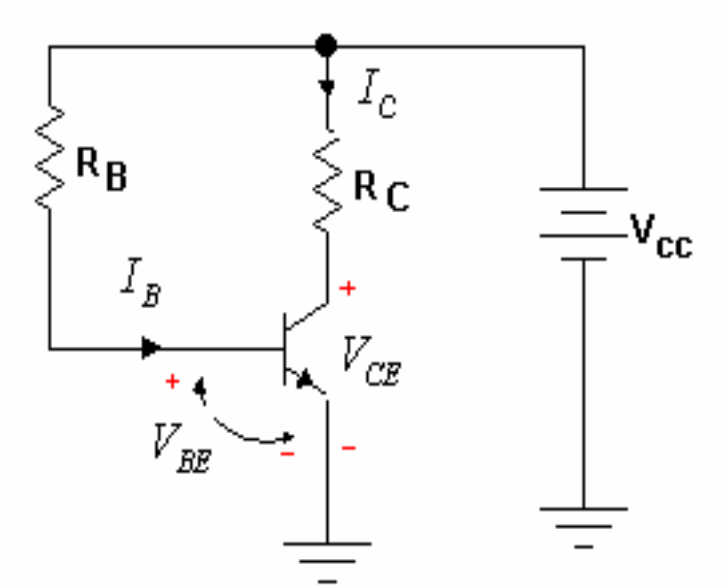


روشهای تغذیه ترانزیستور

در صورتی که ازترانزیستور بعنوان تقویت کننده می توان استفاده کرد که ولتاژلازم به پایه های آن برسدوترانزیستوررادر حالت هدایت قراردهد.سه نوع کلی تغذیه که ترانزیستور را به ناحیه هدایت می بردوجود دارد. به شرح هریک می پردازیم.

- تغذیه ثابت (مستقیم)
- تغیه ثابت با مقاومت امیتر
- تغذیه سرخود(مستقل ازبتا)
- تغذیه اتوماتیک

تغذیه ثابت(مستقیم)



$$kVl\ :\ -V_{cc}+R_BI_B+V_{BE}=0\ \rightarrow I_B=\frac{V_{CC}-V_{BE}}{R_B}$$

$$I_C=\beta\times I_B$$

$$kVl\ :\ -V_{cc}+R_CI_C+V_{CE}=0\ \rightarrow V_{cE}=V_{CC}-R_CI_C$$

$$V_E=0\quad,\quad V_B=V_{BE}\quad,\quad V_C=V_{CE}$$

مثال: در مدار تغذیه ثابت در شرایط زیر نقطه کار وولتاژپایه های ترانزیستور را بدست آورید

$R_B = 118\ k\Omega \quad , R_C = 1.2 k\Omega \quad , \beta = 50$

$V_{cc} = 12\ v \quad , V_{BE\ (on)} = 0.2\ v$

حل: بانوشتن معادلات داریم:

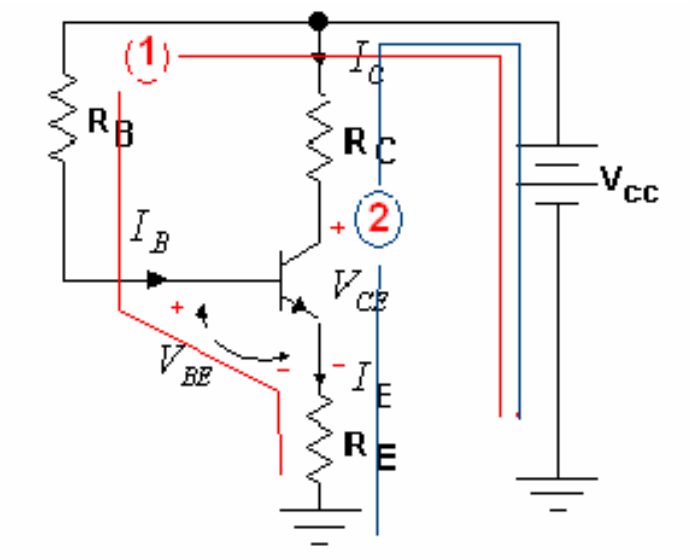
$$kVl\ :\ -V_{cc} + R_B I_B + V_{BE} = 0 \rightarrow I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{12 - 0.2}{118} = 100\mu A$$

$$I_C = \beta \times I_B = 50 \times 0.1 = 5mA$$

$$kVl\ :\ -V_{cc} + R_C I_C + V_{CE} = 0 \rightarrow V_{cE} = V_{CC} - R_C I_C = 12 - 1.2 \times 5 = 6v$$

$$V_E = 0 \quad , \quad V_B = V_{BE} = 0.2v \quad , \quad V_C = V_{CE} = 6v$$

تغذیه ثابت با مقاومت امیتر



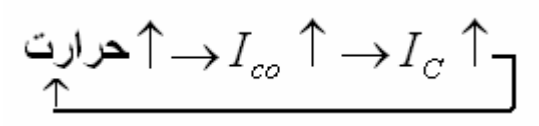
$$kVl: -V_{cc} + R_B I_B + V_{BE} + R_E I_E = 0 \rightarrow I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (1+\beta) R_E}$$

$$I_C = \beta \times I_B \qquad , I_E = (1+\beta) I_B$$

$$kVl: -V_{cc} + R_C I_C + V_{CE} + R_E I_E = 0 \rightarrow V_{cE} = V_{CC} - R_C I_C - R_E I_E$$

$$V_E = R_E I_E \qquad , V_B = V_E + V_{BE} \qquad , V_C = V_E + V_{CE}$$

بررسی پایداری حرارتی



باافزایش حرارت جریان نشتی کلکتور زیاد شده وباعث افزایش جریان کلکتور می شود وافزایش جریان کلکتور افزایش مجدد حرارت را در پی دارد که ناپایداری حرارتی در ترانزیستور می گردد.

مثال: در مثال قبل اگر مقاومت امیتر 200 اهم باشد نقطه کاروولتاژپایه های ترانزیستور را بدست آورید $V_{BE}=0.7v$

$$I_B=\frac{V_{CC}-V_{BE}}{R_B+(1+\beta)R_E}=\frac{12-0.7}{118+(1+50)0.2}=88.1\mu A$$

$$I_C=\beta\times I_B=50\times 0.0881=4.41mA$$

$$I_E=(1+\beta)I_B=51\times 0.0881=4.493mA$$

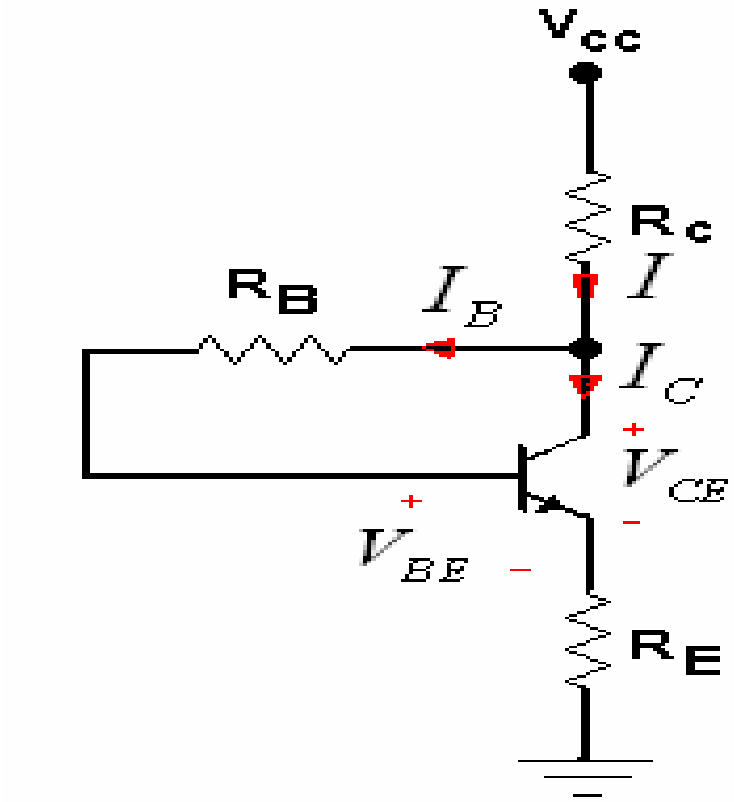
$$V_{cE}=V_{CC}-R_CI_C-R_EI_E=12-1.2\times 4.41-0.2\times 4.493=5.81v$$

$$V_E=R_EI_E=0.2\times 4.493=0.8986$$

$$V_B=V_E+V_{BE}=0.8986+0.7=1.5986v$$

$$V_C=V_E+V_{CE}=0.8986+5.81=6.7086v$$

تغذیه اتوماتیک:



$$kVl \;:\; -V_{cc} + R_C I + R_B I_B + V_{BE} + R_E I_E = 0$$

$$I = I_E \quad , \quad I_C = \beta \times I_B \quad , \quad I_E = (1+\beta) I_B$$

$$\Rightarrow I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (1+\beta)(R_E + R_C)}$$

$$kVl \;:\; -V_{cc} + R_C I + V_{CE} + R_E I_E = 0 \;\rightarrow V_{cE} = V_{CC} - (R_C + R_E) I_E$$

$$V_E = R_E I_E \quad , V_B = V_E + V_{BE} \quad , V_C = V_E + V_{CE}$$

مثال:در مدار تغذیه اتوماتیک اگر

$R_B = 100k\Omega \quad , R_C = 2k\Omega \quad , \beta = 100$

$V_{cc} = 12v \quad , V_{BE(on)} = 0.6\ v \ , \quad R_E = 250\Omega$

باشندنقطه کاروولتاژپایه ها رابدست اورید

$$kVl: \ -V_{cc} + R_C I + R_B I_B + V_{BE} + R_E I_E = 0$$

$$-12 + 2I + 100I_B + 0.6 + 0.25I_E = 0 \Rightarrow I_B = \frac{11.4}{2.25 \times 101 + 100} = 34.8\mu A$$

$$I = I_E \quad , \qquad I_C = \beta \times I_B = 100 I_B$$

$$I_E = (1+\beta) I_B = 101 I_B$$

$$-V_{cc} + R_C I + V_{CE} + R_E I_E = 0$$

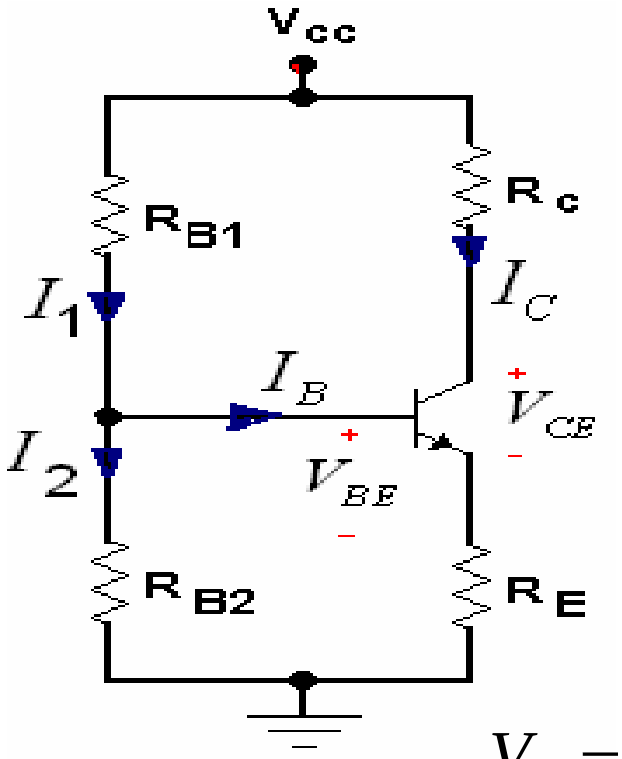
$$\rightarrow V_{cE} = 12 - (2 + 0.25) \times 101 \times 0.0348 = 4.09v$$

$$V_E = R_E I_E = 0.25 \times 101 \times 0.0348 = 0.879v$$

$$V_B = V_E + V_{BE} = 0.879 + 0.6 = 1.479v$$

$$V_C = V_E + V_{CE} = 0.879 + 4.09 = 4.969v$$

تغذیه سرخود



این مداردردوحالت تقریبی ودقیق بررسی می شود.

الف-روش تقریبی :فرض می کنیم که $I_1 \cong I_2$, $I_B \cong 0$

بانوشتن تقسیم ولتاژ داریم

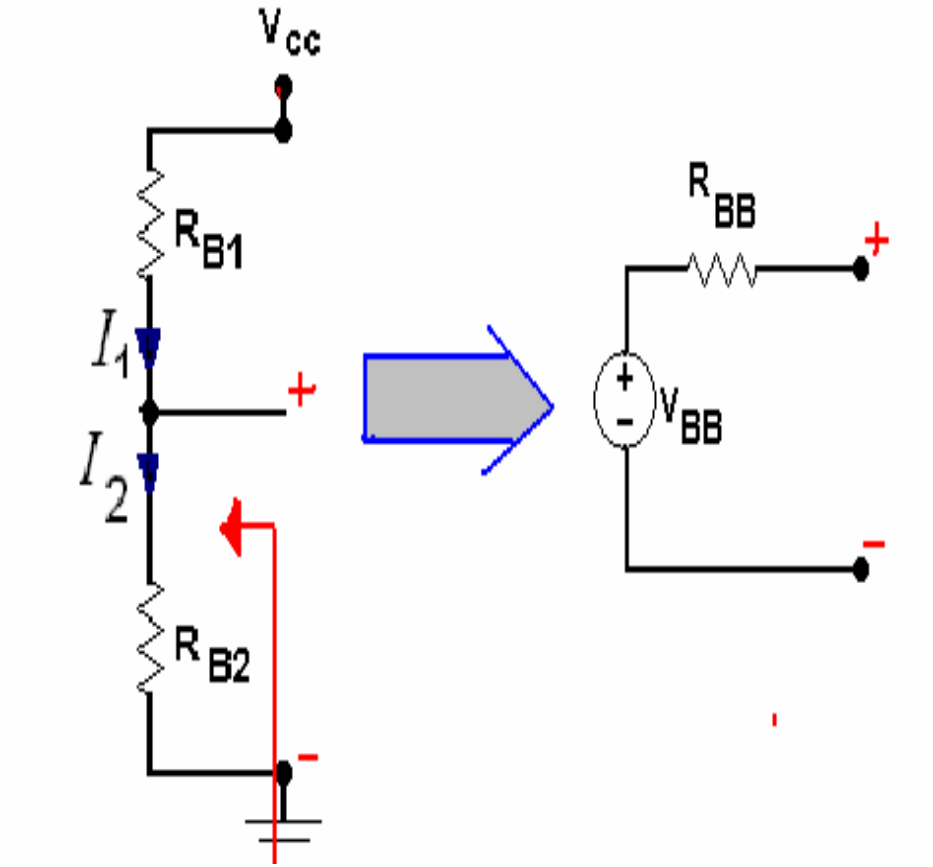
$$V_B = \frac{R_{B2}}{R_{B1}+R_{B2}} \times V_{cc} \quad \Rightarrow -V_B + V_{BE} + R_E I_E = 0$$

$$I_E = \frac{V_B - V_{BE}}{R_E} \quad \rightarrow I_B = \frac{I_E}{1+\beta} \quad , I_C = \alpha \times I_E$$

$$KVL: \quad -V_{CC} + R_C I_C + V_{CE} + R_E I_E = 0$$

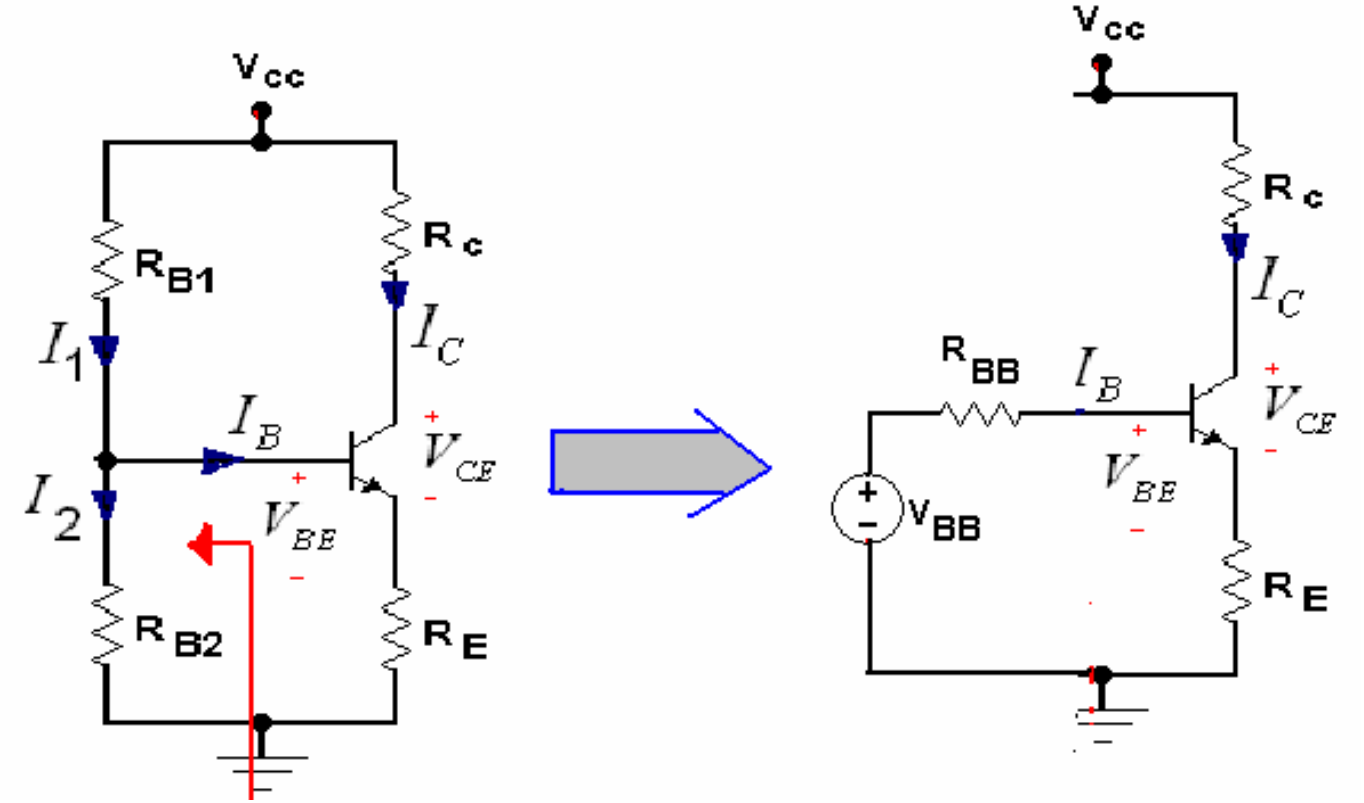
$$\Rightarrow V_{CE} = V_{CC} - R_C I_C - R_E I_E$$

ب-روش دقیق :مدارمعادل تونن رااز دیدگاه بیس بدست می آوریم



$$R_{BB} = R_{B1} \| R_{B2} = \frac{R_{B1} R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}}$$

$$V_{BB} = \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} \times V_{CC}$$



مدارمعادل تونن
راجایگزین کنید

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

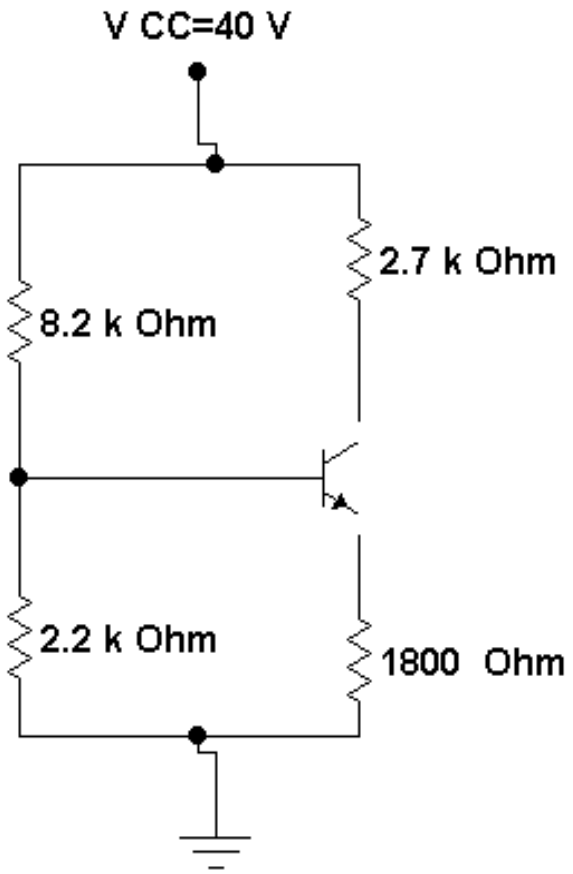
$$I_C = \beta \times I_B \qquad , I_E = (1+\beta) I_B$$

$$kVl: -V_{cc} + R_C I_C + V_{CE} + R_E I_E = 0 \rightarrow V_{cE} = V_{CC} - R_C I_C - R_E I_E$$

$$V_E = R_E I_E \qquad , V_B = V_E + V_{BE} \qquad , V_C = V_E + V_{CE}$$

مثال : نقطه کار ترانزیستور را مشخص کنید

روش تقریبی



$$V_B = \frac{R_{B2}}{R_{B1}+R_{B2}} \times V_{cc} = \frac{2.2}{2.2+8.2} \times 40 = 8.46v$$

$$\Rightarrow -V_B + V_{BE} + R_E I_E = 0 \rightarrow -8.46 + 0.7 + 1.8 I_E = 0$$

$$I_E = 4.31mA \rightarrow I_B = \frac{I_E}{1+\beta} = \frac{4.31}{121} = 35.6\mu A$$

$$I_C = \beta I_B = 120 \times 0.0356 = 4.272mA$$

$$KVL: V_{CE} = V_{CC} - R_C I_C - R_E I_E$$

$$= 40 - 2.7 \times 4.272 - 1.8 \times 4.31 = 20.71v$$

روش دقیق

$$R_{BB} = \frac{R_{B1}R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} = \frac{2.2 \times 8.2}{2.2 + 8.2} = 1.73\,k\Omega$$

$$V_{BB} = \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} \times V_{CC} = \frac{2.2 \times 40}{2.2 + 8.2} = 8.46\,v$$

$$kVl\ :\ -V_{BB} + R_{BB}I_B + V_{BE} + R_E I_E = 0 \rightarrow I_B = \frac{8.46 - 0.7}{1.73 + (1+120)1.8} = 35.34\mu A$$

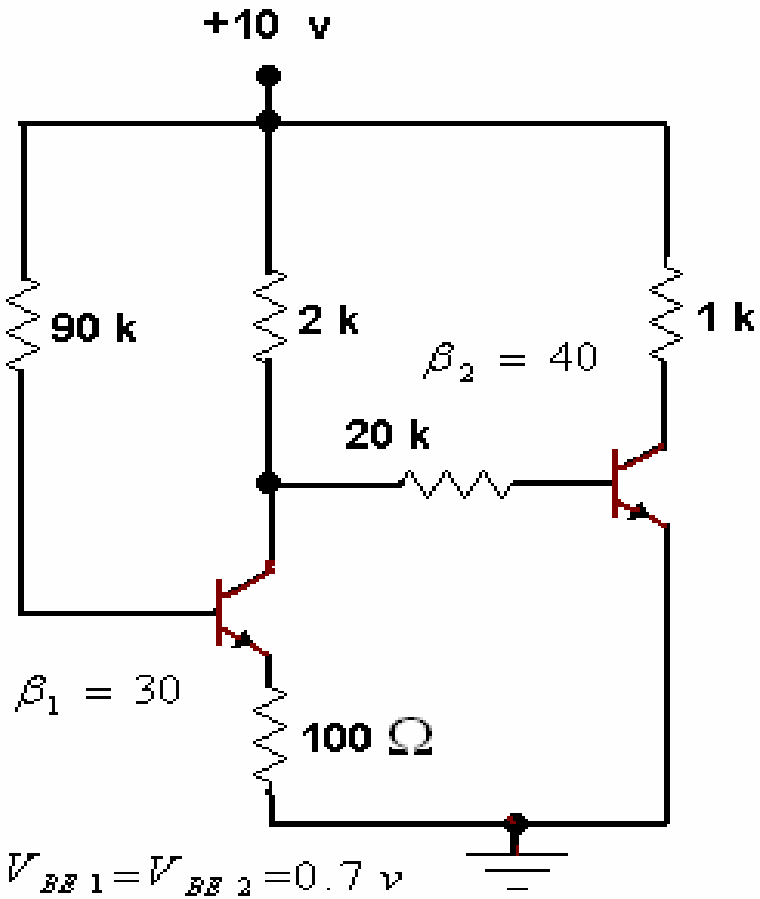
$$I_C = \beta \times I_B = 120 \times 0.03534 = 4.24mA$$

$$I_E = (1+\beta)I_B = 121 \times 0.03534 = 4.28mA$$

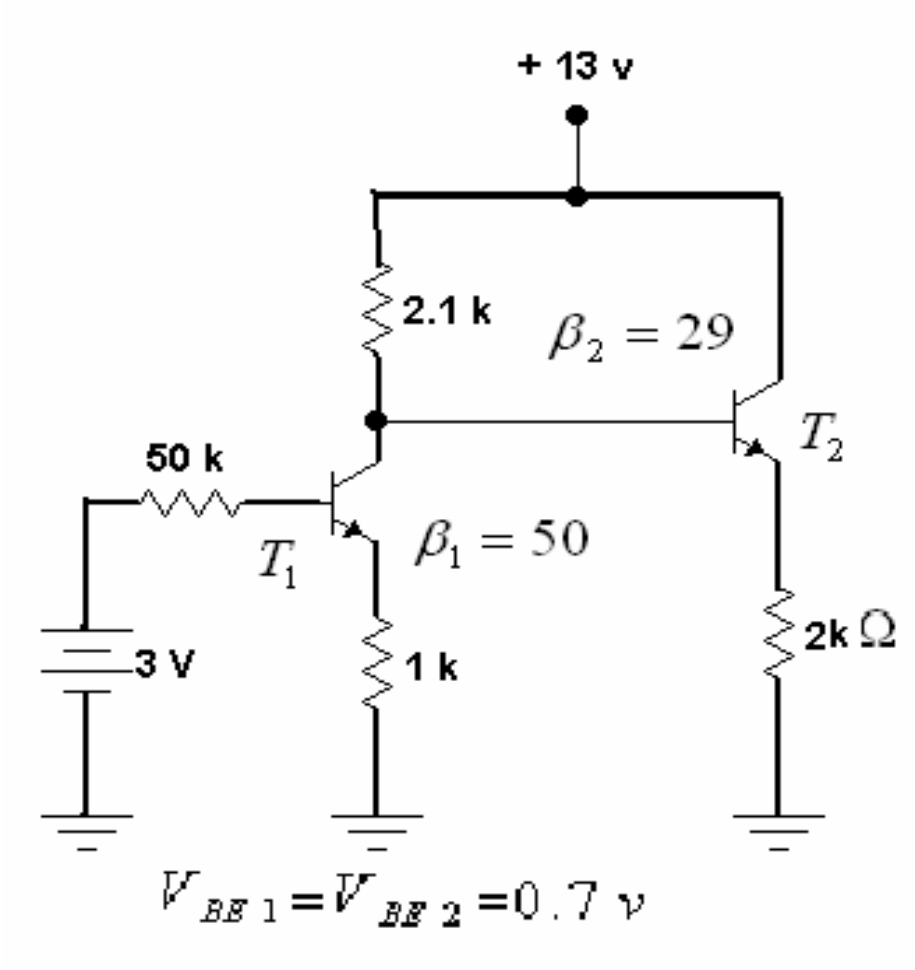
$$kVl\ :\ -V_{cc} + R_C I_C + V_{CE} + R_E I_E = 0$$

$$\rightarrow V_{cE} = V_{CC} - R_C I_C - R_E I_E = 40 - 2.7 \times 4.24 - 1.8 \times 4.28 = 20.85v$$

تمرین : در هریک از مدارات نقطه کار ترانزیستورها را پیداکنید؟



(ب)



(الف)

This document was created with Win2PDF available at http://www.daneprairie.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.