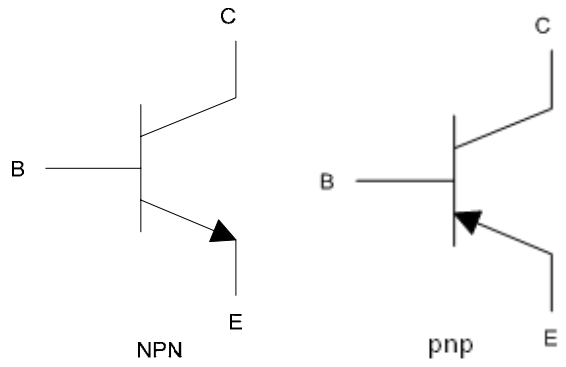
یک ترانزیستور از اتصال سه لایه نیمه هادی بوجود میآید.

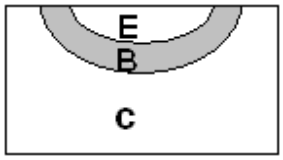
کلا دو نمونه ترانزیستور موجود است:npn و pnp .تفاوت اصلی بین آنها جهت جریان در آنهاست.پیکانها جهت جریان را نشان میدهند.

در ترانزیستور npn جهت جریان از کلکتور به امیتر، ودر ترانزیستور pnp ، جریان از امیتر به کلکتور جریان دارد.




*در این جزوه کلا با ترانزیستور های npn کار میکنیم.

سطح مقطع واقعی ترانزیستور:




عملکرد ترانزیستور بسته به عملکرد اتصال های آن است.

*مشخصات ترانزیستور npn به شرح زیر است:

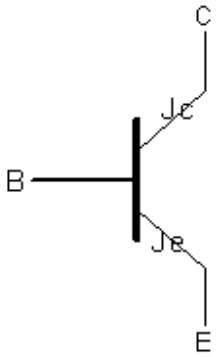
1. باید کلکتور از امیتر مثبت تر باشد.
2. مدارات بیس کلکتور و بیس امیتر مانند دیودها رفتار میکنند.معمولا دیود بیس امیتر در حال هدایت و دیود بیس کلکتور بایاس معکوس است.

۳. هر ترانزیستور دارای حداکثر $I_C$ , $I_B$ , $V_{CE}$ است.محدودیت های دیگری مانند اتلاف قدرت، درجه حرارت و $V_{BE}$ نیز وجود دارد.

۴. وقتی قواعد ۱تا ۳ رعایت شوند، $I_C$ تقریبا با $I_B$ متناسب است.

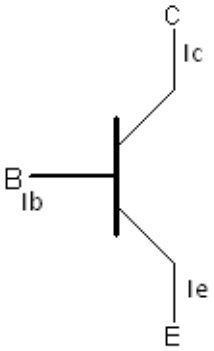
ترانزیستور ۳ وضعیت میتواند داشته باشد.

| وضعیت | $J_C$ | $J_B$ |
|---|---|---|
| ۱. خاموش | معکوس | مستقیم |
| ۲. روشن-فعال | معکوس | مستقیم |
| ۳. روشن- اشباع | مستقیم | مستقیم |




برای روشن کردن ترانزیستور باید یک ولتاژ به پایه B بدهیم و $J_E$ را مستقیم کنیم(این ولتاژ معمولاً باید بیشتر از 0.7V باشد.)

طبق روابط کیرشف داریم:




$$I_E = I_C + I_B$$

$$V_{CE} + V_{ED} + V_{BC} = 0$$

در ترانزیستور روشن $V_{BE}$ ثابت و برابر 0.7V است.

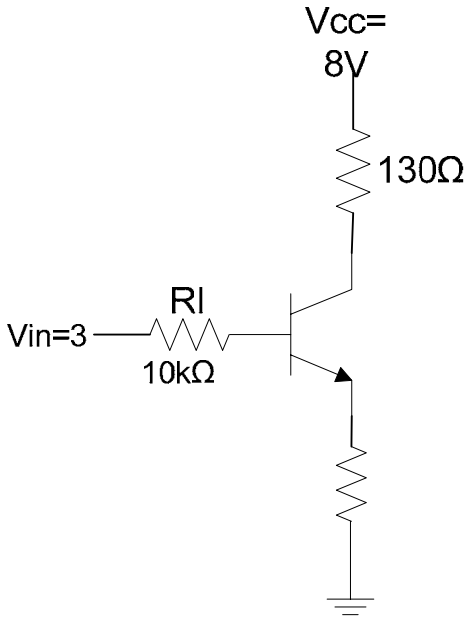
در ناحیه فعال ترانزیستور تقویت کننده جریان است، زیرا با جریانی کم جریان زیادی از منبع تغذیه میکشد.در این حالت رابطه خطی بین $I_C$ و $I_B$ برقرار است: $I_C = \beta I_B = h_{FE} I_B$

$H_{FE}$ بهره جریان است و بتا نامیده میشود . مقدار نوعی ان حدود ۱۰۰ است.توجه کنید که جریان کلکتور به خاطر هدایت دیود بیس-کلکتور نیست زیرا این دیود بایاس معکوس دارد.فعلاً چنین جریانی را یک "خاصیت ترانزیستوری" فرض کنید.

در ناحیه اشباع $V_{CE}$ ثابت است.

مثال۱.۲:

ترانزیستور زیر را تحلیل کنید:(جریان ها و ولتاژها را بدست آورید)




فرض:ترانزیستور فعال

پس ترانزیستور روشن است $V = 3 > 0.7$

$\beta=150$

$3 - (10K)\, I_B - 0.7 = 0$

$I_B = 2.3 \times 10^{-4}$

$I_C = \beta\, I_B \qquad I_C = 150\, I_B = 0.0345$

$8 - V_C = 130\, I_C \Rightarrow V_C = 3.5\ V$

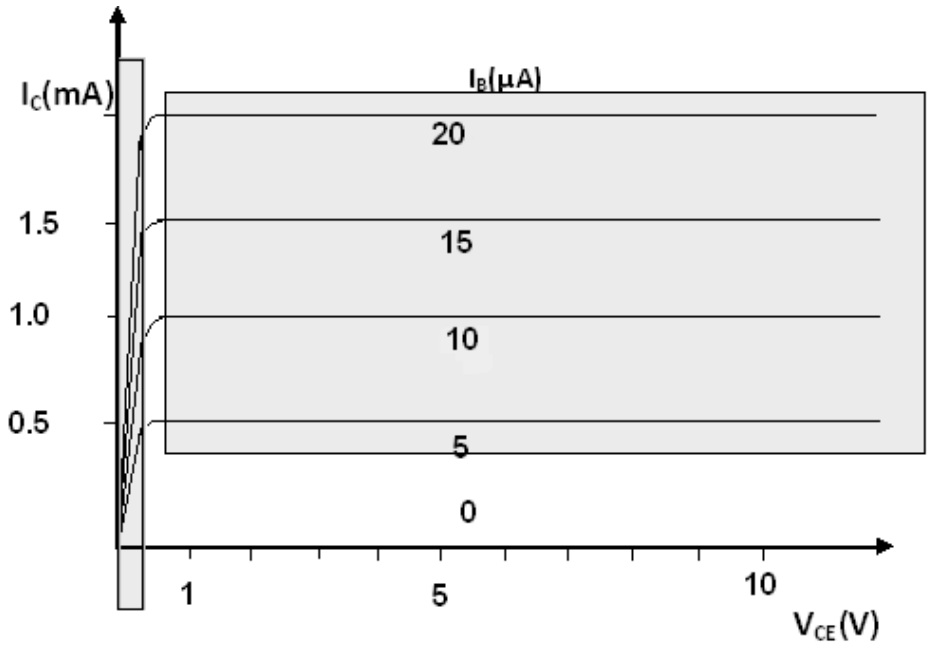
$J_C$ اتصال معکوس پس فرض ما درست بوده

$I_E = I_C + I_B$

منحنی مشخصه ترانزیستور(مدار امیتر مشترک مشخصه خروجی ):

*امیتر مشترک:پایه امیتر بین ورودی و خروجی مشترک است.

*منحنی مشخصه خروجی:منحنی تغییرات جریان خروجی بر حسب ولتاژ خروجی و به ازای مقادیر مختلف جریان ورودی است.




*منحنی تغییرات جریان کلکتور $I_C$ بر حسب ولتاژ کلکتور امیتر $V_{CE}$ به ازای مقادیر مختلف جریان بیس $I_B$*

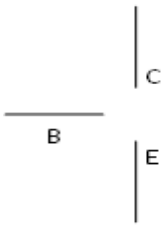
در این نمودار چند منحنی ترسیم شده.هر منحنی مربوط به یک جریان بیس می باشد.همانطور که پیداست $I_C$ هم به $I_B$ و هم به $V_{CE}$ وابسته است.مثلا اگر $V_{CE} = 6V$ , $I_B = 20\mu A$ باشد $I_C = 2Ma$ خواهد بود.

می بینیم که به ازای $V_{CE} > 0.7$ نمودار ها تقریباً افقی هستند.این بدان معنی است که در این ناحیه جریان کلکتور از $V_{CE}$ مستقل بوده و تنها به جریان بیس وابسته است.این محدوده همان محدوده فعال ترانزیستور است

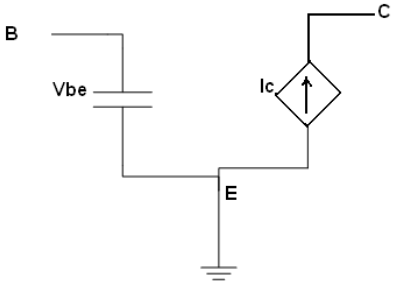
و در اینجا می بینیم که: $I_C \approx 100\ I_B$ که قبلاً نیز به آن اشاره شده بود.پس در اینجا ترانزیستوری داریم با $\beta = 100$.

*مدل های ترانزیستور در مدار DC:

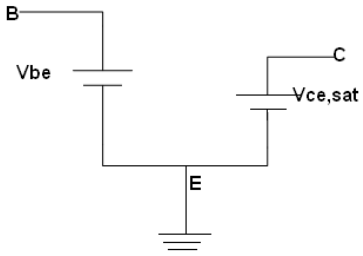
- خاموش:




- روشن-فعال:



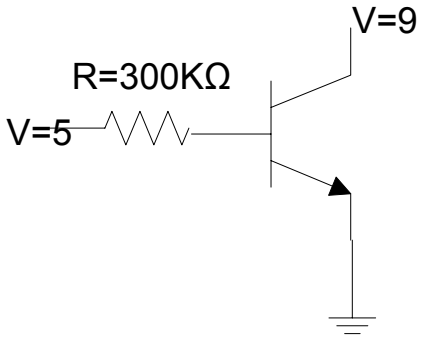

- روشن-اشباع:




*در حالت اشباع از آنجا که $V_{CE,SAT}$ و حتی $V_{BE}$ نسبت به سایر مقادیر کوچک میباشد معمولا از آن صرفنظر میکنیم و آنها را اتصال کوتاه در نظر میگیریم.

مثال۲.۲:

تحلیل کنید:




ترانزیستور روشن است چون ولتاژ تغذیه به B وصل است.

$V_B = 0.7 , V_C = 9$

چون جریان معکوس است یعنی $V_C > V_B$ مدار فعال است.

$I_B = \frac{5-0.7}{300} = 14.3\ \mu A$

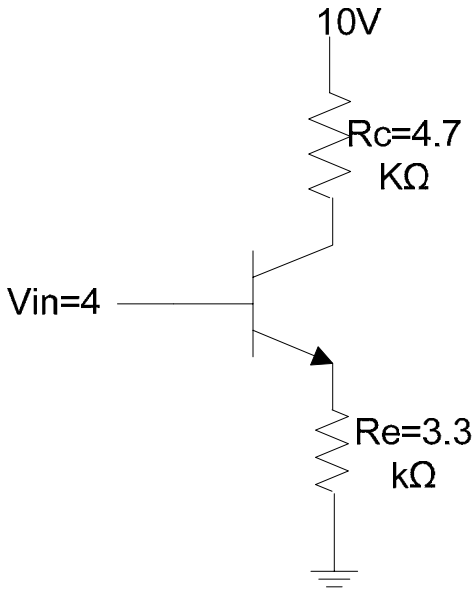
$I_C = \beta I_B = 1.43\ Ma$

*در حالت اشباع: $I_C = \frac{Vcc - Vce,sat}{Rc} = \ldots$

*اگر $V_E$ صفر نباشد باید $V_C$ به جای $V_{CE}$ گذاشته شود.

مثال ۳.۲:

تحلیل کنید:




فرض:مدار فعال

$I_c = \beta I_B$ , $I_E = (\beta + 1) I_B$

$I_E = \frac{4-0.7}{3.3} = 1$ mA

$I_B = 0.0099$ mA , $I_C = 0.99$ mA

$10 - V_C = 4.7 I_C \rightarrow V_C = 5.3 > V_B$ فرض فعال درست

*همین را با فرض $V_{in} = 6v$ تحلیل کنید:

$V_E = 5.3 \rightarrow I_E = 1.6$mA

$I_B = 0.0158$

$I_C = 1.57 \rightarrow V_C = 2.57$ پس اتصال مستقیم و فرض نادرست

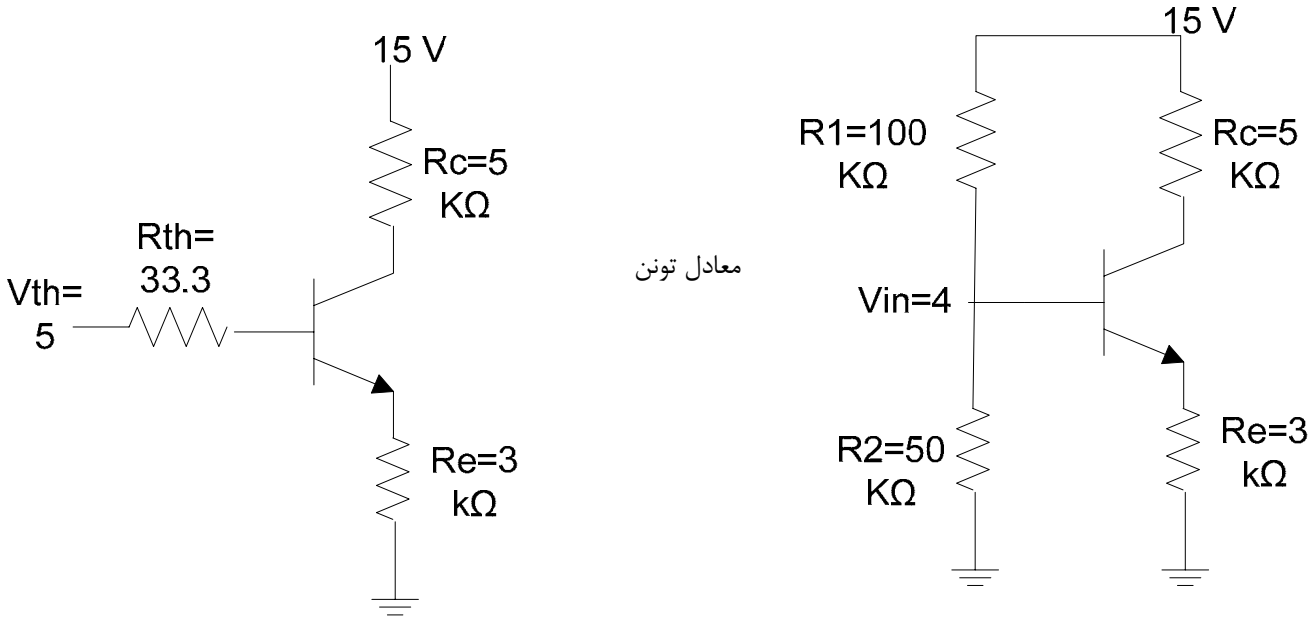
با فرض اشباع:$I_E = \frac{5.3}{3.3} = 1.6$

$V_{SAT} = 0.3 \rightarrow V_C = 5.3 + 0.3 = 5.6$

$I_C = \frac{10-5.6}{4.7} = 0.94$ mA , $I_B = I_E - I_C = 0.66$ mA

مثال ۲.۴:

*برای روشن کردن ترانزیستور معمولا با مداری مانند زیر مدار را بایاس (راه اندازی) میکنیم.آن را تحلیل کنید.




$5 - 33.3\, I_B - 0.7 - 3I_E = 0$

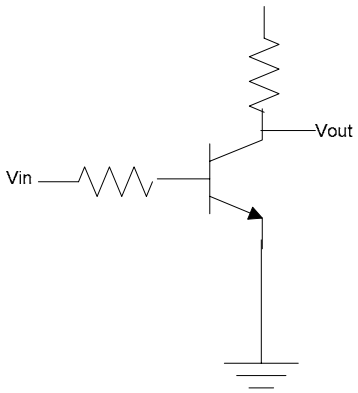
$I_E = 101\, I_B$

$I_B = 0.0128$ , $I_E = 1.29$ , $I_C = 1.28$

$V_C = 15 - 5 \times 1.28 = 8.6V$

$V_B = 5 - 33.3 \times I_B = 4.57$ پس مدار فعال است

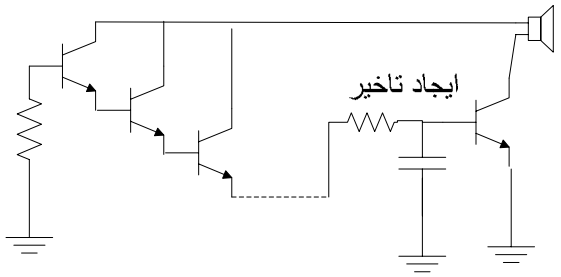
*ترانزیستور در حالت اشباع به عنوان کلید یا در مدار های دیجیتال استفاده میشود.




| Case1: | Case2: |
|---|---|
| Vin = 0(low) | Vin = 5(high) |
| Vout = 5(high) | Vout = 0(low) |

*گاهی بهره یک ترانزیستور برای ما کافی نیست و از دو ترانزیستور پشت سر هم استفاده میکنیم.به این ترکیب اتصال دالرینگتون میگویند.در این حالت ضریب تقویت حاصلضرب ضریب تقویت هاست. ( $\beta = \beta_1\beta_2$)

*مدار هشدار دهنده دستگیره چوبی در :




به ترانزیستور اول التریسیته ساکن می رسد جریان آن تقویت میشود و پس از تاخیر زنگ به صدا در میآید.