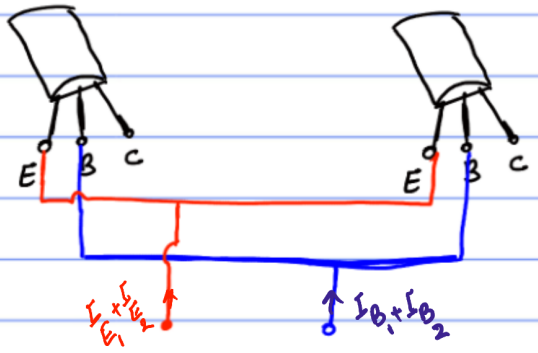
اتصال ترانزیستورها - موازی کردن

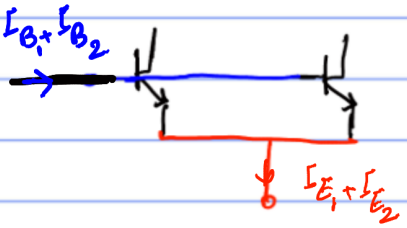


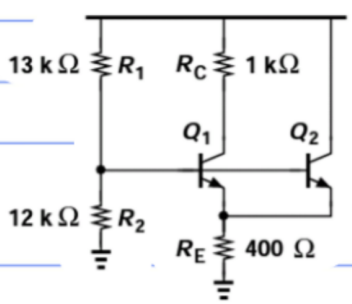
موازی کردن ترانزیستورها از BE

یعنی $V_{BE_1} = V_{BE_2}$

در این حالت چون V_{BE}ها برابرند رابطه خطی بین جریان کلکتور و I_S است.

$$\frac{I_{C_1}}{I_{C_2}} = \frac{I_{S_1}}{I_{S_2}}$$





$A_{E_1} = 2A_{E_2}$

$\beta = 100$

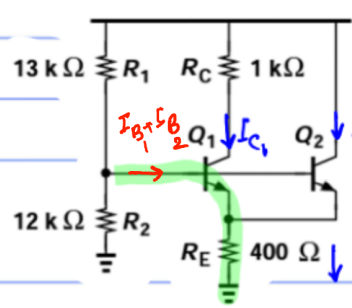
$V_{BE} = 0.7$

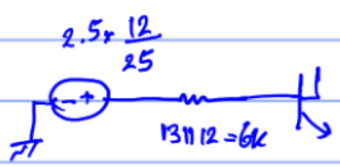
$0.6\ I_{C_1}$

$\frac{1}{10} \times 3\ I_{C_1}$

1.2

موازی $V_{BE_1} = V_{BE_2} \longrightarrow \frac{I_{C_1}}{I_{C_2}} = \frac{2A}{A} = 2 \longrightarrow I_{C_1} = 2I_{C_2}$



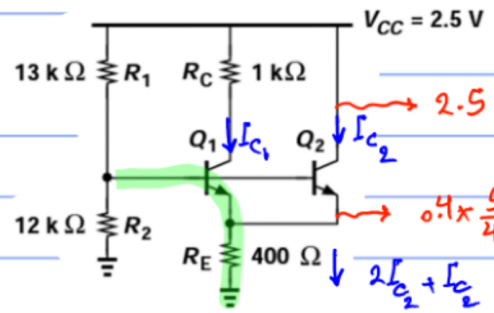


$2I_{C_2} + I_{C_2} = 3I_{C_2}$

$$\begin{cases} KVL: -1.2 + 6(I_{B_1}+I_{B_2}) + 0.7 + 0.4(I_{C_1}+I_{C_2}) = 0 \\ I_{C_1} = 2I_{C_2} \end{cases}$$

$$-1.2 + 6\left(\frac{I_{C_1}}{100} + \frac{\frac{1}{2}I_{C_1}}{100}\right) + 0.7 + 0.4\left(I_{C_1} + \frac{1}{2}I_{C_1}\right) = 0 \longrightarrow 0.6\,I_{C_1} = 0.5 \longrightarrow I_{C_1} = \frac{5}{6}\,mA$$

چک کردن اشباع:



$\rightarrow 2.5$

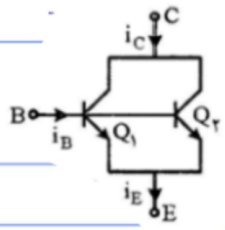
$\rightarrow 0.4 \times \frac{5}{4} = 0.5$

$2I_{C_2} + I_{C_2} = 3I_{C_2} = \frac{5}{4}$

$V_{CE_2} = 2.5 - 0.5 = 2 > 0$ ✓

$V_{C_1} = 2.5 - I_{C_1} = 2.5 - \frac{5}{6}$
$V_{E_1} = 0.5$
$\rightarrow V_{CE_1} > 0$ ✓

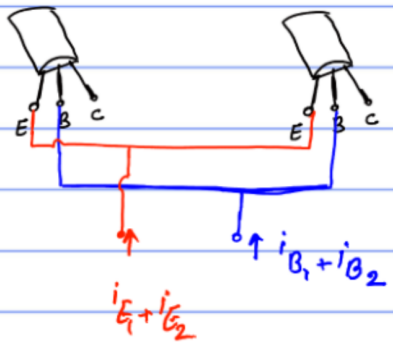
در شکل مقابل ترانزیستورها در همه پارامترها با هم برابرند به جز β. با این شرایط β برای ترکیب موازی دو ترانزیستور کدام است؟ (مهندسی برق - ۸۷)



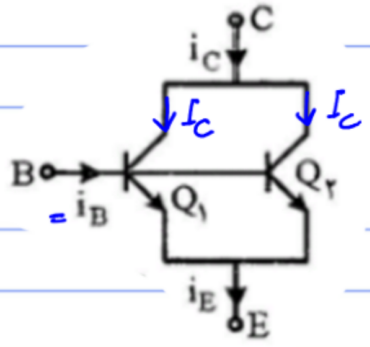
۱) $\frac{2\beta_1\beta_2}{\beta_1+\beta_2}$
۲) $\frac{\beta_1+\beta_2}{2}$
۳) $\frac{\beta_1\beta_2}{\beta_1+\beta_2}$
۴) $\frac{\beta_1^2\beta_2^2}{\beta_1+\beta_2}$

$I_{S_1} = I_{S_2}$

$\beta_1 \neq \beta_2$



$$I_C = I_S\, e^{\frac{V_{BE}}{V_T}}$$



$$\frac{I_C}{\beta_1}+\frac{I_C}{\beta_2}$$

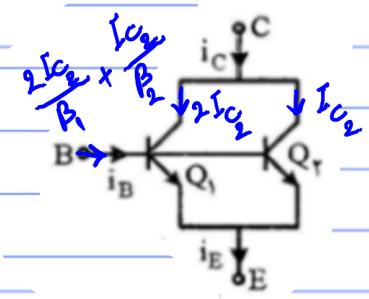
$V_{BE_1} = V_{BE_2} \xrightarrow{\text{مساوی}} I_{C_1} = I_{C_2}$

$$\frac{i_C}{i_B} = \frac{I_C + I_C}{\frac{I_C}{\beta_1}+\frac{I_C}{\beta_2}} = \frac{2}{\frac{1}{\beta_1}+\frac{1}{\beta_2}} = \frac{2\beta_1\beta_2}{\beta_2+\beta_1}$$

تمرین: اگر مساحت پیوند بیس امیتر Q_1 ۲ برابر مساحت پیوند بیس امیتر Q_2 باشد β معادل را حساب کنید.

جواب: $\beta = \frac{3\beta_1\beta_2}{2\beta_2+\beta_1}$

$I_{S_1} = 2I_{S_2}$ ، $V_{BE_1} = V_{BE_2} \longrightarrow I_{C_1} = 2I_{C_2}$



$$\beta' = \frac{i_C}{i_B} = \frac{I_{C_2}+2I_{C_2}}{\frac{2I_{C_2}}{\beta_1}+\frac{I_{C_2}}{\beta_2}} = \frac{1+2}{\frac{2}{\beta_1}+\frac{1}{\beta_2}}$$

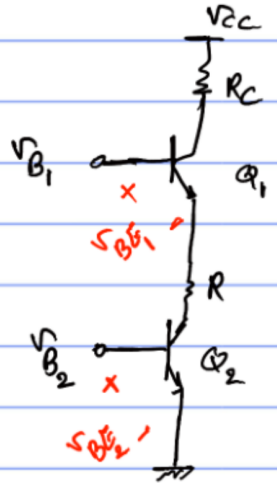
$$= \frac{3\beta_1\beta_2}{2\beta_2+\beta_1}$$

ترانزیستورهای موازی و مشابه:

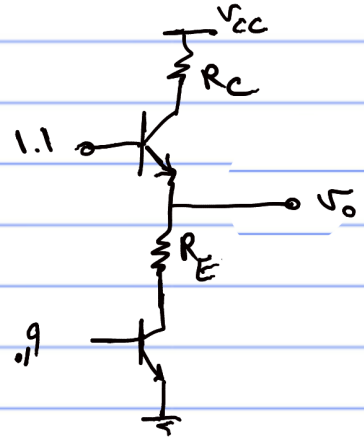
$V_{BE_1} = V_{BE_2}$, $I_{S_1} = I_{S_2} \Rightarrow I_{C_1} = I_{C_2}$

ترانزیستور سری و مشابه:

$I_{C_1} = I_{C_2}$, $I_{S_1} = I_{S_2} \Rightarrow V_{BE_1} = V_{BE_2}$



سری و مشابه $\Rightarrow V_{BE_1} = V_{BE_2}$



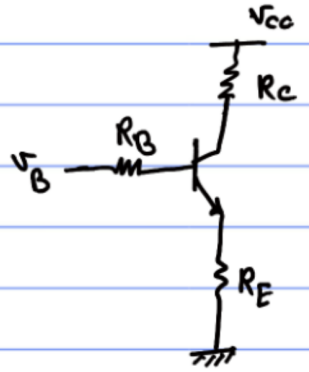
مثال: با فرض اینکه ترانزیستورها مشابه هستند V_o چند ولت است؟

$V_{CC}=6V$, $R_E=2k$, $R_C=1K$

I_S برابر
سری: $I_C = I_C$ $\Big\} \Rightarrow V_{BE_1} = V_{BE_2}$

$V_{BE_1} = 0.9 \longrightarrow V_{BE_2} = 0.9 \longrightarrow V_o = 1.1 - 0.9 = 0.2$

عوامل تغییر ناحیه کار



فرض کنید در ناحیه‌ی فعال هستیم با تغییرات متغیرها ناحیه کار چگونه به اشباع می‌رود.

$i_C \uparrow \longrightarrow V_C \downarrow \longrightarrow V_{CE} \downarrow \longrightarrow$ اشباع

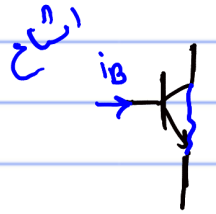
$V_B \uparrow \longrightarrow i_B \uparrow \longrightarrow i_C \uparrow \longrightarrow V_C \downarrow \longrightarrow V_{CE} \downarrow \longrightarrow$ اشباع

$R_B \downarrow \longrightarrow i_B \uparrow \longrightarrow i_C \uparrow \longrightarrow V_C \downarrow \longrightarrow V_{CE} \downarrow \longrightarrow$ اشباع

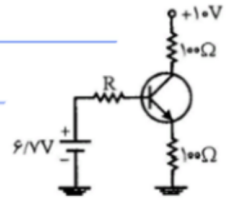
$R_E \downarrow \longrightarrow i_B \uparrow \longrightarrow i_C \uparrow \longrightarrow V_C \downarrow \longrightarrow V_{CE} \downarrow \longrightarrow$ اشباع

$V_{CC} \downarrow \longrightarrow \downarrow V_C = V_{CC} - R_C i_C \longrightarrow V_{CE} \downarrow \longrightarrow$ اشباع

$R_C \uparrow \longrightarrow \downarrow V_C = V_{CC} - R \uparrow i_C \longrightarrow V_{CE} \downarrow \longrightarrow$ اشباع

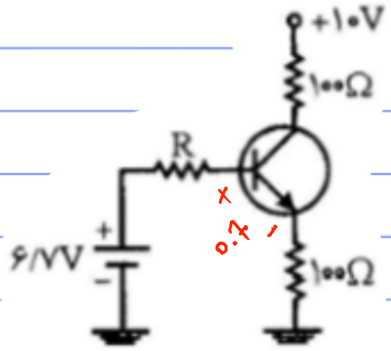


در مدار مقابل $V_{BE}=0/7[V]$ ، $V_{CE\,sat}\approx 0[V]$ ، $\beta=100$. به ازای چه مقداری از R ترانزیستور در ناحیه‌ی اشباع قرار می‌گیرد؟ (مهندسی ابزاردقیق - ۸۷)



۱) $R>1[k\Omega]$ ۲) $R>2[k\Omega]$ ۳) $R<1[k\Omega]$ ۴) $R<2[k\Omega]$

راه اول: برای اشباع $V_{CE}=V_C-V_E<0$



$$I_C=\frac{6.7-0.7}{0.1+\frac{R}{100}}$$

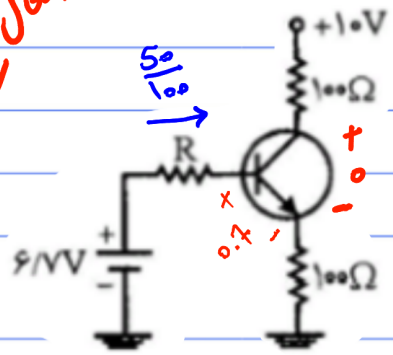
$$V_C=10-0.1I_C$$
$$V_E=0.1I_C \longrightarrow V_{CE}=10-0.2I_C$$

$$V_{CE}=10-0.2\left(\frac{6}{0.1+\frac{R}{100}}\right)<0 \longrightarrow R<\{\}$$

راه دوم: R پس اگر از یک حدی کمتر شود I_C ↑ ← اشباع می‌شود.

و عدد گزینه‌ها حد اشباع و فعال است.

حد فعال اشباع



$\frac{5}{100}$ → ↓ $\frac{10-0}{0.1+0.1}=50mA$

$$-6.7+\frac{50}{100}\times R+0.7+0.1\times 50=0$$

حد فعال اشباع $R=2k$

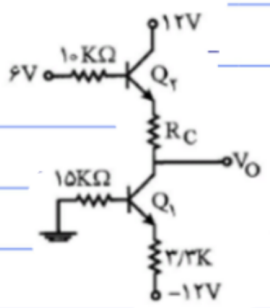
اگر $R<2k$ ← ترانزیستور اشباع می‌شود.

R_C برای این که V_O در حالت DC صفر باشد، کدام گزینه صحیح است؟

(مهندسی برق - آزاد (سایر گرایش‌ها) ۸۳)

$\beta = ۲۰۰$

$V_{BE} = ۰/۶[V]$

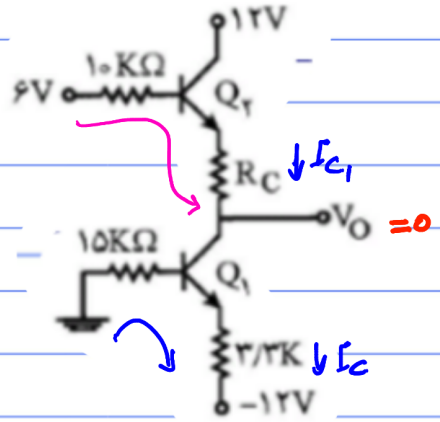


۱) $R_C = ۴/۷[k\Omega]$

۲) $R_C = ۲/۲[k\Omega]$

۳) $R_C = ۳/۳[k\Omega]$

۴) $R_C = ۶/۶[k\Omega]$



برای طراحی مقاومت باید یه حلقه پیدا کنیم که

تمام جریان‌ها و ولتاژها را بدانیم و KVL بزنیم!

$$I_{C_1} = \frac{12 - 0.6}{3.3 + \frac{15}{200}} = \frac{11.4}{3.3} = 3.4mA$$

$$I_C = 3.4$$

$$-6 + \frac{10 I_{C_1}}{200} + 0.6 + R_C I_C = 0 \rightarrow -6 + \cancel{\frac{34}{200}} + 0.6 + 3.4 R_C = 0$$

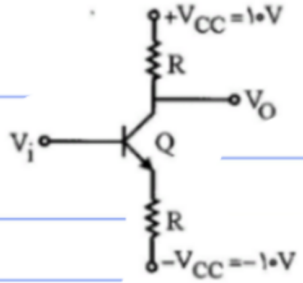
$$R_C = \frac{5.4}{3.4} = 1.58\ k$$

در گزینه‌ها نیست!

- در مدار شکل مقابل به ازاء سیگنال ورودی برابر با ۱۵V مقدار خروجی چه‌قدر خواهد بود؟

(مهندسی ابزار دقیق - ۸۲)

$V_{CE}(sat) = ۰V$, $\beta = ۱۰۰$, $V_{BE} = ۰/۶V$



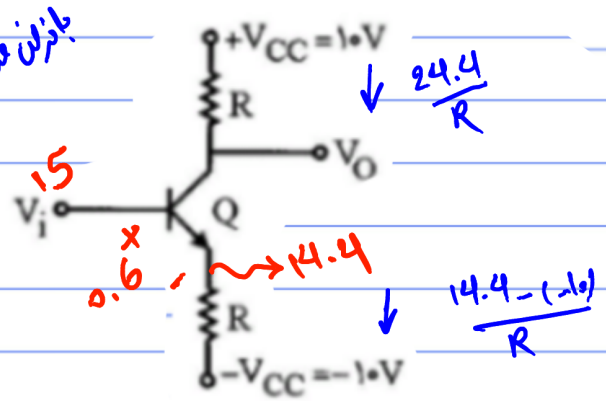
۱) +۱۰V

۲) -۱۰V

۳) +۱۴/۴V

۴) چون $V_O > V_\infty$ می‌شود ترانزیستور، می‌سوزد.

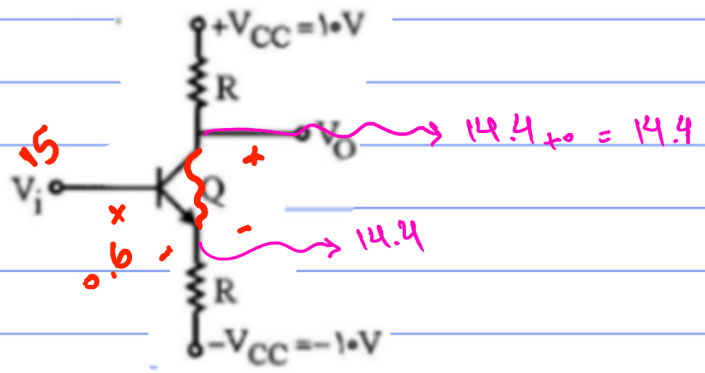
بافرض فعال



$V_o = 10 - R\left(\frac{24.4}{R}\right) = -14.4$

$V_{CE} = -14.4 - (14.4) < 0$

اشباع بافرض فعال حل می‌کنیم

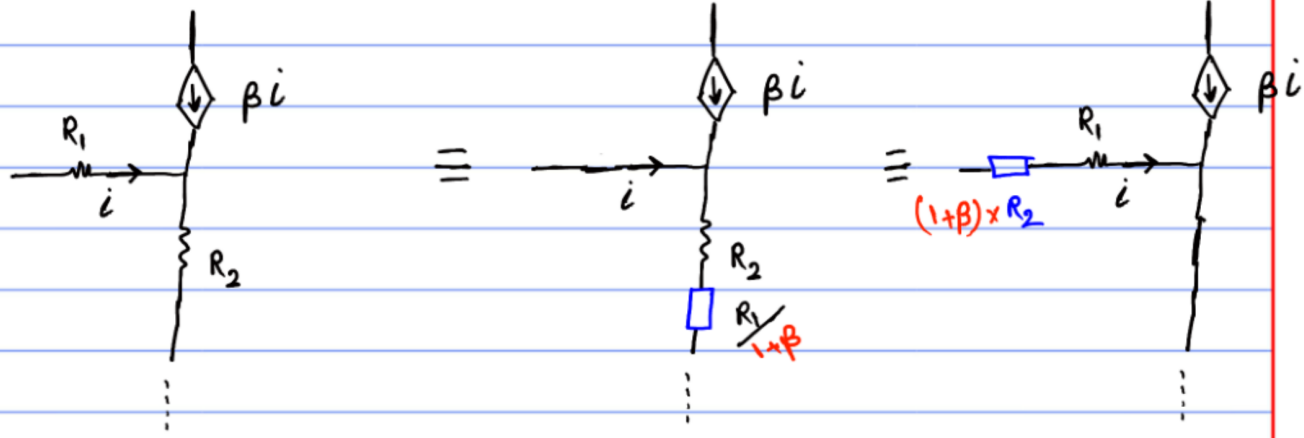


مدار شبه سری



KVL: $R_1 i + R_2 (1+\beta i) + \cdots$

یعنی اینکه می‌توان مقاومت R_2 را به قسمت پایین منتقل (انعکاس) داد به طوری که KVL تغییر نکند لذا باید با ضریب $\frac{1}{1+\beta}$ به قسمت جریانی بالا منتقل شود.



تعمیم به ترانزیستور:

