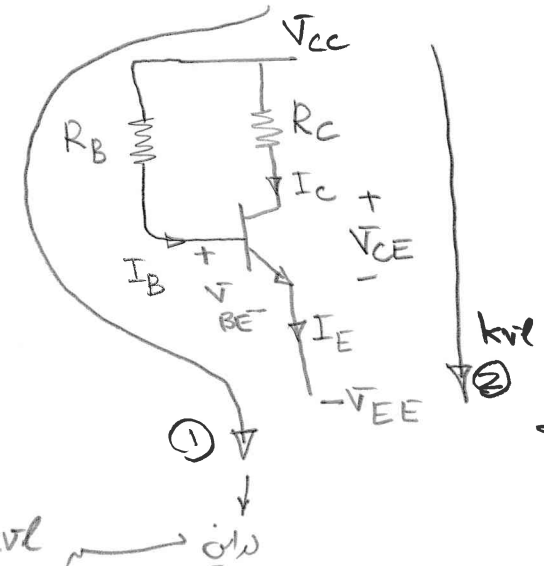
انواع مدارات برای بایاس DC ترانزیستور BJT:

1. مدار بایاس ساده:

تنها ولتاژ معلوم ولتاژ V_{BE} است.



$$kvl: \; -V_{CC} + R_B I_B + V_{BE} - V_{EE} = 0$$

$$\Rightarrow I_B = \frac{V_{CC} + V_{EE} - V_{BE}}{R_B}$$

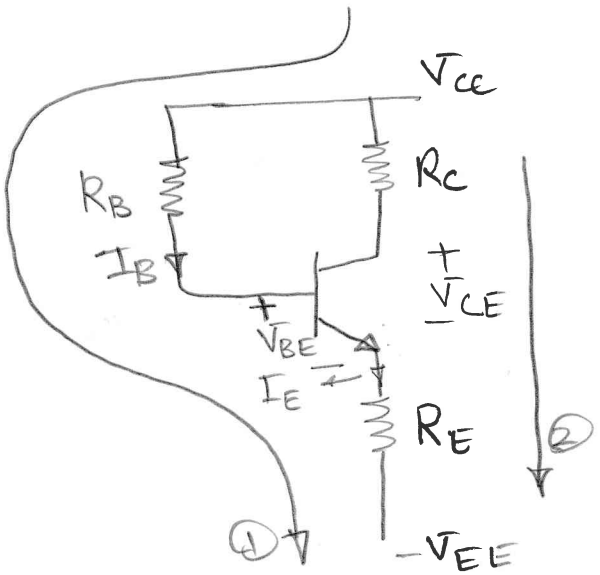
$$I_C = \beta I_B$$

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

$$I_C \cong I_E$$

$$kvl\,2: \; -V_{CC} + R_C I_C + V_{CE} - V_{EE} = 0 \rightarrow \boxed{V_{CE} = V_{CC} + V_{EE} - R_C I_C}$$

2. مدار بایاس با وجود مقاومت امیتر:



$$kvl: \begin{cases} -V_{CC} + R_B I_B + V_{BE} + R_E I_E - V_{EE} = 0 \\ I_E = (1+\beta) I_B \end{cases}$$

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

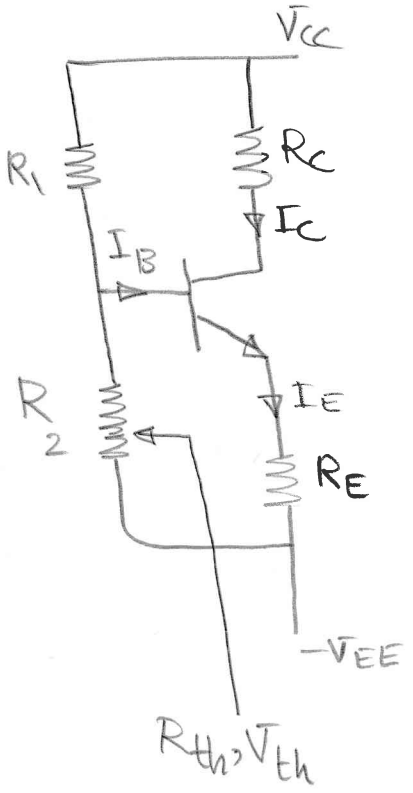
$$I_C = \beta I_B \,, \; I_C \simeq I_E$$

$$kvl\,2: \; -V_{CC} + R_C I_C + V_{CE} + R_E I_E - V_{EE} = 0$$

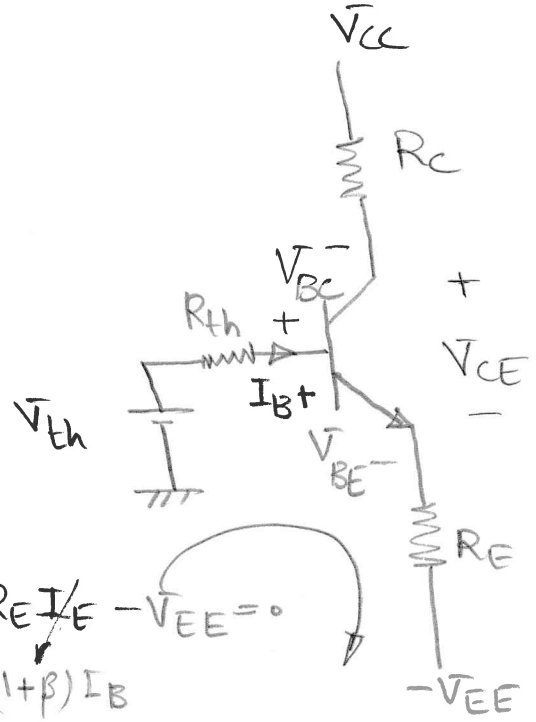
$$\Rightarrow \boxed{V_{CE} = V_{CC} + V_{EE} - (R_C + R_E) I_C}$$

نکته: وقتی شود که مقاومت R_E باعث پایداری حرارتی و تثبیت نقطه کار می‌شود

۳ بایاس تقسیم ولتاژ:



$$\begin{cases} R_{th} = R_1 \| R_2 \\ V_{th} = \dfrac{R_2 V_{CC} + R_1(-V_{EE})}{R_1 + R_2} \end{cases}$$



kvl:

$$-V_{th} + R_{th} I_B + V_{BE} + R_E I_E - V_{EE} = 0$$

$I_E = (1+\beta) I_B$

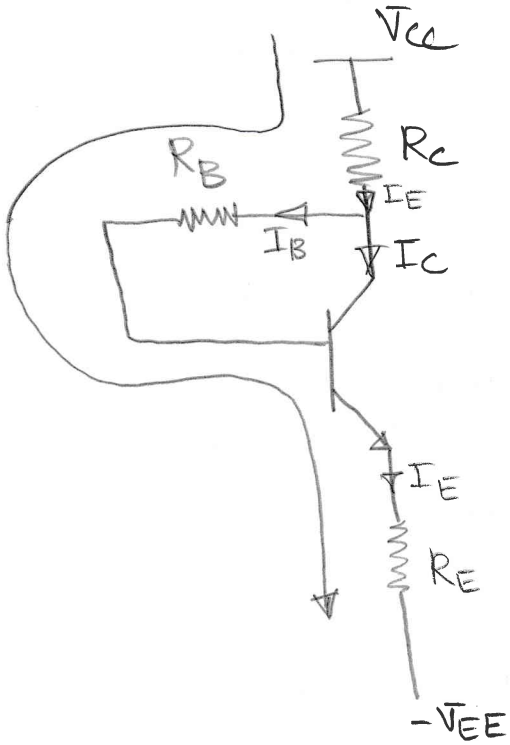
$$I_B = \frac{V_{th} + V_{EE} - V_{BE}}{R_{th} + (1+\beta) R_E}$$

$$I_C = \beta I_B \,, \quad I_C \cong I_E$$

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

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

۲ بایاس گیری به طریق مقاومت فیدبک

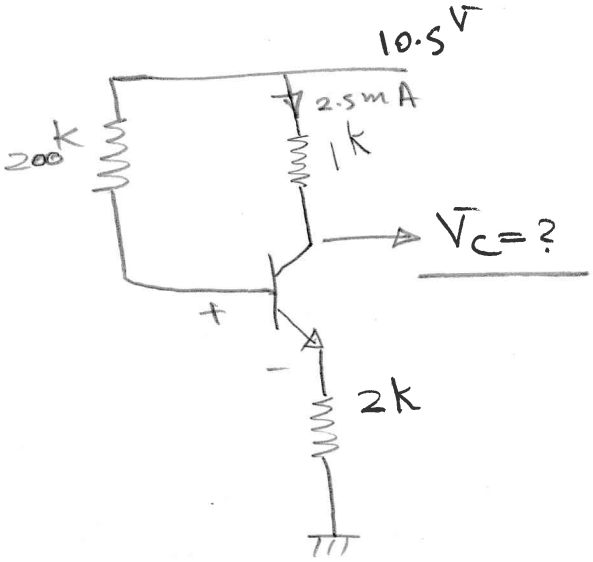


$$-V_{CC}+R_C I_E+R_B I_B+V_{BE}+R_E I_E-V_{EE}=0$$

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

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

$$\boxed{V_{CE}=V_{CC}+V_{EE}-(R_C+R_E)I_C}$$



$V_{BE}=0.5$

$\beta=99$

حل:

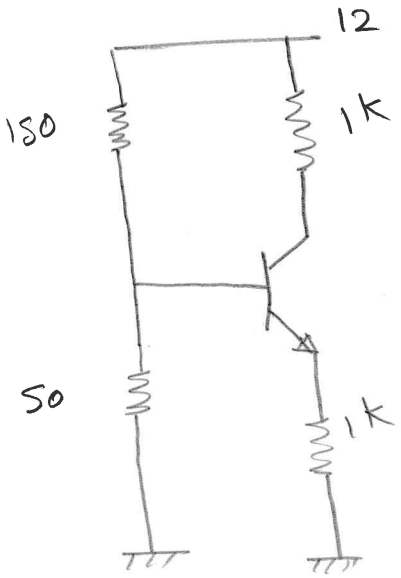
$$-10.5+200I_B+0.5+2I_E=0 \qquad I_E=(1+\beta)I_B$$

$$\rightarrow I_B=\frac{10.5-0.5}{200+2(1+\beta)}=0.02\ mA$$

$$I_C=\beta I_B=99I_B\simeq 100I_B=2.5\ mA$$

$$\rightarrow V_C=10.5-1\times 2.5=8\ V$$

39
E

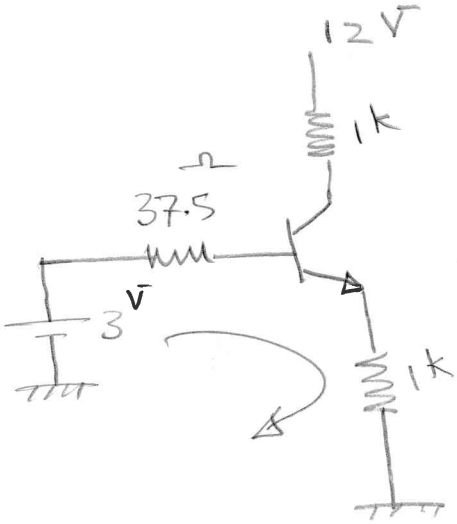


نقطه کار ترانزیستور را بدست آورید

$(I_C, V_{CE}) = ?$

$\beta = 350$

$V_{BE} = 0.5$



$$R_{th} = \frac{150 \times 50}{200} = 37.5\ \Omega$$

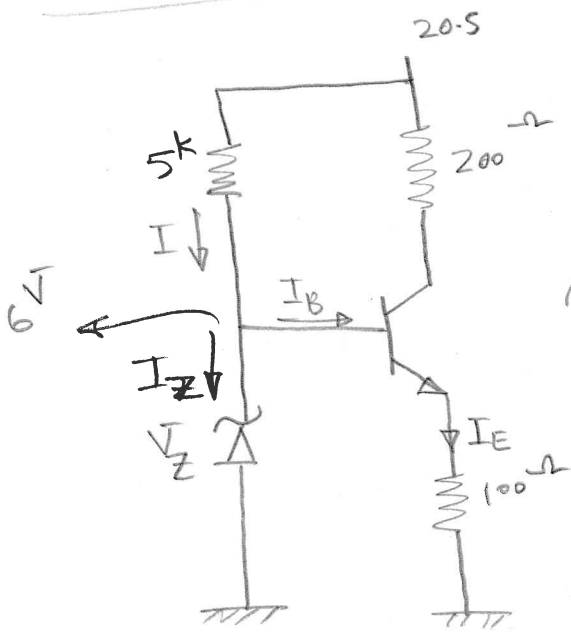
$$V_{th} = \frac{50 \times 12 + 0}{200} = 3\ V$$

$$-3 + 37.5\, I_B + 0.5 + 1000(1+380) I_B = 0$$

$$I_B = \frac{2.5}{350\,k} = 0.006\ mA \qquad I_C = 350 \times 0.006 = 2.5\ mA$$

$$-12 + 2.5 \times 1 + V_{CE} + 1 \times 2.5 = 0 \rightarrow V_{CE} = 7\ V$$

- مقدار توان تلفاتی در دیود زنر را بدست آورید



$P_Z = V_Z I_Z$

$V_B = 6\ V$ دیود زنر روشن است پس

$V_E = 5.5$

$\beta = 100$

$V_{BE} = 0.5$

$V_Z = 6\ V$

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{5.5}{100} = 0.055\ A = 55\ mA$$

$$I_B = \frac{I_E}{1+\beta} = \frac{55}{100} = 0.55\ mA$$

$$I = \frac{20.5 - 6}{5k} \ldots \qquad I_Z = I - I_B = \ldots$$

40
E

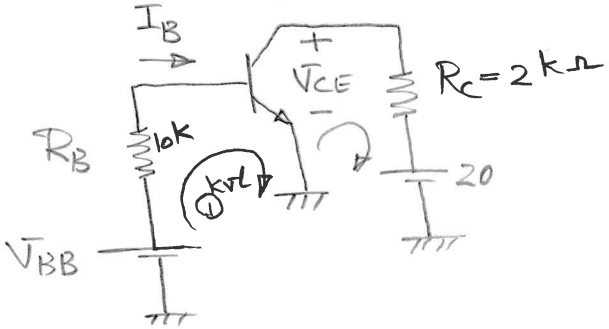
مثال: ترانزیستور سیلیکونی با $\beta = 100$ و $V_{BE}(ON) = 0.7$ $\quad V_{BE}(ON) = 0.7$

الف: I_C و V_{CE} را بیابید به ازای $V_{BB} = 1.2\,V$

Bias Base

ب: اگر V_{BB} از $2.7\,V$ افزایش یابد جریان I_C و ولتاژ V_{CE} چه تغییری می‌کند؟

ج: مقدار حداقل ولتاژ V_{BB} که ترانزیستور وارد اشباع می‌شود چقدر است؟



الف

$$KVL: \; -V_{BB} + R_B I_B + V_{BE} = 0$$

$$\rightarrow I_B = \frac{1.2 - 0.7}{10} = 0.05\,mA$$

$$I_C = \beta I_B = 5\,mA$$

$$KVL2: \; V_{CE} = 20 - 2 \times 5 = 10\,V$$

ب:

$$I_B = \frac{2.7 - 0.7}{10} = 0.2\,mA \rightarrow I_C = \beta I_B = 20\,mA$$

$$V_{CE} = 20 - 2^{k} \times 20^{mA} = -20\,V \rightarrow$$ ناحیه اشباع

ترانزیستور در ناحیه اشباع است $\rightarrow$ $V_{CE}(sat) = 0.2\,V$

$$KVL: \; -20 + R_C I_C + V_{CE}(sat) = 0$$

$$I_{C(sat)} = \frac{20 - 0.2}{2} = 9.9\,mA \qquad I_B = \frac{I_{C(sat)}}{\beta} = 0.099\,mA = 0.1\,mA$$

فرض ناحیه فعال ممکن است نباشد بنابراین نتیجه می‌گیریم که فرض ناحیه فعال صحیح نیست و با مقدار جدید جریان بیس ترانزیستور وارد ناحیه اشباع شده است در نتیجه $V_{CE} = -20\,V$ می‌شود $V_{CE} = 0.2$

$$I_{C(sat)} < \beta I_B \qquad I_{C(sat)} = \beta_{min} I_B$$

41

E

$I_{B_{(min)}} = 0.1\ mA \longrightarrow -V_{BB} + R_B I_{B_{min}} + 0.8 = 0$

ج:

$\longrightarrow V_{BB} = 1.8\ V$

$V_{BE} = 0.8 \leftarrow V_{BE} > V_{BE(ON)}$ در ناحیه اشباع

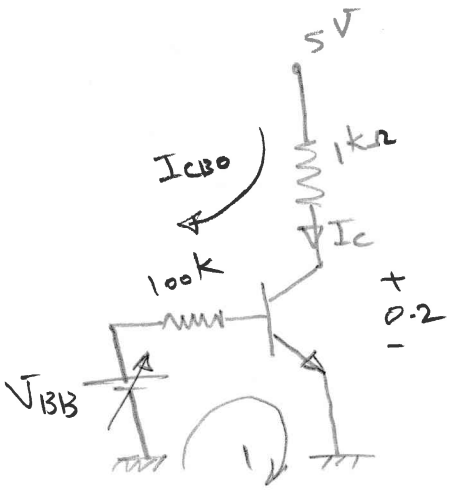
مثال: مدار شکل زیر یک طبقه ترانزیستوری را نشان می‌دهد. برای ترانزیستور بکار رفته: $100 < \beta < 200$

$V_{BE(ON)} = 0.5$

$I_{CBO} = 0.1\ \mu A$ است.

الف: حداقل جریان I_B که ترانزیستور را به حالت اشباع می‌برد چقدر است؟

ب: حداکثر ولتاژ V_{BB} که با ازای آن ترانزیستور در حالت قطع خواهد بود چقدر است؟



در حالت اشباع $V_{CE(Sat)} = 0.2$

$-5 + 1 \times I_C + 0.2 = 0 \longrightarrow I_C = 4.8\ mA$

$I_B = \frac{I_C}{\beta_{min}} = \frac{4.8}{100} = 48\ \mu A$

در حالت قطع I_{CBO} داریم

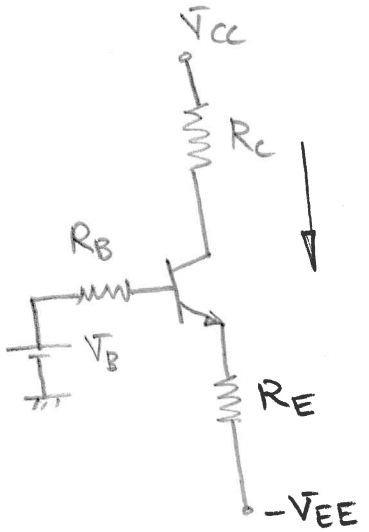
$V_{BE(cut)} = 0$

kvl: $-V_{BB} - R_B I_{CBO} + 0 = 0 \Rightarrow V_{BB} = -100 \times 10^3 \times 0.1 \times 10^{-6} = -0.1 \times 10^{-1}\ V$

$= -0.01\ V$

سال ۱: ۲، ۵، ۶، ۷، ۱۰، ۱۶، ۲۲

معادله خط بار DC : برای بدست آوردن آن در مسیر شامل کلکتور می‌نویسیم KVL



$$-V_{CC}+R_CI_C+V_{CE}+R_EI_E-V_{EE}=0$$

$$V_{CC}+V_{EE}=R_CI_C+I_ER_E+V_{CE}$$

$$I_C\cong I_E$$

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

که در صورت صفر بودن V_{EE} داریم:

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

حال نقطه محل تقاطع خط بار DC با منحنی‌های (I_C-V_{CE}) نقطه کار مدار می‌باشد که از دو نوع است

که بهترین نقطه برای نقطه کار ترانزیستور وسط خط بار DC می‌باشد

شیب خط بار DC, AC :

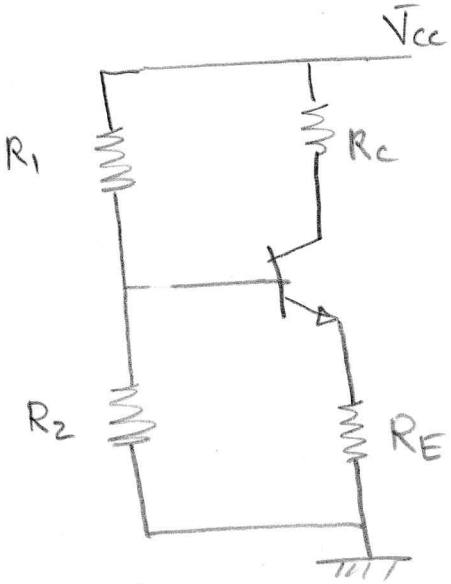
۱. برای محاسبه کردن شیب خط بار DC:

$$m_{dc}=\frac{-1}{\text{تعداد خانه‌های dc در محله فرعی از } V_{CC} \text{ به سمت } V_{EE}}$$

$$m_{dc}=$$

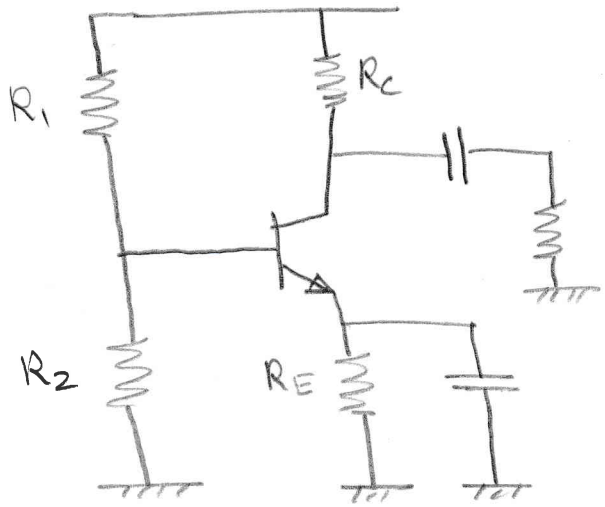
$$m_{ac}=\frac{-1}{\text{مجموع تعداد خانه‌های ac فرعی از } V_{CE} \text{ به سمت } V_{EE}}$$

43
E



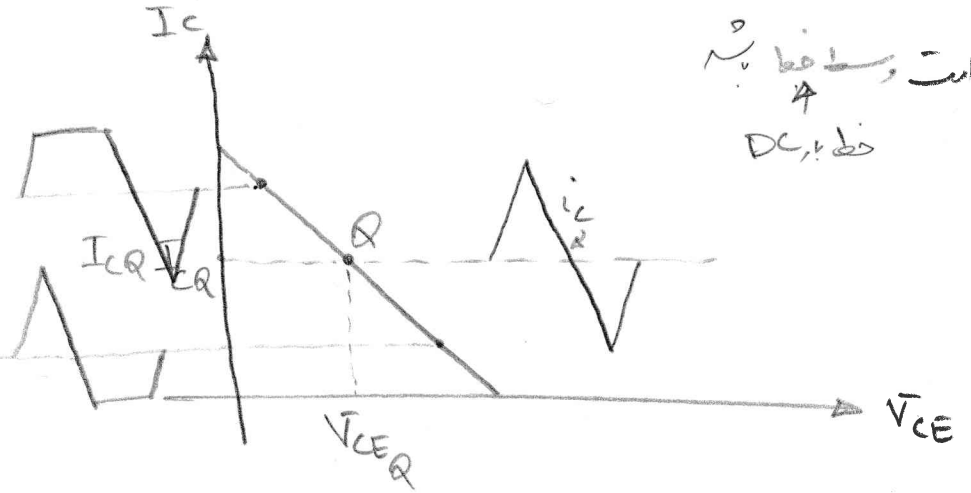
$$m_{dc} = \frac{-1}{R_C + R_E}$$

$$m_{ac} = \frac{-1}{R_C + R_E}$$



$$m_{dc} = \frac{-1}{R_C + R_E}$$

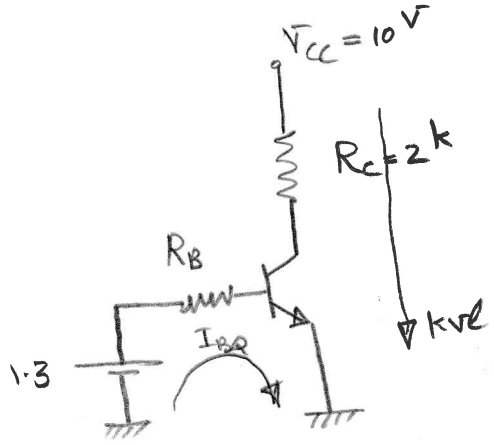
$$m_{ac} = \frac{-1}{R_C \parallel R_L}$$



نقطه کار DC همیشه روی خط بار DC است

Q : نقطه کار را روی خط بار DC می‌گیریم

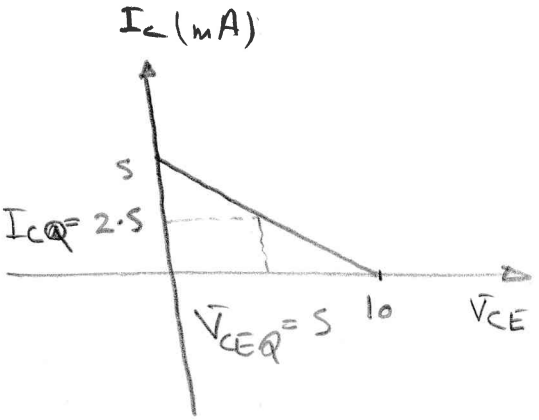
مثال: مقدار R_B را طوری تعیین کنید که نقطه کار وسط خط بار DC شود.



$V_{CE}(sat)=0.2$

$V_{BE}=0.7$

$\beta=125$



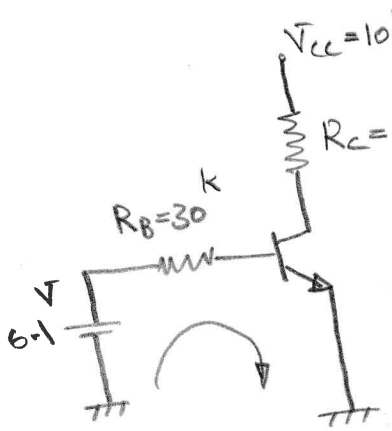
kvl

$-10+2I_C+V_{CE}=0 \rightarrow V_{CE}=10-2I_C$

$$I_{BQ}=\frac{I_{CQ}}{\beta}=\frac{2.5}{125}=0.02^{mA}$$

$$-1.3+R_B\times 0.02+0.7=0 \rightarrow R_B=\frac{1.3-0.7}{0.02}=30^{k\Omega}$$

با بودن R_B مدار در ناحیه فعال است. ولی $V_B=6.1^V$ نشان میدهد نقطه کار جابجا شده است.



$$-6.1+30I_B+0.7=0 \rightarrow I_B=\frac{6.1-0.7}{30}=0.2^{mA}$$

$I_C=\beta I_B=125\times 0.2=25^{mA}$

kvl: $-10+2I_C+V_{CE}=0$

$\rightarrow V_{CE}=-40^V$ فرض اشباع نادرست

$V_{CE}(sat)=0.2$ ← ترانزیستور در ناحیه اشباع است

$\rightarrow$ kvl: $-10+2I_C+V_{CE}=0 \rightarrow -10+2I_C+0.2=0 \rightarrow I_C=4.9^{mA}$ (sat)

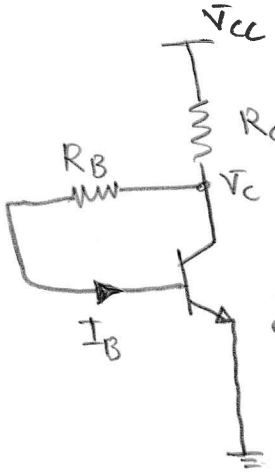
45
E

$$\beta_f = \frac{I_{C(sat)}}{I_B} = \frac{4.9}{0.2} = 24.5 < \beta$$

برای اطمینان از اشباع کلکتور β_f همواره کمتر از β می‌شود

جلوگیری از رانش حرارتی:

برای پیشگیری از رانش حرارتی در ترانزیستور باید کاری کرد که هرافزایش جریان کلکتور بتواند زمینه را برای کاهش بعدی آن فراهم سازد. یکی از مدارهایی که برای جلوگیری از رانش حرارتی استفاده می‌شود مطابق شکل زیری باشد.



$$I_B = \frac{V_C - V_{BE}}{R_B}$$

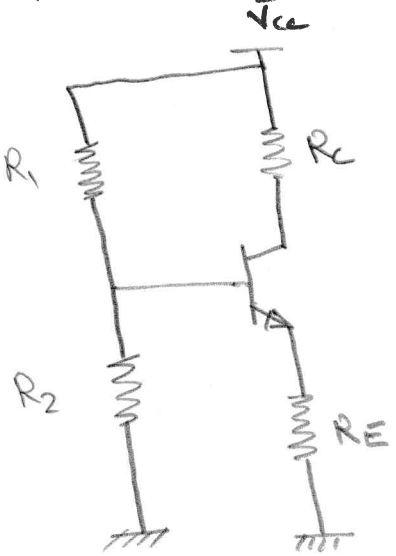
در افزایش I_C دمای نقطه C کاهش می‌یابد در نتیجه طبق رابطه

جریان بیس منبع تغذیه V_{BE} ثابت باشد با کاهش V_C، I_B کاهش

می‌یابد و نهایتاً کاهش I_C را نتیجه می‌دهد. بدین ترتیب پایداری لازم برای جریان

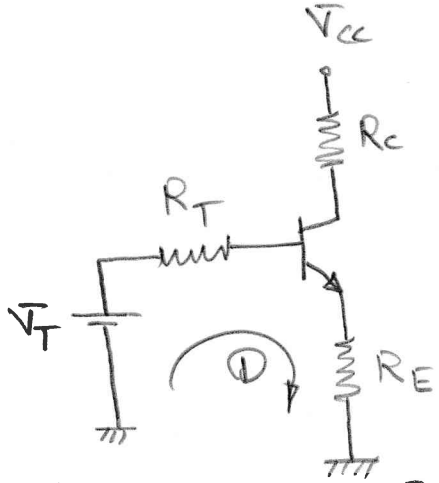
کلکتور تامین می‌شود.

از دیگر راههای پیشگیری، اضافه کردن مقاومت در امیتر است. در مدار شکل زیر که به مدار خود بایاس معروف است. از دو مقاومت R_1 و R_2 برای بایاس بیس استفاده شده است. که با انتخاب مناسب R_1 و R_2 علاوه بر ثبات حرارتی مدار نسبت به تغییرات β پایداری خوبی از خود نشان می‌دهد



$$\begin{cases} R_T = R_1 \| R_2 = \dfrac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \\ V_T = \dfrac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{CC} \end{cases}$$

$$\begin{cases} R_1 = R_T \left(\dfrac{V_{CC}}{V_T} \right) \\ R_2 = \dfrac{R_T}{1 - \dfrac{V_T}{V_{CC}}} \end{cases}$$



$$-V_T + R_T I_B + V_{BE} + R_E I_E = 0$$

$$I_E = \frac{V_T - V_{BE}}{R_E + \dfrac{R_T}{1+\beta}}$$

$$R_E \gg \frac{R_T}{1+\beta}$$ برای اینکه جریان امیتر I_E وابسته به β نباشد باید

$$R_T \ll R_E(1+\beta_{min})$$

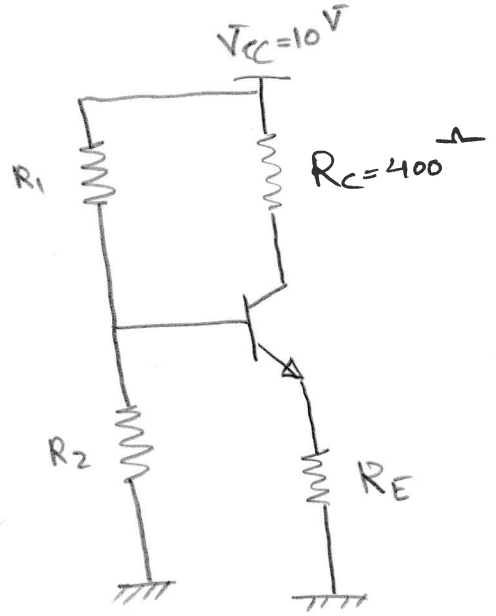
در عمل کافی است در حدود ۰.۱ مقدار $(1+\beta_{min})R_E$ انتخاب شود.

$$R_T = 0.1\, R_E(1+\beta_{min})$$

$$I_C \simeq I_E = \frac{V_T - V_{BE}}{R_E}$$ I_C مستقل از β می‌شود

مثال: در مدار شکل زیر $V_{CC}=10^V$ ، $R_C=400^\Omega$ و برای ترانزیستور بکار رفته $40 < \beta < 120$

مقادیر مقاومت‌های R_1 ، R_2 ، R_E را طوری تعیین کنید که نقطه کار ترانزیستور در $I_C=10^{mA}$ ، $V_{CE}=5^V$ قرار گیرد.



حلقه DC: $-10 + 400 I_C + V_{CE} + R_E I_C = 0$

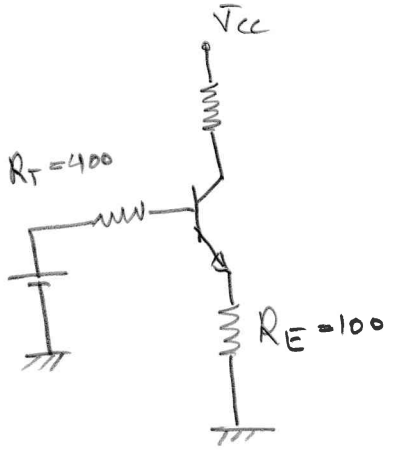
I_C ← 10 ، V_{CE} ← 5 ، I_C ← 10

$$\rightarrow R_E = 100^\Omega$$

$$\begin{cases} I_C = 10^{mA} \\ V_{CE} = 5^V \end{cases}$$

$$R_1 = R_T\left(\frac{V_{CC}}{V_T}\right)$$

$$R_T = 0.1\, R_E(1+\beta_{min}) = 0.1 \times 100\,(1+40) = 400^\Omega$$



$$-V_T + R_T \underbrace{I_B}_{\left(\frac{I_C}{\beta_{ave}}\right)} + V_{BE} + R_E I_C = 0$$

$\beta_{ave} = 80 \rightarrow V_T = 1.75^V$

$$R_1 = 400\left(\frac{10}{1.75}\right) = 2.3^K$$

$$R_2 = 485$$

تحلیل AC ترانزیستور :

۱. مدارهای معادل هایبرید :

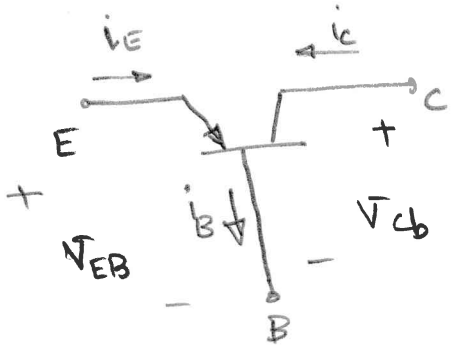
$$h_{12} = h_r = \left.\frac{V_i}{V_o}\right|_{I_i=0}$$ نسبت انتقال معکوس ولتاژ

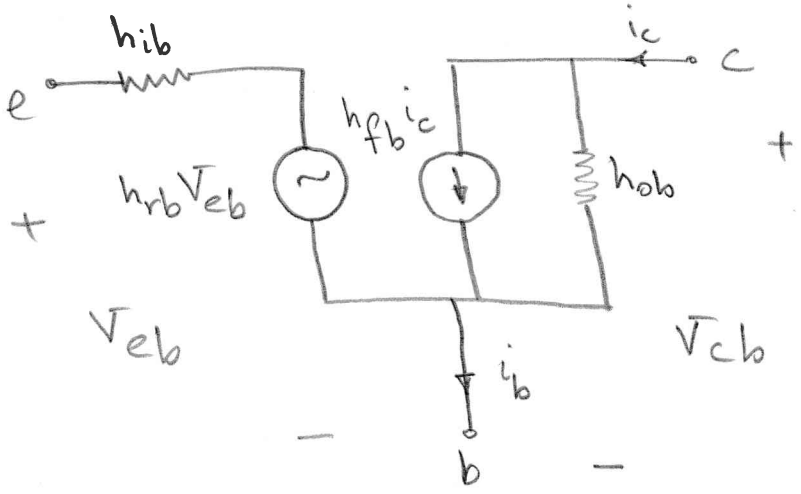
$$h_{11} = h_i = \left.\frac{V_i}{I_i}\right|_{V_o=0}$$ امپدانس ورودی اتصال کوتاه

$$h_{21} = h_f = \left.\frac{I_o}{I_i}\right|_{V_o=0}$$ نسبت انتقال جریان مستقیم

$$h_{22} = h_o = \left.\frac{I_o}{V_o}\right|_{I_i=0}$$ هدایت خروجی

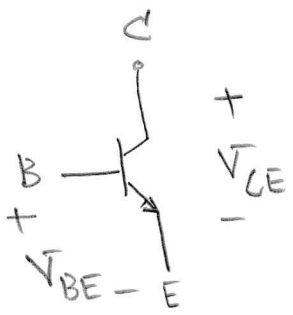
مدار معادل هایبرید ترانزیستورهای npn و pnp برای کانفیگ امیتر مشترک و بیس مشترک بصورت زیر است

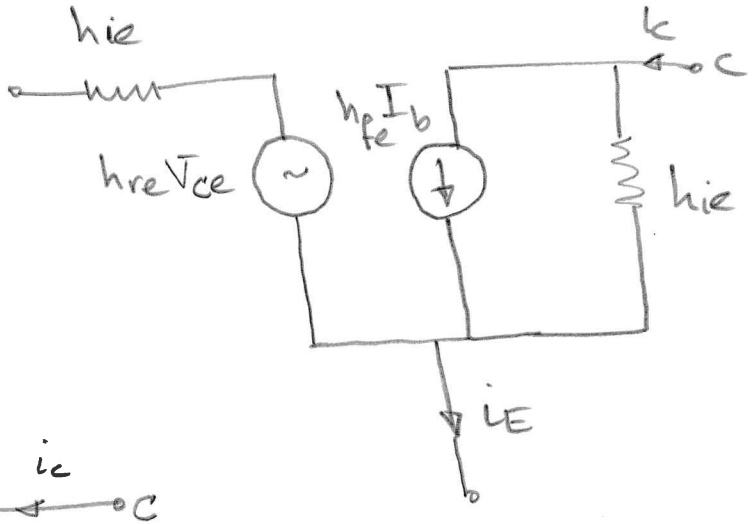


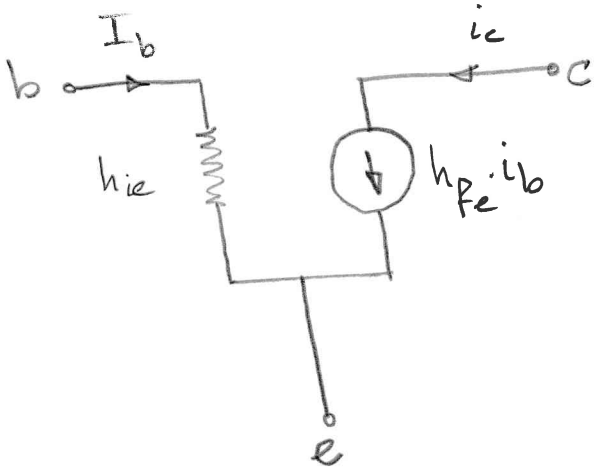


مدار معادل حالت بیس مشترک

مدار معادل در حالت امیتر مشترک:







روابط موجود:

رابطه بین مشترک:

$$h_{ib} = \frac{h_{ie}}{1+h_{fe}} \cong r_e$$

$$h_{fb} = \frac{-h_{fe}}{1+h_{fe}} = -\alpha$$

$$h_{rb} = \frac{h_{ie} \cdot h_{oe}}{1+h_{fe}} - h_{re}$$

$$h_{ob} = \frac{h_{oe}}{1+h_{fe}}$$

گرایش کلکتور مشترک:

$$r_e = \frac{V_T}{I_E}$$

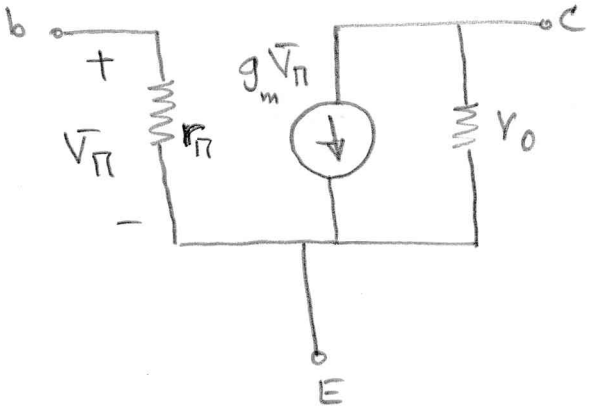
$$h_{ic} = h_{ie} = h_{fe} \cdot r_e$$

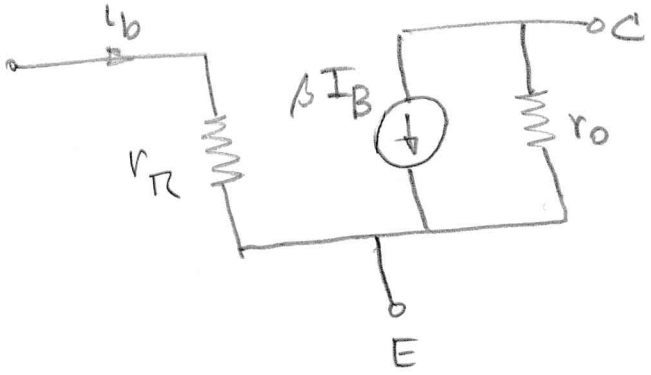
$$h_{fc} = -(1 + h_{fe})$$

$$h_{rc} = 1 - h_{re}$$

$$h_{oc} = h_{oe}$$

۲. مدار معادل Π





$$V_\Pi = r_\Pi \, i_b$$

$$r_\Pi = \frac{\beta}{g_m} \qquad g_m = \frac{1}{r_e} = \frac{I_E}{V_T}$$

روابط بین هایبرید و Π:

$$r_o = \frac{1}{h_{oe}} \qquad h_{ie} = r_\Pi \qquad \beta = h_{fe}$$

$$r_e = \frac{h_{ie}}{h_{fc}} \qquad g_m = \frac{h_{fc}}{h_{ie}}$$

50

47751
E

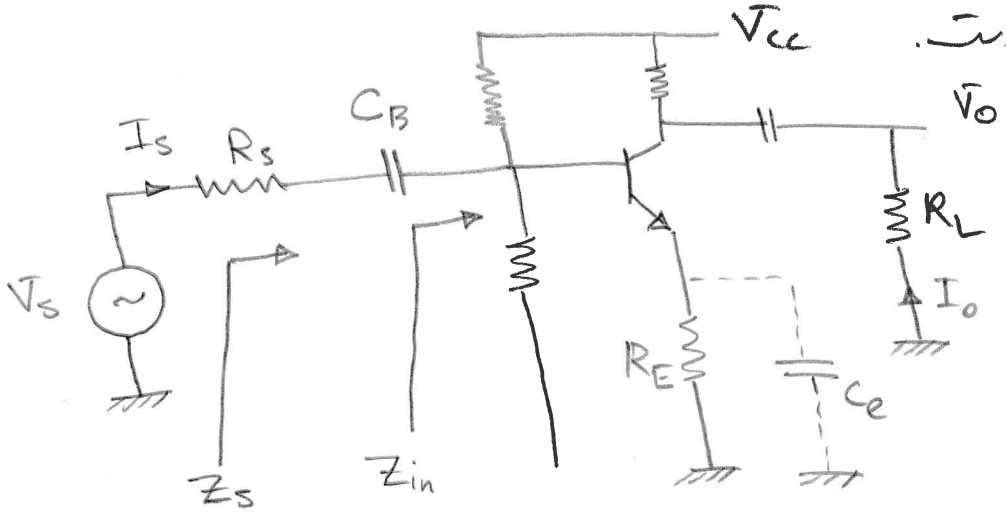
قوانین انعکاس امپدانس در BJT :

1. از دیدبیس مقاومتهای امپدانس در $(1+\beta)$ ضرب می‌شوند. یا بعبارتی اگر مقاومت امپدانس به بیس وارد شود در $(1+\beta)$ ضرب می‌شود
2. از دید امپدانس مقاومتهای بیس بر $(1+\beta)$ تقسیم می‌شوند یا بعبارتی مقاومتهای موجود در بیس اگر به امپدانس وارد شوند تقسیم بر $(1+\beta)$ می‌شوند

آرایشهای مختلف در ترانزیستور BJT جهت تقویت کنندگی :

الف: آرایش امیتر مشترک Common-Emitter-Configuration .

اگر سیگنال ورودی به بیس داده شود و سیگنال خروجی از کلکتور گرفته شود تقویت کننده امیتر مشترک نام دارد و ساختار آن بصورت زیر است.



سه راه در دو حالت حل کنیم

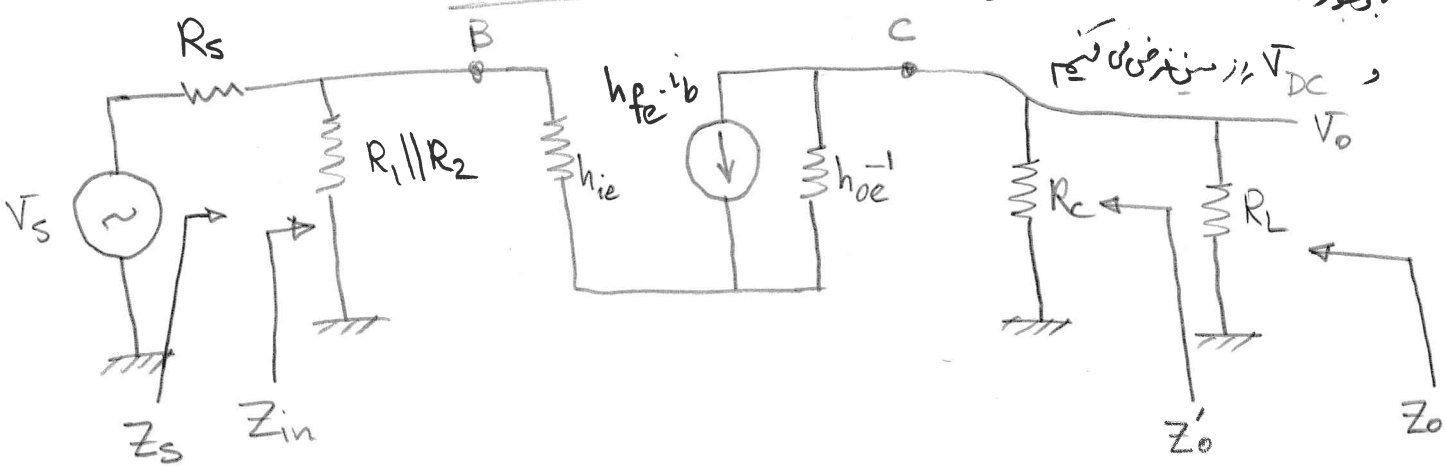
1. خازن موجود نباشد
2. خازن موجود نباشد

در حالت AC خازن اتصال کوتاه می‌شود و منابع DC را زمین می‌کنیم

با وجود خازن C_e مقاومت R_E حذف می‌شود

الف: خازن موجود دارد

و V_{DC} را زمین فرض می‌کنیم



52
E

$$\begin{cases} Z_{in} = R_1 \| R_2 \| h_{ie} \\ Z_S = R_S + Z_{in} = R_S + (R_1 \| R_2 \| h_{ie}) \end{cases}$$

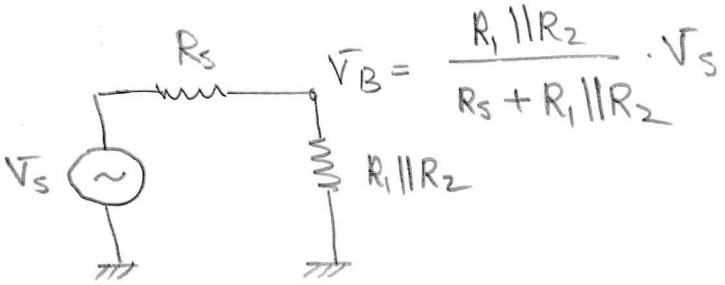
$$\begin{cases} Z'_0 = R_C \| \underline{h_{oe}^{-1}}_{r_0} \cong R_C \\ Z_0 = R_L \| Z'_0 \cong R_L \| R_C \end{cases}$$

$$A_V = \frac{\bar{V}_0}{\bar{V}_B} \qquad A_{V_S} = \frac{\bar{V}_0}{\bar{V}_S} = \frac{\bar{V}_0}{\bar{V}_B} \cdot \frac{\bar{V}_B}{\bar{V}_S}$$

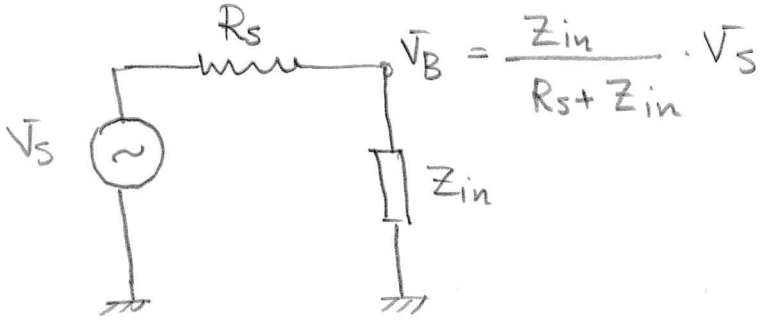
$$A_V = \frac{\bar{V}_0}{\bar{V}_B} = \frac{-h_{fe} \cdot i_b (R_C \| R_L)}{h_{ie} \cdot i_b} = \frac{-h_{fe}(R_C \| R_L)}{h_{ie}}$$

$$\frac{\bar{V}_B}{\bar{V}_S} = \frac{Z_{in}}{R_S + Z_{in}}$$

$$A_{V_S} = \frac{-h_{fe}(R_C \| R_L)}{h_{ie}} \cdot \frac{Z_{in}}{Z_{in} + R_S}$$



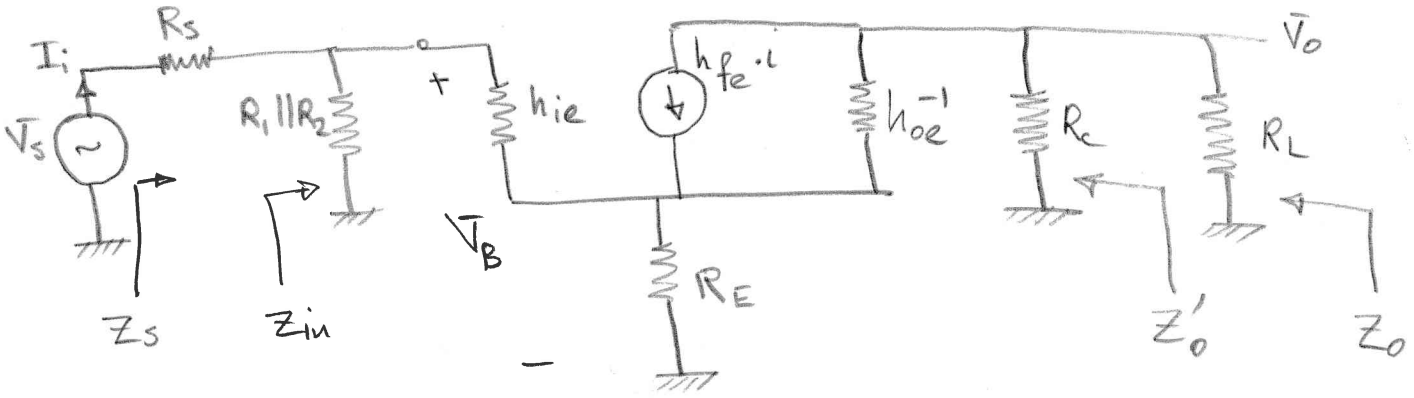
$$\bar{V}_B = \frac{R_1 \| R_2}{R_S + R_1 \| R_2} \cdot \bar{V}_S$$



$$\bar{V}_B = \frac{Z_{in}}{R_S + Z_{in}} \cdot \bar{V}_S$$

$$AI = \frac{I_0}{I_i} = |A_{V_S}| \times \frac{Z_S}{R_L}$$

۴. تقویت کننده Ce مشترک



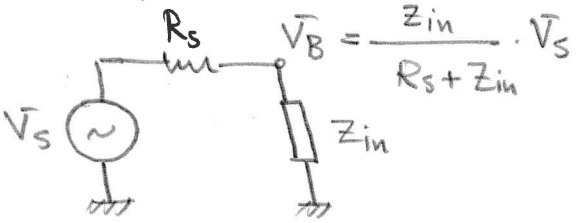
$$\begin{cases} Z_{in} = (R_1 \| R_2) \| (h_{ie} + (1+\beta) R_E) \\ Z_S = R_S + Z_{in} \end{cases}$$

$$\begin{cases} Z'_o = R_c \| h_{oe}^{-1} \cong R_c \\ Z_o = R_L \| Z'_o = R_L \| h_{oe}^{-1} \| R_c \cong R_L \| R_c \end{cases}$$

$$A_V = \frac{\bar{V}_o}{\bar{V}_B} \qquad A_{V_S} = \frac{\bar{V}_o}{\bar{V}_S} = \frac{\bar{V}_o}{\bar{V}_B} \times \frac{\bar{V}_B}{\bar{V}_S}$$

$$\frac{\bar{V}_o}{\bar{V}_B} = \frac{-h_{fe} \cdot i_b (R_L \| R_c)}{[h_{ie} + (1+\beta) R_E] \cdot i_b} \qquad \frac{\bar{V}_B}{\bar{V}_S} = \frac{Z_{in}}{R_S + Z_{in}}$$

$$A_{V_S} = \frac{-h_{fe} (R_L \| R_c)}{h_{ie} + (1+\beta) R_E} \cdot \frac{Z_{in}}{Z_{in} + R_S}$$



$$A_I = \frac{I_o}{I_i} = |A_{V_S}| \cdot \frac{Z_S}{R_L}$$

روش خلاصه شده محاسبه A_V در کلکتور مشترک:

$$A_V = \frac{V_o}{V_B} = \frac{-h_{fe} \cdot (\text{امپدانس دیده شده از خروجی})}{\text{امپدانس دیده شده از بیس}}$$

خازن C_e موجود نیست

$$A_V = \frac{V_o}{V_B} = \frac{-h_{fe}(R_C \| R_L)}{h_{ie} + (1+\beta) R_E}$$

خازن C_e موجود است

$$A_V = \frac{V_o}{V_B} = \frac{-h_{fe}(R_L \| R_C)}{h_{ie}}$$

نکات مهم در مورد تقویت کننده امیتر مشترک:

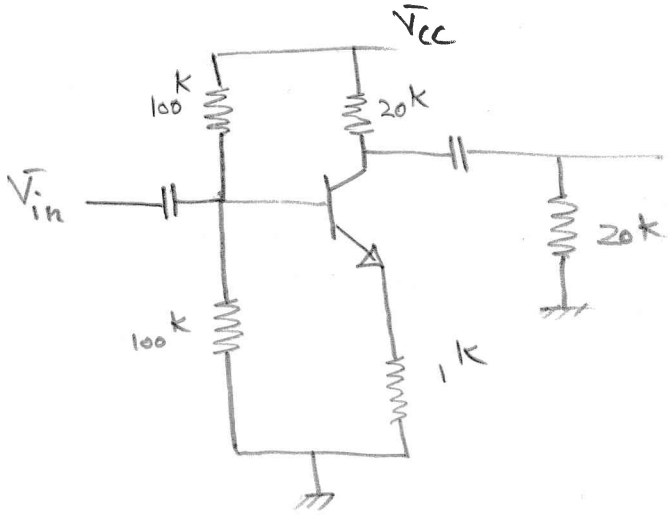
۱. تقویت کننده امیتر مشترک برای تقویت ولتاژ و توان مدارهای بکار می رود
۲. تقویت کننده امیتر مشترک دارای امپدانس ورودی خروجی متوسط است
۳. تقویت کننده امیتر مشترک دارای A_i و A_V زیاد است
۴. ولتاژ خروجی نسبت به ولتاژ ورودی در این تقویت کننده دارای اختلاف فاز 180° است
۵. اضافه کردن R_E یا عدم وجود C_e باعث کاهش شدید A_V می شود

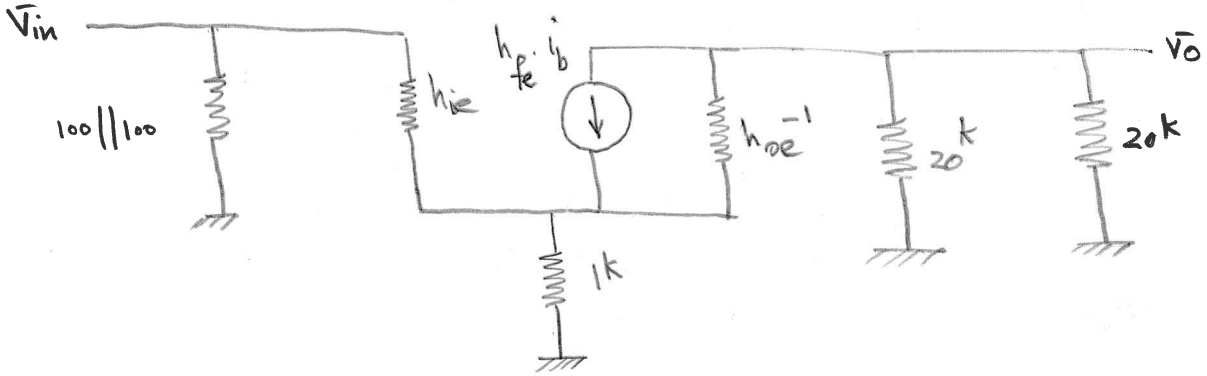
55
E

$h_{ie} = 500\,\Omega$

$\beta = 100$

دوباره مدار زیر را بیابید $\frac{\bar{V}_o}{\bar{V}_{in}}$





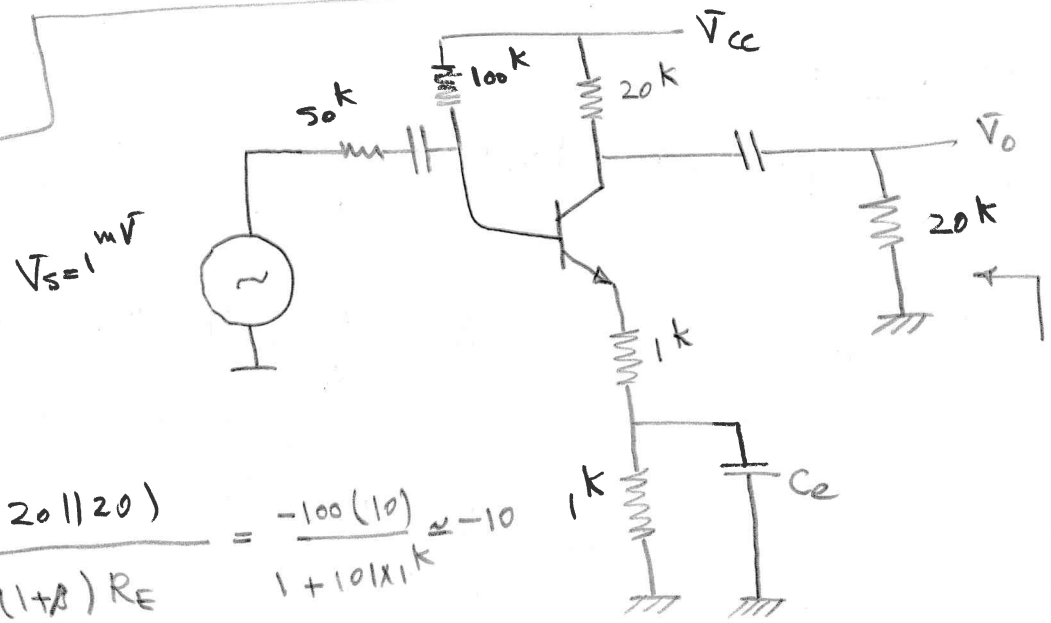
$$A_{\bar{V}} = \frac{-h_{fe}\,(20\,||\,20)}{h_{ie} + (1+\beta)\,1^{k}} = -10$$

$h_{fe} = \beta$

$\frac{\bar{V}_o}{\bar{V}_s} = ?$

$h_{ie} = 1^{k}$

$\beta = 100$



$$\frac{\bar{V}_o}{\bar{V}_{IB}} = \frac{-h_{fe}\,(20\,||\,20)}{h_{ie} + (1+\beta)\,R_E} = \frac{-100\,(10)}{1 + 101 \times 1^{k}} \simeq -10$$

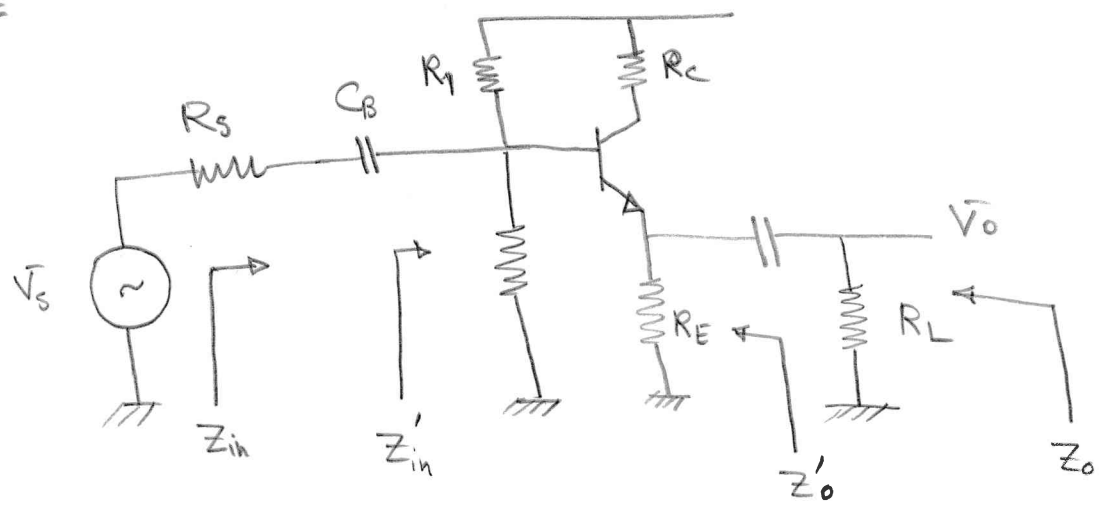
$$Z_{in} = 100\,||\,(h_{ie} + (1+\beta)\,R_E) = 50^{k}$$

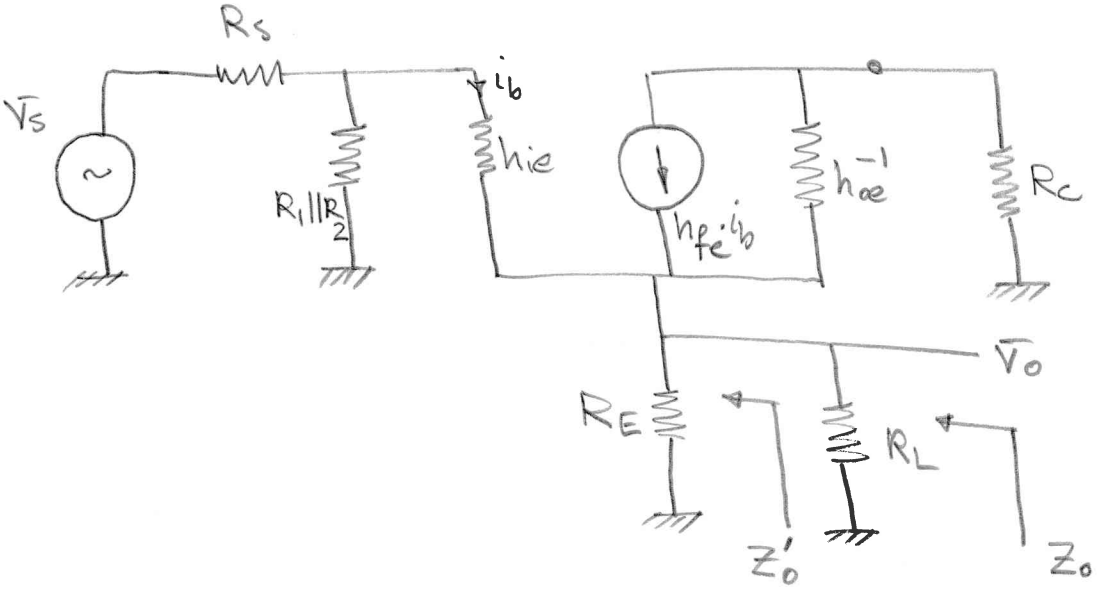
$$\frac{\bar{V}_{IB}}{\bar{V}_s} = \frac{Z_{in}}{50 + Z_{in}} = \frac{50}{50+50} = 0.5$$

$$A_{\bar{V}_s} = -10 \times 0.5 = -5 \rightarrow \bar{V}_o = -5 \times \bar{V}_s = -5^{mV}$$

S6
E

Common-Collector- Configuration





$$Z'_{in} = R_1 \| R_2 \| \left[h_{ie} + (1+\beta) R_E \| R_L \right]$$

$$Z_{in} = R_S + Z_{in}$$

$$Z'_o = R_E \| \left[\frac{h_{ie} + R_1 \| R_2 \| R_S}{1+\beta} \right]$$

$$Z_o = R_L \| Z'_o$$

$$A_{\bar{V}} = \frac{\bar{V}_o}{\bar{V}_B} = \frac{h_{fe}(R_E \| R_L) \cdot i_b}{\left(h_{ie} + (1+\beta) R_E \| R_L\right) \cdot i_b}$$

$$\frac{\bar{V}_B}{\bar{V}_S} = \frac{Z'_{in}}{Z'_{in} + R_S}$$

$$A_{\bar{V}S} = \frac{\bar{V}_o}{\bar{V}_B} \cdot \frac{\bar{V}_B}{\bar{V}_S}$$

$$|A_I| = |A_{\bar{V}S}| \cdot \frac{Z_{in}}{R_L}$$

روش خلاصه شده محاسبه $A_{\bar{V}}$ در آرایش کلکتور مشترک

$$A_{\bar{V}} = \frac{h_{fe}(\text{امپدانس دیده شده از امیتر})}{\text{امپدانس دیده شده از بیس تا امیتر}}$$

57
E

نکات مهم در مورد کلکتور مشترک:

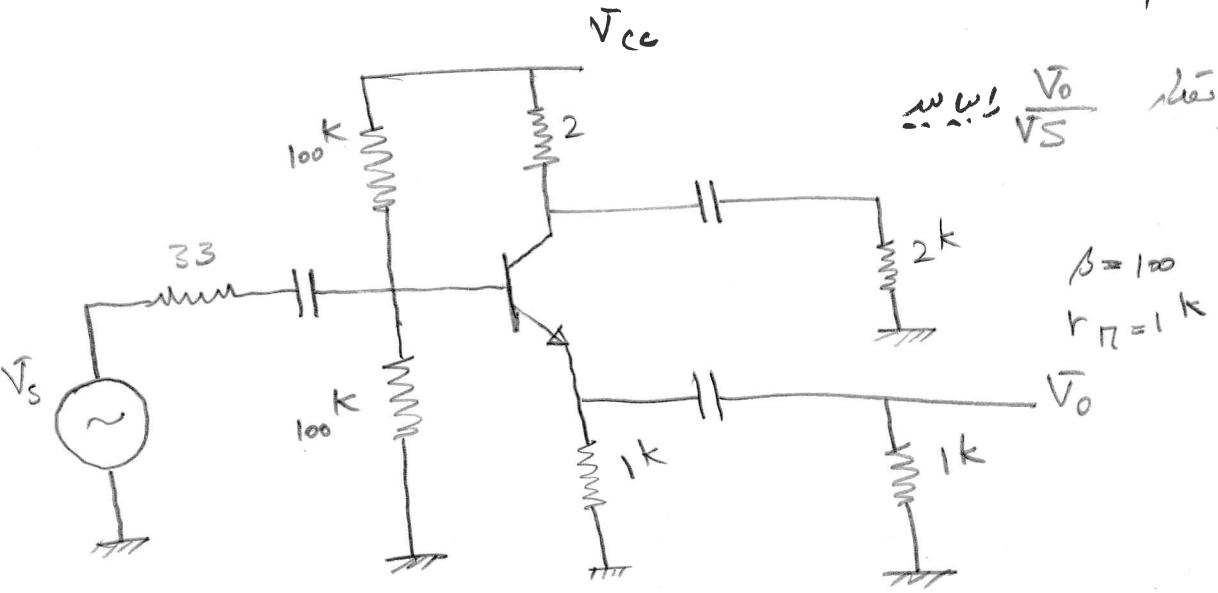
1. تقویت کننده کلکتور مشترک جهت تطبیق امپدانس و بعنوان بافر استفاده می شود

2. امپدانس ورودی این گراین زیاد و امپدانس خروجی کم است.

3. این تقویت کننده دارای A_V کمتر از یک و A_I خیلی بزرگتر از یک است $(A_I \gg 1 \;,\; A_V < 1)$

4. ولتاژ خروجی و ولتاژ ورودی هم فاز می باشد.

مثال: در مدار شکل زیر مقدار $\frac{V_o}{V_s}$ را بیابید



$$\frac{V_o}{V_s} = A_{V_S} = ? = \frac{V_o}{V_B} \times \frac{V_B}{V_s}$$

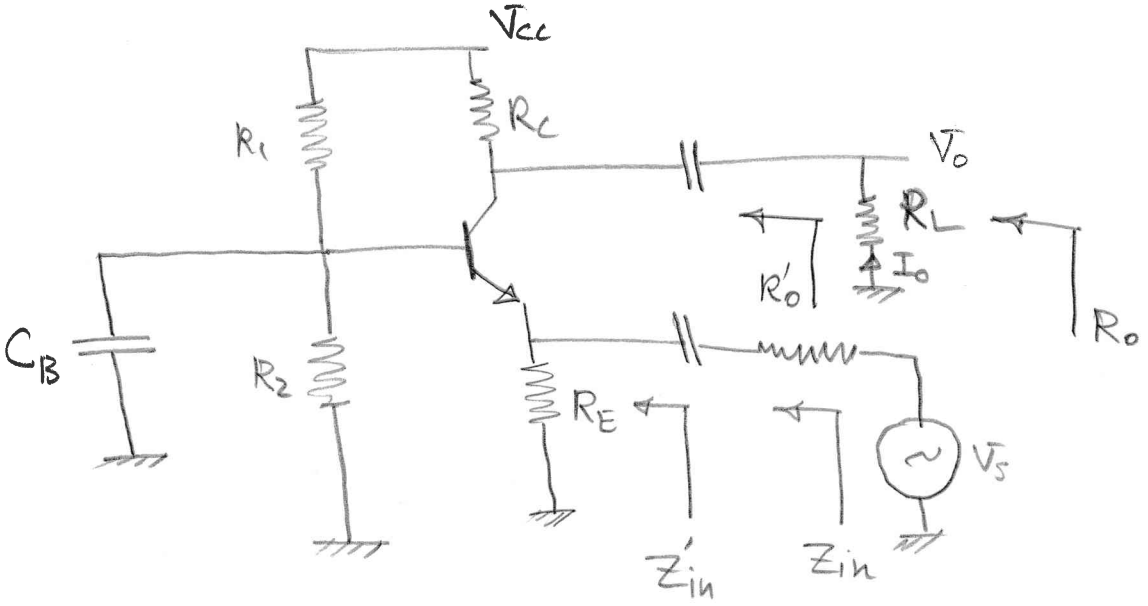
$$\frac{V_o}{V_B} = \frac{\beta(1^k \| 1^k)}{h_{ie} + (1+\beta)(1^k \| 1^k)} \qquad \frac{V_B}{V_s} = \frac{Z_{in}}{33 + Z_{in}}$$

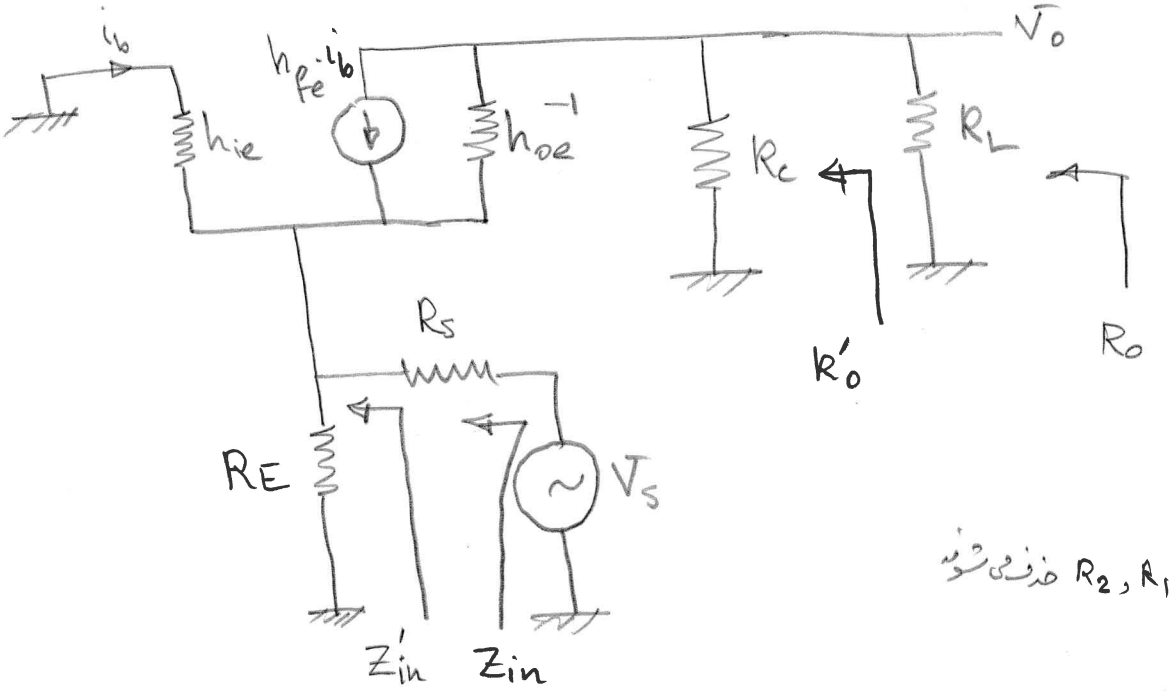
$$Z_{in} = [100 \| 100] \| [h_{ie} + (1+\beta)(1^k \| 1^k)]$$

2.) Common Base Configuration

گر سیگنال ورودی به امیتر و سیگنال خروجی از کلکتور گرفته شود تقویت کننده بیس مشترک است.

الف: حالت اول: خازن C_B موجود است





R_2, R_1 حذف می شوند

$$R'_o = R_c \| h_{oe}^{-1} \simeq R_c$$

$$R_o = R_c \| R_L$$

$$Z'_{in} = R_E \| (h_{ie} / 1+\beta) = R_E \| r_e$$

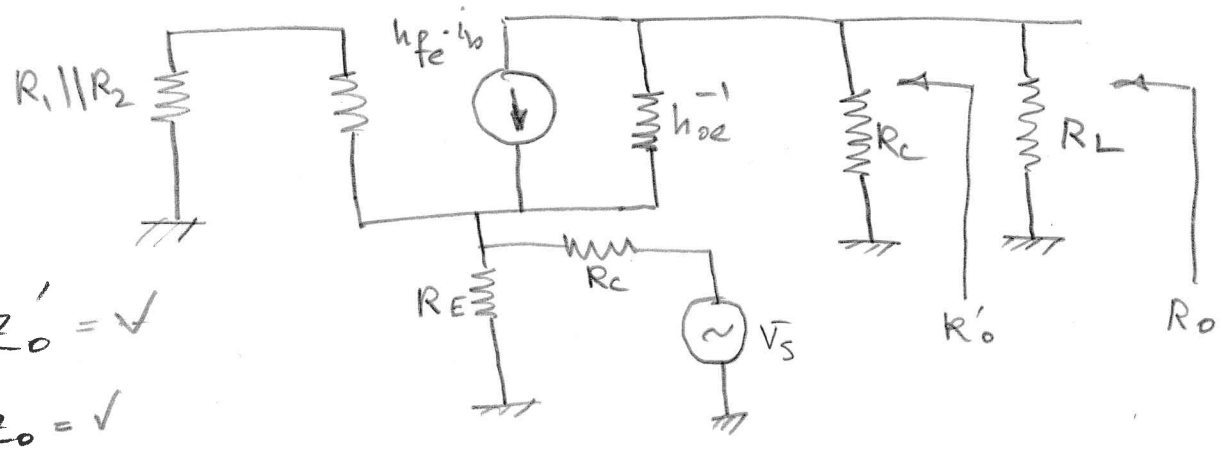
$$Z_{in} = R_s + Z'_{in}$$

$$A_V = \frac{V_o}{V_E} = \frac{-h_{fe} \cdot i_b (R_c \| R_L)}{-h_{ie} \cdot i_b} = \frac{R_c \| R_L}{r_e}$$

$$\frac{V_E}{V_S} = \frac{Z'_{in}}{Z'_{in} + R_S}$$

$$A_I = \frac{Z_{in}}{R_L} \cdot A_{V_S}$$

ب: خازن C_B سهوا نباشد



$Z'_o = \checkmark$

$Z_o = \checkmark$

$$Z'_{in} = R_E \Big\| \frac{h_{ie} + R_1 \| R_2}{1+\beta} = R_E \| \left(r_e + \frac{R_1 \| R_2}{1+\beta} \right)$$

$$A_V = \frac{V_o}{V_E} = \frac{R_C \| R_L}{r_e + \frac{R_1 \| R_2}{1+\beta}} \qquad \frac{V_E}{V_S} = \frac{Z'_{in}}{Z'_{in} + R_S}$$

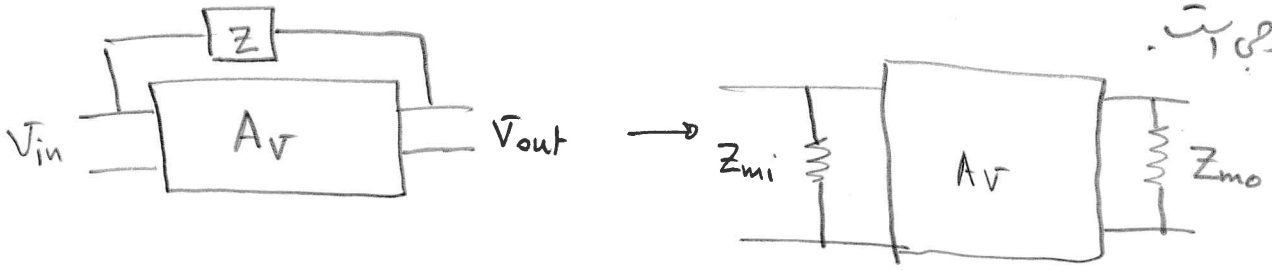
$$A_V = \frac{\text{امپدانس دیده شده از خروجی}}{\text{امپدانس دیده شده امیتر به بیس}}$$

نکات مهم در آنالیز بیس مشترک

1. امپدانس ورودی این تقویت کننده کم و امپدانس خروجی آن متوسط است
2. گین ولتاژ (A_V) زیاد و گین جریانی کم و کوچکتر از یک است
3. کاربرد آن بعنوان تقویت کننده در کاربردهای بالا مثلث فرکانسی باند وسیع می باشد
4. ولتاژ ورودی نسبت به ولتاژ خروجی هم فاز است.
5. عدم وجود خازن C_B باعث کاهش Gain ولتاژ و پهنای باند می شود

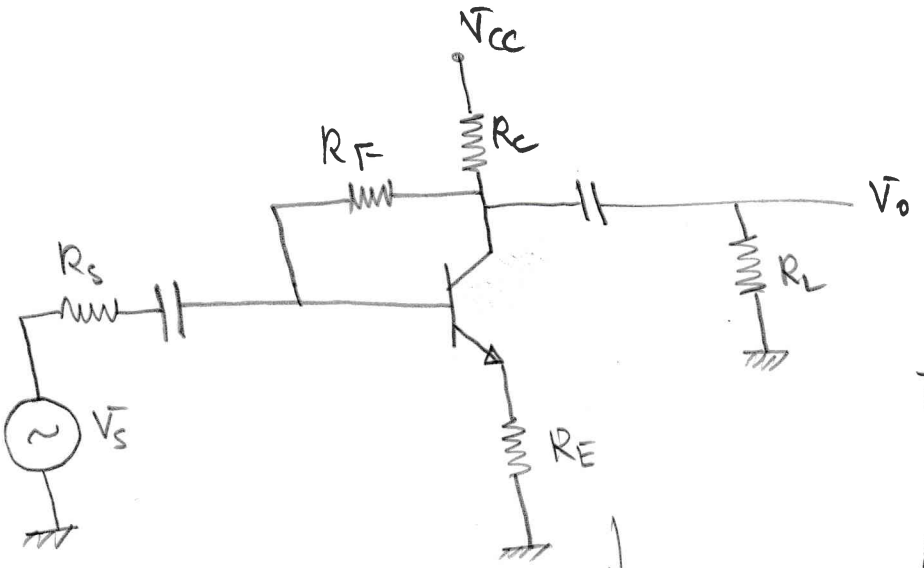
60
E

قضیه میلر: برطبق آن هر امپدانس واصل بین خروجی و ورودی را می‌توان به دو مقاومت تقسیم کرد یکی در ورودی و دیگری در خروجی آن.



$$\begin{cases} Z = R \\ A_V \text{ بزرگ} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R_{mi} = \dfrac{R}{1 - A_V} \\ R_{mo} = \dfrac{R}{1 - \frac{1}{A_V}} \simeq R \end{cases}$$

مثال:



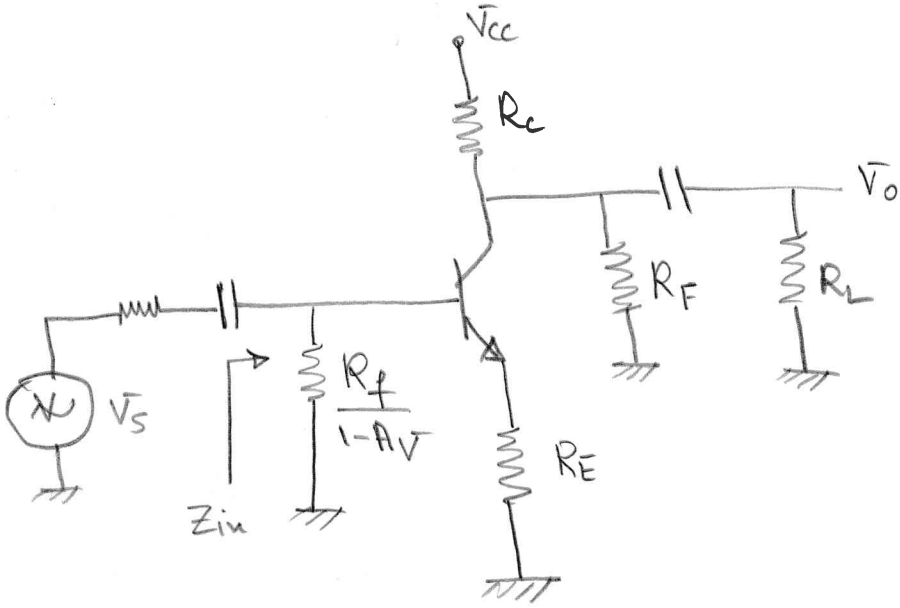
$$Z_{in} = \frac{R_f}{1 - A_V} \Big\| \left[h_{ie} + (1+\beta) R_E \right]$$

$$Z_o = R_L \| R_F \| R_C$$

$$A_V = \frac{-\beta (R_L \| R_C \| R_f)}{h_{ie} + (1+\beta) R_E}$$

$$A_{V_S} = A_V \cdot \frac{V_B}{V_S}$$

$$\frac{V_B}{V_S} = \frac{Z_{in}}{R_S + Z_{in}}$$



محاسبه r_o از V_A:

$$\frac{1}{h_{oe}} = r_o = \frac{V_A + V_{CEQ}}{I_{CQ}} \cong \frac{V_A}{I_{CQ}}$$

$$30\,k\Omega < r_o(pnp) < 90\,k\Omega$$

$$60\,k\Omega < r_o(npn) < 200\,k\Omega$$

فصل ۷ ترانزیستورهای اثر میدانی FET

قسمت DC:

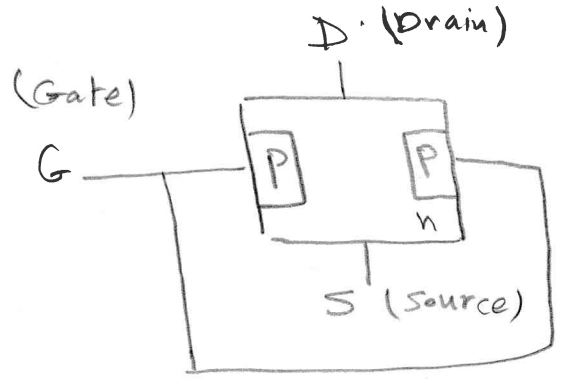
FET یا ترانزیستور اثر میدانی یک عنصر کنترل شده با ولتاژ می‌باشد که در آن عامل ایجاد کننده جریان، الکترون‌ها (نوع کانال n) و حفره‌ها (نوع کانال P) هستند

انواع ترانزیستورهای اثر میدانی:

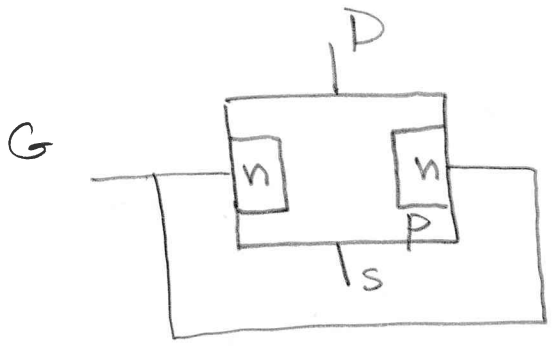
1. JFET { کانال n, کانال P } — NFET: n کانال
2. MOSFET
   - نوع تهی: D-MOS { کانال n, کانال P }
   - نوع افزایشی: EMOS { کانال n, کانال P }

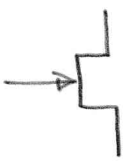
ساختمان و نحوه بایاس FET:

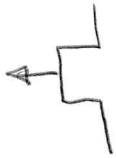
n کانال FET



P کانال FET







62
E

نحوه عملکرد FET:

در JFET با اعمال ولتاژ مثبتی بین پایه های S و D جریان الکترون ها از سمت S به D جاری می شود

حال با اعمال ولتاژی بین S و G مثل V_{GS} ، اتصال های P-N دور ترانزیستور به صورت معکوس بایاس می شود و ناحیه تخلیه اطراف نواحی P ایجاد می شود. حال با افزایش V_{GS} بصورت منفی ناحیه تخلیه عریض تری می شود و ضخامت کانال زیاد و مقدار جریان عبوری از کانال کم می شود. در صورت وجود V_{DS} به مقدار کم عرض کانال تقریباً یکنواخت می باشد اما با افزایش V_{DS} نیز مقدار I_D افزایش دارد.

همچنین با افزایش V_{GS} بصورت منفی می توان شرایطی ایجاد کرد که کانال عبوری جریان کاملاً بسته شود و مقدار I_D صفر شود. لازم به ذکر است که افزایش V_{GS} از حد معینی باعث می شود که پدیده شکست بهمنی در JFET اتفاق افتد و جریان I_D به سرعت زیاد می شود که در این حالت به ترانزیستور آسیب وارد می شود.