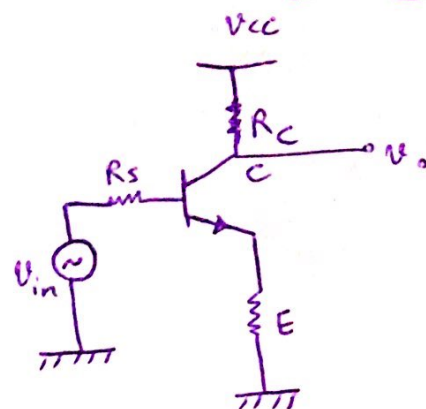


# انواع تقویت کننده ترانزیستوری یک طبقه : single state

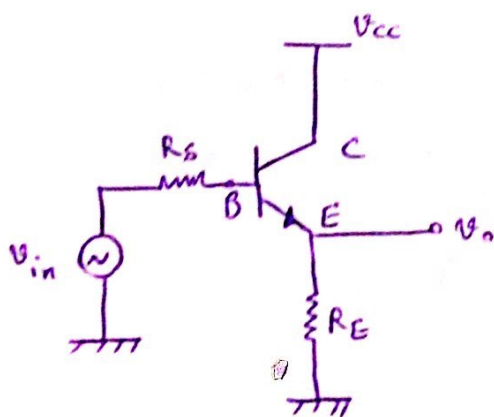
## 1) Common Emitter

ورودی به بیس اعمال می شود.  
خروجی از collector گرفته می شود.  
مقاومت E یا صفر است یا کوچک (است)

$AV \gg 1$   
possible



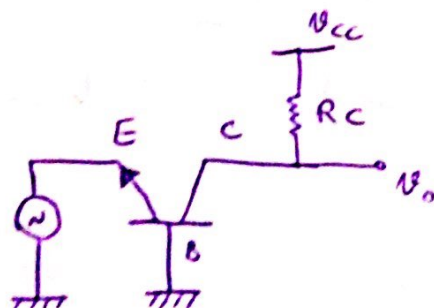
## 2) common collector (Emitter follower) :



ورودی به بیس اعمال می شود.  
خروجی از Emitter گرفته می شود.

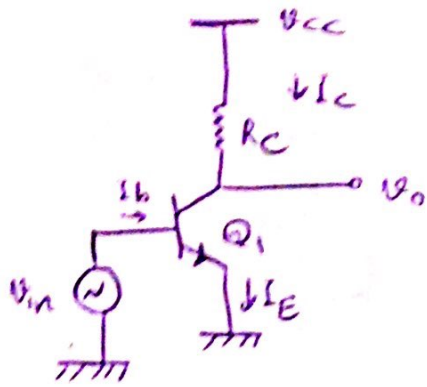
\* حتی  $RE$  داریم .  
 $R_{in} \gg 1$   
 $AV \approx 1$

## 3) common Base

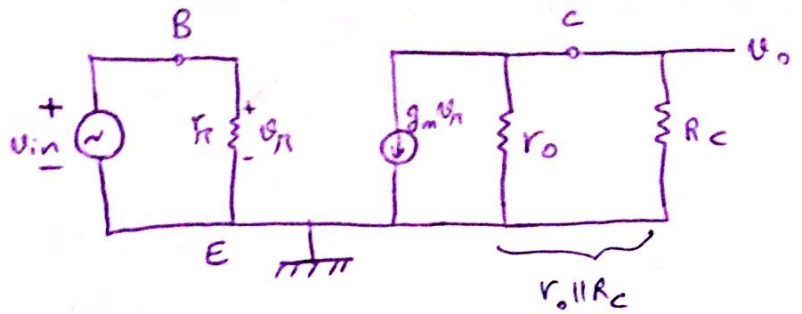


ورودی به Emitter اعمال می شود.  
خروجی از collector گرفته می شود.  
معمولاً بیس زمین می شود.  
بند باند سیگنالی دهد.

# Common Emitter Configuration.



Small signal



$$V_{out} = -g_m V_{\pi} (r_o \parallel R_C)$$

$$\begin{cases} I_C \checkmark \\ V_{BE} \checkmark \\ V_{CE} > V_{CE \text{ sat}} \checkmark \end{cases}$$

$$r_{\pi} = \frac{\beta}{g_m}$$

$$R_{in} = \frac{v_{in}}{i_{in}} \Big|_{v_{out}=0} = r_{\pi} = 1.8 \text{ K}\Omega$$

$$R_{out} = \frac{v_{out}}{i_{out}} \Big|_{v_{in}=0} = r_o \parallel R_C < r_o$$

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{-g_m V_{\pi} (r_o \parallel R_C)}{V_{\pi}} = -g_m (r_o \parallel R_C) \stackrel{\text{مثلا}}{=} -10$$

$$\text{لذا } A_v = -g_m r_o \stackrel{\text{مثلا}}{=} -40 \text{ mS} \times 100 \text{ K}\Omega = -4000$$

حداکثر بهره ترانزیستور

← برای ترانزیستورهای BJT  $A_{v \text{ max}} < -5000$

← با افزایش بیش از حد  $R_C$  پهنای باند افت می‌دهد که بایس ترانزیستور را به هم می‌ریزد.

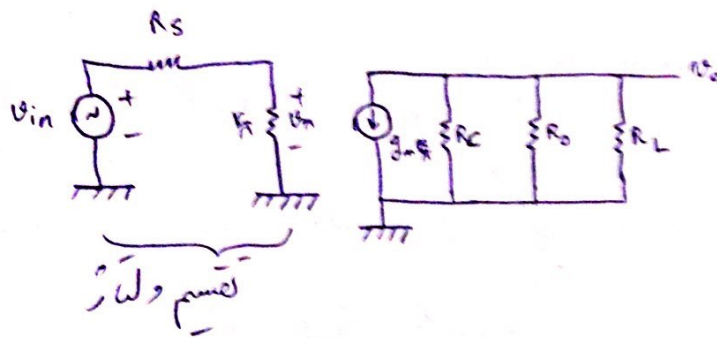
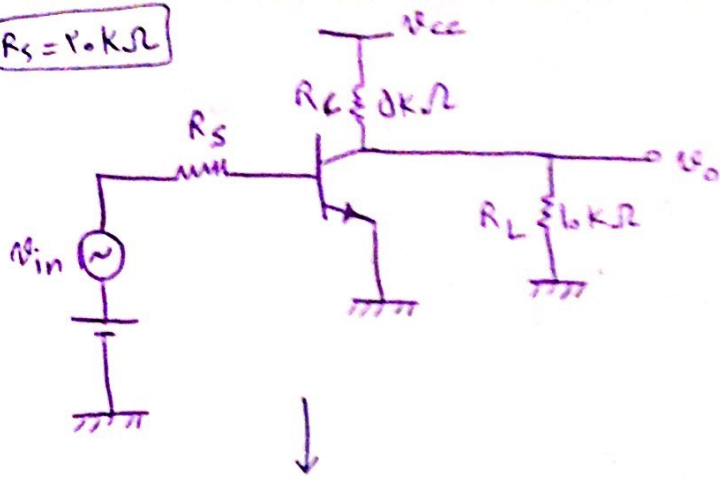
$$V_{CE} = V_{CC} - R_C I_C$$

$R_C \uparrow \rightarrow V_{CE} \downarrow \rightarrow$  افت بار  $\rightarrow$   $g_m$  کم می‌شود.

$$A_I = \frac{I_{out}}{I_{in}} \Big|_{v_{out}=0} = \frac{-g_m V_{\pi}}{V_{\pi}/r_{\pi}} = -g_m r_{\pi} = -\beta \rightarrow |A_I| = \beta$$

بهره جریان در اتصال کوتاه

$$R_S = 20 \text{ k}\Omega$$



$$v_{\pi} = \frac{v_{in} r_{\pi}}{R_S + r_{\pi}}$$

$$v_{out} = -g_m v_{\pi} (R_C \parallel R_o \parallel R_L)$$

$$A_v = \frac{v_o}{v_{in}} = \frac{-g_m v_{\pi} (R_C \parallel R_o \parallel R_L)}{\frac{v_{\pi} (R_S + r_{\pi})}{r_{\pi}}} =$$

$$\frac{-g_m r_{\pi} (R_C \parallel R_o \parallel R_L)}{R_S + r_{\pi}}$$

$$\Rightarrow A_v = \frac{-\beta (R_C \parallel R_o \parallel R_L)}{R_S + r_{\pi}}$$

مثال:  $I_C = 1 \text{ mA}$

$$\beta = 100$$

$$V_T = 100$$

$$A_v = ?$$

$$R_{in} = ?$$

$$R_{out} = ?$$

$$r_o = \frac{V_A}{I_C} = 100 \text{ k}\Omega$$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = 10 \text{ mS}$$

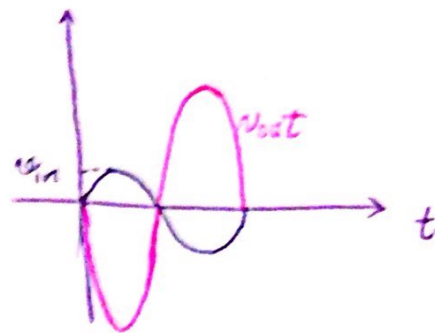
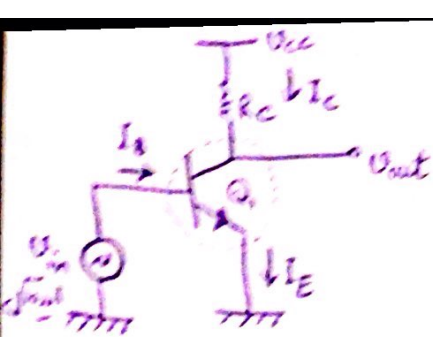
$$r_{\pi} = \frac{\beta}{g_m} = 10 \text{ k}\Omega$$

$$\Rightarrow A_v = -1.25$$

تفاوت حالت قبل از این حالت واقعی تر است ولی gain حدود 11 برابر افت کرده است

در مدار common Emitter ، gain منفی می شود که معادل  $\pi$  درجه اختلاف فاز است.





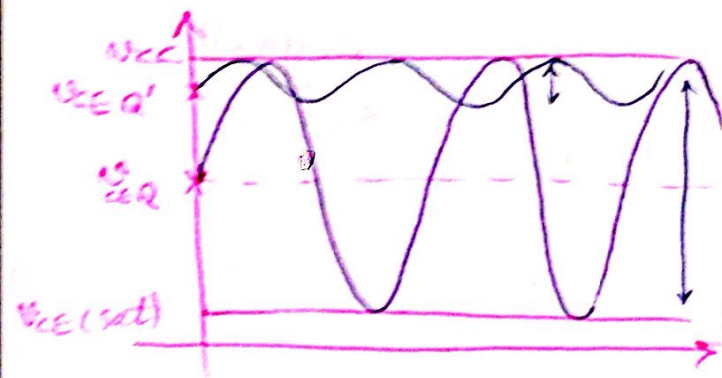
$$v_{CE} = V_o = -\beta K v_{in}$$

$$v_{in} \uparrow \rightarrow v_{\pi} \uparrow \rightarrow I_C \uparrow \rightarrow R_C I_C \uparrow \rightarrow \underbrace{v_{CE}}_{v_{out}} \downarrow$$

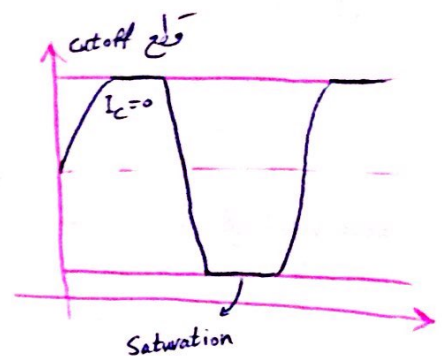
: Max output swing

در هر حالت ولتاژ خروجی یکی upper bound دارد که  $v_{CE}$  است و یکی lower bound دارد که  $v_{CE sat}$  است.

\* بهترین نقطه کاری که می توان با آن بهترین swing را بدست آورد نقطه ای وسط این دو در است



اگر ورودی  
بزرگ افتاد  
شود  
clipping



$$v_{CE} = V_{CC} \rightarrow I_C = 0$$

خاموشی

\* دامنه ی خروجی بین  $V_{CE sat}$  و  $V_{CEQ}$  خواهد بود.

\* برای داشتن ماکزیم دامنه باید نقطه کاری وسط این دو باشد.

$$V_{CEQ} = \frac{V_{CC} + V_{CE sat}}{2}$$

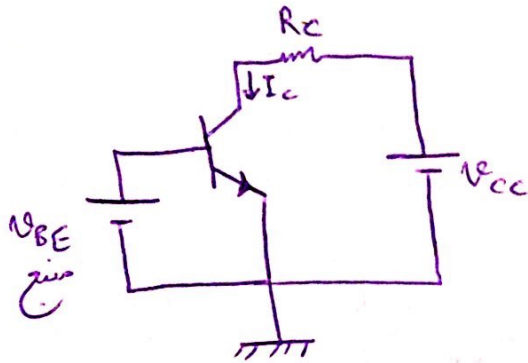
$$\text{ماکزیم دامنه} = \frac{V_{CC} - V_{CE sat}}{2}$$

\* بحث در این باره می باشد. مثال زیر را در نظر بگیرید.

$$V_{CC} = 3.2$$

$$V_{sat} = 0.2 \rightarrow V_{CEQ} = 1.5 \Rightarrow |A_v| = \frac{1.5}{0.1 \text{ mV}} = 15000$$

این حد اکثر بهره ی خطی که داریم ۱۵۰ است.



روشهای مایکس کردن مدار CE :

(۱) نسبت  $V_{BE}$  :

$$V_{BE} \rightarrow I_C \rightarrow V_{CE} = V_{CC} - R_C I_C$$

$$R_C = \frac{V_{CC} - V_{CEQ}}{I_C}$$

$$V_{CC} = 5.2 \text{ V} \rightarrow V_{CEQ} = 2.1 \text{ V} \rightarrow R_C = \frac{5.2 - 2.1}{I_C}$$

$V_{sat} = 0.2 \text{ V}$  max swing

$$I_C = 1 \text{ mA} \quad I_C = I_S \exp \frac{V_{BE}}{V_T} \rightarrow \ln I_C = \ln I_S + \frac{V_{BE}}{V_T}$$

اگر  $I_C$  را بدهند  
 $V_{BE}$  را می بینیم

$$\boxed{V_{BE} = V_T \times \ln \left( \frac{I_C}{I_S} \right)}$$

$$I_C = 1 \text{ mA}$$

$$I_S = 10^{-14} \text{ A} \rightarrow V_{BE} = 0.149 \text{ V}$$

$$V_{BE} = 0.149 \rightarrow I_C = 0.194 \text{ mA}$$

مشکلات این روش :

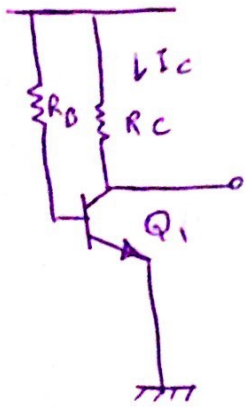
(۱) بسیار حساس به تغییرات  $V_{BE}$

(۲) بسیار حساس به گرمیست به طوری که داریم :

$$\text{گرم شدن} \rightarrow I_S \uparrow \rightarrow I_C \uparrow \rightarrow \text{دما} \uparrow \rightarrow I_S \uparrow \dots$$

دور باطل ← رانزیتوری کموزد.

(۲) نسبت  $I_{Base}$  :



$$I_B = \frac{I_C}{\beta}$$

$$KVL: -V_{CC} + R_B I_B + V_{BE(on)} = 0$$

$$\rightarrow I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE(on)}}{R_B}$$

مثال:  $I_C = 1mA$   
 $V_{CC} = 3V$   
 $V_{BE} = 0.7V$   
 $\beta = 100$

$$R_B = \frac{3V - 0.7V}{1.0mA} = 23.0K\Omega$$

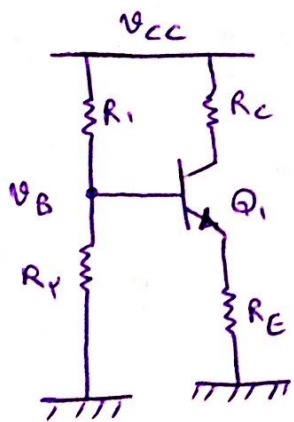
$$V_{BE} = 0.7V \rightarrow 0.749 \rightarrow I_B = \frac{V_{CC} - 0.749}{23.0K\Omega} = 1.01043\mu A$$

0.4% error

حالت آن بسیار است.  
 مزیت: ساده است فقط یک مقاومت می خواهد.

نکات:

وابسته به  $\beta$  است که از مشخصات ترانزیستور است.



$$\text{Voltage divider @ Base: } V_B = V_{CC} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$V_E = V_B - V_{BE(on)}$$

$$I_E = \frac{V_E}{R_E}$$

$$I_C \approx I_E \quad (I_C = I_E)$$

$$V_B \gg V_{BE(on)} \rightarrow \text{نسبت به } V_{BE} \text{ کم است}$$

(۳) نسبت  $I_C$  :

\* بهترین روش