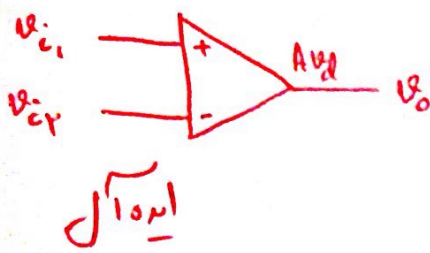


تقویت کننده تفاضلی :



$$v_o = A_{vd} (v_{i1} - v_{i2})$$

d → differential تفاضلی

c → common مشترک

$$v_{i2} = 0 \Rightarrow v_o = A_{vd} v_{i1} \rightarrow \text{non-inverting}$$

$$v_{i1} = 0 \Rightarrow v_o = A_{vd} v_{i2} \rightarrow \text{inverting}$$

* این مدار dc coupled است.

$$v_{i1} = v_{i1} + v_N$$

$$v_{i2} = v_{i2} + v_N$$

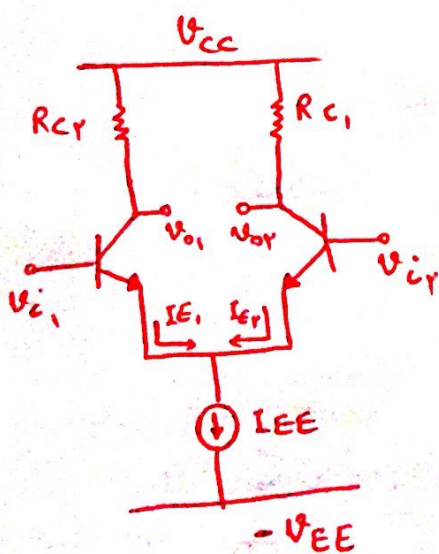
→ آفرینش
محیط (مشک)
(یا سیگنال ناخواسته)

$$v_o = A_{vd} (v_{i1} + v_N - v_{i2} - v_N) = A_{vd} (v_{i1} - v_{i2})$$

$$v_o = A_{vd} (v_{i1} - v_{i2}) + A_{vc} \left(\frac{v_{i1} + v_{i2}}{2} \right)$$

↓ نوی تفاضلی
↓ نوی مشترک

$$CMRR = 20 \log \left| \frac{A_{vd}}{A_{vc}} \right| \rightarrow \text{common mode rejection ratio}$$



$$R_{C1} = R_{C2} = R_C$$

(۱) خروجی : اگر از یک collector خروجی بگیریم ← single ended

(۲) R_L بین دو خروجی v_{o1} و v_{o2} ← تفاضلی

$$KCL \rightarrow I_{E1} + I_{E2} = I_{EE}$$

$$I_{C1} \rightarrow I_{C1} + \Delta I \rightarrow v_{o1} = V_{CC} - R_C I \rightarrow R_C \Delta I$$

$$I_{C2} = I_{C1} - \Delta I \rightarrow v_{o2} ; R_C \Delta I \rightarrow \Delta v_o = 2 R_C \Delta I$$

* اگر در رانز سیگنال نباشد : $I_{C1} = I_{C2} = \frac{I_{EE}}{2}$ در غیر اینصورت mismatch عکسند!

: Bias

$$B_1 - E_1 E_r - B_r \rightarrow KVL \Rightarrow V_{BE_1} = V_{BE_r}$$

$$I_{C_1} = I_{S_1} \exp\left(\frac{V_{BE_1}}{V_T}\right) \rightarrow \frac{I_{C_1}}{I_{C_r}} = \frac{I_{S_1}}{I_{S_r}} \quad \text{اگر } I_{S_1} = I_{S_r} \rightarrow I_{C_1} = I_{C_r} = \frac{I_{EE}}{2}$$

matched

$$V_E = -V_{BE_{on}}$$

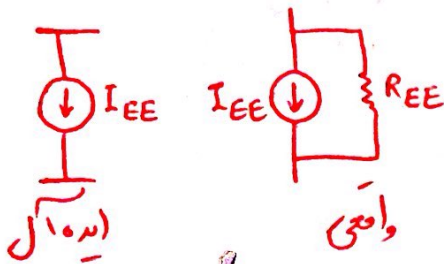
$$V_C = V_{CC} - R_C \frac{I_{EE}}{2}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - R_C \frac{I_{EE}}{2} + V_{BE_{on}}$$

Common mode (1)

$$V_{i_1} = V_{i_r} = V_C$$

$$KVL \rightarrow -V_{i_1} + V_{BE_1} - V_{BE_r} + V_{i_r} = 0 \rightarrow V_{BE_1} = V_{BE_r}$$



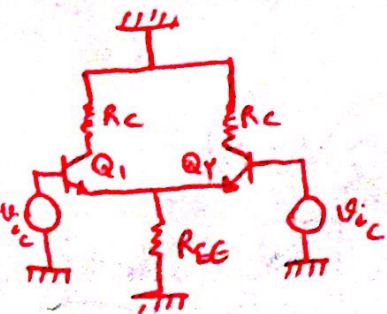
مقاومت
بزرگ

خودجی تفاضلی با فرض یکسان بودن V_{BE} است
واقعی: R_{EE} بزرگ است و لذا تغییرات I_E با V_C اندک خواهد بود:
ا << 1 به مثمرک تفاضل

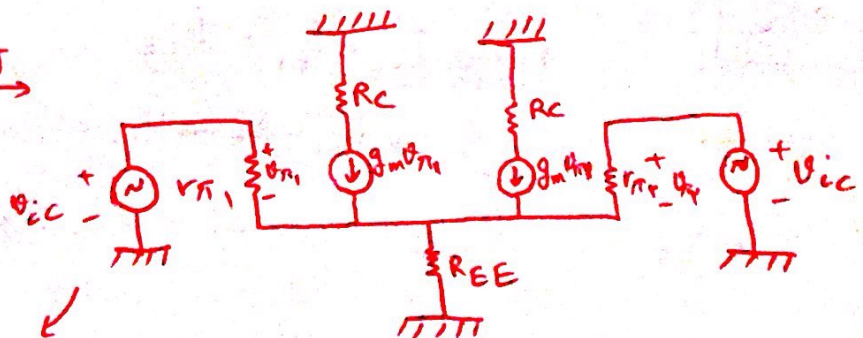
فرض کنید در small signal در بیس درازستور داریم: V_{i_1}, V_{i_r}

$V_{i_1} \rightarrow \Delta V \uparrow \rightarrow V_{i_r} : \Delta V \downarrow \rightarrow V_{BE_r} \downarrow \rightarrow I_{C_r} \downarrow$
 \downarrow
 $V_{BE_1} \uparrow \rightarrow I_{C_1} \uparrow$

بروی تفاضلی
به نظری رسید زیاد است.



$h-\pi$



Small signal

چون ورودی های یک ن است :

$$v_{\pi_1} = v_{\pi_2}$$

matched $\rightarrow I_{C1} = I_{C2} \Rightarrow g_{m1} = g_{m2}$
 $r_{\pi_1} = r_{\pi_2}$

$$\text{KCL @ E : } \frac{v_{\pi_1}}{r_{\pi_1}} + g_{m1} v_{\pi_1} + g_{m2} v_{\pi_2} + \frac{v_{\pi_2}}{r_{\pi_2}} = \frac{v_{ic} - v_{\pi_1}}{R_{EE}}$$

$$\Rightarrow \frac{v_{\pi}}{r_{\pi}} + 2g_m v_{\pi} = \frac{v_{ic} - v_{\pi}}{R_{EE}} \Rightarrow v_{\pi} = \frac{v_{ic}/R_{EE}}{\frac{1}{r_{\pi}} + 2g_m + \frac{1}{R_{EE}}}$$

$$v_o = -g_m v_{\pi} R_c \Rightarrow A_{v_c} = \frac{-g_m R_c}{2(g_m + \frac{1}{r_{\pi}}) + R_{EE} + 1}$$

در مدار مشترک بهره بسیار کم است.

if $R_{EE} \rightarrow \infty \Rightarrow A_{v_c} = 0 \Rightarrow$ بهره ی خروجی
 معادل صفر