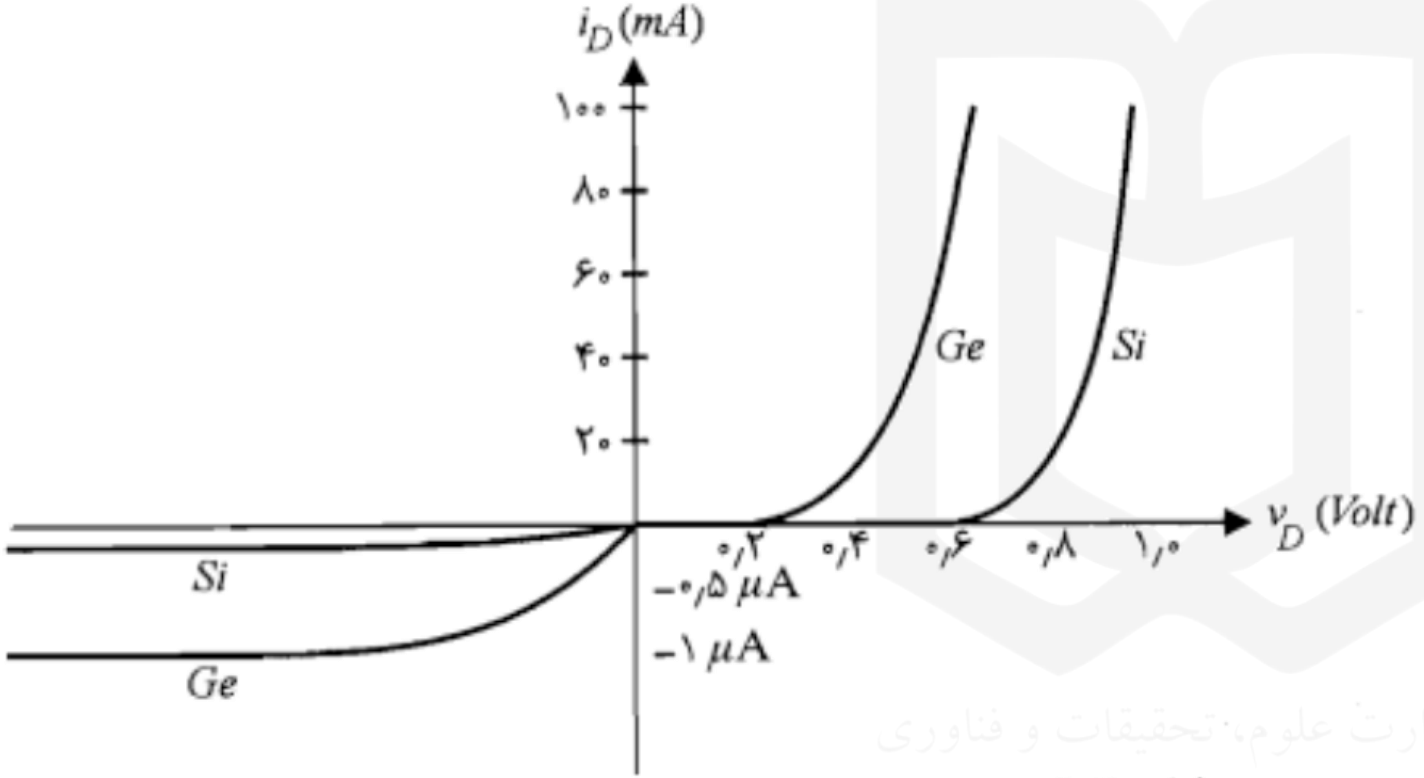
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه جیرفت

الکترونیک ۲

۳- تقویت کننده‌های تفاضلی (ادامه)

مدرس: دکتر محمد هاشمی‌نژاد

یادآوری از الکترونیک ۱



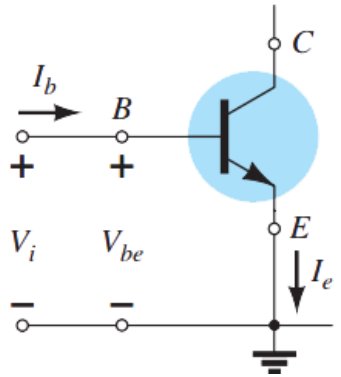
شکل ۲-۳: مشخصه ولتاژ ـ جریان دیودهای ژرمانیم و سیلیکن نمونه

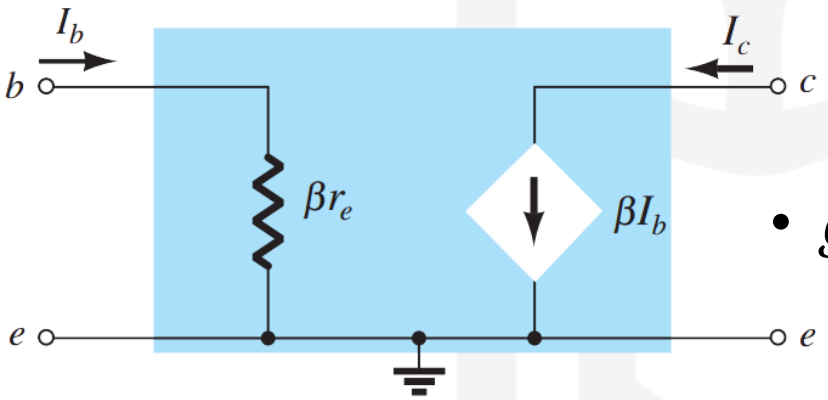
- V_γ ولتاژ آستانه هدایت دیود
- I_s جریان اشباع معکوس
- $\eta \cong 1, V_T = \frac{KT}{q} \approx 26mV$
- برای $V_D \gg 26mV$:

- $I_D \cong I_s e^{v_D/\eta V_T}$

یادآوری از الکترونیک ۱

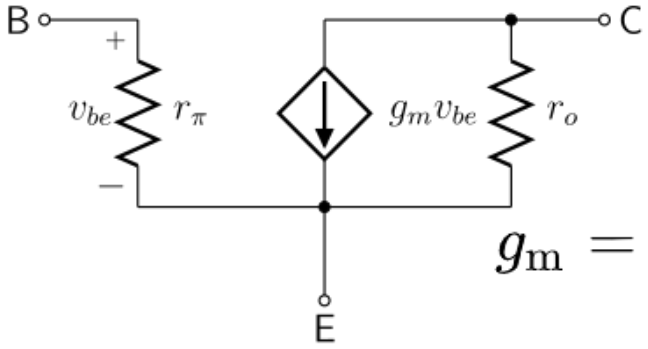
- $\alpha = \frac{I_C}{I_E}, \beta \approx \frac{I_C}{I_B}, \gamma = \frac{\beta}{\alpha}$
- مدار معادل ترانزیستور BJT





مدار معادل ترانزیستور BIJ

- $g_m = \frac{1}{r_e}$
- مدل هایبرید–پای برای تحلیل سیگنال کوچک:

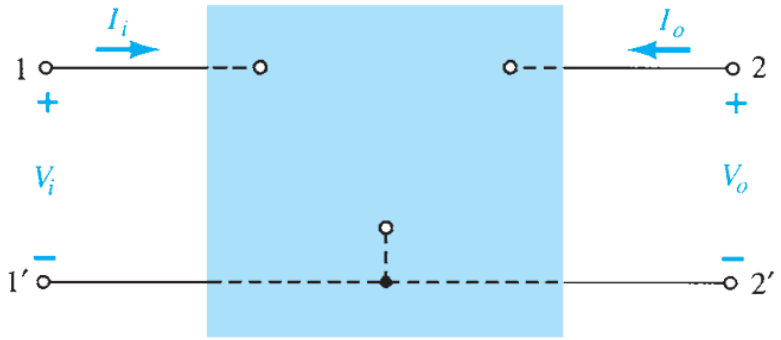


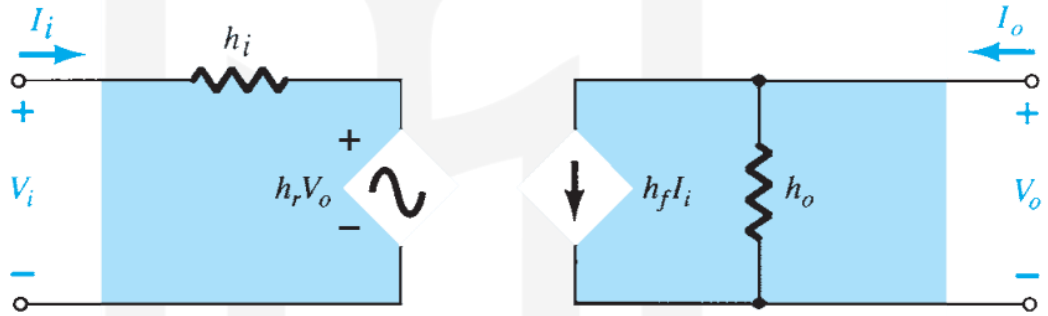
$$g_{\mathrm{m}} = \left.\frac{i_{\mathrm{c}}}{v_{\mathrm{be}}}\right|_{v_{\mathrm{ce}}=0} = \frac{I_{\mathrm{C}}}{V_{\mathrm{T}}}$$

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه جیرفت

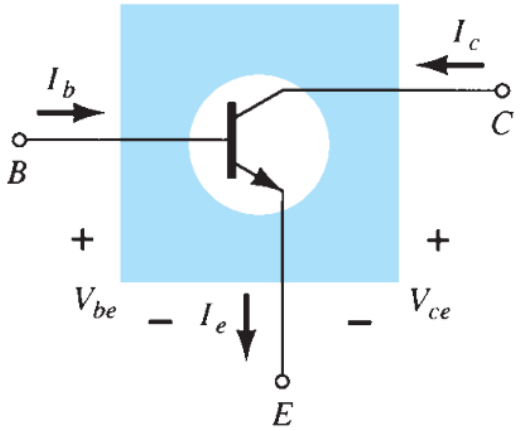
یادآوری از الکترونیک ۱

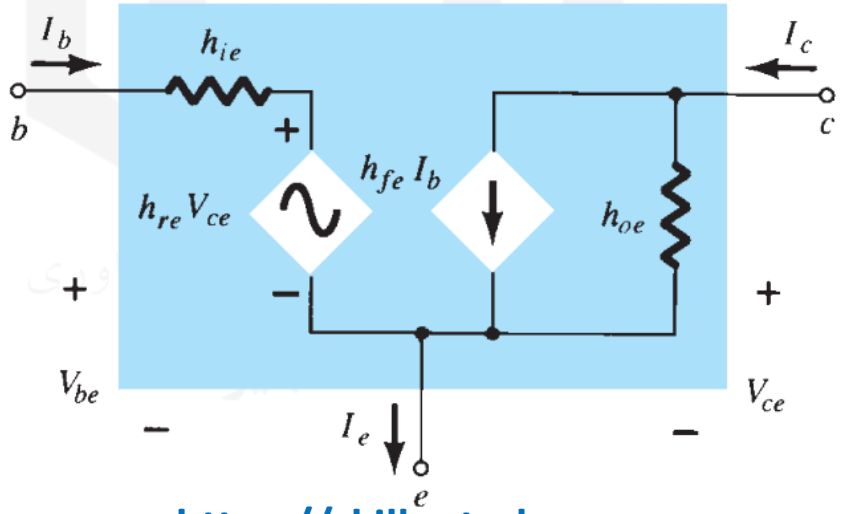
- مدل دو پایانه‌ای برای ترانزیستور





- امیتر مشترک

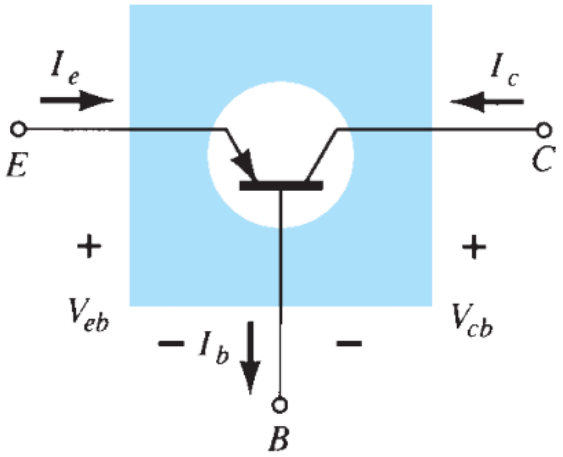


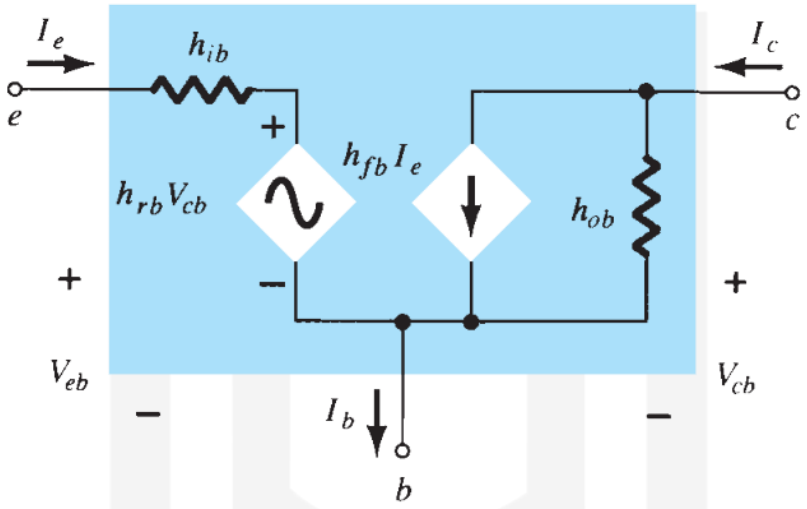


https://skills.study

یادآوری از الکترونیک ۱

- بیس مشترک



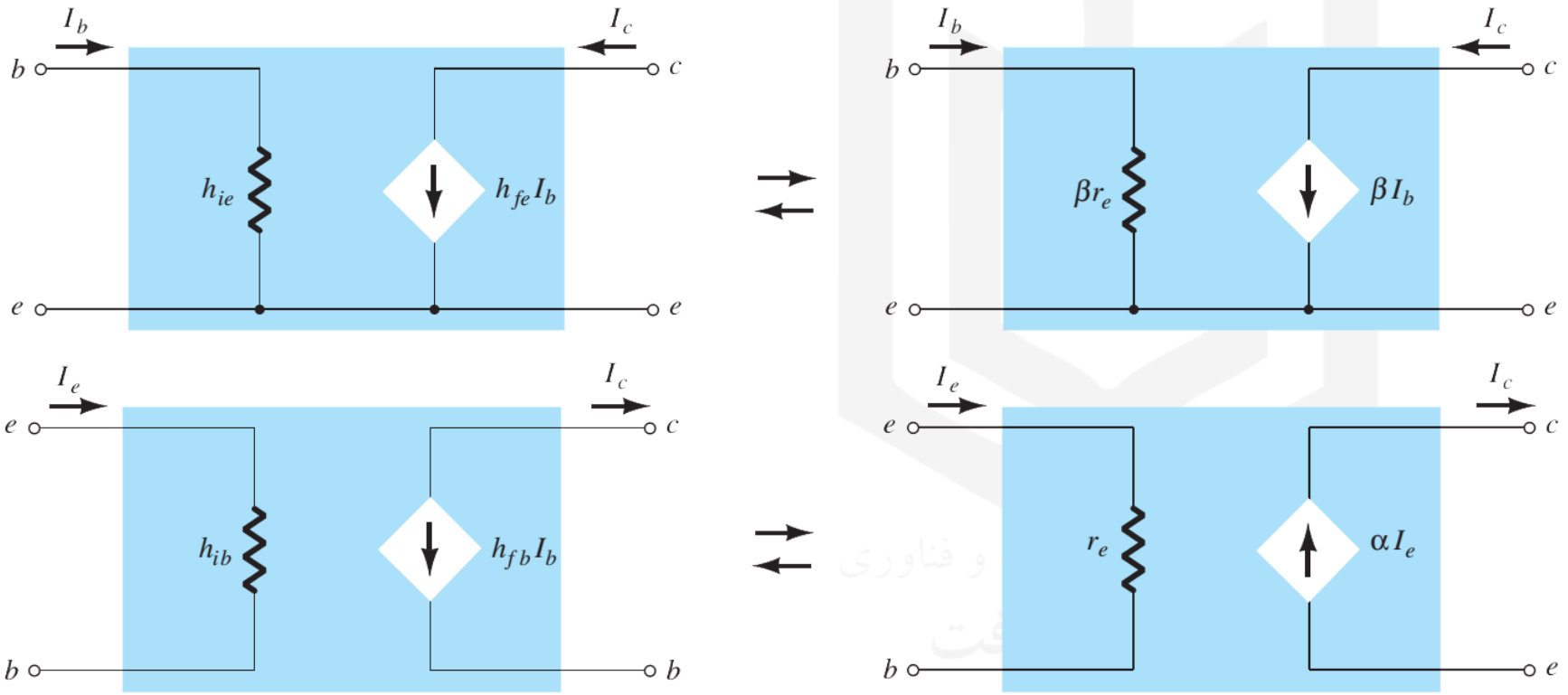


- با زدن تقریب و حذف h_{re} و h_{oe} به مدل‌های ساده‌تری می‌رسیم

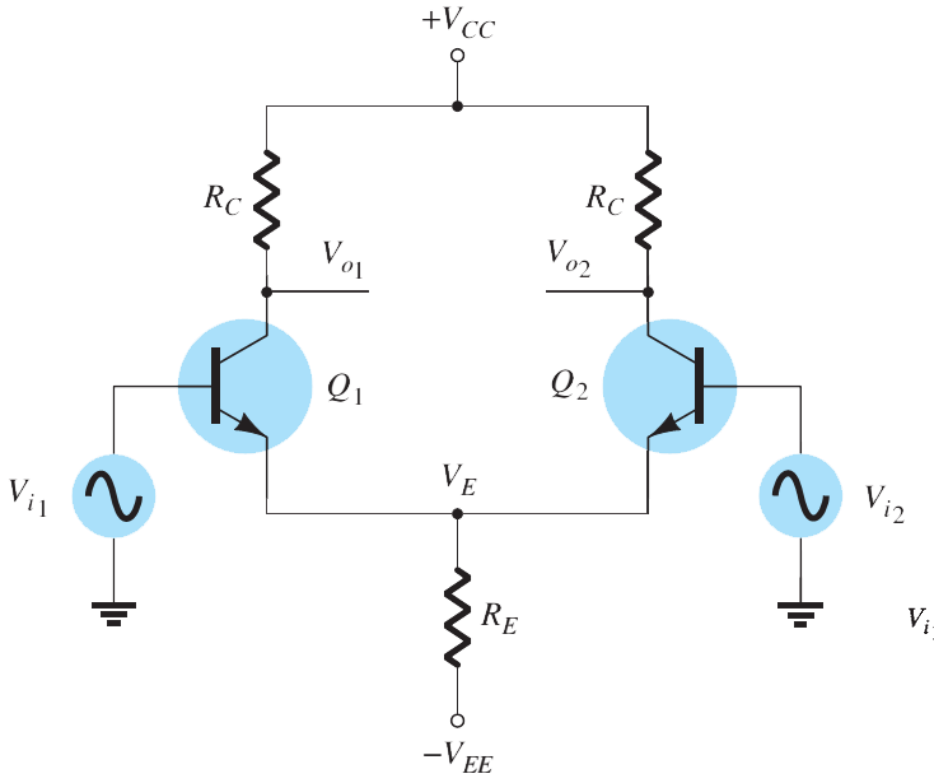
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه جیرفت

یادآوری از الکترونیک ۱

- مدل‌های کاربردی‌تر
- امیتر مشترک
- بیس مشترک

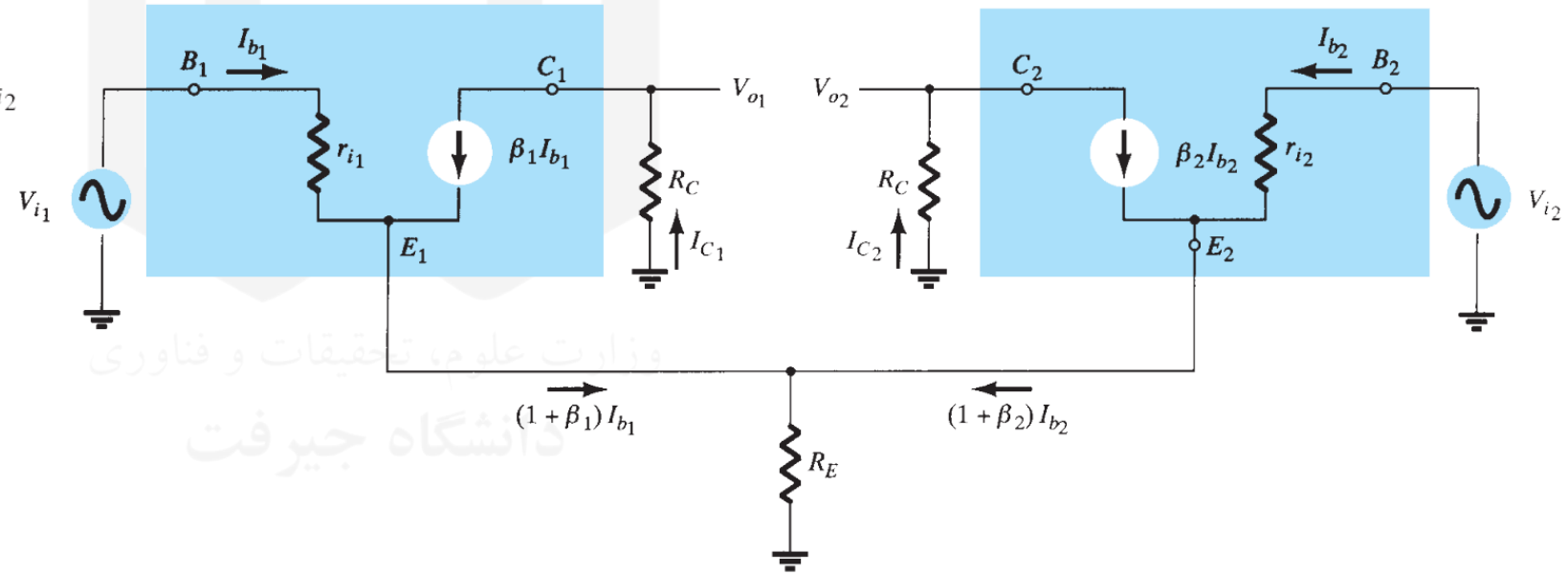


تجزیه تحلیل سیگنال کوچک



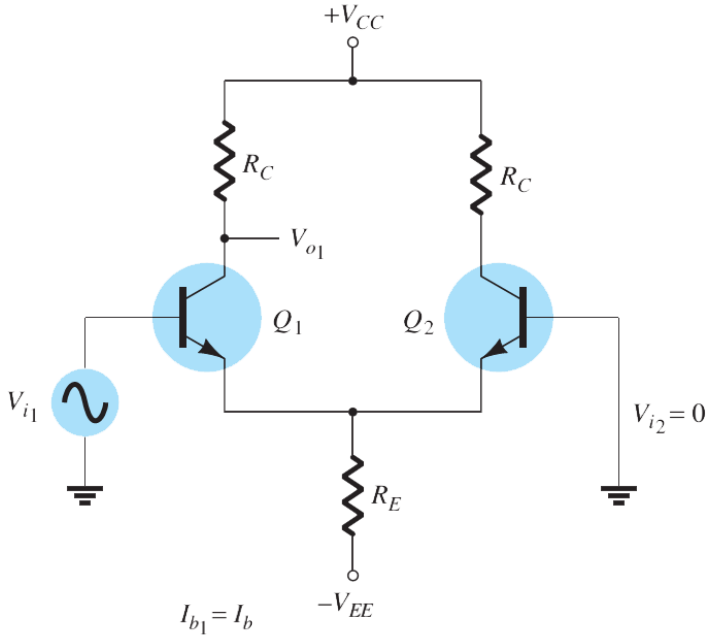
مدار معادل ac تقویت کننده تفاضلی

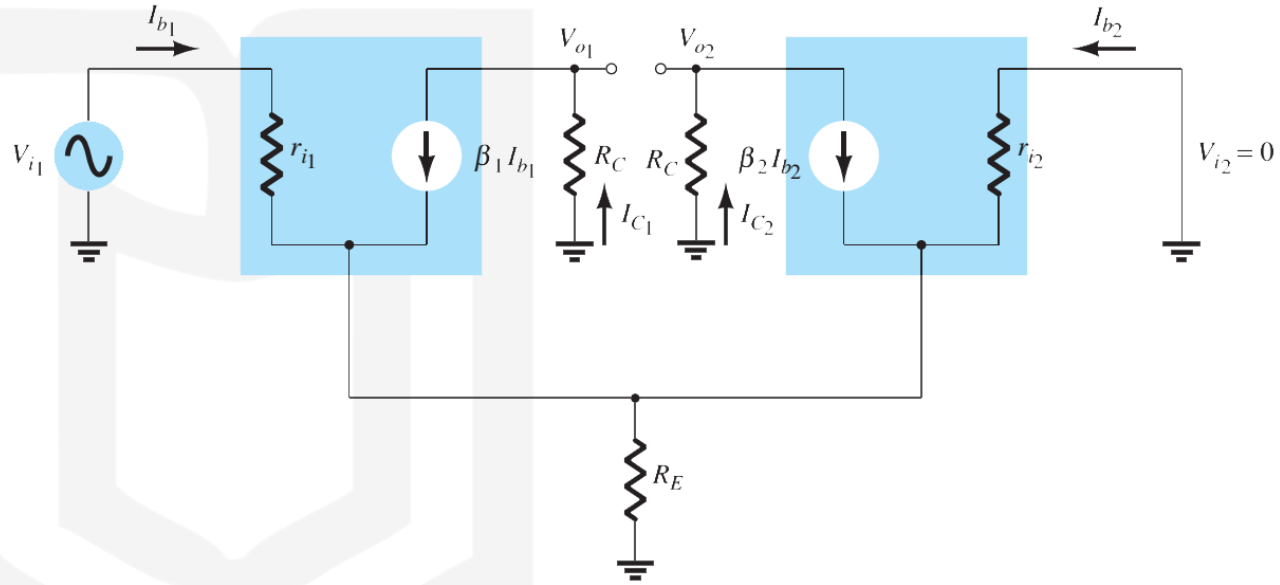
$$v_{I_1} - v_{BE_1} + v_{BE_2} - v_{I_2} = 0$$

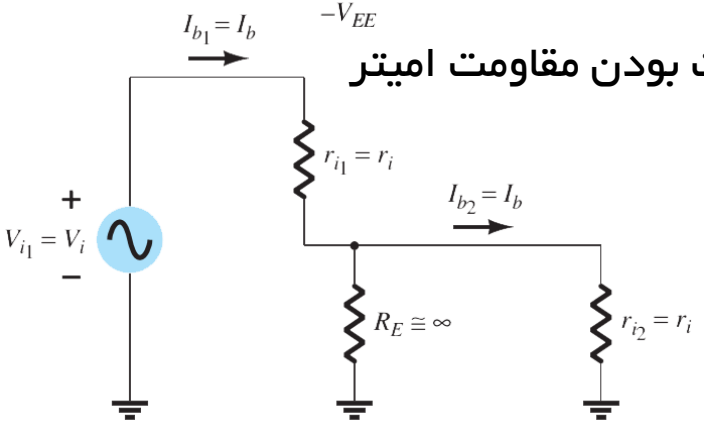


وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه جیرفت

بهره تفاضلی تک ورودی







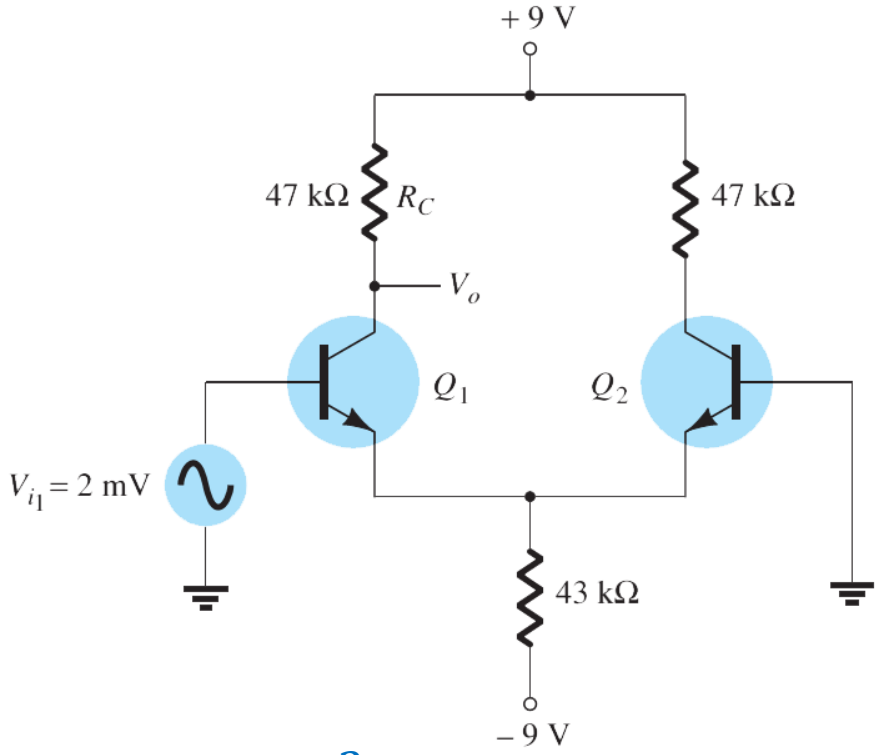
با فرض بینهایت بودن مقاومت امیتر

- $v_1 - I_b r_i - I_b r_i = 0 \Rightarrow I_b = \frac{V_{i_1}}{2r_i} = \frac{V_{i_1}}{2\beta r_e} \Rightarrow$
- $I_c = \beta I_b = \beta \frac{V_{i_1}}{2\beta r_e} = \frac{V_{i_1}}{2r_e}, V_o = -I_C R_C \Rightarrow V_o = -\frac{V_{i_1}}{2r_e} R_C$

$\Rightarrow A_v = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_C}{2r_e}$

https://skills.study

حل تمرین



$r_{i_1} = r_{i_2} = 20\ \text{k}\Omega$
$\beta_1 = \beta_2 = 75$

- در مدار روبرو v_o را بدست آورید
- تحلیل DC:

$$I_E = \frac{V_{EE} - 0.7V}{R_E} = \frac{9V - 0.7V}{43K\Omega} = 193\mu A \Rightarrow$$

$$I_C = \frac{193}{2}\mu A = 96.5\mu A \Rightarrow V_C = V_{CC} - I_C R_C = 4.5V$$

تحلیل AC:

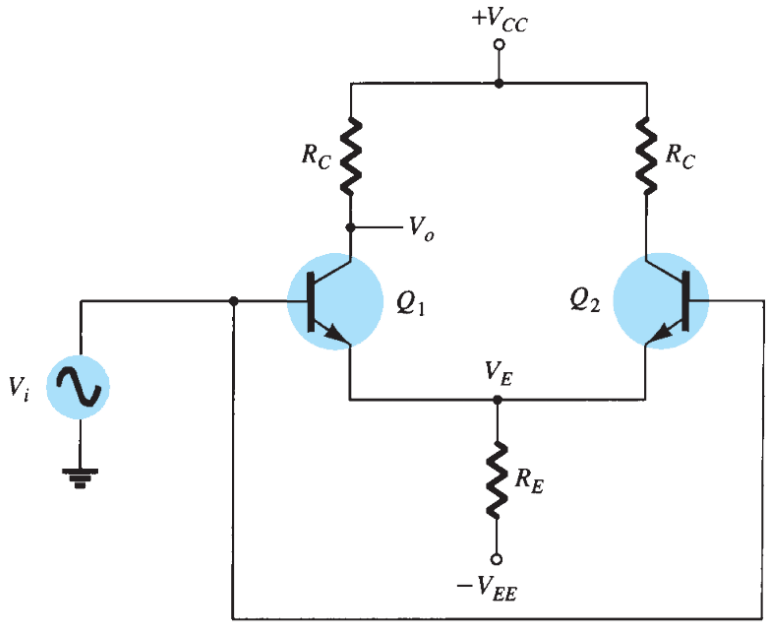
$$r_e = \frac{r_i}{\beta} = \frac{20k}{75} = 267\Omega \xrightarrow{A_v = \frac{-R_C}{2r_e}} A_v = \frac{-47k\Omega}{2(267\Omega)} = -88$$

$$i_b = \frac{v_i}{2r_i} = \frac{2m}{2 \times 20k} = 5 \times 10^{-8} \xrightarrow{i_c = \beta i_b} i_c = 3.75 \times 10^{-6}$$

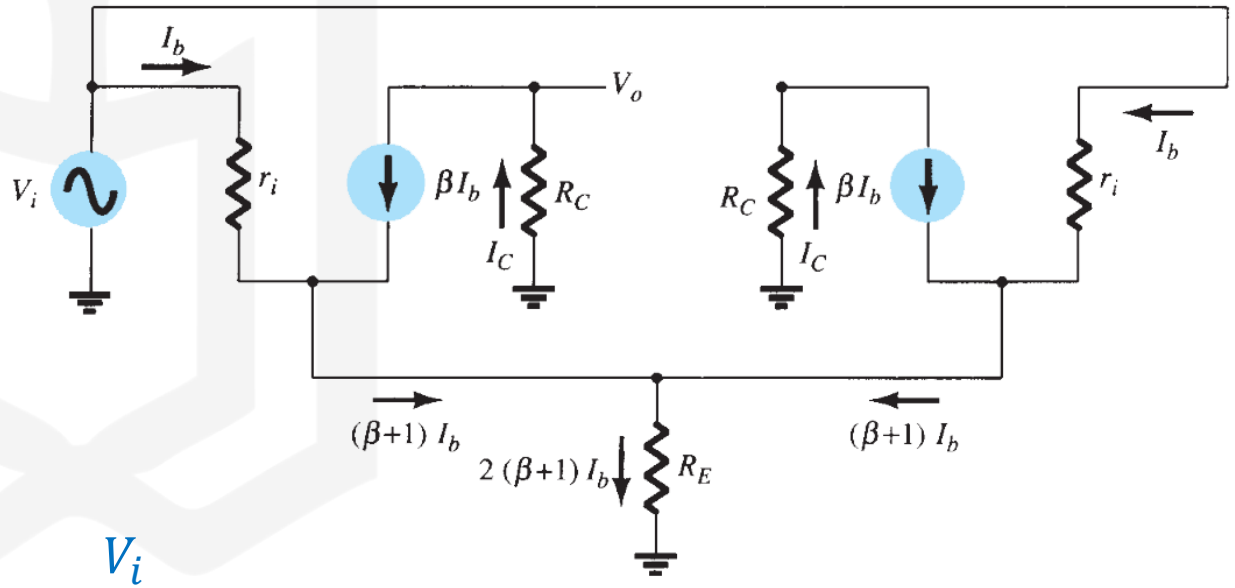
$$\xrightarrow{V_o = -i_c \times R_c} |V_o| = 3.75 \times 10^{-6} \times 47 \times 10^3 = 0.176$$

$$\xrightarrow{V_o = V_i \times A_v} |V_o| = 2mV * 88 = 0.176$$

عملکرد مود مشترک



- مقدار تقویت ولتاژ مشترک دو ورودی

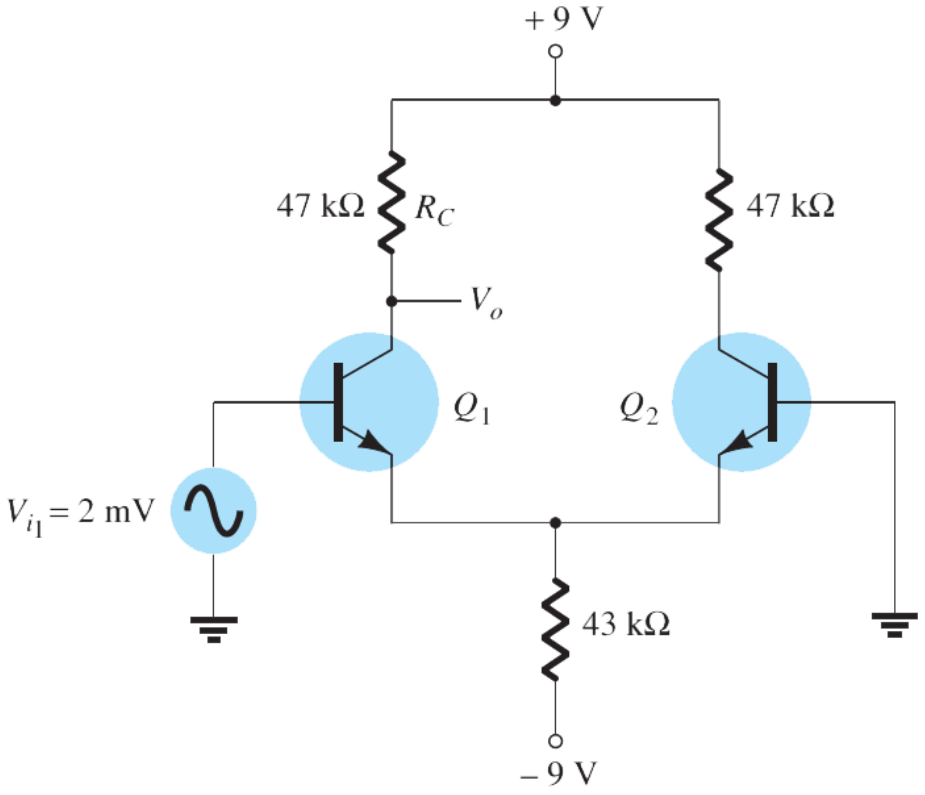


$$I_b = \frac{V_i - 2(\beta+1)I_b R_E}{r_i} \overset{\text{انتقال مقاومت امیتر به بیس}}{\cong} \frac{V_i}{r_i + 2(\beta+1)R_E}$$

$$\Rightarrow V_o = -I_C R_C = -\beta I_b R_C = \frac{-\beta V_i R_C}{r_i + 2(\beta+1)R_E} \Rightarrow A_c = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-\beta R_C}{r_i + 2(\beta+1)R_E}$$

https://skills.study

حل تمرین



$r_{i_1} = r_{i_2} = 20\ \text{k}\Omega$
$\beta_1 = \beta_2 = 75$

- مود مشترک مدار مقابل را محاسبه کنید

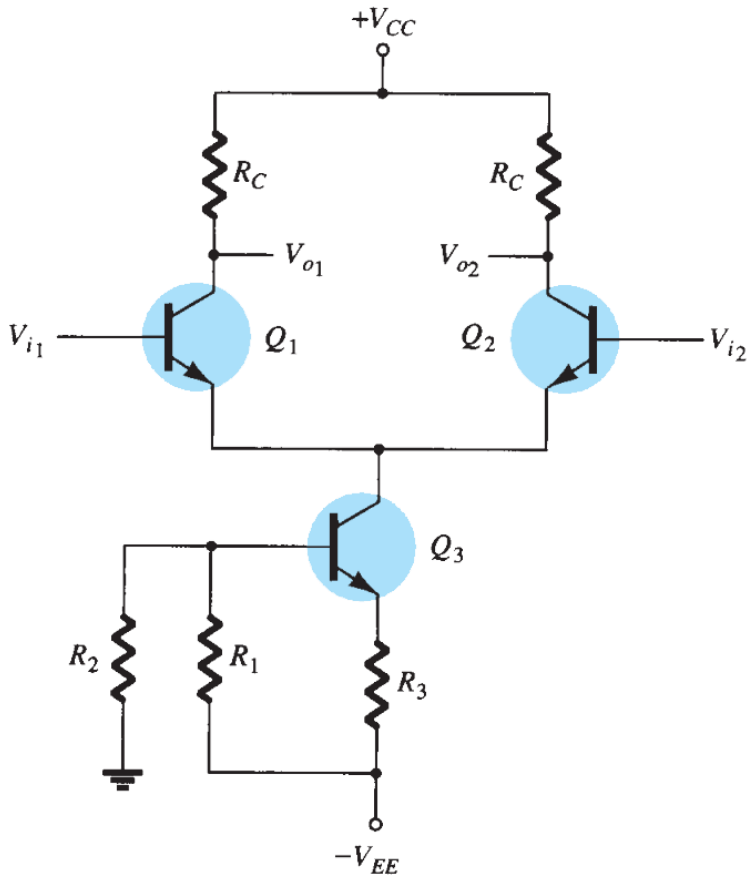
$$A_c = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-\beta R_C}{r_i + 2(\beta + 1)R_E} = \frac{-75(47k\Omega)}{20k\Omega + 2(76)(43k\Omega)} = -0.54$$

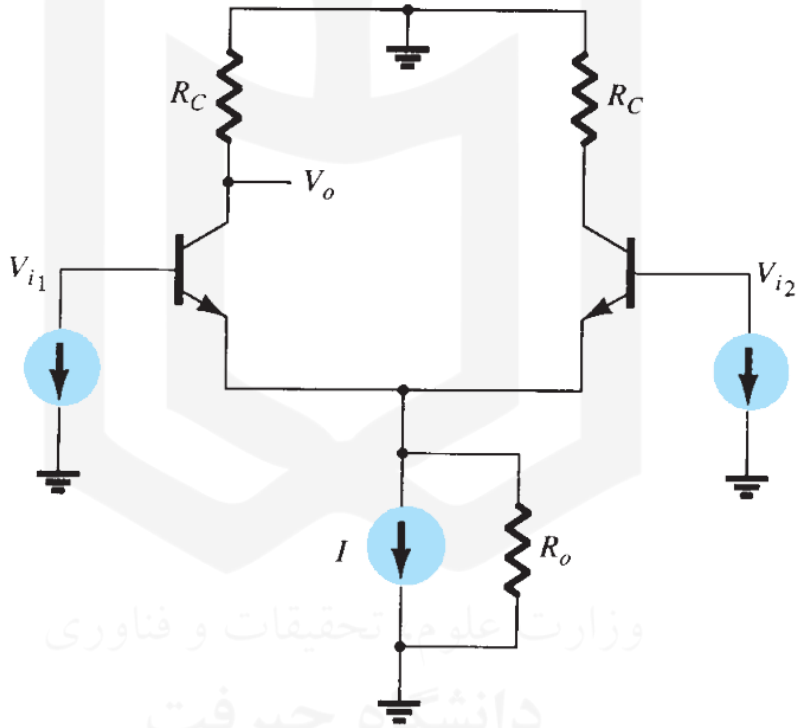
- هر چه R_E بزرگتر باشد، A_C (مود مشترک) کوچکتر است.
- برای بزرگتر کردن مقاومت R_E از منبع جریان استفاده می‌کنند.

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه جیرفت

تفاضلی با منبع جریان

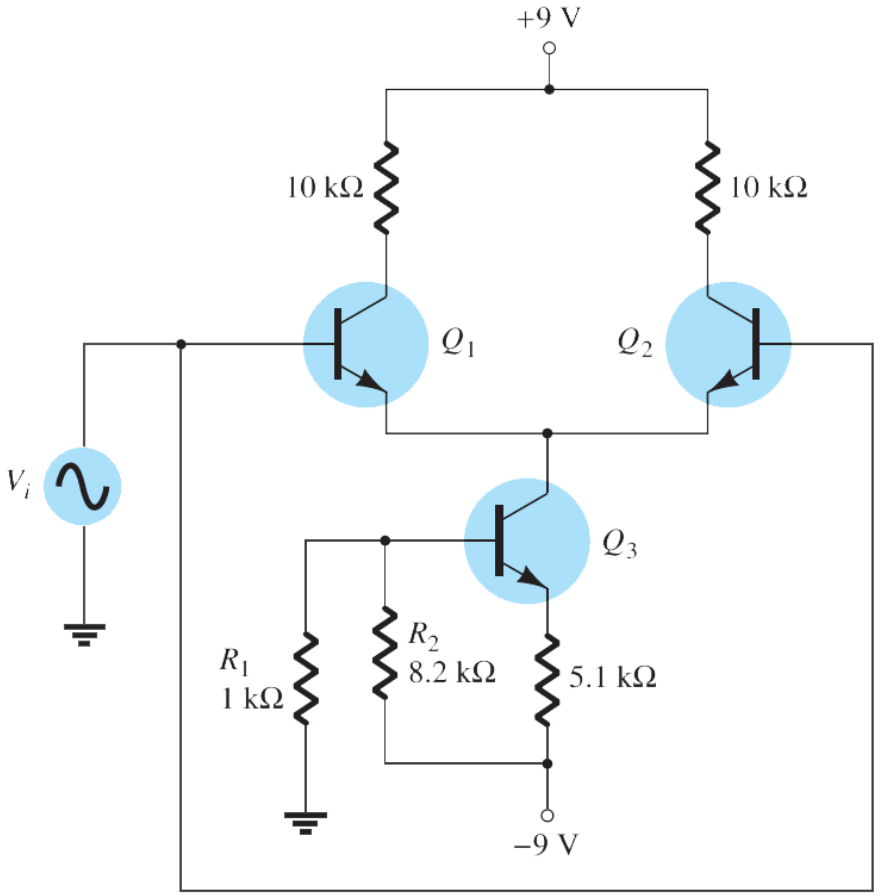
- منبع جریان





وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه جیرفت

حل تمرین



- برای این مدار بهره مود مشترک را محاسبه کنید.

$\beta_1 = \beta_2 = \beta = 75$
$r_{i_1} = r_{i_2} = r_i = 11\ \text{k}\Omega$

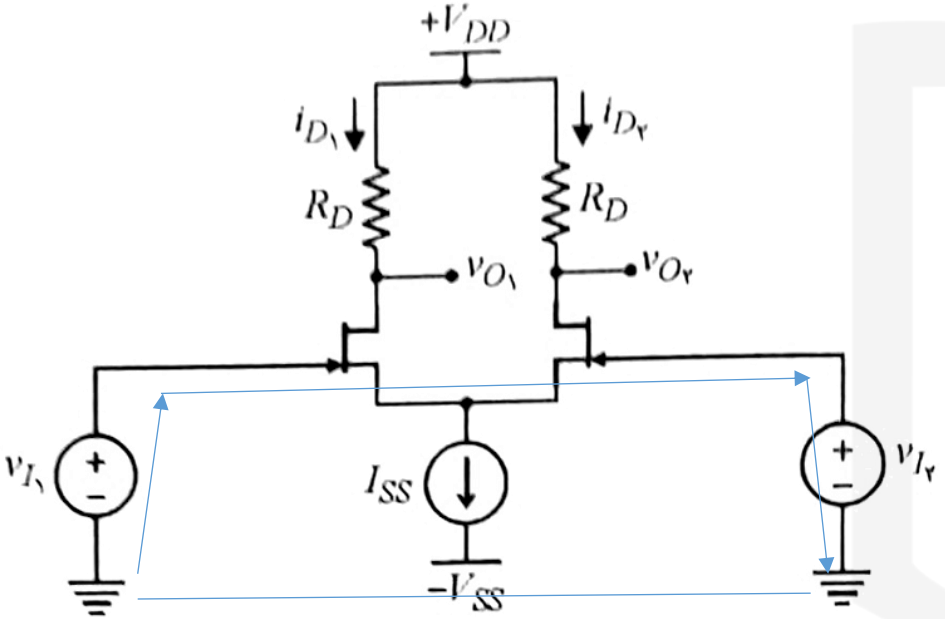
Q_3
$r_o = 200\ \text{k}\Omega$
$\beta_3 = 75$

$$R_E = r_o = 200k\Omega \Rightarrow$$

$$A_c = \frac{-\beta R_C}{r_i + 2(\beta+1)R_E} = \frac{-75(10k\Omega)}{11k\Omega + 2(76)200k\Omega} = -24.7 \times 10^{-3}$$

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه جیرفت

تقویت کننده عملیاتی با FET



شکل ۹-۲۰: تقویت‌کننده تفاضلی با ترانزیستورهای *NJFET*

- در مدارهای مجتمع با JFET مقاومت ورودی خیلی زیاد، جریان بایاس خیلی کم می‌کنند.
- دو JFET با مشخصات کاملا مشابه به سختی پیدا می‌شود.

$$v_{I_1} - v_{GS_1} + v_{GS_2} - v_{I_2} = 0$$

$$v_{ID} = v_{I_1} - v_{I_2} = -V_P \left(\sqrt{\frac{i_{D_1}}{I_{DSS}}} - \sqrt{\frac{i_{D_2}}{I_{DSS}}} \right)$$

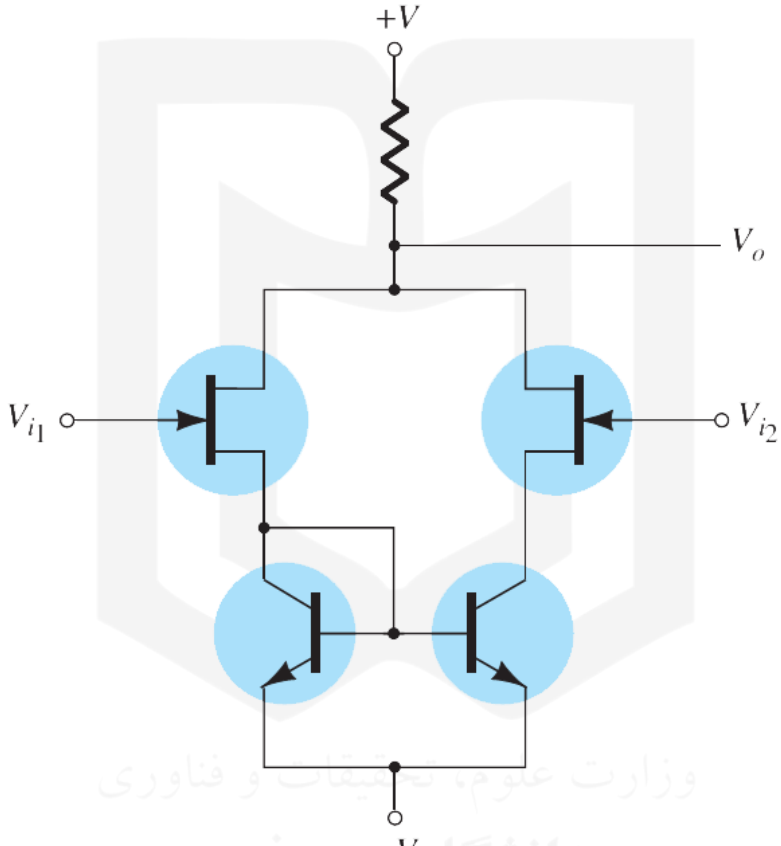
$$i_{D_2} = \frac{I_{SS}}{2} \left[1 - \frac{v_{ID}}{V_P} \sqrt{2 \left(\frac{I_{DSS}}{I_{SS}} \right) - \left(\frac{v_{ID}}{V_P} \right)^2 \left(\frac{I_{DSS}}{I_{SS}} \right)^2} \right]$$

$$i_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{v_{GS}}{V_P} \right)^2$$

$$v_{GS} = V_P \left(1 - \sqrt{\frac{i_D}{I_{DSS}}} \right)$$

https://skills.study

تقویت کننده تفاضلی BiFET



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه جیرفت