وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه جیرفت

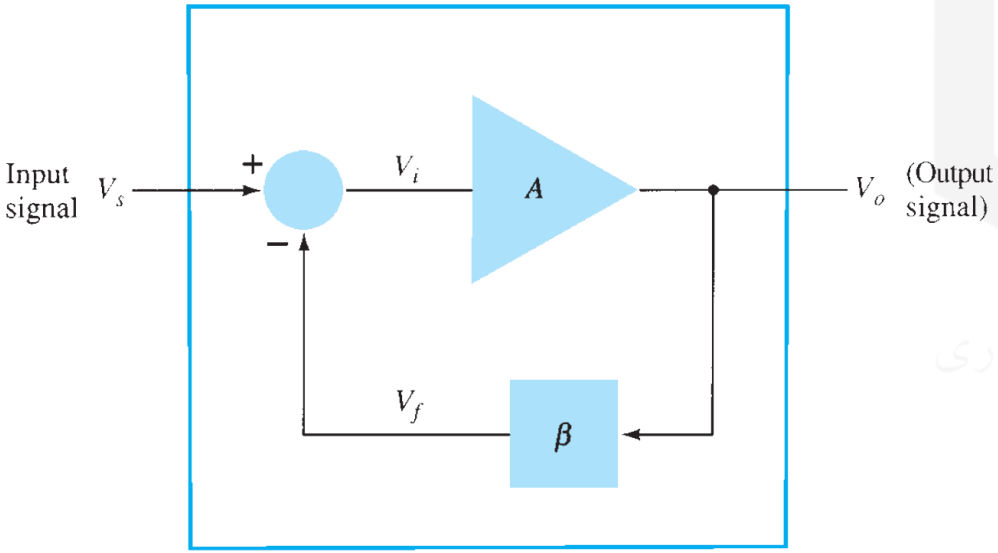
الکترونیک ۲

۴- فیدبک

مهندس محمد هاشمی‌نژاد

فیدبک

- بازگرداندن بخشی از خروجی به ورودی یک سیستم و ترکیب آن با ورودی به منظور کنترل خروجی
- مدار بدون فیدبک: فاقد هر گونه حلقه فیدبک است و حلقه باز گفته می‌شود. ورودی آن x_i بهره A و خروجی $x_o = Ax_i$ است.

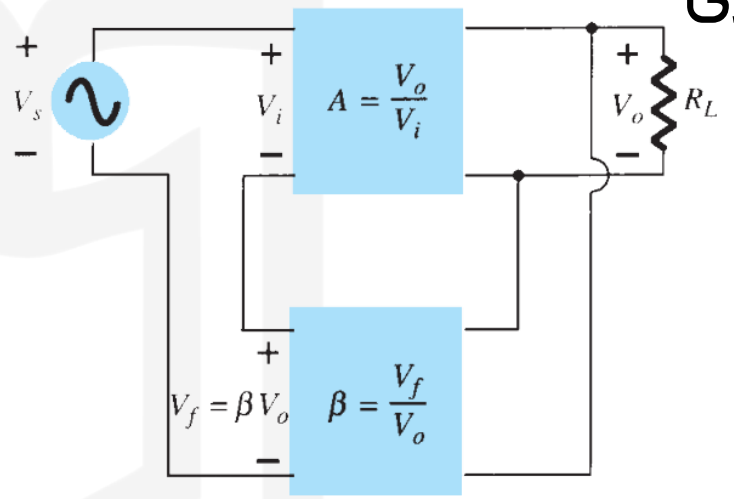


Feedback amplifier

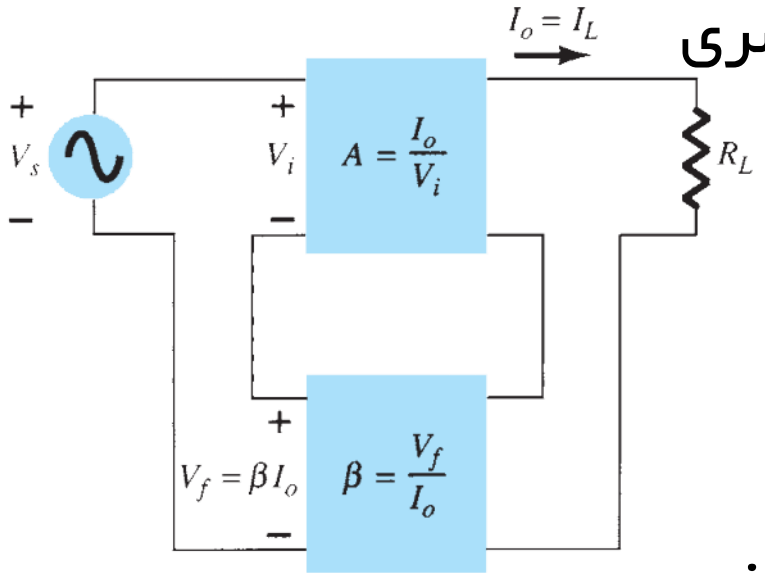
https://skills.study

انواع فیدبک

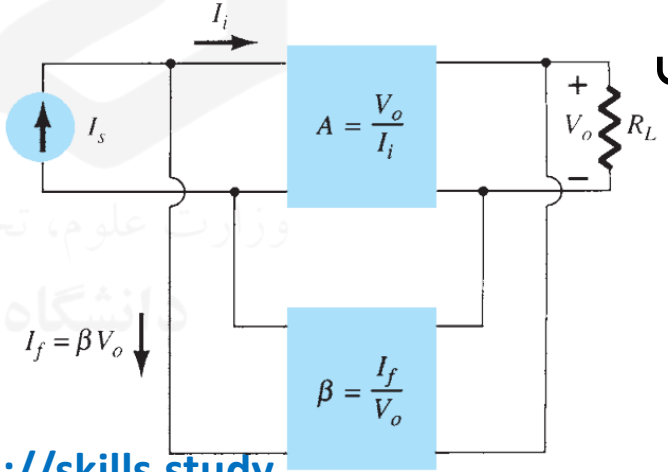
- فیدبک ولتاژ سری



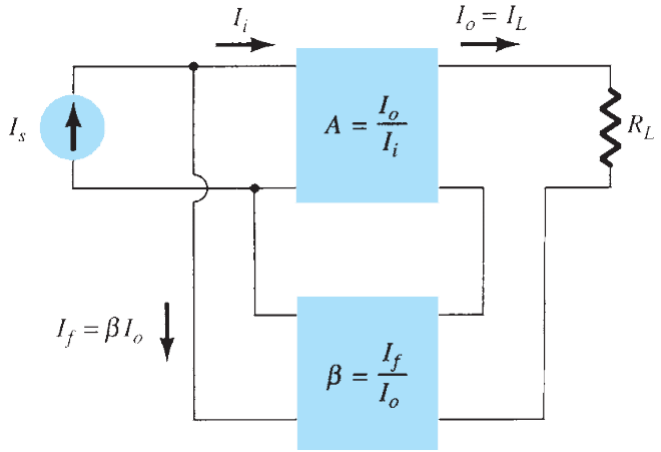
- فیدبک جریان سری



- فیدبک ولتاژ موازی



- فیدبک جریان موازی

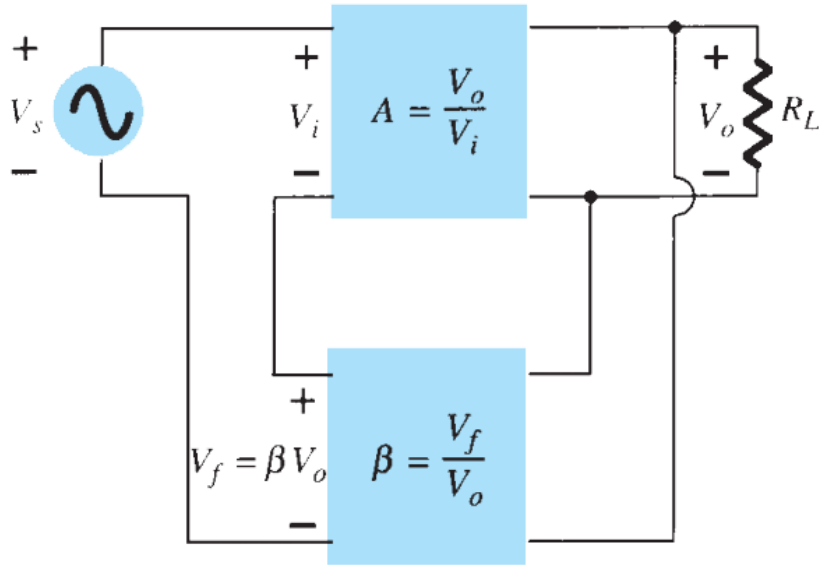


https://skills.study

فیدبک ولتاژ سری

$$A = \frac{V_o}{V_i}, V_i = V_s - V_f$$

بدست آوردن بهره ولتاژ فیدبک



$$V_o = AV_i = A(V_s - V_f) = AV_s - AV_f = AV_s - A(\beta V_o) \Rightarrow$$

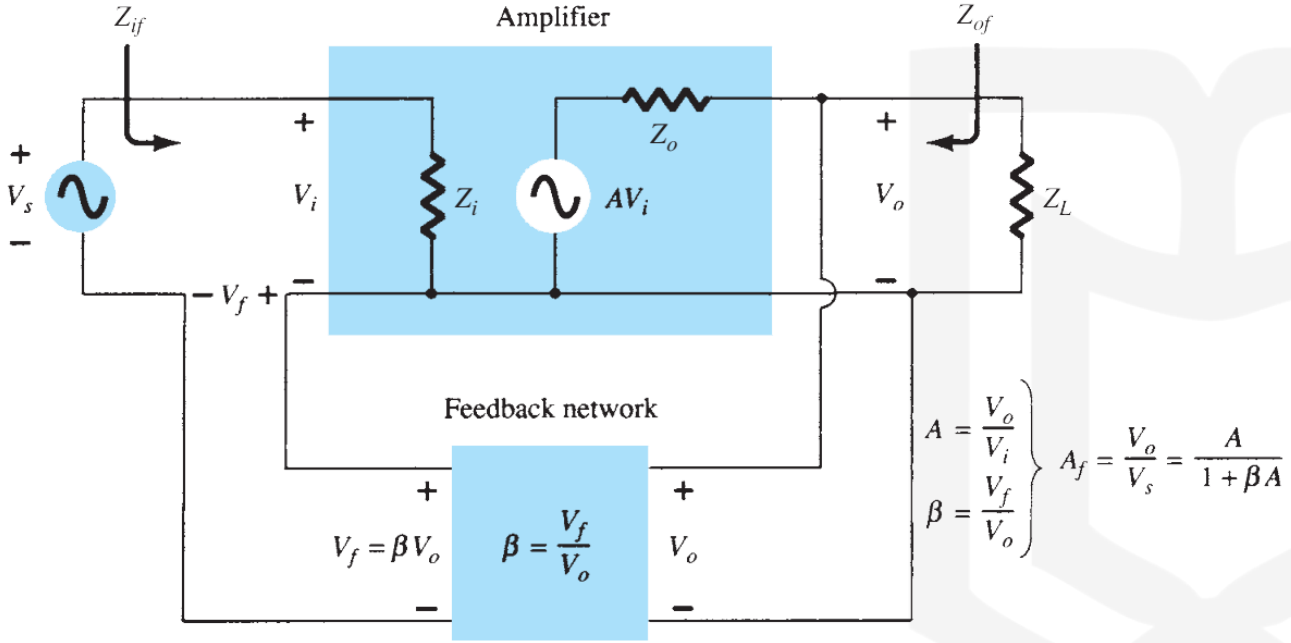
$$V_o + A\beta V_o = AV_s \Rightarrow (1 + \beta A)V_o = AV_s \Rightarrow \frac{V_o}{V_s} = \frac{A}{1 + \beta A} = A_{vf}$$

بدست آوردن مقاومت ورودی $\frac{V_s}{I_i}$

$$V_i = V_s - V_f = V_s - \beta V_o = V_s - \beta A V_i \Rightarrow V_s = V_i(1 + \beta A)$$

$$V_s = I_i Z_i (1 + \beta A) \Rightarrow Z_{if} = \frac{V_s}{I_i} = Z_i(1 + \beta A) \Rightarrow \quad Z_{if} = Z_i(1 + \beta A)$$

فیدبک ولتاژ سری



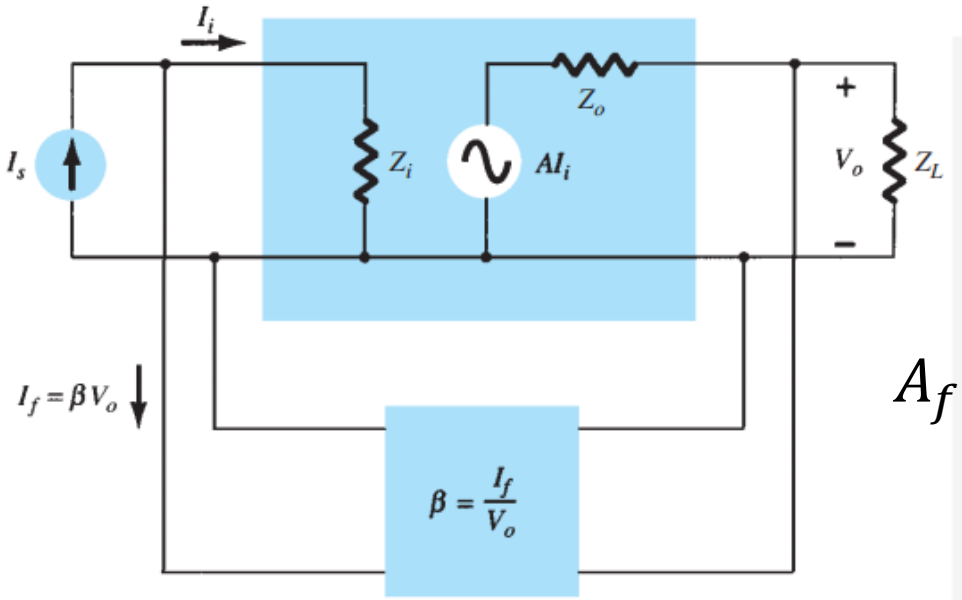
بدست آوردن مقاومت خروجی $\frac{V_o}{I_o}$

برای بدست آوردن مقاومت خروجی باید ورودی را صفر در نظر بگیریم و نسبت جریان و ولتاژ خروجی را بدست آوریم.

$$V_o = I_o Z_o + AV_i \xrightarrow{V_i=-V_f} V_o = I_o Z_o - AV_f = I_o Z_o - A(\beta V_o) \Rightarrow V_o + \beta A V_o = I_o Z_o \Rightarrow$$

$$Z_{of} = \frac{V_o}{I_o} = \frac{Z_o}{1+\beta A}$$

فیدبک ولتاژ موازی



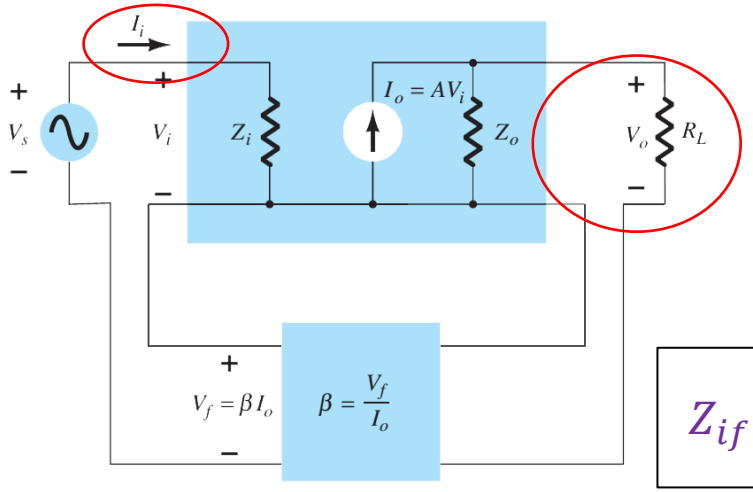
بدست آوردن بهره فیدبک

$$A_f = \frac{V_o}{I_s} = \frac{AI_i}{I_i + I_f} = \frac{AI_i}{I_i + \beta V_o} = \frac{AI_i}{I_i + \beta A I_i} \Rightarrow A_f = \frac{A}{1 + \beta A}$$

بدست آوردن مقاومت ورودی با فیدبک

$$Z_{if} = \frac{V_i}{I_s} = \frac{V_i}{I_i + I_f} = \frac{V_i}{I_i + \beta V_o} = \frac{\frac{V_i}{I_i}}{\frac{I_i}{I_i} + \frac{\beta V_o}{I_i}} \Rightarrow Z_{if} = \frac{Z_i}{1 + \beta A}$$

فیدبک جریان سری



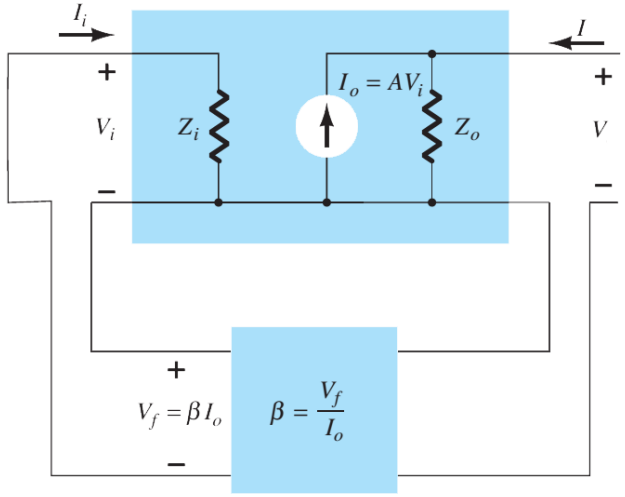
$$A_f = \frac{I_o}{V_s} \rightarrow V_i = V_s - V_f = V_s - \beta I_o = V_s - \beta A V_i \Rightarrow V_s = V_i + \beta A V_i \Rightarrow$$

بدست آوردن بهره فیدبک

$$A_f = \frac{I_o}{V_s} = \frac{AV_i}{V_i + \beta A V_i} = \frac{A}{1 + \beta A}$$

بدست آوردن مقاومت ورودی فیدبک

$$Z_{if} = \frac{V_s}{I_i} = \frac{V_i + \beta A V_i}{I_i} = Z_i(1 + A\beta)$$



برای به دست آوردن مقاومت خروجی باید یک ولتاژ به نام V به خروجی اعمال و ولتاژ V_s را صفر کنیم. این ولتاژ منجر با جریان I می‌شود. از این راه مقاومت خروجی به دست می‌آید.

$$V_i = V_f \overset{KCL}{\Rightarrow} I = \frac{V}{Z_o} - AV_i = \frac{V}{Z_o} - AV_f = \frac{V}{Z_o} - A\beta I \Rightarrow Z_o(1 + \beta A)I$$

$$= V \Rightarrow Z_{of} = \frac{V}{I} = Z_o(1 + \beta A)$$

https://skills.study

وضعیت کلی

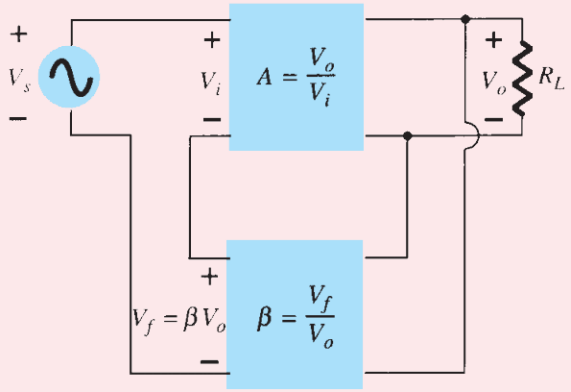
	ولتاژ–سری	جریان–سری	ولتاژ–موازی	جریان–موازی
	Voltage-Series	**Current-Series**	**Voltage-Shunt**	**Current-Shunt**
Z_{if}	$Z_i(1 + \beta A)$ (increased)	$Z_i(1 + \beta A)$ (increased)	$\frac{Z_i}{1 + \beta A}$ (decreased)	$\frac{Z_i}{1 + \beta A}$ (decreased)
Z_{of}	$\frac{Z_o}{1 + \beta A}$ (decreased)	$Z_o(1 + \beta A)$ (increased)	$\frac{Z_o}{1 + \beta A}$ (decreased)	$Z_o(1 + \beta A)$ (increased)

دانشگاه جیرفت

وضعیت کلی

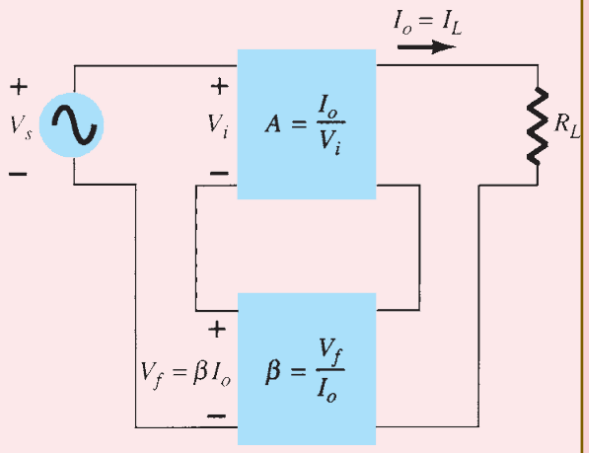
ولتاژ–سری

$$A_{vf} = \frac{V_o}{V_s} = \frac{A}{1+\beta A}$$



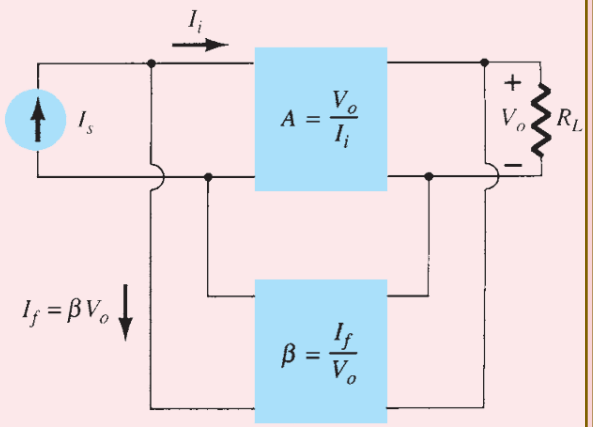
جریان–سری

$$A_f = \frac{I_o}{V_s} = \frac{A}{1+\beta A}$$



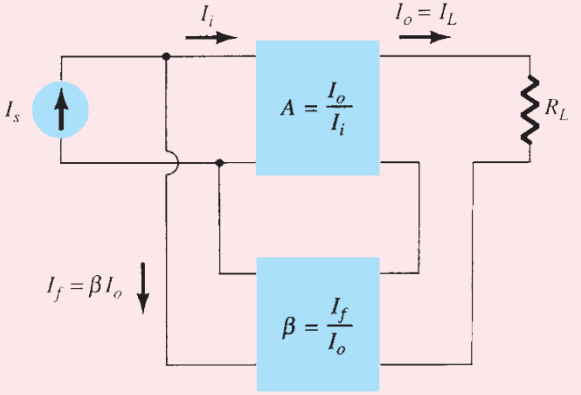
ولتاژ–موازی

$$A_f = \frac{V_o}{I_s} = \frac{A}{1+\beta A}$$



جریان–موازی

$$A_f = \frac{I_o}{I_s} = \frac{A}{1+\beta A}$$



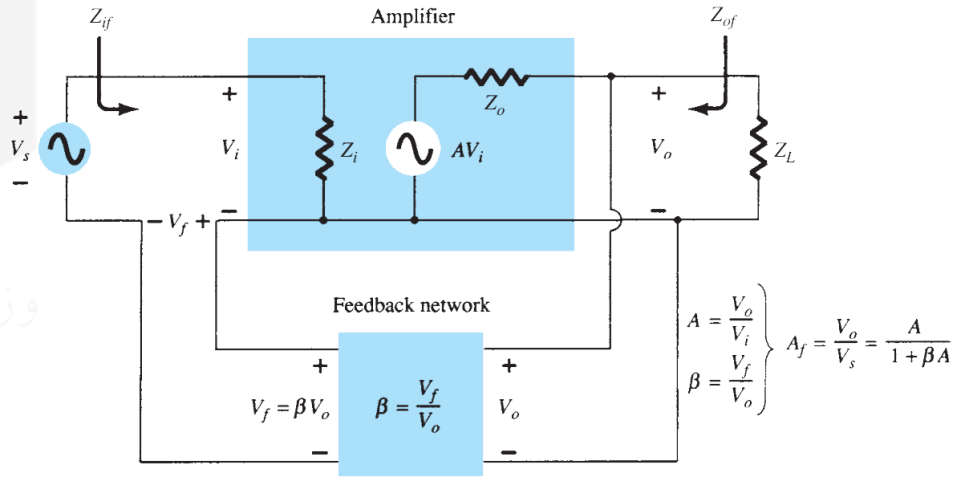
مثال

- اگر یک مدار به صورت فیدبک ولتاژ سری باشد و پارامترهای آن عبارت باشد از: $A=-100, R_i=10k\Omega, R_o=29k\Omega, \beta=-0.1$، بهره ولتاژ، امپدانس ورودی و امپدانس خروجی را بدست آورید.

$$A_f=\frac{A}{1+\beta A}=\frac{-100}{1+(-0.1)(-100)}=-\frac{100}{11}=-9.09$$

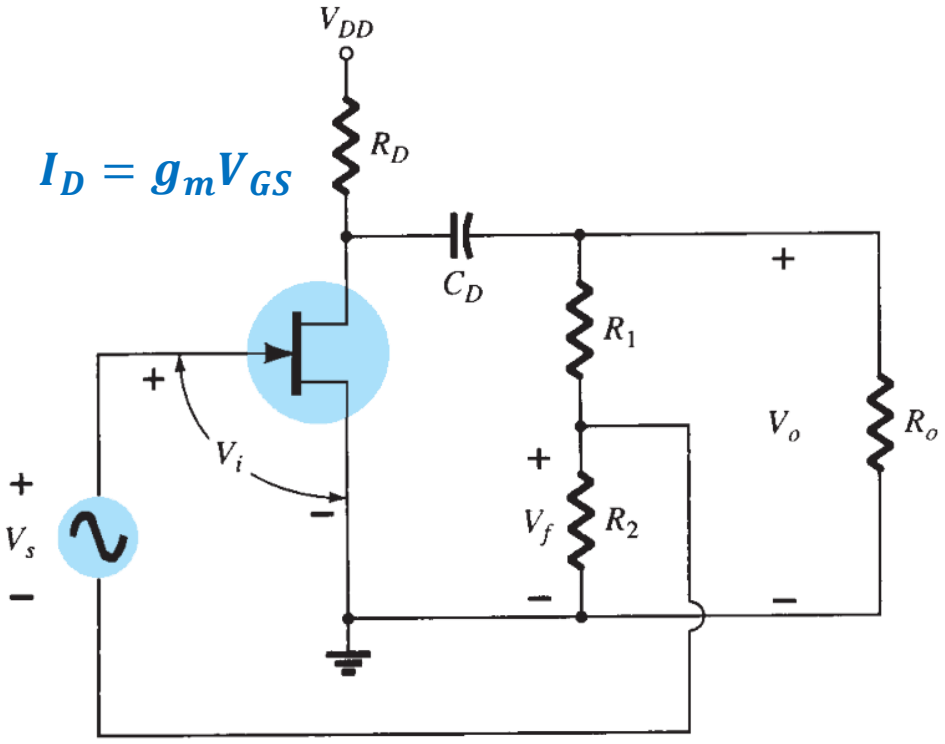
$$Z_{if}=Z_i(1+\beta A)=10k\Omega\times 11=110k\Omega$$

$$Z_{of}=\frac{Z_o}{1+\beta A}=\frac{29\times 10^3}{11}=2.63k\Omega$$

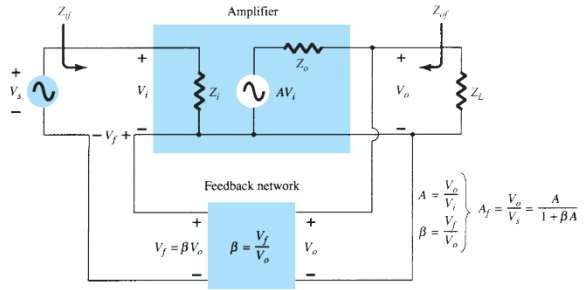


https://skills.study

مدارهای عملی فیدبک



$I_D = g_m V_{GS}$



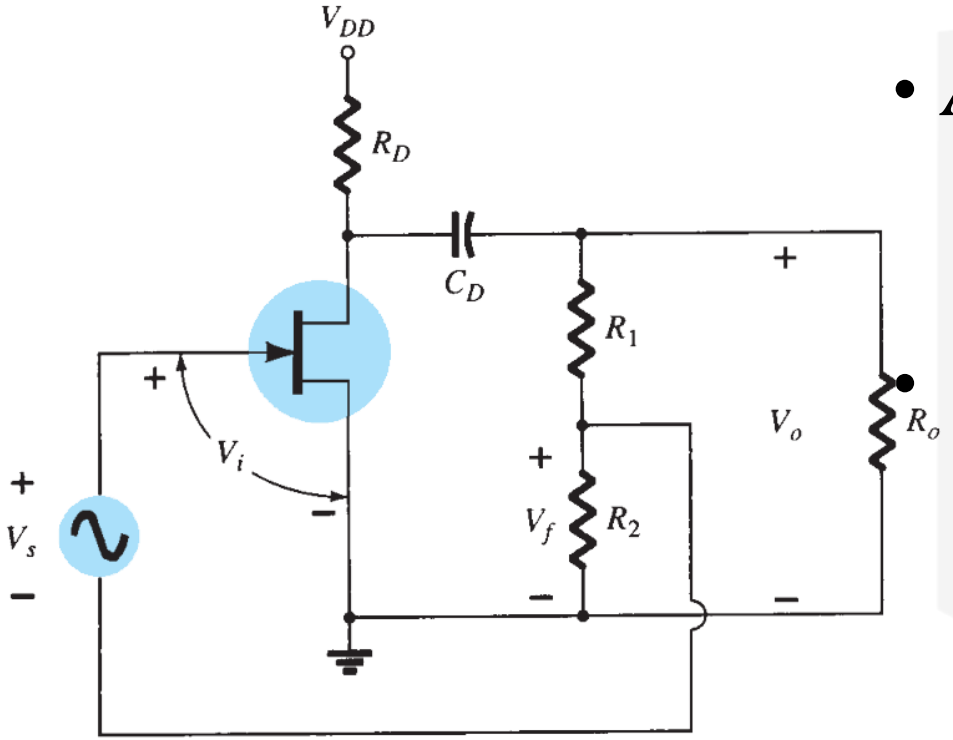
- مدار مقابل، ولتاژ سری است:
- قسمتی از خروجی از فیدبک و از طریق R_1 و R_2 ایجاد می‌شود.
- بدون فیدبک، بهره تقویت کننده به صورت زیر است:

$$A = \frac{V_o}{V_i} = -g_m R_L, R_L = \frac{R_D R_o (R_1 + R_2)}{R_D R_o + R_o(R_1 + R_2) + R_D(R_1 + R_2)}$$

- شبکه فیدبک، بهره فیدبک $\beta = \frac{V_f}{V_o} = \frac{-R_2}{R_1 + R_2}$ را دارد.
- دلیل منفی بودن این است که در اینجا سر مثبت فیدبک به سر منفی v_S می خورد. (بر عکس قبل)
- با استفاده از فرمولهای فیدبک بهره بدست می‌آید.

https://skills.study

مدارهای عملی فیدبک

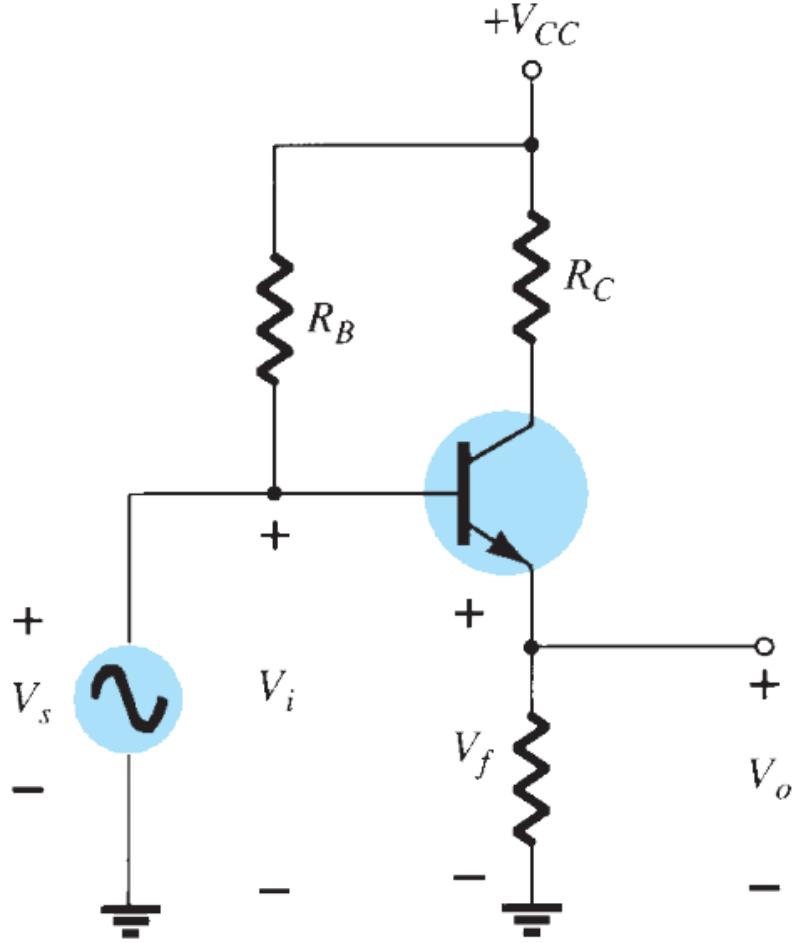


- $A_f = \frac{A}{1+\beta A} = \frac{-g_m R_L}{1+\left[\frac{-R_2}{R_1+R_2}\right](-g_m R_L)}$
- اگر $\beta A \gg 1$ آنگاه:

$$A_f \cong \frac{1}{\beta} = -\frac{R_1+R_2}{R_2}$$

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه جیرفت

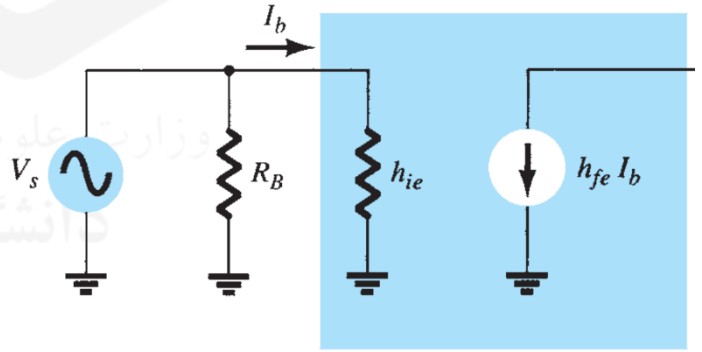
مدارهای عملی فیدبک



- این مدار کلکتور مشترک، فیدبک ولتاژ–سری دارد.
- ولتاژ V_o با ولتاژ ورودی سری است.
- عملکرد بدون فیدبک:

$$A = \frac{V_o}{V_i} = \frac{h_{fe} I_b R_E}{V_s} = \frac{h_{fe}(V_s/h_{ie})R_E}{V_s} = \frac{h_{fe} R_E}{h_{ie}}$$

$$,\beta = \frac{V_f}{V_o} = 1$$



https://skills.study

مدارهای عملی فیدبک

- عملکرد با فیدبک:

$$A_f = \frac{V_o}{V_s} = \frac{A}{1+\beta A} = \frac{h_{fe}R_E/h_{ie}}{1+1(h_{fe}R_E/h_{ie})}$$

$$= \frac{h_{fe}R_E}{h_{ie}+h_{fe}R_E}$$

$$for\ h_{fe}R_E \gg h_{ie} \rightarrow A_f \cong 1$$

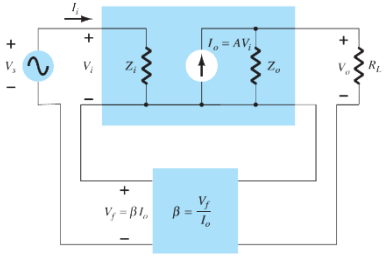
- عملکرد با فیدبک:

$$A_f = \frac{V_o}{V_s} = \frac{A}{1+\beta A} = \frac{h_{fe}R_E/h_{ie}}{1+1(h_{fe}R_E/h_{ie})}$$

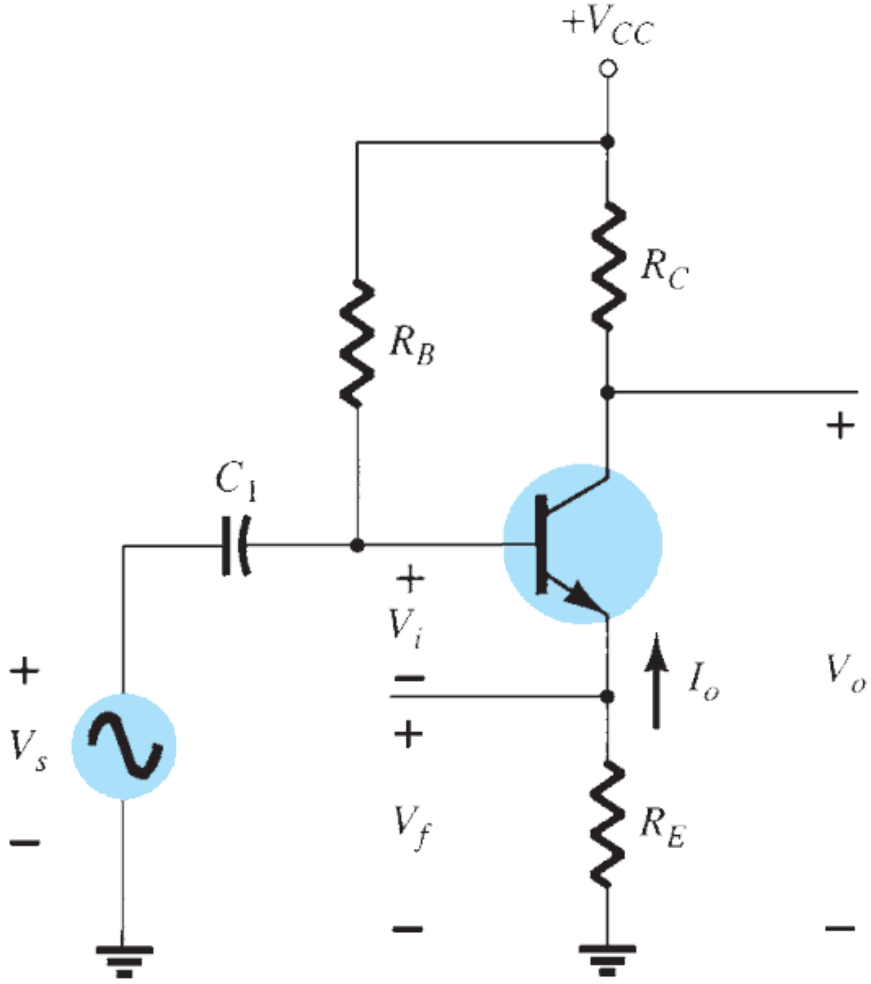
$$= \frac{h_{fe}R_E}{h_{ie}+h_{fe}R_E}$$

$$for\ h_{fe}R_E \gg h_{ie} \rightarrow A_f \cong 1$$

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه جیرفت



فیدبک جریان سری



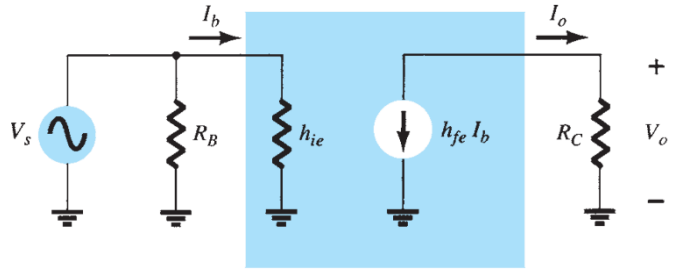
- مدار امیتر مشترک، با توجه به فرمول‌های بدست آمده: بدون فیدبک:

$$A = \frac{I_o}{V_i} = -\frac{h_{fe} I_b}{I_b h_{ie} + h_{fe} I_b R_E} = \frac{-h_{fe}}{h_{ie} + h_{fe} R_E}$$

$$\beta = \frac{V_f}{I_o} = \frac{-I_o R_E}{I_o} = -R_E$$

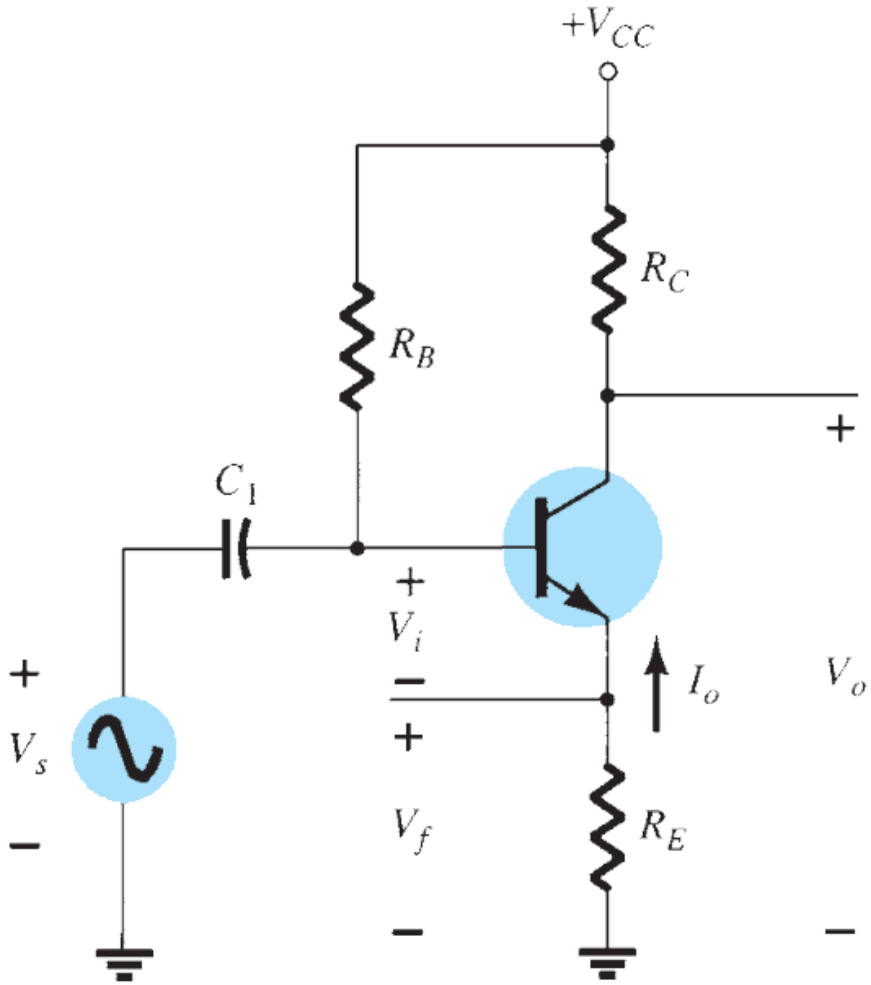
$$Z_o = R_C$$

$$Z_i = R_B || \left(h_{ie} + h_{fe} R_E\right) \cong h_{ie} + h_{fe} R_E$$



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه جیرفت

فیدبک جریان سری



- با توجه به فرمول‌های بدست آمده:
- با فیدبک:

$$A_f = \frac{I_o}{V_s} = \frac{A}{1+\beta A} = (-\frac{h_{fe}}{h_{ie}})/(1+(-R_E)\left(-\frac{h_{fe}}{h_{ie}+R_E}\right) \approx \frac{-h_{fe}}{h_{ie}+h_{fe}R_E}$$

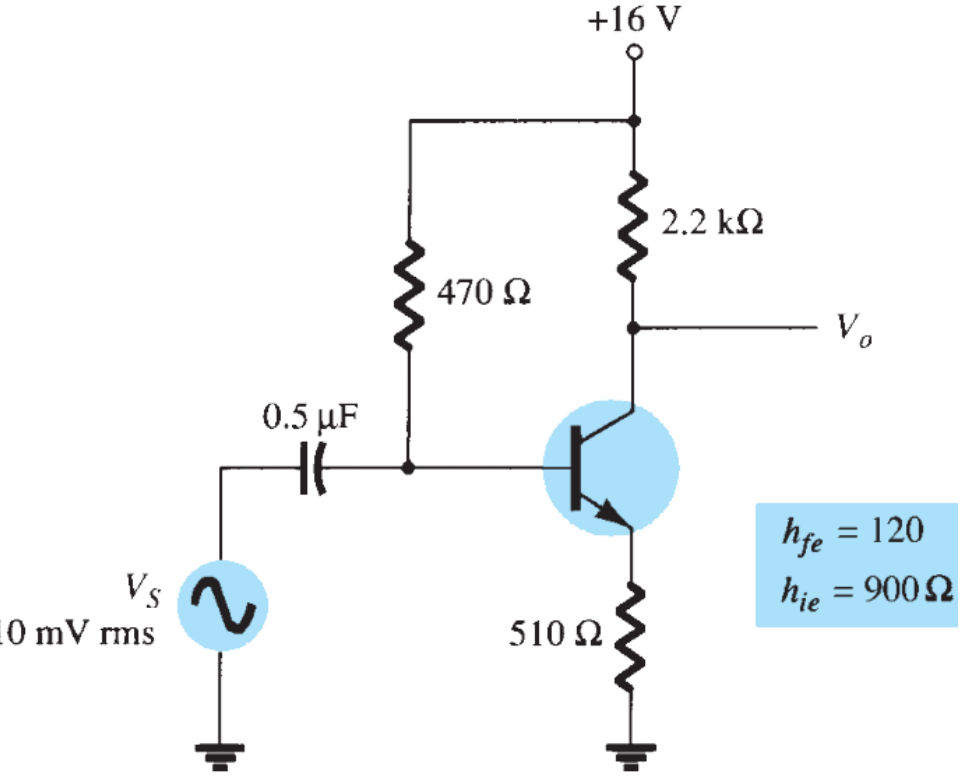
$$Z_{if} = Z_i(1+\beta A) \approx h_{ie}\left(1+\frac{h_{fe}R_E}{h_{ie}}\right) = h_{ie}+h_{fe}R_E$$

$$Z_{of} = Z_o(1+\beta A) = R_c\left(1+\frac{h_{fe}R_E}{h_{ie}}\right)$$

$$A_{vf} = \frac{V_o}{V_s} = \frac{I_o R_C}{V_s} = \left(\frac{I_o}{V_s}\right)R_C = A_f R_C \cong \frac{-h_{fe}R_C}{h_{ie}+h_{fe}R_E}$$

https://skills.study

حل مسئله



- بهره ولتاژ مدار زیر را محاسبه کنید:
- ابتدا حالت بدون فیدبک و بعد با فیدبک:

$$A = \frac{I_o}{V_i} = \frac{-h_{fe}}{h_{ie} + h_{fe}R_E} = -\frac{120}{900 + 120 * 510} = -0.0019$$

$$\beta = \frac{V_f}{I_o} = -R_E = -510 \quad 1 + \beta A = 1 + (-0.0019)(-510) = 1.969$$

$$A_f = \frac{I_o}{V_s} = \frac{A}{1 + \beta A} = -\frac{0.0019}{1.969} = -9.64 \times 10^{-4}$$

$$A_{vf} = \frac{V_o}{V_s} = A_f R_c = (-9.64 \times 10^{-4})(2.2 \times 10^3) = -2.12$$

بهره ولتاژ بدون فیدبک $(R_E = 0)$، $h_{ie} = \beta r_e$ رجوع

$$i_b = \frac{v_s}{h_{ie}}, i_c = h_{fe} i_b, v_o = -i_c \times R_c \Rightarrow v_o = -\frac{h_{fe} v_s}{h_{ie}} \times R_c \Rightarrow A_v = \frac{-h_{fe}}{h_{fe} \times r_e} \times R_c = -\frac{R_c}{r_e} = \frac{-2.2 \times 10^3}{7.5} = -293.3$$

https://skills.study