



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه جیرفت

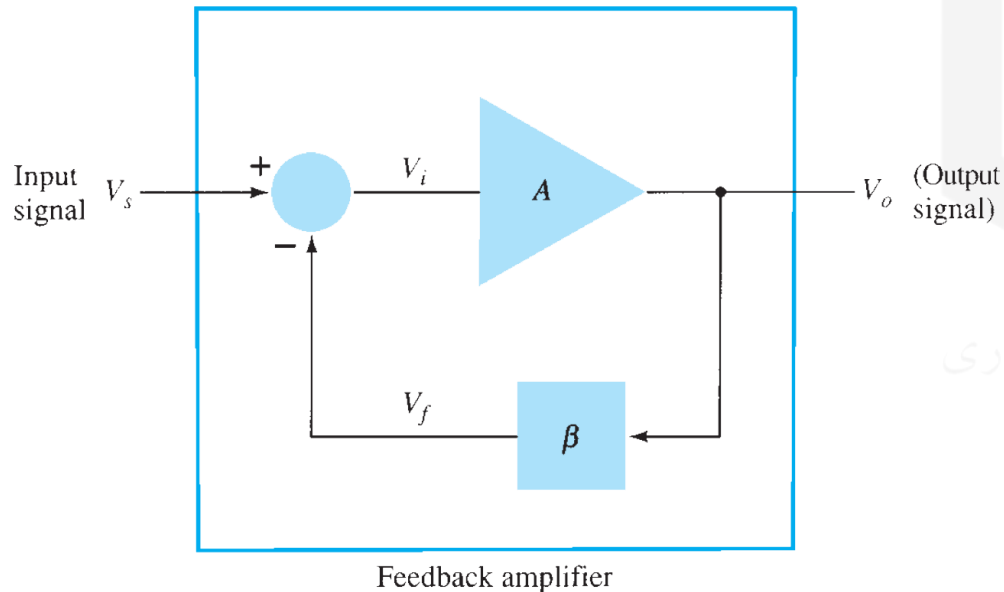
الکترونیک ۲

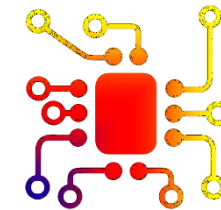
۱۴۔ فیدبک



فیدبک

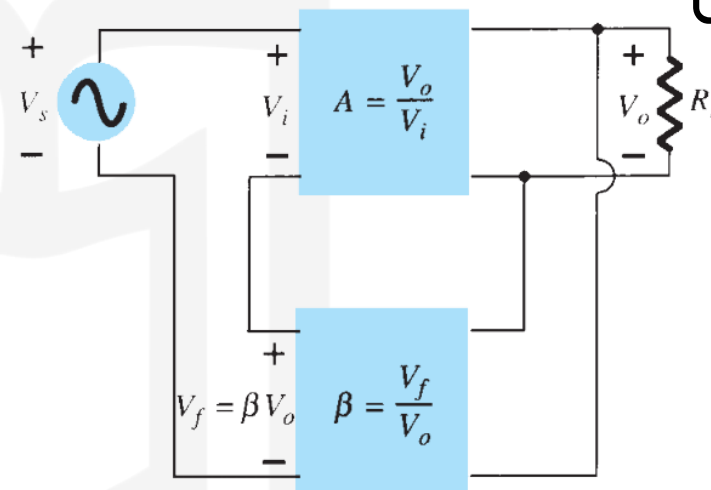
- بازگرداندن بخشی از خروجی به ورودی یک سیستم و ترکیب آن با ورودی به منظور کنترل خروجی
- مدار بدون فیدبک: فاقد هر گونه حلقه فیدبک است و حلقه باز گفته می‌شود. ورودی آن x_i بهره A و خروجی $x_o = Ax_i$ است.



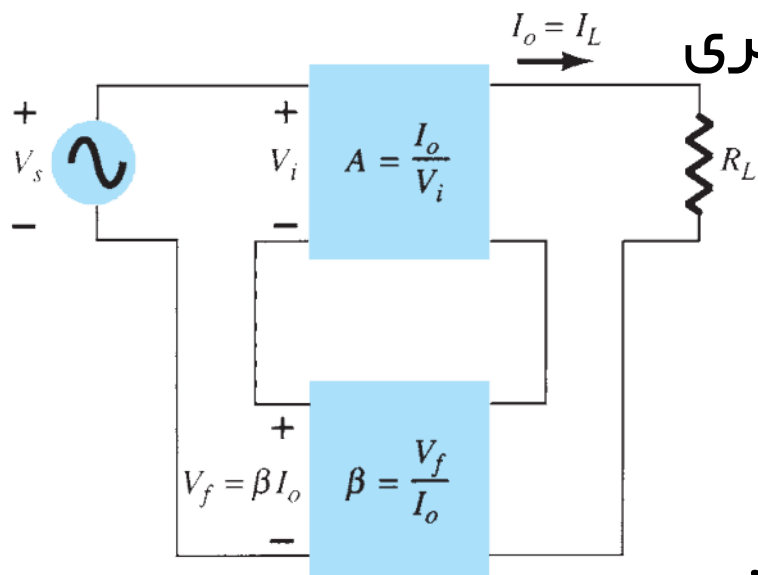


انواع فیدبک

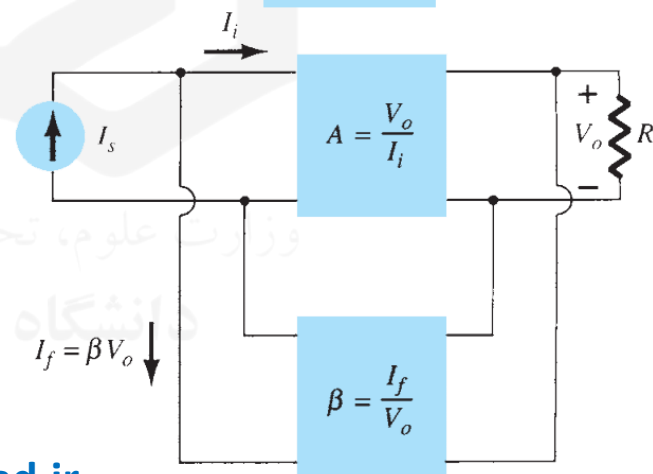
• فیدبک ولتاژ سری



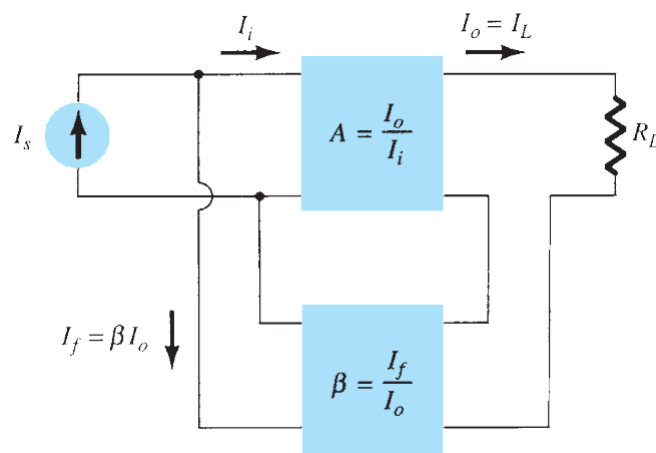
• فیدبک جریان سری

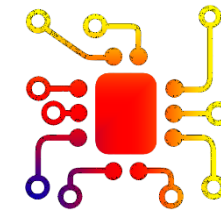


• فیدبک ولتاژ موازی



• فیدبک جریان موازی





فیدبک ولتاژ سری

$$A = \frac{V_o}{V_s} = \frac{V_o}{V_i}$$

$$V_i = V_s - V_f$$

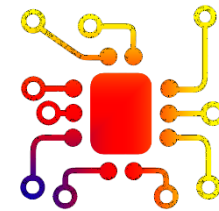
$$V_o = AV_i = A(V_s - V_f) = AV_s - AV_f = AV_s - A(\beta V_o) \quad (1 + \beta A)V_o = AV_s$$

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

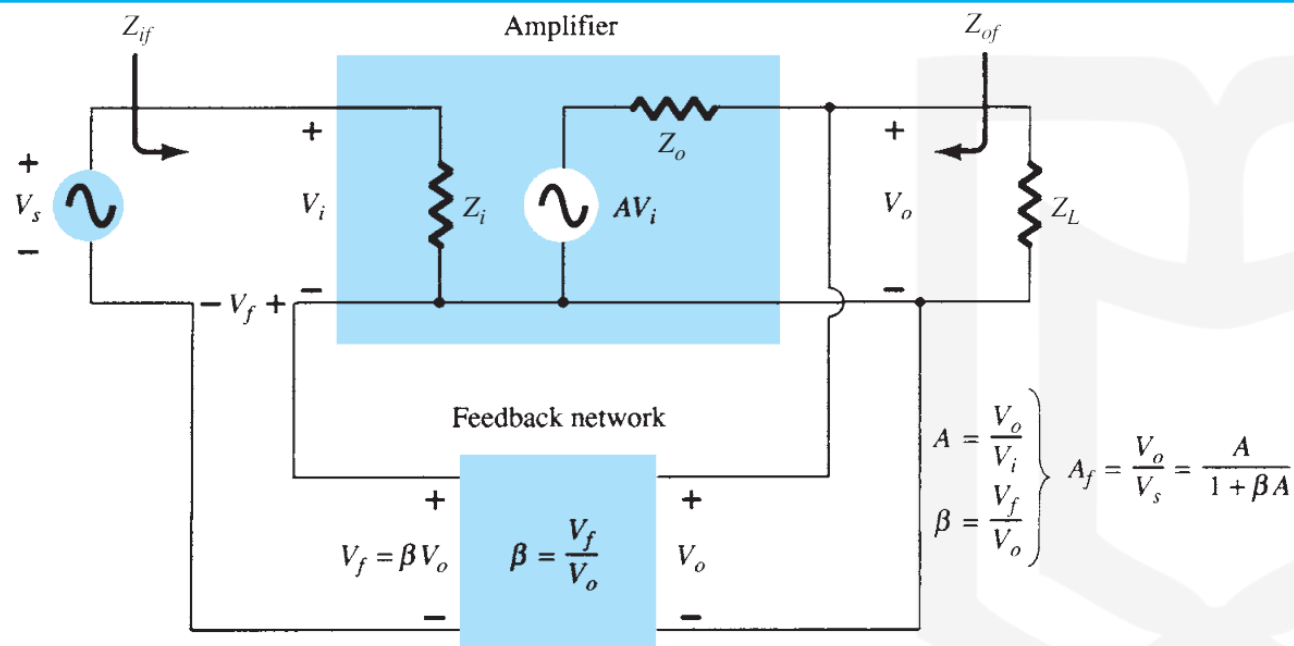
$$V_i = V_s - V_f = V_s - \beta V_o = V_s - \beta AV_i \Rightarrow V_s = V_i(1 + \beta A)$$

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

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



فیدبک ولتاژ سری

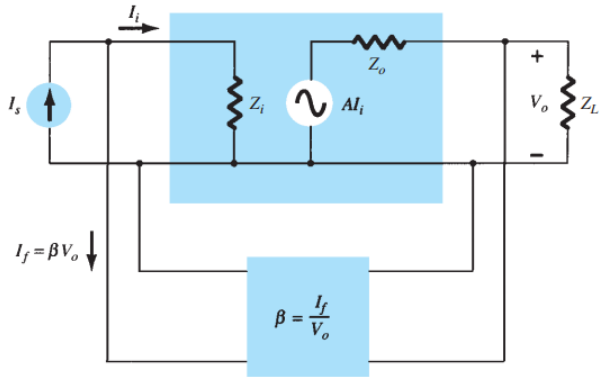


$$V_o = I_o Z_o + AV_i \xrightarrow{V_i = -V_f} V_o = I_o Z_o - AV_f = I_o Z_o - A(\beta V_o) \Rightarrow V_o + \beta A V_o = I_o Z_o$$

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



فیدبک ولتاژ موازی

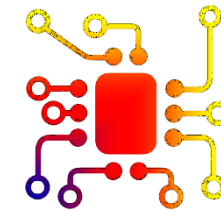


$$A_f = \frac{V_o}{I_s} = \frac{A I_i}{I_i + I_f} = \frac{A I_i}{I_i + \beta V_o} = \frac{A I_i}{I_i + \beta A I_i}$$

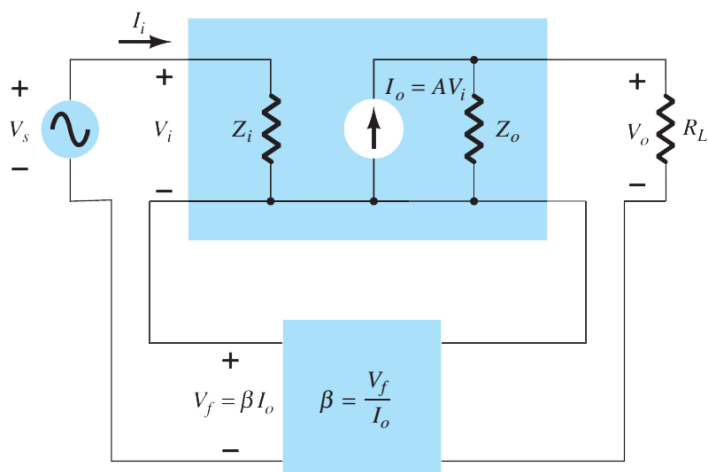
$$A_f = \frac{A}{1 + \beta A}$$

$$Z_{if} = \frac{V_i}{I_s} = \frac{V_i}{I_i + I_f} = \frac{V_i}{I_i + \beta V_o} = \frac{V_i/I_i}{I_i/I_i + \beta V_o/I_i}$$

$$Z_{if} = \frac{Z_i}{1 + \beta A}$$

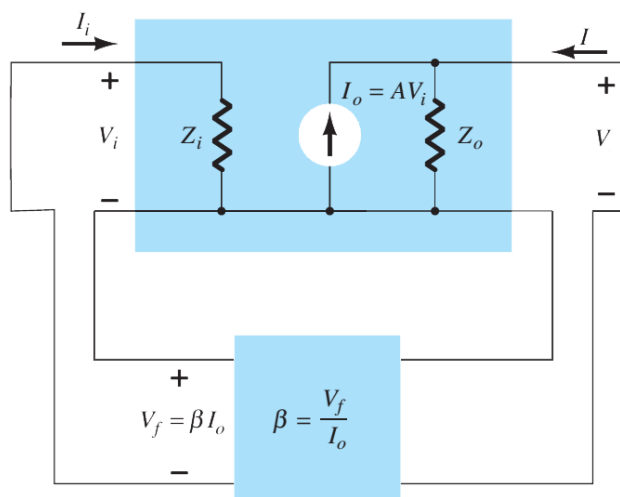


فیدبک جریان سری



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

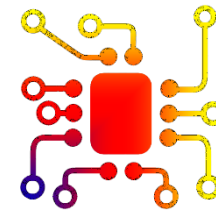
$$A_f = \frac{A V_i}{V_i + \beta A V_i} = \frac{A}{1 + \beta A} \quad Z_{if} = \frac{V_s}{I_i} = \frac{V_i + \beta A V_i}{I_i} = Z_i(1 + A\beta)$$



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

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

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



وضعیت کلی

Z_{if}

Z_{of}

Voltage-Series

Current-Series

Voltage-Shunt

Current-Shunt

$$Z_i(1 + \beta A)$$

(increased)

$$\frac{Z_o}{1 + \beta A}$$

(decreased)

$$Z_i(1 + \beta A)$$

(increased)

$$Z_o(1 + \beta A)$$

(increased)

$$\frac{Z_i}{1 + \beta A}$$

(decreased)

$$\frac{Z_o}{1 + \beta A}$$

(decreased)

$$\frac{Z_i}{1 + \beta A}$$

(decreased)

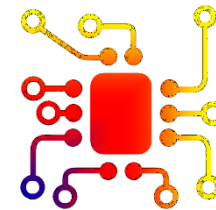
$$Z_o(1 + \beta A)$$

(increased)

دانشگاه جیرفت



مثال

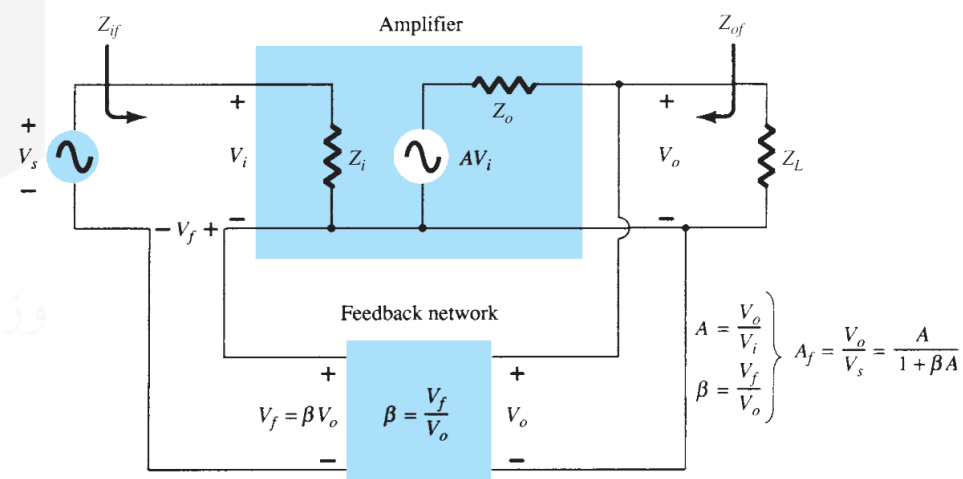


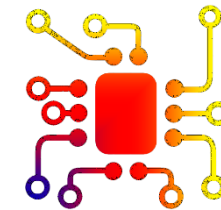
- اگر یک مدار به صورت فیدبک ولتاژ سری باشد و پارامترهای آن عبارت باشد از: $A = -100, R_i = 10k\Omega, R_o = 29k\Omega, \beta = -0.1$ ، بهره ولتاژ، امپدانس ورودی و امپدانس خروجی را بدست آورید.

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

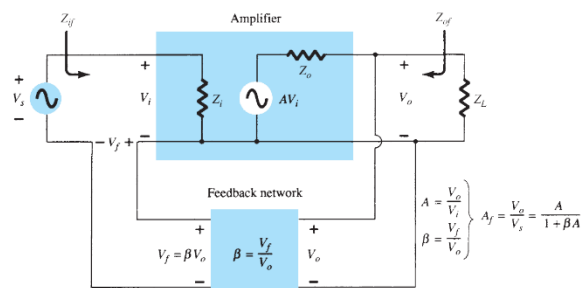
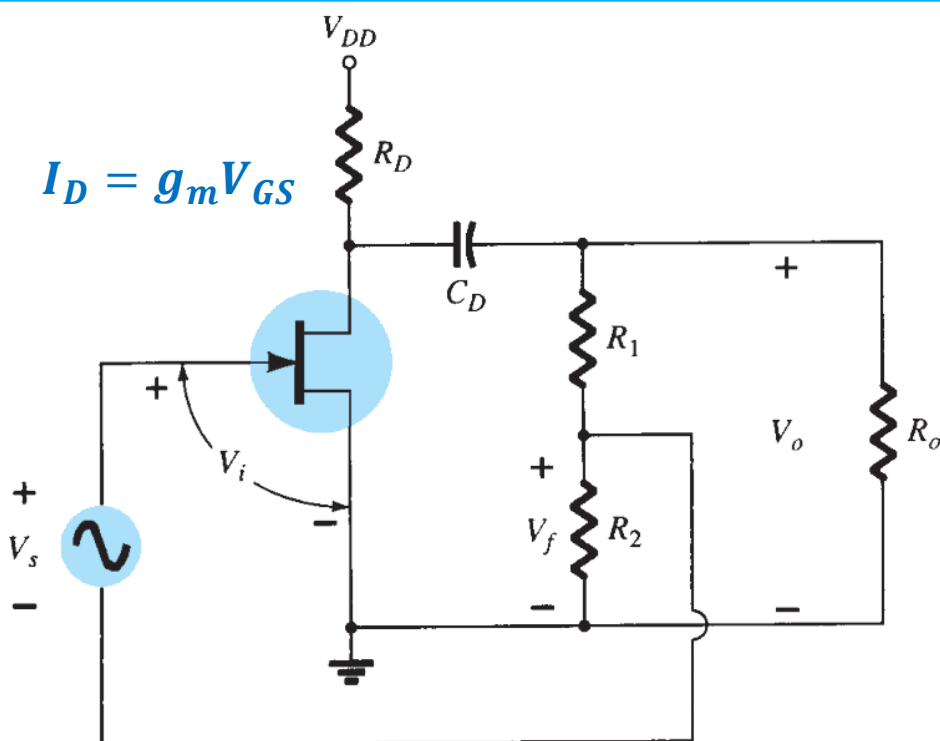
$$Z_{if} = Z_i(1 + \beta A) = 10k\Omega \times 11 = 110k\Omega$$

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





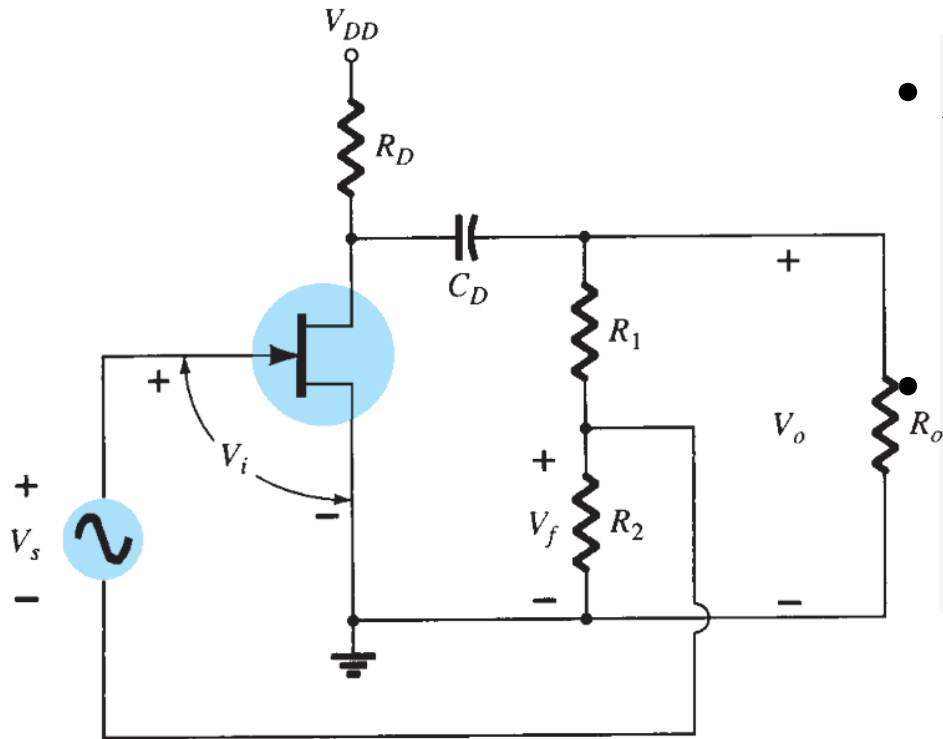
مدارهای عملی فیدبک



- 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 می‌خورد. (بر عکس قبل)
- با استفاده از فرمولهای فیدبک بهره بدست می‌آید.



مدارهای عملی فیدبک



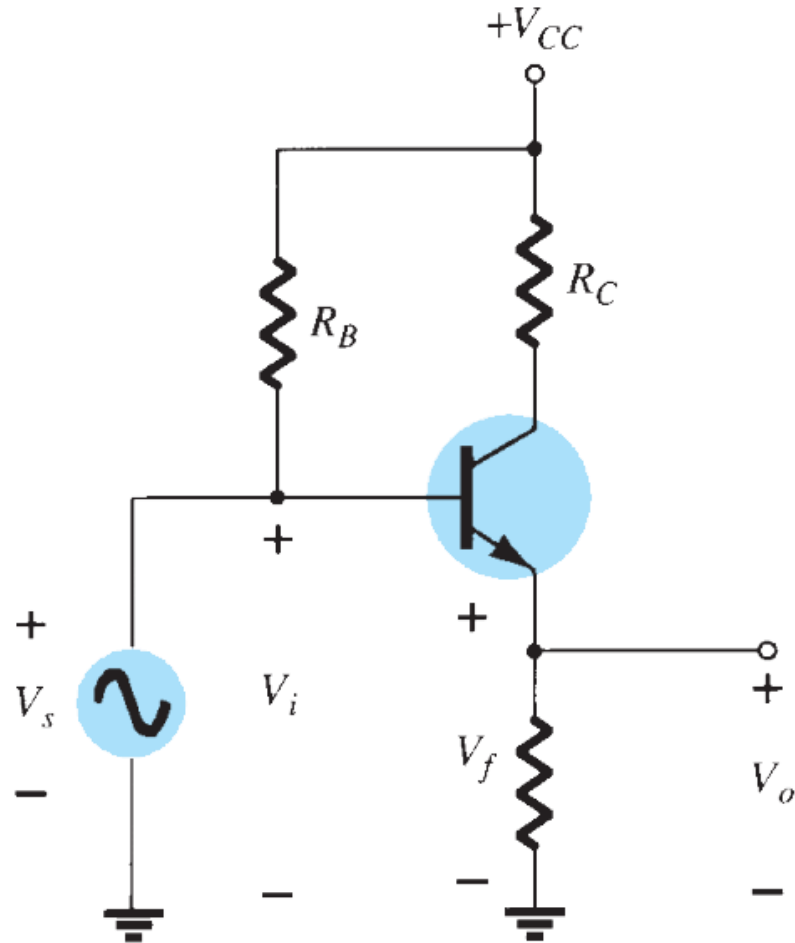
$$\bullet A_f = \frac{A}{1 + \beta A} = \frac{-g_m R_L}{1 + \left[\frac{-R_2}{R_1 + R_2} \right] (-g_m R_L)}$$

• اگر $\beta A \gg 1$ آنگاه:

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



مدارهای عملی فیدبک



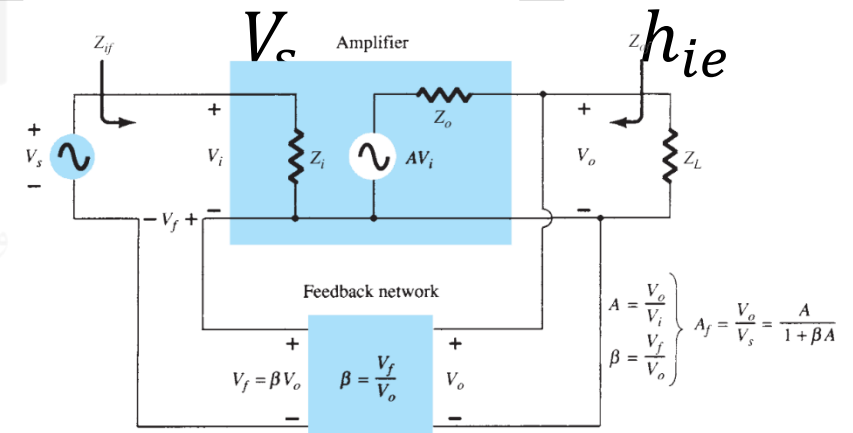
• این مدار **کلکتور** مشترک، فیدبک ولتاژ-سری دارد.

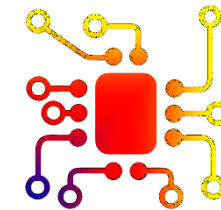
• ولتاژ V_o با ولتاژ ورودی سری است.

• عملکرد بدون فیدبک:

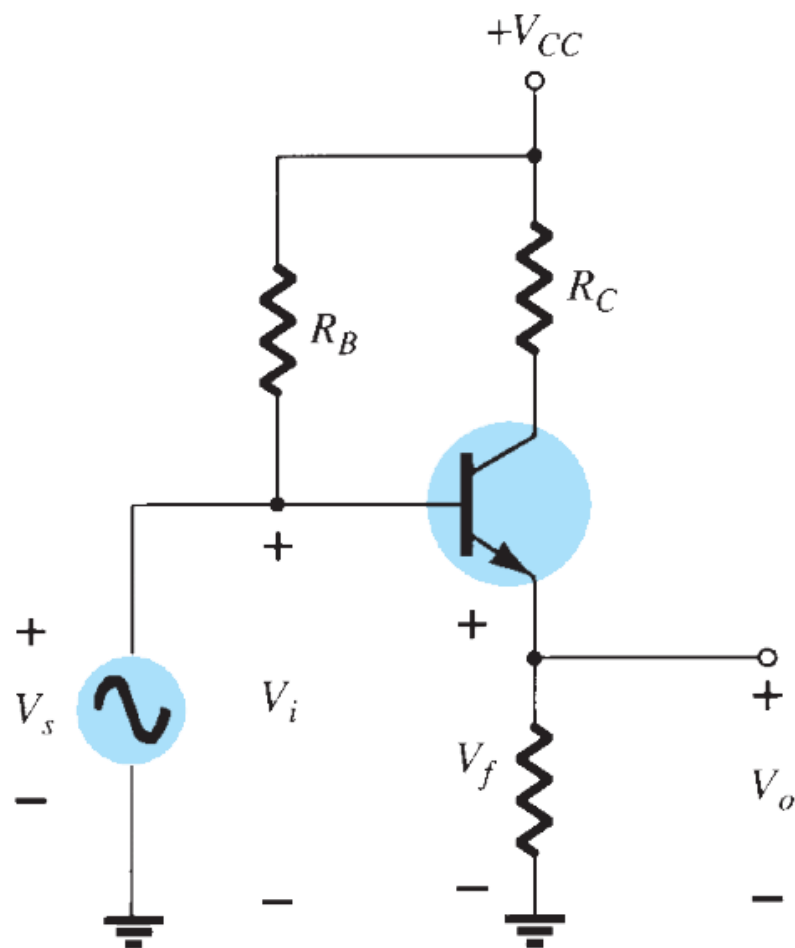
$$A = \frac{V_o}{V_i} = \frac{h_{fe} I_b R_E}{V_s} = \frac{h_{fe} (V_s / h_{ie}) R_E}{V_s} = \frac{h_{fe} R_E}{h_{ie}}$$

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





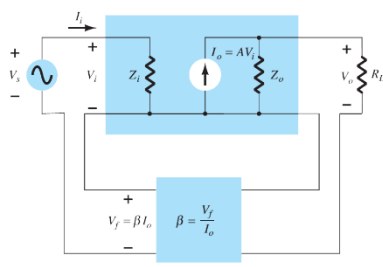
مدارهای عملی فیدبک



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



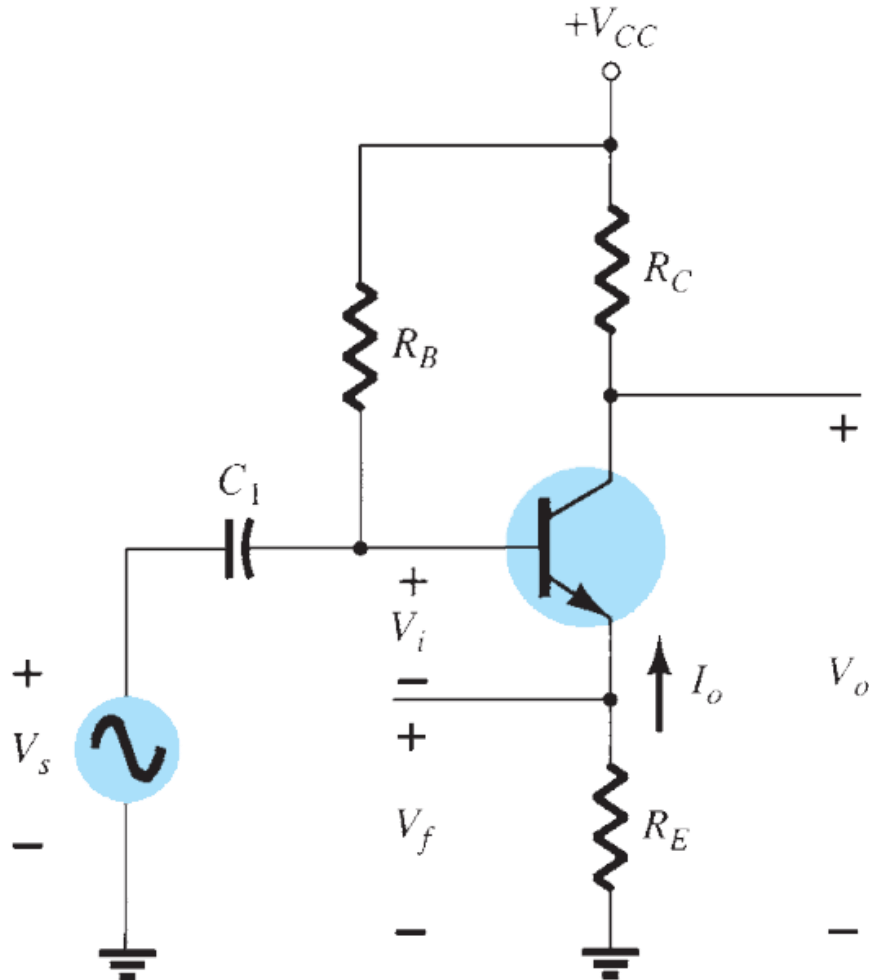
فیدبک جریان سری

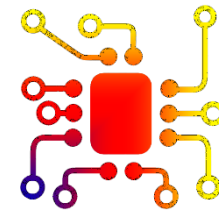
• مدار **امیتر** مشترک، با توجه به فرمول‌های بدست آمده: بدون فیدبک:

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

$$\beta = \frac{V_f}{I_o} = \frac{-I_o R_E}{I_o} = -R_E \quad Z_o = R_C$$

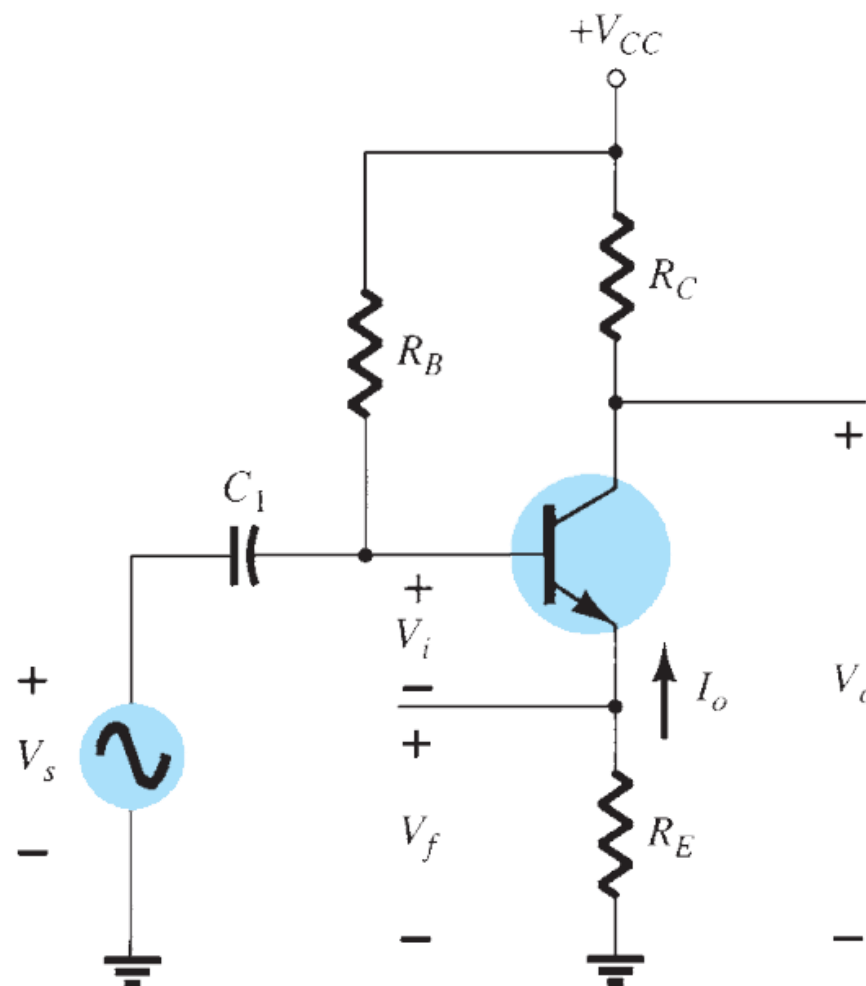
$$Z_i = R_B || (h_{ie} + h_{fe} R_E) \cong h_{ie} + h_{fe} R_E$$





فیدبک جریان سری

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

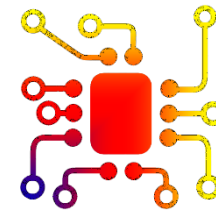


$$A_f = \frac{I_o}{V_s} = \frac{A}{1 + \beta A} = \left(-\frac{h_{fe}}{h_{ie}}\right) / (1 + (-R_E)) \left(-\frac{h_{fe}}{h_{ie} + R_E}\right) \approx \frac{-h_{fe}}{h_{ie} + h_{fe}R_E}$$

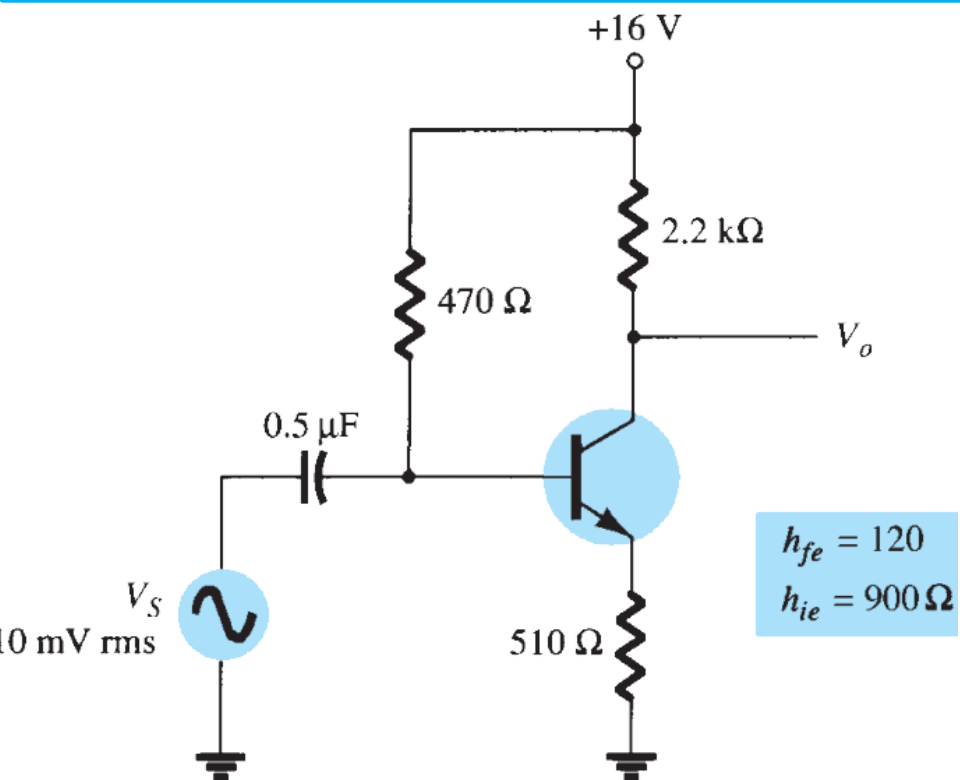
$$Z_{if} = Z_i(1 + \beta A) \approx h_{ie} \left(1 + \frac{h_{fe}R_E}{h_{ie}}\right) = h_{ie} + h_{fe}R_E$$

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

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



حل مسئله



• بهره ولتاژ مدار زیر را محاسبه کنید:

• ابتدا حالت بدون فیدبک و بعد با فیدبک:

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

$$\beta = \frac{V_f}{I_o} = -R_E = -510 \quad 1 + \beta A = 1 + (-0.085)(-510) = 44.35$$

$$A_f = \frac{I_o}{V_s} = \frac{A}{1 + \beta A} = \frac{-0.085}{44.35} = -1.92 \times 10^{-3}$$

$$A_{vf} = \frac{V_o}{V_s} = A_f R_C = (-1.92 \times 10^{-3})(2.2 \times 10^3) = -4.2$$

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

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