$$\beta \longrightarrow \frac{i_{out}}{i_{in}} \longrightarrow \text{(circle)} \quad |\beta(j\omega)|$$

$$\omega_T = \frac{g_m}{C_\pi + C_\mu}$$

$$\omega_\beta = \frac{\omega_T}{\beta_0}$$

$$-10\frac{dB}{dec}$$

ω_β ⟶ جایی که تا آن مدل small signal معتبر است

ω_T ⟶ ٪۱۰ فرکانس قطع ترانزیستور

«تقویت کننده ها» ۸ ✱

✓ چند ترمینال دارد.

V_{in} ○ ⟶ (amplifier triangle) ⟶ ○ V_{out}

GND

V_-

Refrence

✓ در یک جهت تقویت کنترلی داریم: ▷

$$KCL \longrightarrow i_{in} + i_+ + i_- + i_{GND} - i_{out} = 0$$

$$\text{Load}: R_L \begin{cases} \text{speaker / screen} \\ \text{A analog to Digital convertor} \\ \text{Another Amplifier} \end{cases}$$
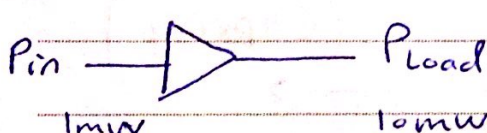
✎ KaKa

✓ وقتی مدل ساده بکار می بریم، i_+، i_-، i_{GND} را نمی نویسیم. گاهی در ظاهر

kcl نقض می شود اما مدل کامل kcl را رعایت می کنند.

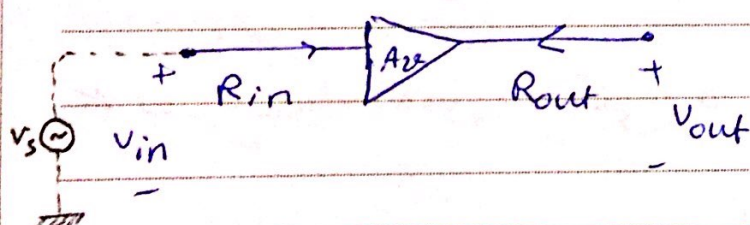i_{in} — input

i_{out} — output
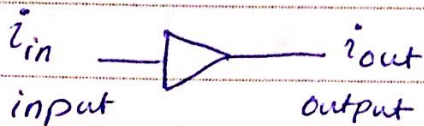
Energy Conservation:

$$P_{in} + P_+ + P_- = P_{Load}$$

P_{in} — $1mw$

P_{Load} — $10mw$

$P_{Load} > P_{in}$ → تقویت کننده

⭐ Ideal Amp. :

V_S v_{in} R_{in} A_v R_{out} V_{out}
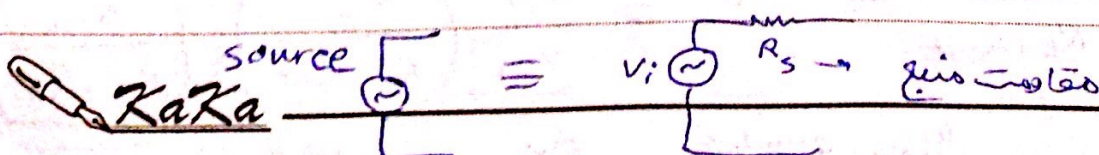
A_v = Ideal Voltage gain

$$\boxed{A_v [dB] = 20 \log_{10}(A_v)}$$

gain 100 = 40 dB

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$
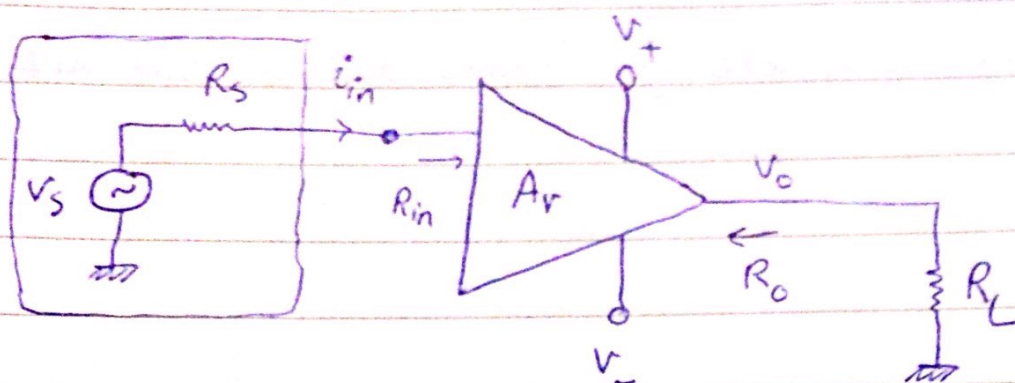
ایده آل : $\boxed{i_{in} = 0} \rightarrow \boxed{V_{in} = V_S} \rightarrow \boxed{R_{in} = \frac{V_{in}}{i_{in}} = \infty}$

پس مقاومت ورودی تقویت کننده ایده آل بی نهایت است.

source $\equiv$ V_i R_s → مقاومت منبع

$$R_{out} = \frac{V_{out}}{i_{out}} \quad : \quad \text{خیلی کم} \rightarrow \text{ایده آل} \rightarrow V_{out} \simeq V_{load}$$

مثال ✓

$\sin(\omega t)$

$$V_{in} = 10\ mV \Big\} \quad \text{مثال}$$

$$A_v = 1000$$

$$V_+ = V_- = 5^V$$

$$V_{out} = A_v \cdot V_{in} = 10^V \sin(\omega t)$$

5^V

(Clipping)

-5^V

$\to V_{out}$

V_{in}

V_{out_I}
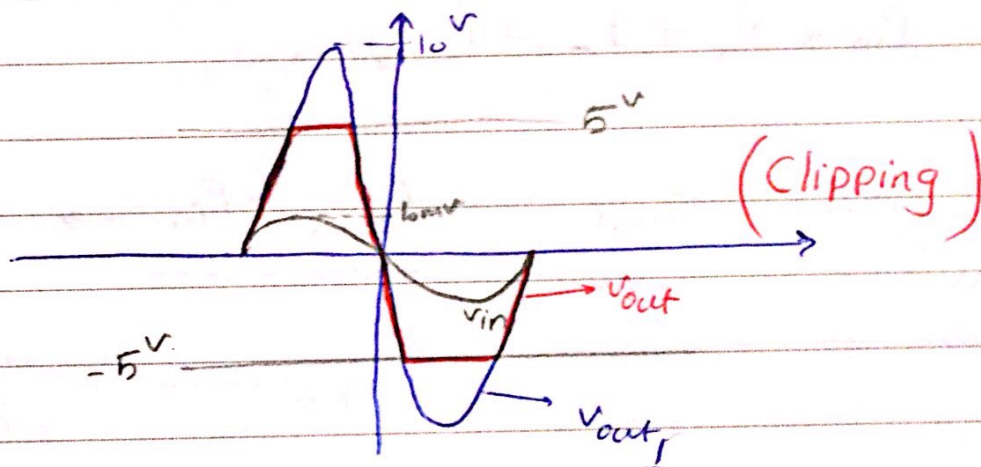
★ تقویت کننده های واقعی :
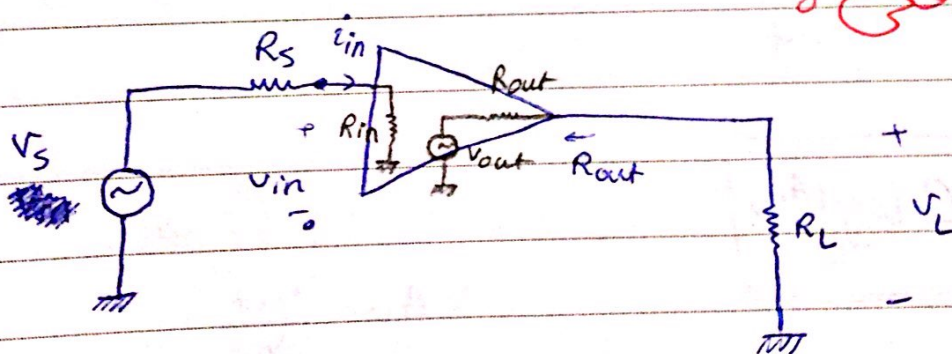
$$i_{in} = \frac{V_s}{R_s + R_{in}} \longrightarrow V_{in} = R_{in} \cdot i_{in} = \frac{R_{in}}{R_{in} + R_s} V_s \Rightarrow V_s = \frac{R_s + R_{in}}{R_{in}} V_{in}$$

$$\text{تقسیم} \quad V_L = V_{out} \times \frac{R_L}{R_L + R_{out}} \Rightarrow \frac{V_L}{V_s} = \frac{V_{out}}{V_{in}} \left(\frac{R_L}{R_L + R_{out}}\right) \times \left(\frac{R_{in}}{R_s + R_{in}}\right)$$

ولتاژ؟

KaKa

$$g_m = \frac{I_c}{V_T}$$

$$\beta = 100 \quad , \quad V_A = 100$$

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

$$I_c = 1mA \rightarrow g_m = 40\,m\mho$$

$$r_0 = \frac{V_A}{I_c}$$

$\rightarrow r_{in} = 2.5\,k\Omega$ این اطلاعات مناسبیت زیرا

$\rightarrow r_{out} = 100\,k\Omega$ کم و مدارد زیاد است (برعکس)

مطلوب:
$$\boxed{\begin{array}{l} \text{Real} \quad amp. \\ R_{in} >> R_S \\ R_{out} << R_L \end{array}}$$

$$A_v \atop real = A_v \atop ideal \times \left(\frac{R_{in}}{R_{in} + R_S}\right) \times \left(\frac{R_L}{R_L + R_{out}}\right)$$

⚹ مدار معادل تقویت کننده ولتاژ واقعی؟

$$A_v = A_v \left(\frac{R_L}{R_L + R_{out}}\right) \times \left(\frac{R_{in}}{R_S + R_{in}}\right)$$
واقعی   (آل) ایدآل

$\underbrace{\qquad\qquad}$
Loading
effect
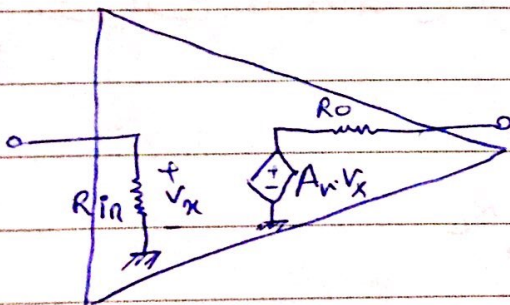
مثال:
Source   Microphone $V_S = 1mv$ $R_S = 1M\Omega$

audio amp. $V_{out \atop desired} = 1^v$

$R_{in} = 100\,\Omega$ $R_{out} = 100\,\Omega$

$\boxed{A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}}}$ Actual gain?
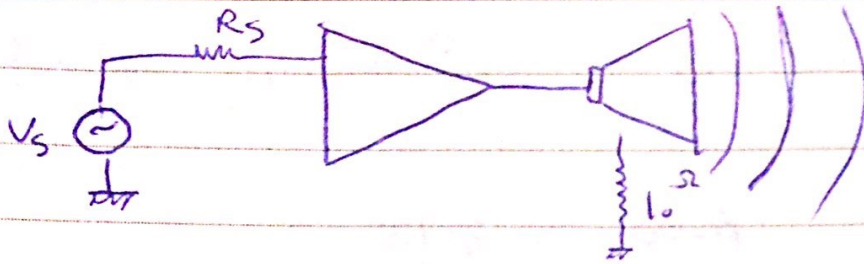
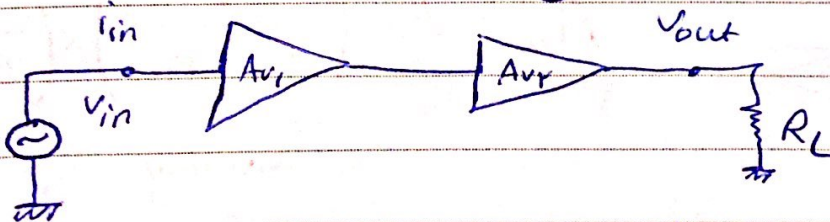$$A_{r_{ideal}} = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1^V}{1mV} = 1000$$
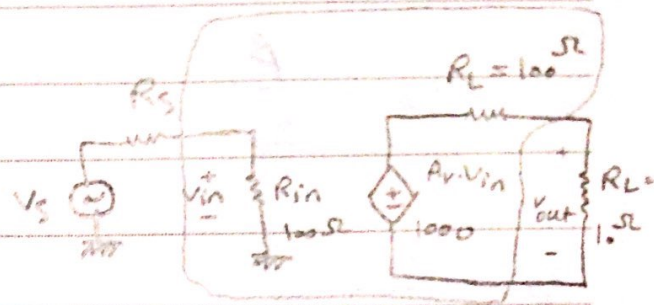
$$V_{in} = \frac{R_{in}}{R_{in}+R_s} V_s = \frac{100^\Omega}{10^4+100} V_s \simeq 10^{-4} V_s$$

$$V_{out} = \frac{R_L}{R_L+R_{out}} A_r V_{in} = \frac{10}{10+100} \times 10^3 \times (10^{-4} V_s)$$

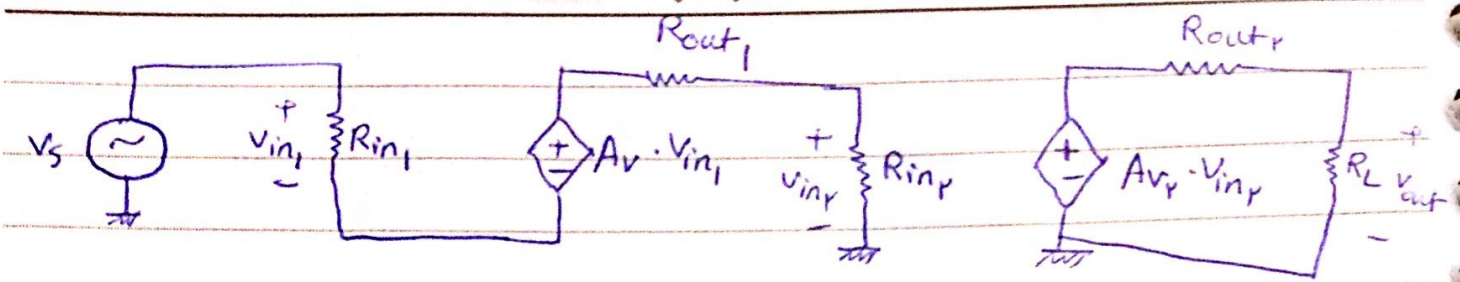$$V_{out} = 10^{-2} V_s \longrightarrow A_r = \frac{V_{out}}{V_s} = 10^{-2} \quad \text{بی ربط}$$

$$\underset{\text{واقعی}}{}$$

loading Effect !!!

★ تقویت کننده‌های چند طبقه

Cascade

$$A_r = A_{r_1} \times A_{r_2} \times --- \qquad \text{ایده‌آل}$$
$$\underset{\text{total}}{}$$

$$A_r < A_{r_1} \times A_{r_2} \times --- \quad \text{loading به دلیل اثر که}$$

$$R_S = 0 \rightarrow V_S = Vin_1$$

$$Vin_r = A_{V_1} \times V_S \times \frac{Rin_r}{Rout_1 + Rin_r}$$

$$Vout = \frac{RL}{RL + Rout_r} \times A_{V_r} \cdot Vin_r = \left(\frac{RL}{RL + Rout_r}\right)\left(\frac{Rin_r}{Rout_1 + Rin_r}\right) A_{V_1} \times A_{V_r} \times V_S$$

or.

$$\frac{Vout}{V_S} = A_{V_1} \times A_{V_r} \times \left(\frac{RL}{RL + Rout_r}\right)\left(\frac{Rin_r}{Rout_1 + Rin_r}\right)$$

if
$$Rin = Rout$$
$$Rin_1 = Rin_r \quad \rightarrow \quad \frac{Vout}{V_S} = A_{V_1} \times A_{V_r} \times \left(\frac{RL}{RL + Rout}\right) \times \frac{1}{r}$$

$$RL \rightarrow \infty \Rightarrow \frac{Vout}{V_S} = \frac{1}{r} A_{V_1} \cdot A_{V_p}$$

KaKa