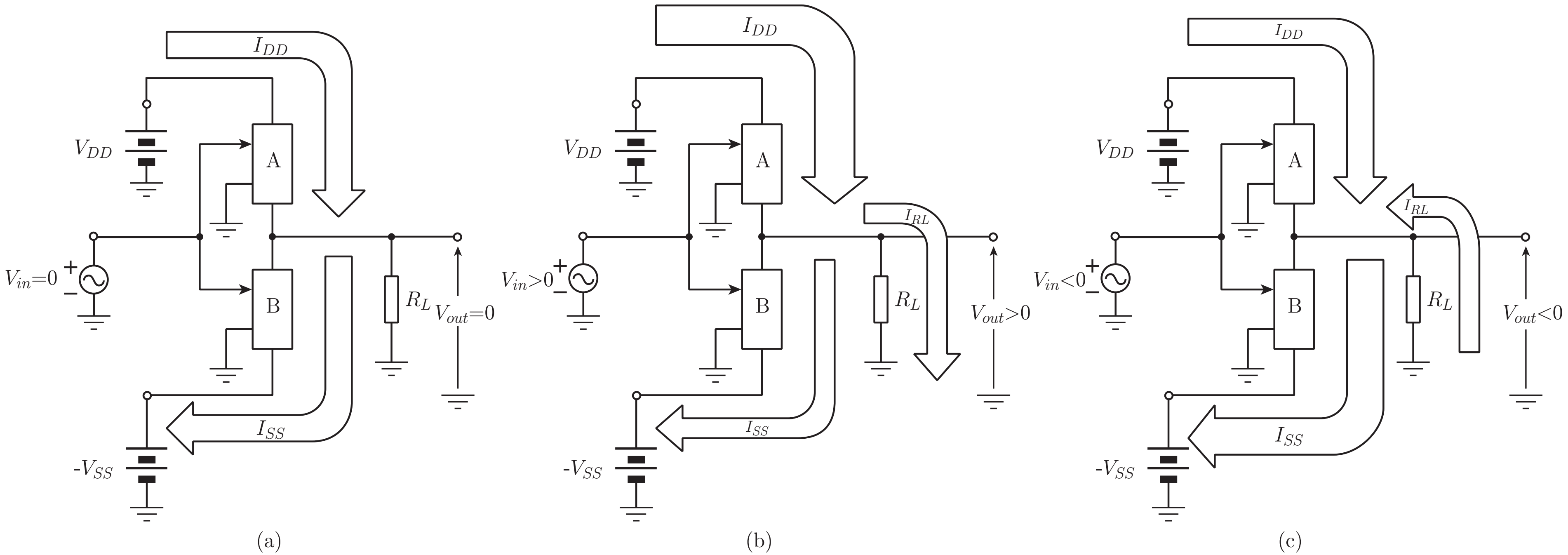
信号増幅とその実現

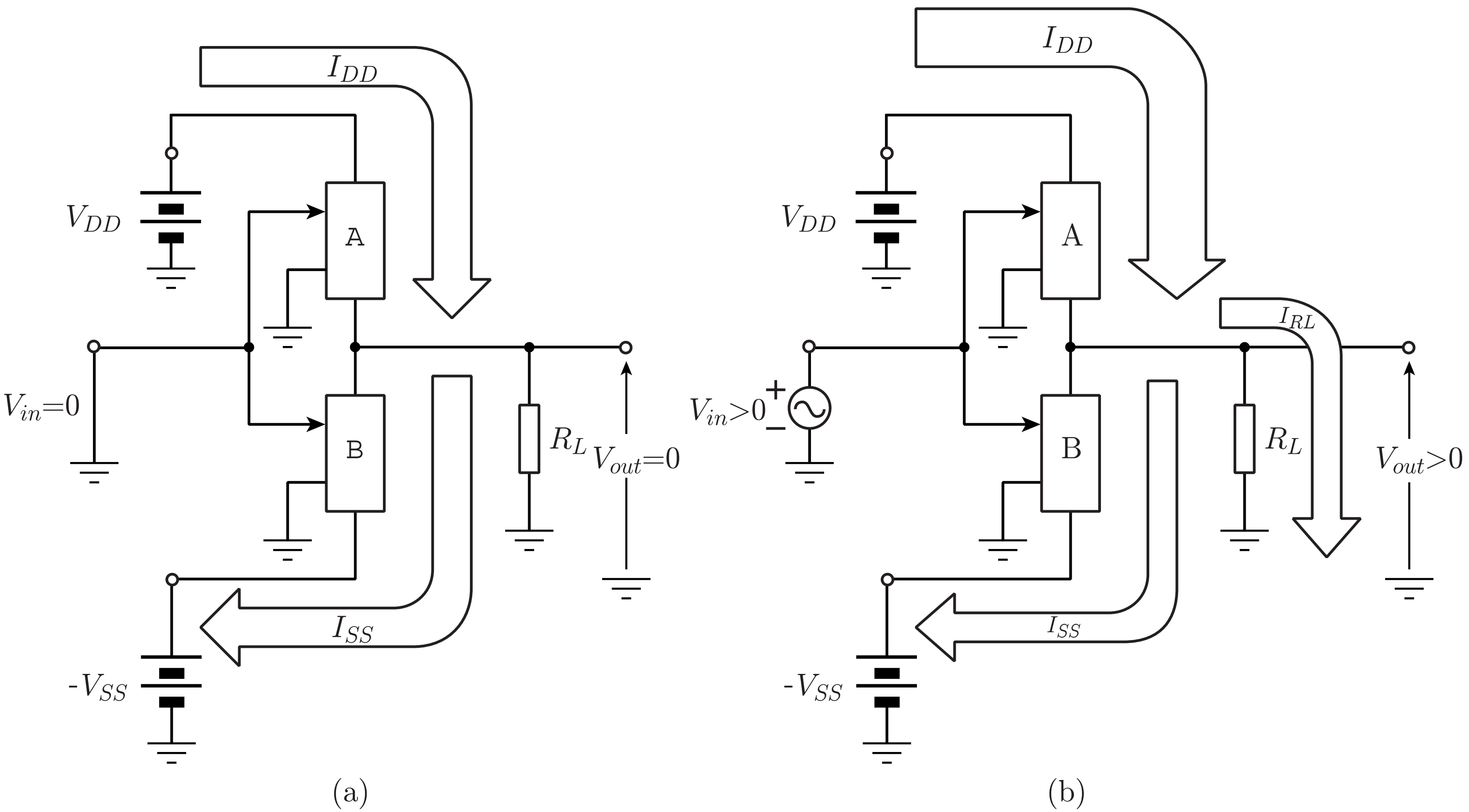
信号増幅とは



V_{in}=0のときI_{DD}=I_{SS}なので抵抗R_Lには電流は流れない

V_{in}>0のときI_{DD}>I_{SS}なので抵抗R_LにI_{RL}=I_{DD}−I_{SS}が流れる

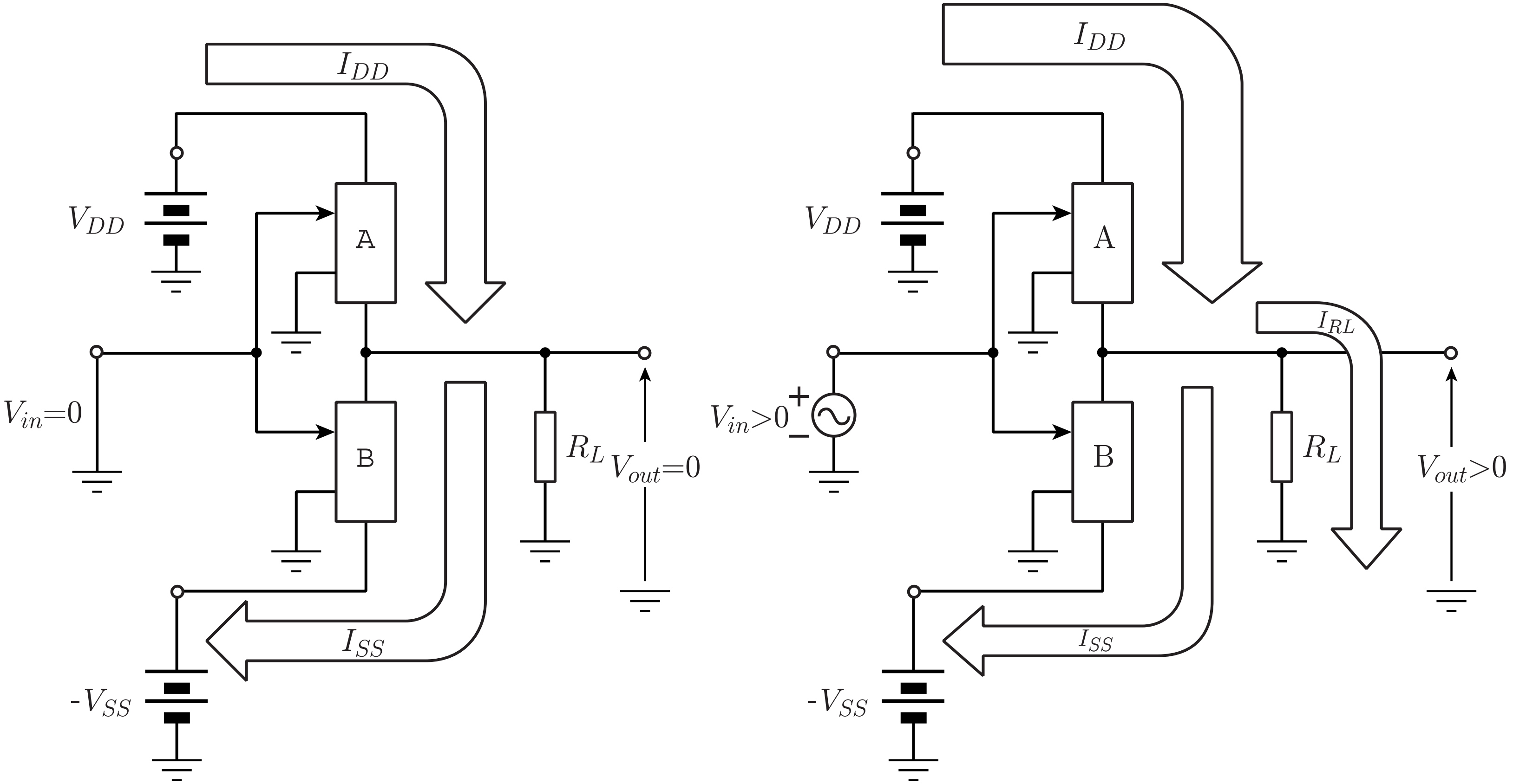
V_{in}<0のときI_{DD}<I_{SS}なので抵抗R_LにI_{RL}=I_{SS}−I_{DD}が流れる



小さなV_{in}でも大きな電流I_{RL}が流れれば

$$\boxed{V_{out}=R_L I_{RL}>V_{in}}$$

となり得る(これが増幅)

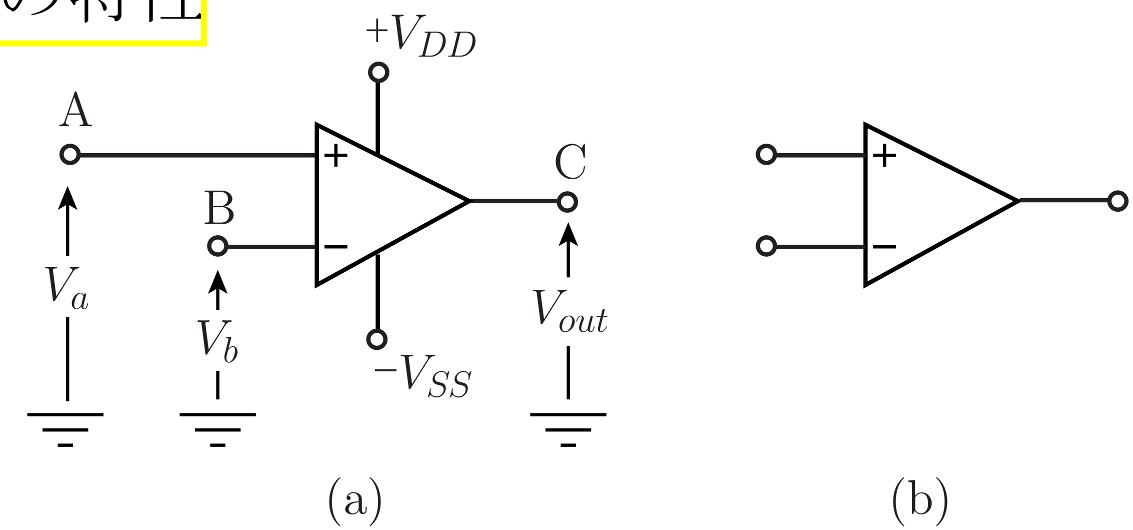


(a) (b)

増幅とは電源が供給する直流電力の一部を信号電力に変換すること

演算増幅器を用いた信号増幅

演算増幅器の特性



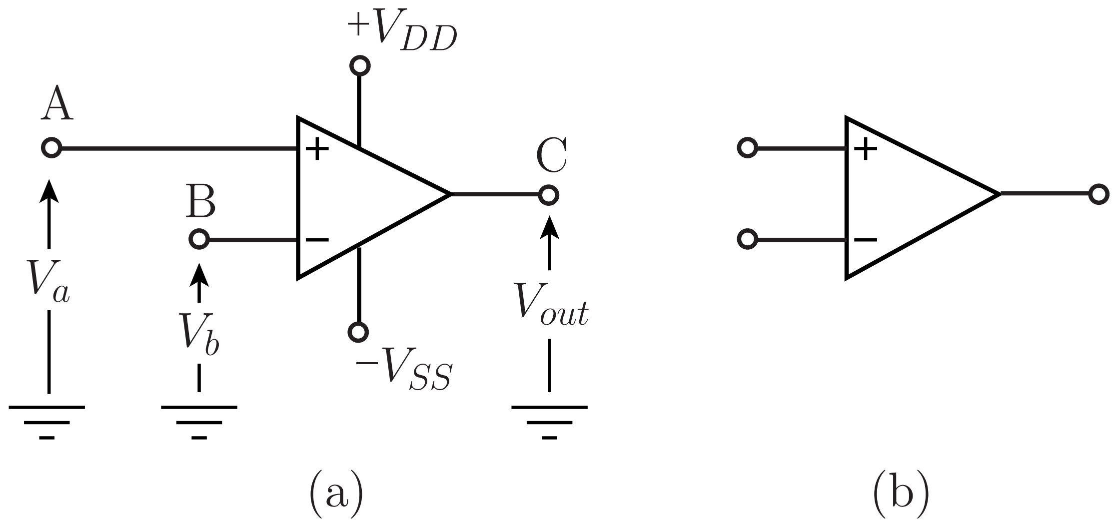
A：非反転入力端子

B：反転入力端子

C：出力端子

V_{DD}: 正の直流電圧源

$-V_{SS}$: 負の直流電圧源



$$\boxed{V_{out}=A_d(V_a-V_b)+A_c\frac{V_a+V_b}{2}}$$

A_d: 差動利得

A_c: 同相利得　(教科書では零としている)

ナレータとノレータ

$V_{out}=A_d(V_a-V_b)$をV_a-V_bについて解く

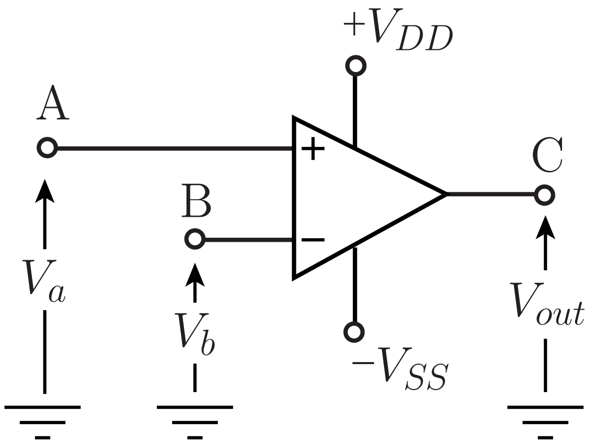
$$V_a-V_b=\frac{V_{out}}{A_d}$$

一般に差動利得は十分大きいので$A_d\to\infty$とする

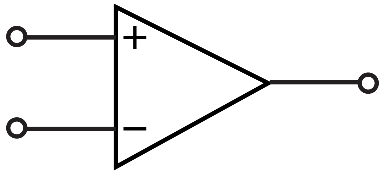
$$\lim_{A_d\to\infty} V_a-V_b=\lim_{A_d\to\infty}\frac{V_{out}}{A_d}=0$$

(ただし，V_{out}が有限の場合)

端子Aと端子Bは短絡されているのか　？



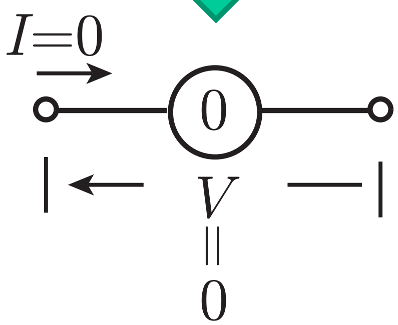
(a)



(b)

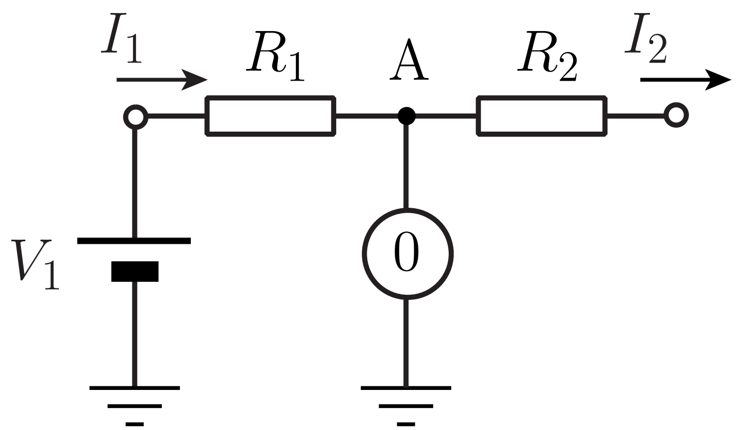
端子Aと端子Bの電位差は零

端子Aと端子Bには電流が流れない



ナレータ

ナレータだけだと



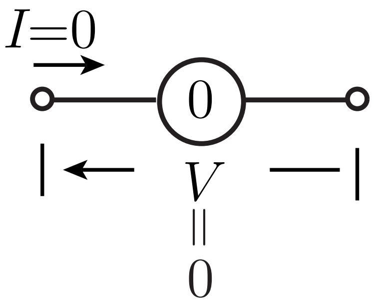
節点Aの電位は零なのでI_1=V_1/R_1

ナレータには電流が流れないのでI_2=I_1

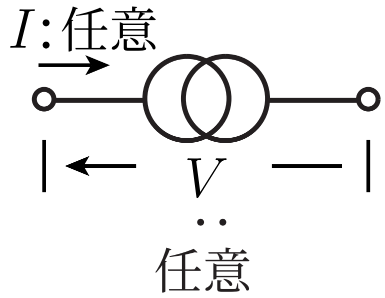
R_2の片端には何も接続されていないのでI_2=0?

矛盾！

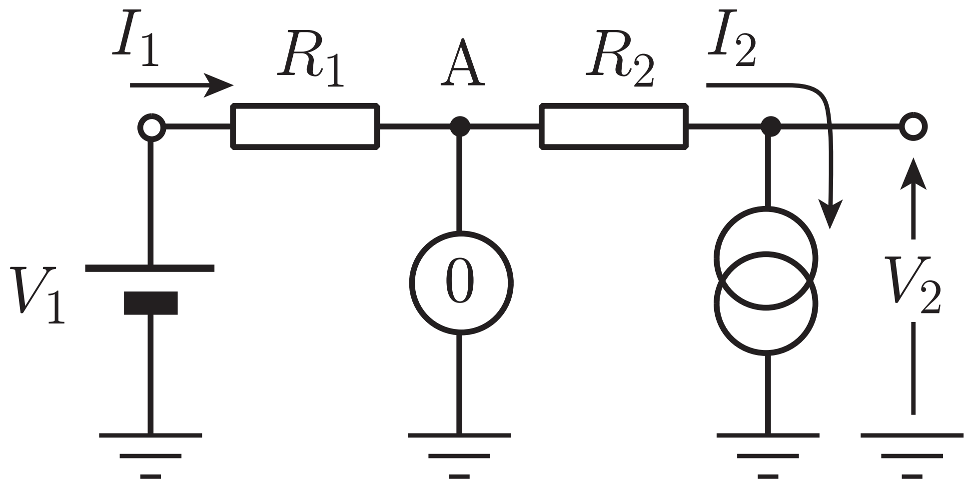
ノレータによる解決



(a) ナレータ

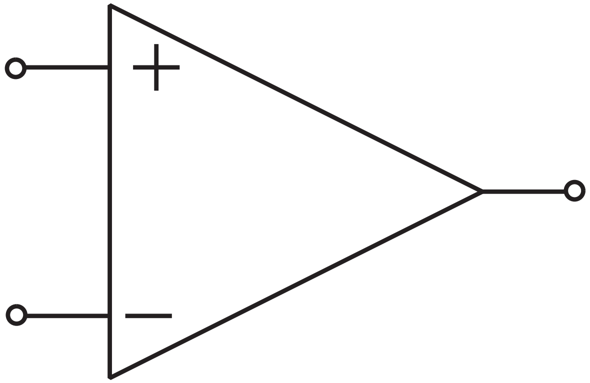


(b) ノレータ

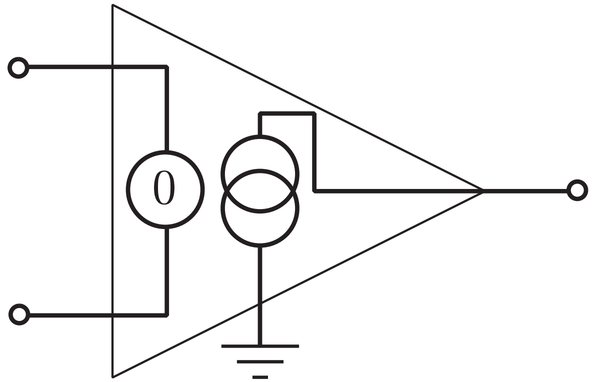


ノレータではなく，抵抗などでは
V_2やI_2が定まらないことに注意

ナレータとノレータを用いた理想演算増幅器の等価回路

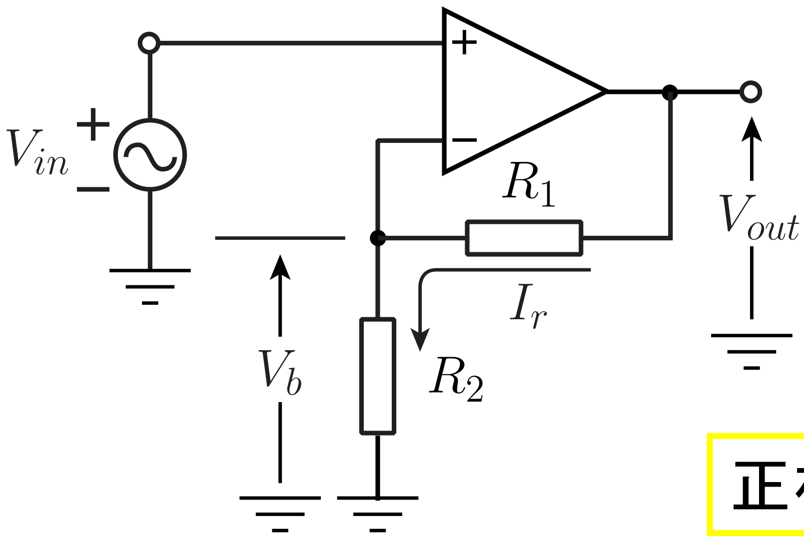


(a)



(b)

演算増幅器を用いた回路



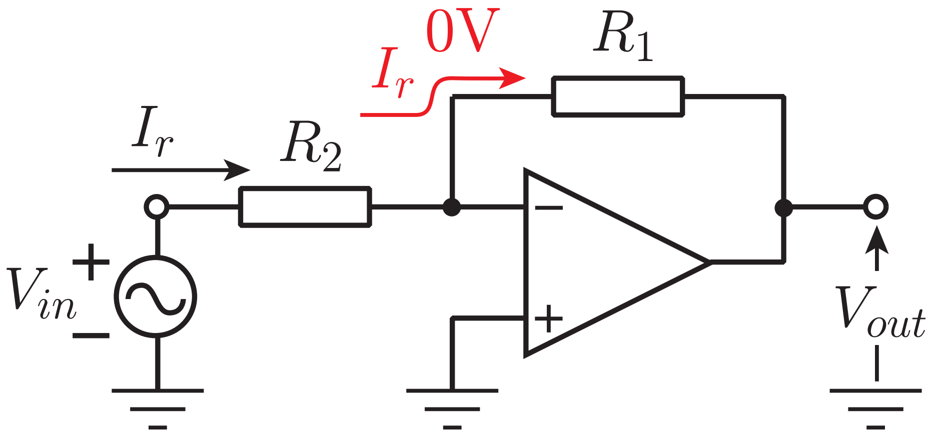
正相増幅回路

$$I_r=\frac{V_{out}}{R_1+R_2} \Rightarrow V_b=R_2I_r=\frac{R_2V_{out}}{R_1+R_2}$$

$$V_{in}=V_b \Rightarrow V_{in}=\frac{R_2V_{out}}{R_1+R_2}$$

$$\boxed{V_{out}=\left(1+\frac{R_1}{R_2}\right)V_{in}}$$

$1+\frac{R_1}{R_2}>1$なので増幅

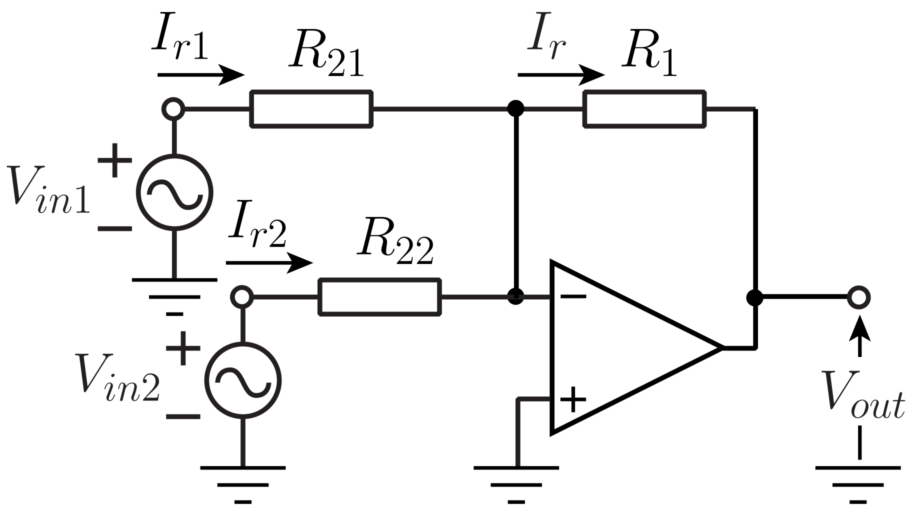


逆相増幅回路

$$I_r = \frac{V_{in}}{R_2} \Longrightarrow \boxed{V_{out} = 0 - R_1 I_r = -\frac{R_1}{R_2} V_{in}}$$

$$\left|\frac{R_1}{R_2}\right| > 1 \text{ならば増幅}$$

$$-\frac{R_1}{R_2} < 0 \text{なので逆相}$$



加算回路

$$I_{r1}=\frac{V_{in1}}{R_{21}}$$

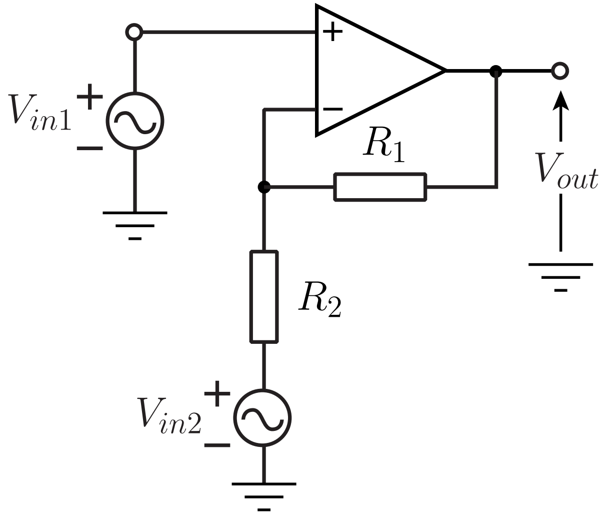
$$I_r=I_{r1}+I_{r2} \quad \Rightarrow \quad V_{out}=-R_1 I_r=-\frac{R_1}{R_{21}}V_{in1}-\frac{R_1}{R_{22}}V_{in2}$$

$$I_{r2}=\frac{V_{in2}}{R_{22}}$$

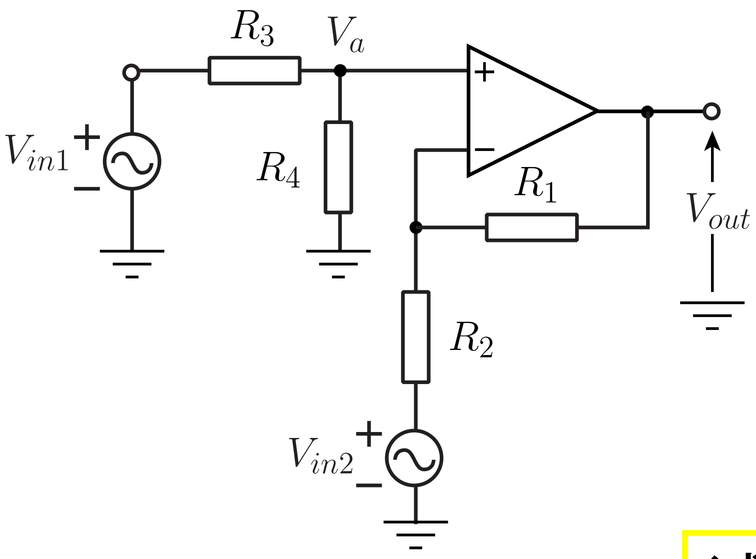
$R_{21}=R_{22}=R_2$のとき

$$\boxed{V_{out}=-\frac{R_1}{R_2}(V_{in1}+V_{in2})}$$

V_{in1}とV_{in2}の加算を実現



(a)



(b)

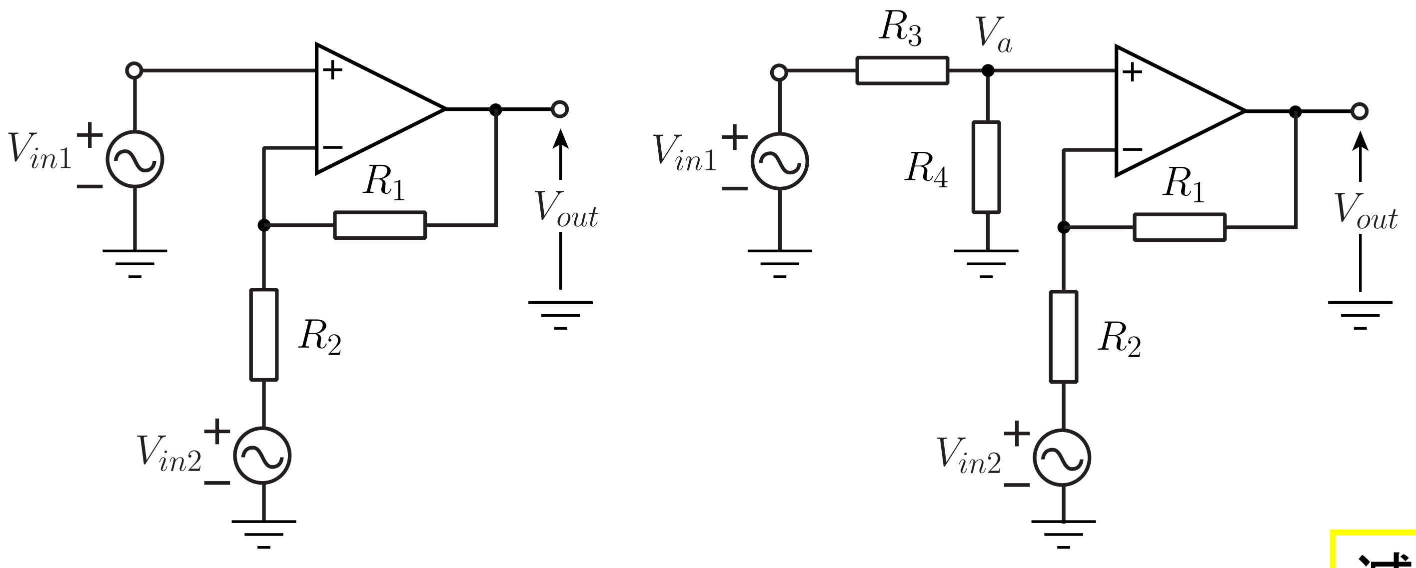
減算回路

重ね合わせの理より(a)の回路では

$$V_{out}=(1+\frac{R_1}{R_2})V_{in1}-\frac{R_1}{R_2}V_{in2}$$

V_{in1}の成分を減らせば$V_{in1}-V_{in2}$を実現可能

(b)の回路により実現



(a) (b)

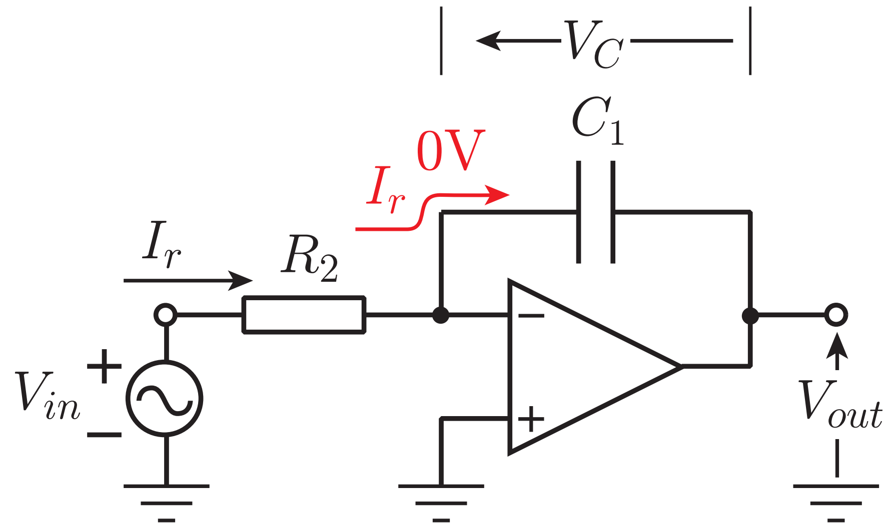
減算回路

(b)の回路ではV_{in1}の成分がR_3とR_4によって減衰

$$V_{out} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)\frac{R_4}{R_3 + R_4}V_{in1} - \frac{R_1}{R_2}V_{in2}$$

$R_1R_3 = R_2R_4$とすると

$$\boxed{V_{out} = \frac{R_1}{R_2}(V_{in1} - V_{in2})}$$



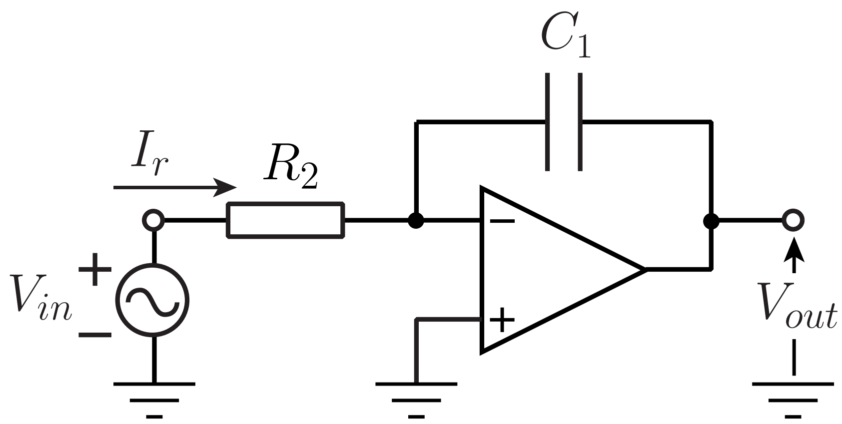
積分回路

$$I_r = \frac{V_{in}}{R_2}$$

$$I_r = C_1 \frac{dV_C}{dt}$$

$$V_{out} = -V_C$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{V_{out} = -\int \frac{I_r}{C_1} dt = \frac{-1}{C_1 R_2} \int V_{in} dt}$$



積分回路

複素表示を用いると

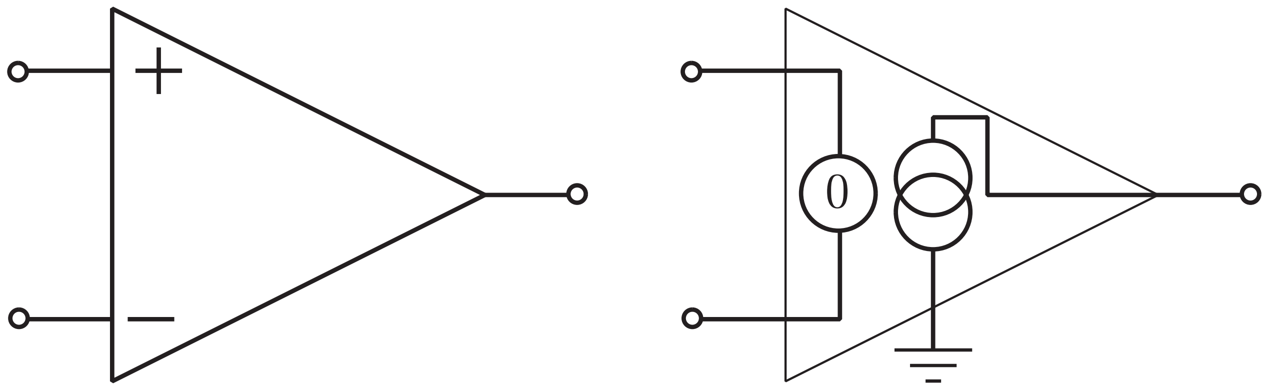
$$I_r = \frac{V_{in}}{R_2}$$

$$I_r = j\omega C_1 V_C$$

$$\boxed{V_{out} = \frac{-1}{j\omega C_1 R_2} V_{in}}$$

$$V_{out} = -V_C$$

$\frac{1}{j\omega}$は積分を表す演算子　　$j\omega$は微分を表す演算子



(a)　　(b)

演算増幅器を用いれば工夫次第で
様々な回路を実現可能！