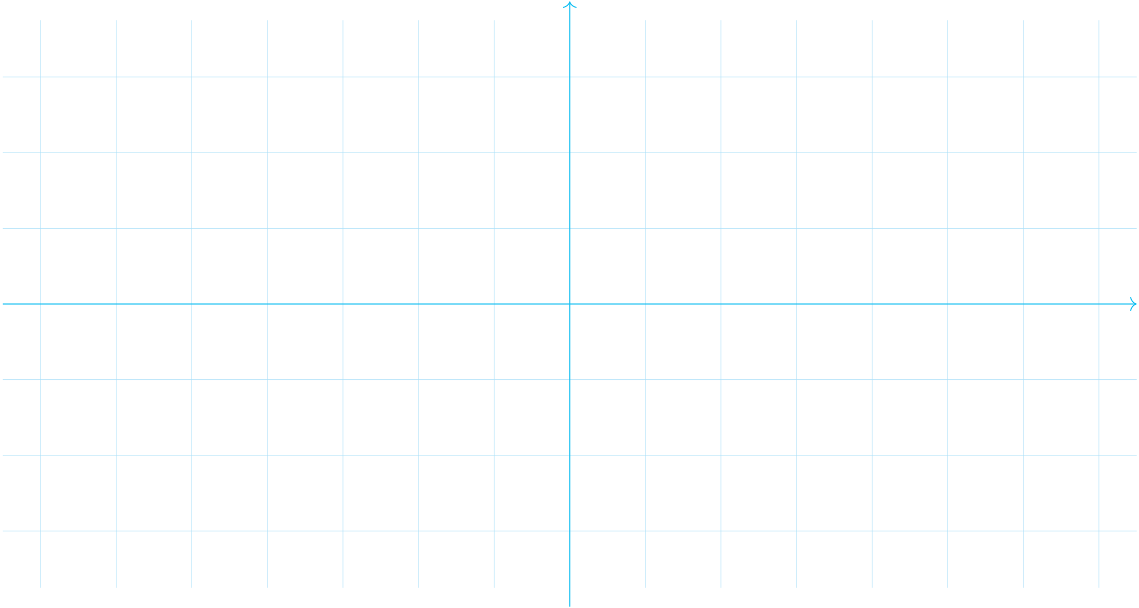
memo



アナログ電子回路

授業開始までしばらくお待ちください。

授業の受講に関して

- 講義資料（スライド等）は Google drive に置く。授業前には虫喰い状態のスライドのみを提供するが、授業後に穴埋め版を uncovered フォルダに置くので復習に活用されたい。
  https://drive.google.com/drive/folders/1yzIsRZsVGFErhnfzn8Hycsn6nRPNCczn
- 授業の録画も同じところに置く。
- ミニレポートは**Google Forms** (https://forms.gle/MpUmErDi6qk8GSUC6) に提出。

授業の進め方

OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

- 出席は UNIPA で取るが、出席そのものは評価せず。極論するとテストのみ出席で他は全欠席でも A 評価はあり得る。なお、**不正出席をした場合は 21 点の減点**とする。
- 基本的には**中間演習**と**期末試験**で評価。
- 毎回ミニレポートを課す。出す者は提出期間を厳守すること。
- 試験の不合格者は**毎回のミニレポート**と**出席**で少し救済する。
  (**しっかりした内容の**ミニレポートを概ね 9 割以上提出し、かつ UNIPA で 8 割以上遅刻せず出席していた場合最大 10 点程度の救済。提出数や出席数が少ない場合は救済幅が縮小する。いずれかが 7 割を下回ったら一切救済しない。締め切り後の提出は認めない。)
- スライド穴埋め版はその回の授業終了後に公開。
- **授業中に**スライドの誤りを見つけて指摘してくれた者には、誤り一箇所につき先着一名様限り 100 点満点 1 点相当の加点を行う。(ただしごく軽微なものなど、内容によっては加点しない場合もあり。)

2025

S科アナログ電子回路

Analog Electronics

『いきなり！演算増幅器1 (直流回路の復習)』

小林裕之

大阪工業大学 RD 学部システムデザイン工学科

OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

1 of 14

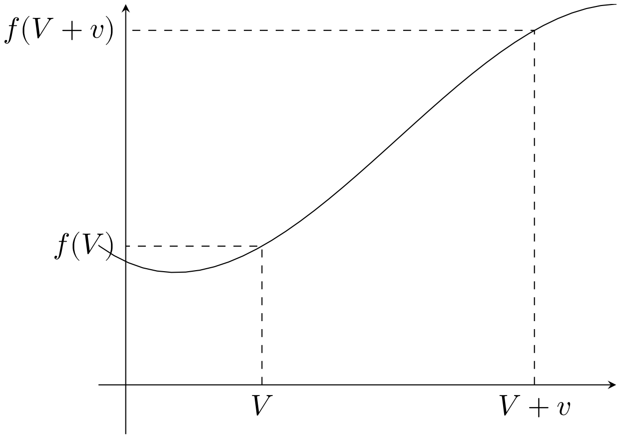
a LaTeX + Beamer slideshow

数学の基礎

ある関数の近似を求めたかった

これのどこがアナログ電子回路なのかと思わず考えてください。

OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

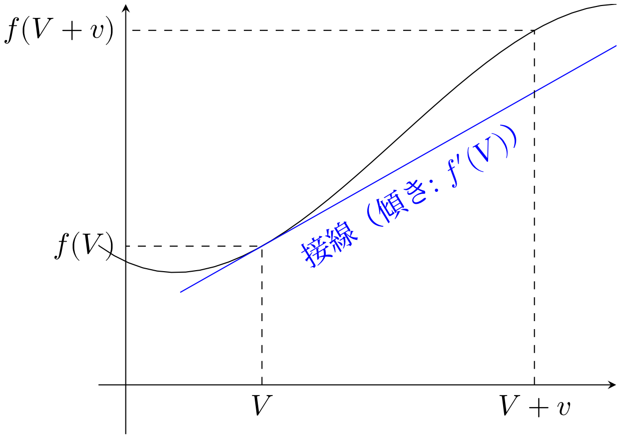


- ある基準点 V における関数値 $f(V)$ とその一階微分値 $f'(V)$ を使って、
- そこから v 離れた点の関数値 $f(V+v)$ の近似値を求めると、
- $f(V)+f'(V)\cdot v$ となる。

ある関数の近似を求めたかった

これのどこがアナログ電子回路なのかと思わず考えてください。

OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

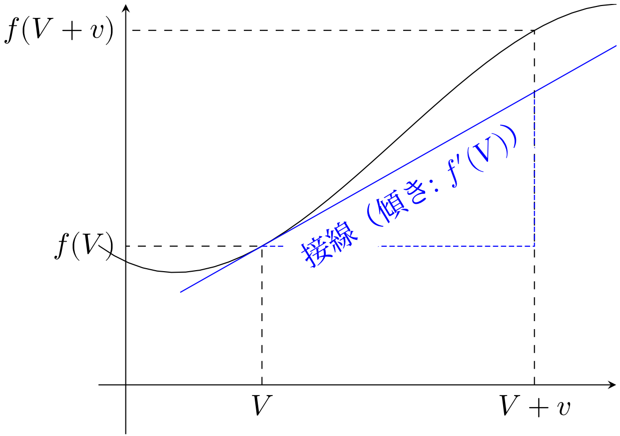


- ある基準点 V における関数値 $f(V)$ とその一階微分値 $f'(V)$ を使って、
- そこから v 離れた点の関数値 $f(V+v)$ の近似値を求めると、
- $f(V) + f'(V) \cdot v$ となる。

ある関数の近似を求めたかった

これのどこがアナログ電子回路なのかと思わず考えてください。

OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

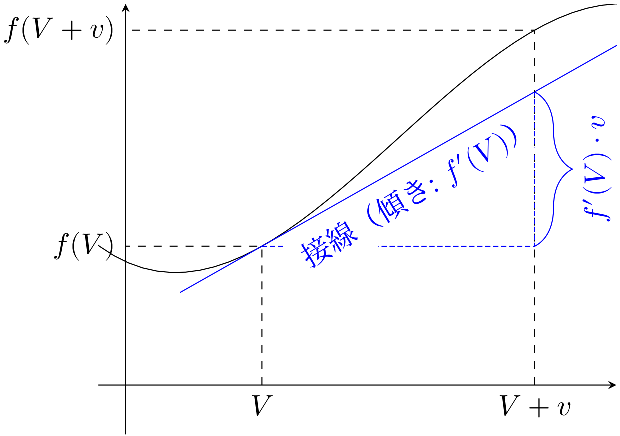


- ある基準点 V における関数値 $f(V)$ とその一階微分値 $f'(V)$ を使って、
- そこから v 離れた点の関数値 $f(V+v)$ の近似値を求めると、
- $f(V)+f'(V)\cdot v$ となる。

ある関数の近似を求めたかった

これのどこがアナログ電子回路なのかと思わず考えてください。

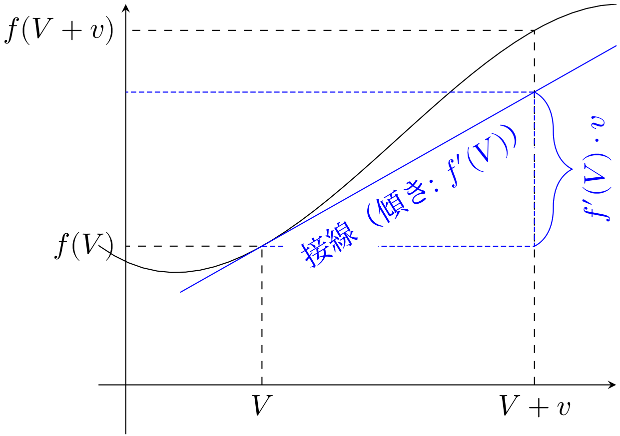
OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY



- ある基準点 V における関数値 $f(V)$ とその一階微分値 $f'(V)$ を使って、
- そこから v 離れた点の関数値 $f(V+v)$ の近似値を求めると、
- $f(V)+f'(V)\cdot v$ となる。

ある関数の近似を求めたかった

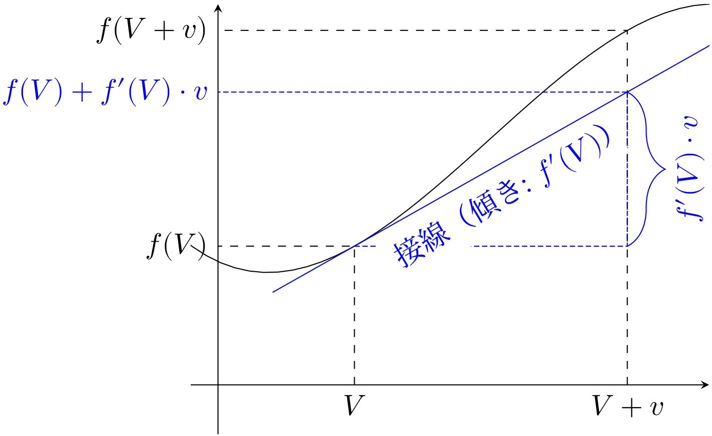
これのどこがアナログ電子回路なのかと思わず考えてください。



- ある基準点 V における関数値 $f(V)$ とその一階微分値 $f'(V)$ を使って、
- そこから v 離れた点の関数値 $f(V+v)$ の近似値を求めると、
- $f(V)+f'(V)\cdot v$ となる。

ある関数の近似を求めたかった

これのどこがアナログ電子回路なのかと思わず考えてください。

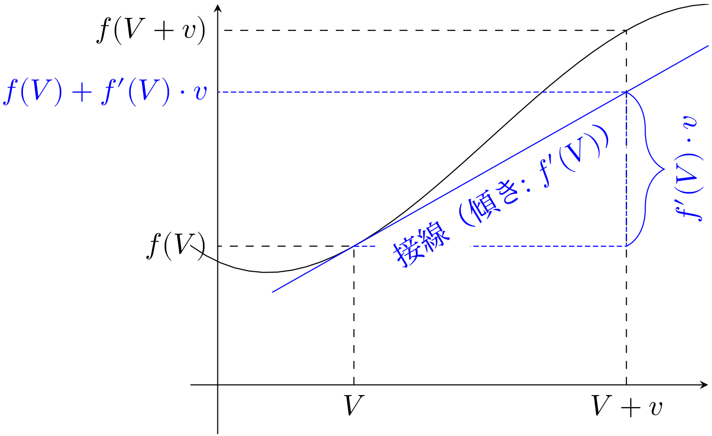


- ある基準点 V における関数値 $f(V)$ とその一階微分値 $f'(V)$ を使って、
- そこから v 離れた点の関数値 $f(V+v)$ の近似値を求めると、
- $f(V)+f'(V)\cdot v$ となる。

ある関数の近似を求めたかった

これのどこがアナログ電子回路なのかと思わず考えてください。

OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY



- ある基準点 V における関数値 $f(V)$ とその一階微分値 $f'(V)$ を使って、
- そこから v 離れた点の関数値 $f(V+v)$ の近似値を求めると、
- $f(V)+f'(V)\cdot v$ となる。

一次近似

一次近似の嬉しいところ

OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

$$f(V+v) \simeq f(V) + f^{'}(V) \cdot v$$

- 関数値は V でのみ求めればいい。
- v について一次式である。(一次近似という名称の所以)
- v が小さければけっこう精度がいい。

参考: 近似いろいろ

OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

$$f(V+v) \simeq f(V) \qquad (\qquad 近似)$$

$$f(V+v) \simeq f(V) + \qquad (\qquad 近似)$$

$$f(V+v) \simeq f(V) + \qquad (\qquad 近似)$$

$$f(V+v) \simeq \qquad (\qquad 近似)$$

$$f(V+v) = \qquad (\qquad)$$

参考: 近似いろいろ

$$f(V+v) \simeq f(V) \qquad (0\text{ 次近似})$$

$$f(V+v) \simeq f(V) + \qquad (\qquad\text{近似})$$

$$f(V+v) \simeq f(V) + \qquad (\qquad\text{近似})$$

$$f(V+v) \simeq \qquad (\qquad\text{近似})$$

$$f(V+v) = \qquad (\qquad)$$

$$f(V+v) \simeq f(V) \qquad \text{(0 次近似)}$$

$$f(V+v) \simeq f(V) + f'(V)\cdot v \qquad \text{(1 次近似)}$$

$$f(V+v) \simeq f(V) + f'(V)\cdot v + \qquad \text{(\qquad 近似)}$$

$$f(V+v) \simeq \qquad \text{(\qquad 近似)}$$

$$f(V+v) = \qquad (\qquad\qquad)$$

参考: 近似いろいろ

$$f(V+v) \simeq f(V) \qquad (0\text{ 次近似})$$

$$f(V+v) \simeq f(V) + f'(V) \cdot v \qquad (1\text{ 次近似})$$

$$f(V+v) \simeq f(V) + f'(V) \cdot v + \frac{1}{2} f''(V) \cdot v^2 \qquad (\quad\text{近似})$$

$$f(V+v) \simeq \qquad (\quad\text{近似})$$

$$f(V+v) = \qquad (\quad)$$

参考: 近似いろいろ

OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

$$f(V+v) \simeq f(V) \qquad \text{(0 次近似)}$$

$$f(V+v) \simeq f(V) + f'(V) \cdot v \qquad \text{(1 次近似)}$$

$$f(V+v) \simeq f(V) + f'(V) \cdot v + \frac{1}{2} f''(V) \cdot v^2 \qquad \text{(2 次近似)}$$

$$f(V+v) \simeq \qquad \text{(　　近似)}$$

$$f(V+v) = \qquad \text{(　　　　)}$$

参考: 近似いろいろ

$$f(V+v) \simeq f(V) \qquad \text{(0 次近似)}$$

$$f(V+v) \simeq f(V) + f'(V) \cdot v \qquad \text{(1 次近似)}$$

$$f(V+v) \simeq f(V) + f'(V) \cdot v + \frac{1}{2} f''(V) \cdot v^2 \qquad \text{(2 次近似)}$$

$$f(V+v) \simeq \sum_{i=0}^{N} \frac{1}{i!} f^{(i)}(V) \cdot v^i \qquad \text{(　　近似)}$$

$$f(V+v) = \qquad (\qquad\qquad)$$

参考: 近似いろいろ

$$f(V+v) \simeq f(V) \qquad \text{(0 次近似)}$$

$$f(V+v) \simeq f(V) + f'(V) \cdot v \qquad \text{(1 次近似)}$$

$$f(V+v) \simeq f(V) + f'(V) \cdot v + \frac{1}{2} f''(V) \cdot v^2 \qquad \text{(2 次近似)}$$

$$f(V+v) \simeq \sum_{i=0}^{N} \frac{1}{i!} f^{(i)}(V) \cdot v^i \qquad \text{(N 次近似)}$$

$$f(V+v) = \qquad (\qquad)$$

参考: 近似いろいろ

$$f(V+v) \simeq f(V) \qquad \text{(0 次近似)}$$

$$f(V+v) \simeq f(V) + f'(V) \cdot v \qquad \text{(1 次近似)}$$

$$f(V+v) \simeq f(V) + f'(V) \cdot v + \frac{1}{2} f''(V) \cdot v^2 \qquad \text{(2 次近似)}$$

$$f(V+v) \simeq \sum_{i=0}^{N} \frac{1}{i!} f^{(i)}(V) \cdot v^i \qquad \text{(N 次近似)}$$

$$f(V+v) = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{i!} f^{(i)}(V) \cdot v^i \qquad (\qquad\qquad)$$

参考: 近似いろいろ

OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

$$f(V+v) \simeq f(V) \qquad \text{(0 次近似)}$$

$$f(V+v) \simeq f(V) + f'(V)\cdot v \qquad \text{(1 次近似)}$$

$$f(V+v) \simeq f(V) + f'(V)\cdot v + \frac{1}{2} f''(V)\cdot v^2 \qquad \text{(2 次近似)}$$

$$f(V+v) \simeq \sum_{i=0}^{N} \frac{1}{i!} f^{(i)}(V)\cdot v^i \qquad \text{(N 次近似)}$$

$$f(V+v) = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{i!} f^{(i)}(V)\cdot v^i \qquad \text{(Taylor 展開)}$$

近似 $\simeq$ がイコール $=$ になるなんて！

級数展開による N 次近似

$$f(V+v) \simeq \sum_{i=0}^{N} \frac{1}{i!} f^{(i)}(V) \cdot v^i$$

級数展開による 1 次近似

$$f(V+v) \simeq f(V) + f'(V) \cdot v$$

$N \to \infty$ ⬇ のとき⋯

$$f(V+v) = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{i!} f^{(i)}(V) \cdot v^i$$

近似 $\simeq$ がイコール $=$ になるなんて！

OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

級数展開による N 次近似

$$f(V+v) \simeq \sum_{i=0}^{N} \frac{1}{i!} f^{(i)}(V) \cdot v^i$$

$N \to \infty$ のとき…

$$f(V+v) = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{i!} f^{(i)}(V) \cdot v^i$$

級数展開による 1 次近似

$$f(V+v) \simeq f(V) + f'(V) \cdot v$$

$v \to 0$ のとき…

近似 $\simeq$ がイコール $=$ になるなんて！

OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

級数展開による N 次近似

$$f(V+v) \simeq \sum_{i=0}^{N} \frac{1}{i!} f^{(i)}(V) \cdot v^i$$

$N \to \infty$ のとき…

$$f(V+v) = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{i!} f^{(i)}(V) \cdot v^i$$

級数展開による 1 次近似

$$f(V+v) \simeq f(V) + f'(V) \cdot v$$

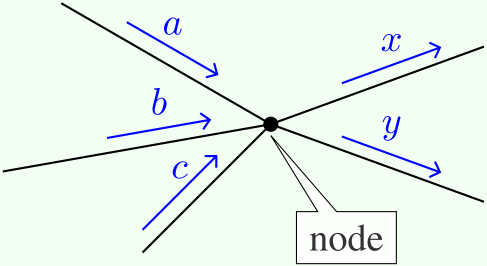
$v \to 0$ のとき…

$$f'(V) = \lim_{v \to 0} \frac{f(V+v) - f(V)}{v}$$

電気回路Ｉの復習

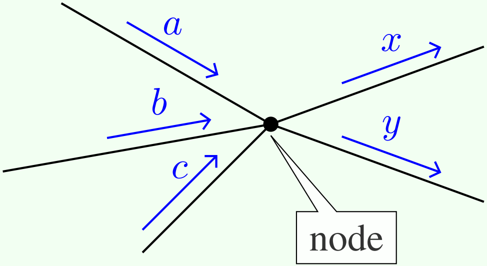
KCL (Kirchhoff's Current Law)

節点に流れ込む電流と流れ出る電流の ＿＿＿＿＿＿＿＿。



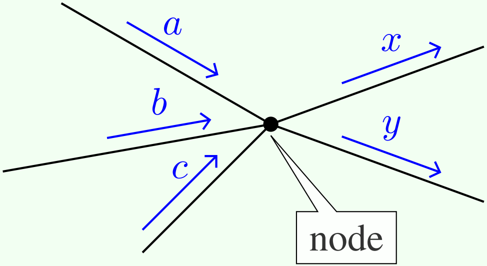
KCL (Kirchhoff's Current Law)

節点に流れ込む電流と流れ出る電流の ____________。



KCL (Kirchhoff's Current Law)

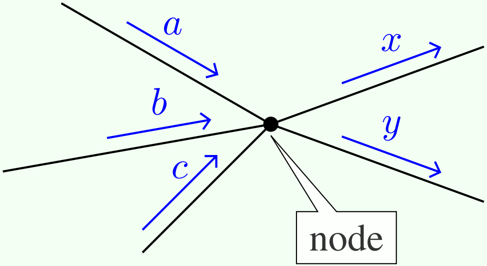
節点に流れ込む電流と流れ出る電流の ________________。



OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

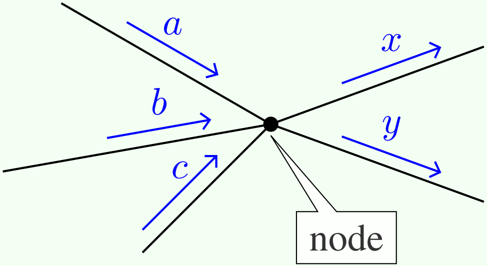
KCL (Kirchhoff's Current Law)

節点に流れ込む電流と流れ出る電流の ________。



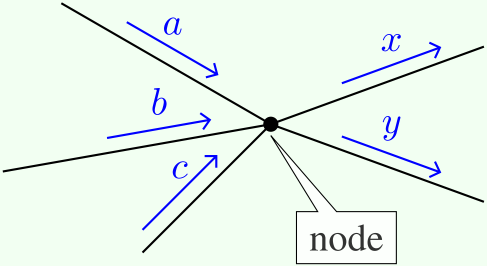
KCL (Kirchhoff's Current Law)

節点に流れ込む電流と流れ出る電流の **収支は釣り合う**。



KCL (Kirchhoff's Current Law)

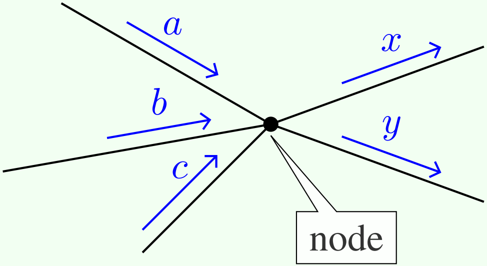
節点に流れ込む電流と流れ出る電流の **収支は釣り合う**。

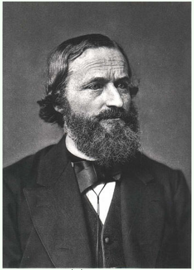


$$a + b + c - x - y = 0$$

KCL (Kirchhoff's Current Law)

節点に流れ込む電流と流れ出る電流の **収支は釣り合う**。



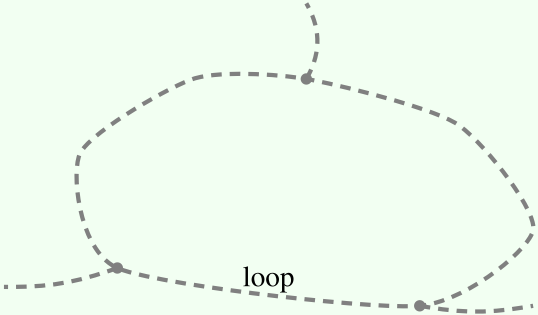


img src= `http://ja.wikipedia.org`

$$a + b + c - x - y = 0$$

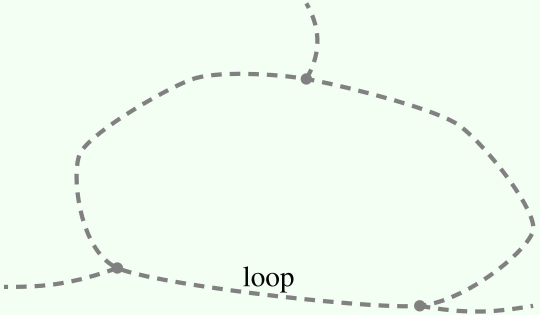
KVL (Kirchhoff's Voltage Low)

閉路内の電圧の ____________。



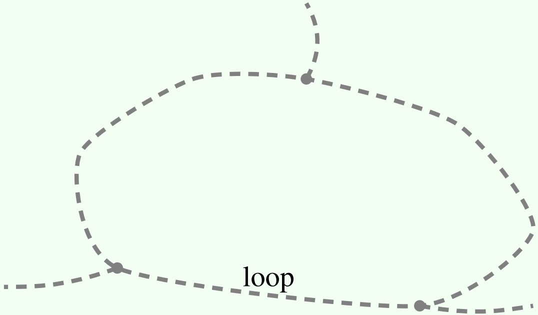
KVL (Kirchhoff's Voltage Low)

閉路内の電圧の ________________。



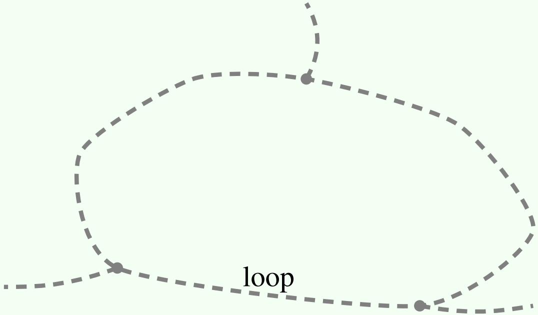
KVL (Kirchhoff's Voltage Low)

閉路内の電圧の ________________。



KVL (Kirchhoff's Voltage Low)

閉路内の電圧の ______________。

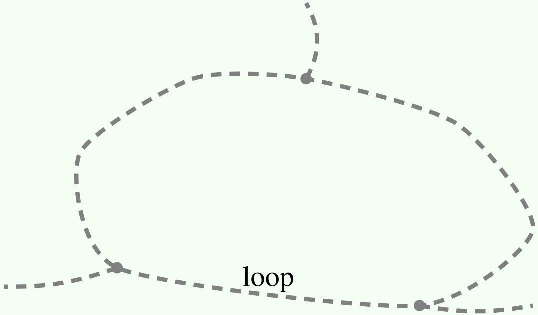


K（キルヒホッフの）V（電圧）L（則）

OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

KVL (Kirchhoff's Voltage Low)

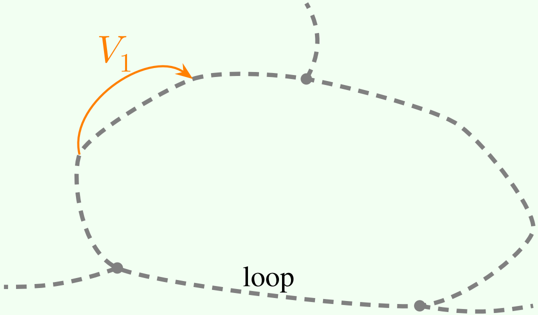
閉路内の電圧の **収支は釣り合う**。



OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

KVL (Kirchhoff's Voltage Low)

閉路内の電圧の **収支は釣り合う**。

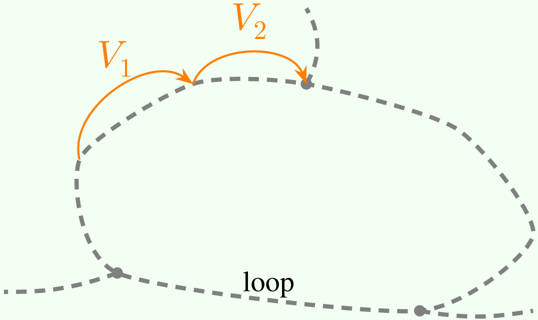


$$+V_1$$

OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

KVL (Kirchhoff's Voltage Low)

閉路内の電圧の **収支は釣り合う**。

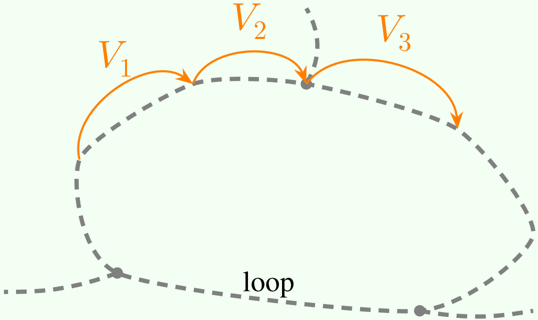


$$+V_1+V_2$$

OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

KVL (Kirchhoff's Voltage Low)

閉路内の電圧の **収支は釣り合う**。

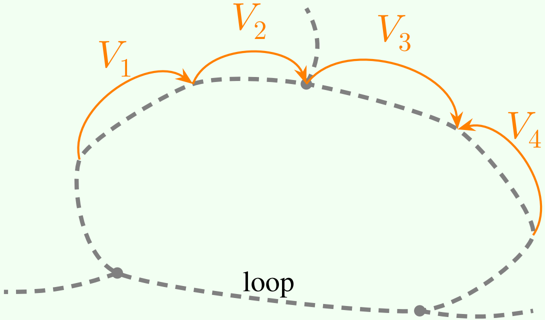


$$+V_1 + V_2 + V_3$$

K（キルヒホッフの）V（電圧）L（則）

KVL (Kirchhoff's Voltage Low)

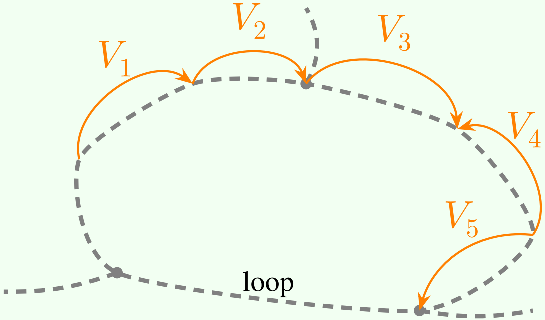
閉路内の電圧の **収支は釣り合う**。



$$+V_1+V_2+V_3-V_4$$

KVL (Kirchhoff's Voltage Low)

閉路内の電圧の **収支は釣り合う**。



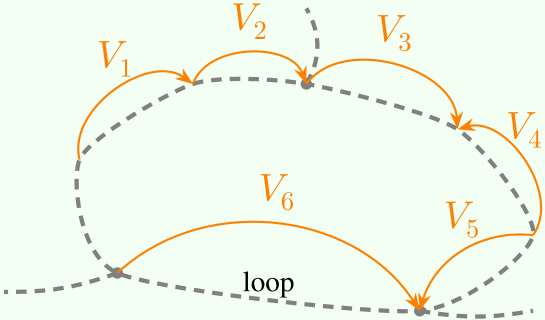
$$+V_1+V_2+V_3-V_4+V_5$$

K（キルヒホッフの）V（電圧）L（則）

OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

KVL (Kirchhoff's Voltage Low)

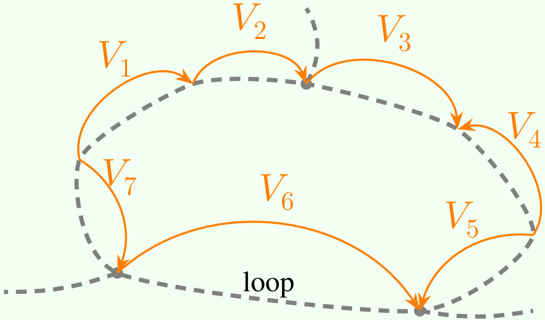
閉路内の電圧の **収支は釣り合う**。



$$+V_1+V_2+V_3-V_4+V_5-V_6$$

KVL (Kirchhoff's Voltage Low)

閉路内の電圧の **収支は釣り合う**。

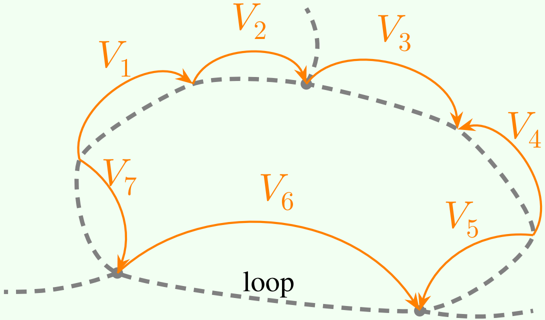


$$+V_1 + V_2 + V_3 - V_4 + V_5 - V_6 - V_7$$

OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

KVL (Kirchhoff’s Voltage Low)

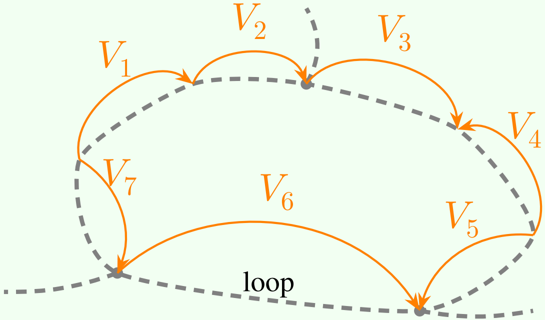
閉路内の電圧の **収支は釣り合う**。

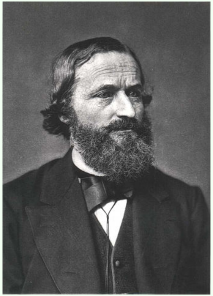


$$+V_1+V_2+V_3-V_4+V_5-V_6-V_7=0$$

KVL (Kirchhoff's Voltage Low)

閉路内の電圧の **収支は釣り合う**。



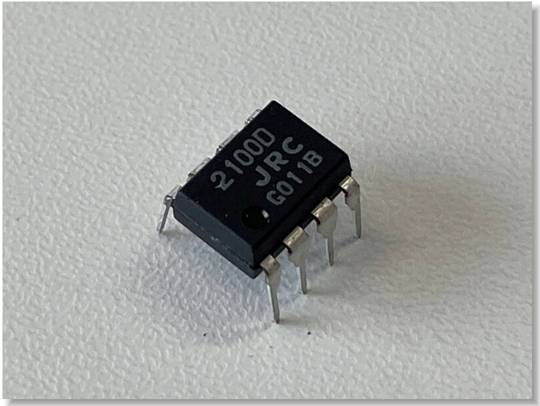


img src=http://ja.wikipedia.org

$$+V_1 + V_2 + V_3 - V_4 + V_5 - V_6 - V_7 = 0$$

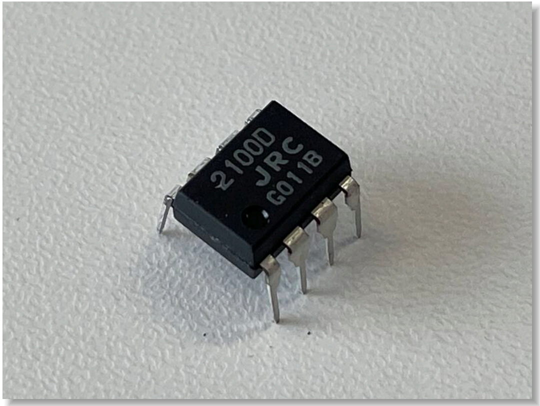
今日の主役: OP amp（演算増幅器）

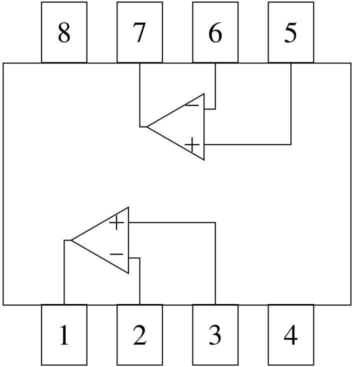
OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY



$$V_{\mathrm{out}} =$$

今日の主役: OP amp（演算増幅器）

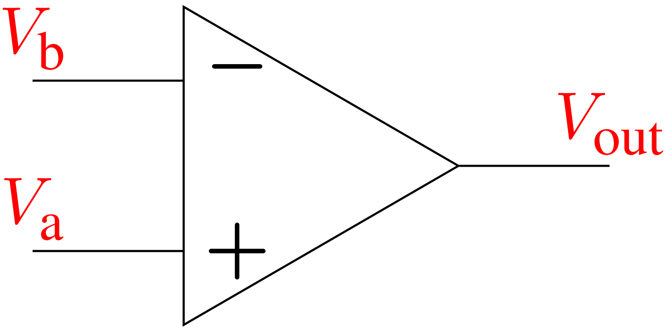




$$V_{\mathrm{out}} =$$

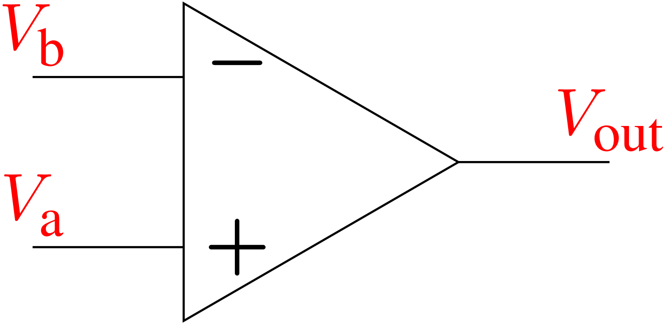
今日の主役: OP amp (演算増幅器)

OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY



$$V_{out} =$$

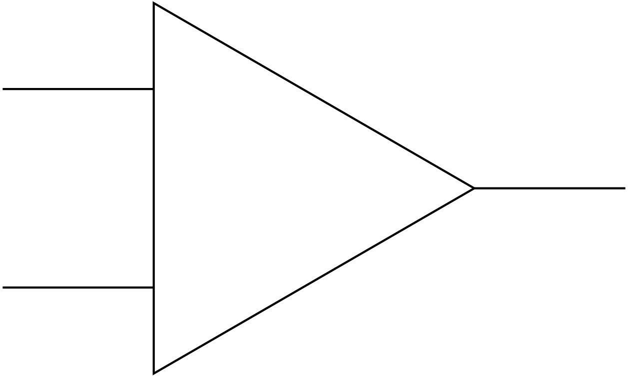
今日の主役: OP amp（演算増幅器）



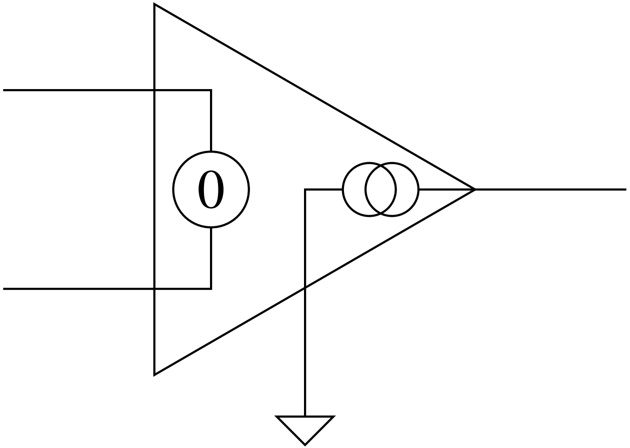
$$V_\mathrm{out} = A_\mathrm{d}(V_\mathrm{a} - V_\mathrm{b})$$

OPamp

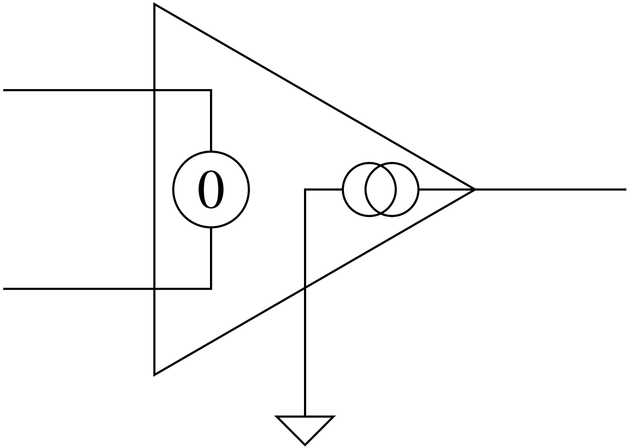
理想 演算増幅器 のなかみ (というか、考え方)



理想演算増幅器 (OP amp) のなかみ (というか、考え方)



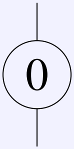
理想 演算増幅器 (OPamp) のなかみ (というか、考え方)



この丸いものたちはなんだ？

と

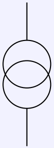
(　　)



- 電流は____________________。
- 電圧は____________________。

これらの性質を________という。

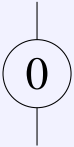
(　　)



- 電流は____________________。
- 電圧は____________________。

ナレータと

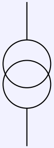
ナレータ (　　　　　)



- 電流は＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿。
- 電圧は＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿。

これらの性質を＿＿＿＿＿という。

(　　　　　)

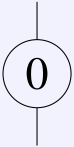


- 電流は＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿。
- 電圧は＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿。

ナレータと ノレータ

OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

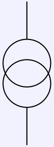
ナレータ (   )



- 電流は________________________。
- 電圧は________________________。

これらの性質を________という。

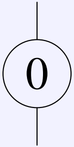
ノレータ (   )



- 電流は________________________。
- 電圧は________________________。

ナレータと ノレータ

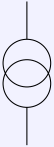
ナレータ (nullator)



- 電流は________________________________。
- 電圧は________________________________。

これらの性質を________という。

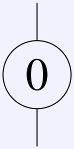
ノレータ (　　　　　　)



- 電流は________________________________。
- 電圧は________________________________。

ナレータと ノレータ

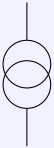
ナレータ (nullator)



- 電流は________________________。
- 電圧は________________________。

これらの性質を________という。

ノレータ (norator)

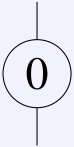


- 電流は________________________。
- 電圧は________________________。

ナレータと ノレータ

OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

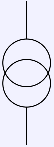
ナレータ (nullator)



- 電流は **何があろうと絶対に 0 (null)** 。
- 電圧は ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿。

これらの性質を＿＿＿＿＿という。

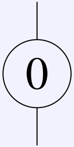
ノレータ (norator)



- 電流は ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿。
- 電圧は ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿。

ナレータと ノレータ

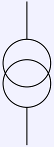
ナレータ (nullator)



- 電流は 何があろうと**絶対に 0** (null) 。
- 電圧は 何があろうと **絶対に 0** (null) 。

これらの性質を________という。

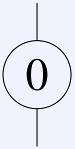
ノレータ (norator)



- 電流は______________________________。
- 電圧は______________________________。

ナレータと ノレータ

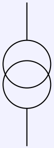
ナレータ (nullator)



- 電流は 何があろうと**絶対に 0** (null) 。
- 電圧は 何があろうと **絶対に 0** (null) 。

これらの性質を**仮想短絡**という。

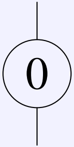
ノレータ (norator)



- 電流は ____________________。
- 電圧は ____________________。

ナレータと ノレータ

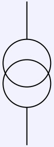
ナレータ (nullator)



- 電流は **何があろうと絶対に 0 (null)** 。
- 電圧は **何があろうと 絶対に 0 (null)** 。

これらの性質を**仮想短絡**という。

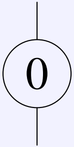
ノレータ (norator)



- 電流は **周囲の状況次第で何でもアリ** 。
- 電圧は ________________ 。

ナレータと ノレータ

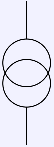
ナレータ (nullator)



- 電流は何があろうと**絶対に 0** (null) 。
- 電圧は何があろうと **絶対に 0** (null) 。

これらの性質を**仮想短絡**という。

ノレータ (norator)

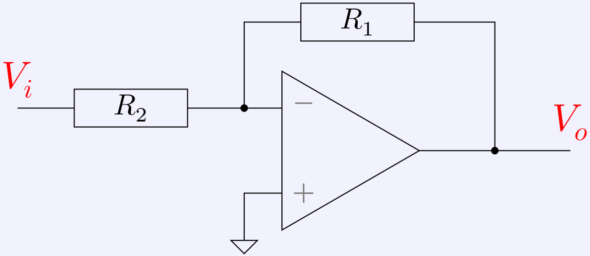


- 電流は周囲の状況次第で何でもアリ 。
- 電圧は周囲の状況次第で何でもアリ 。

練習問題 (え！まだほとんど何も教わってないのでは？)

OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Q: V_o を V_i で表わせ。

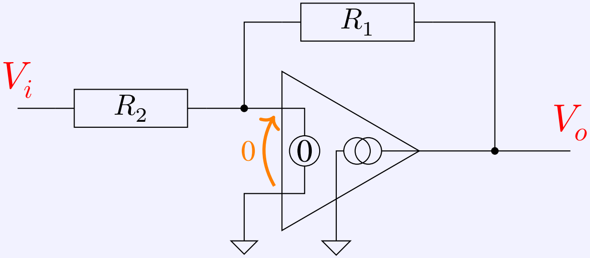


答: $V_o =$

練習問題 (え！まだほとんど何も教わってないのでは？)

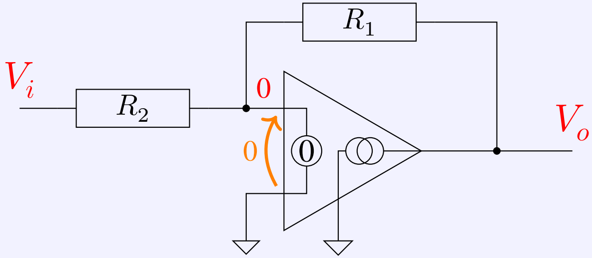
OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Q: V_o を V_i で表わせ。



答: $V_o =$

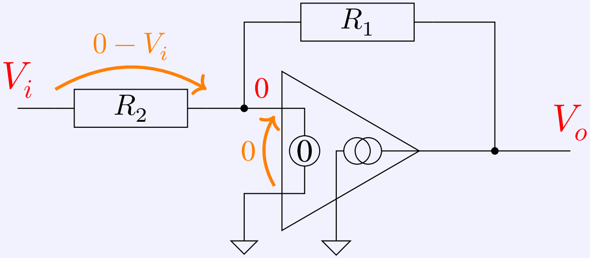
Q: V_o を V_i で表わせ。



答: $V_o =$

練習問題 (え！まだほとんど何も教わってないのでは？)

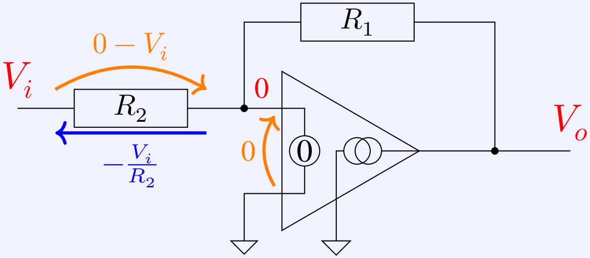
Q: V_o を V_i で表わせ。



答: $V_o =$

練習問題 (え！まだほとんど何も教わってないのでは？)

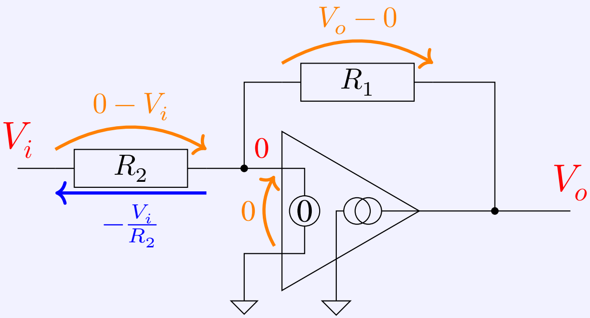
Q: V_o を V_i で表わせ。



答: $V_o =$

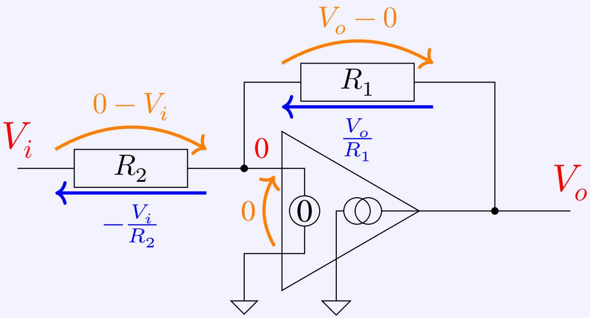
OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Q: V_o を V_i で表わせ。



答: $V_o =$

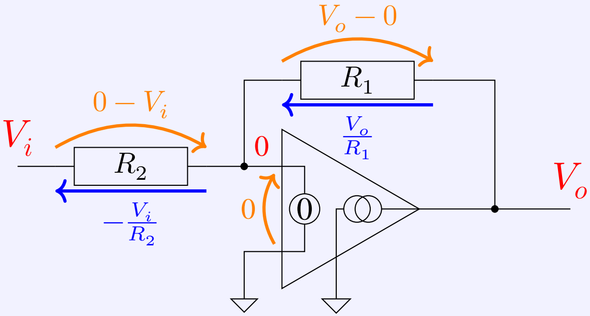
Q: V_o を V_i で表わせ。



答: $V_o =$

練習問題 (え！まだほとんど何も教わってないのでは？)

Q: V_o を V_i で表わせ。

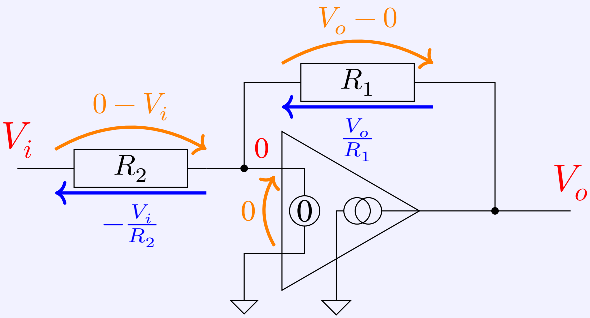


答: $V_o = -\dfrac{R_1}{R_2}V_i$

練習問題 (え！まだほとんど何も教わってないのでは？)

OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

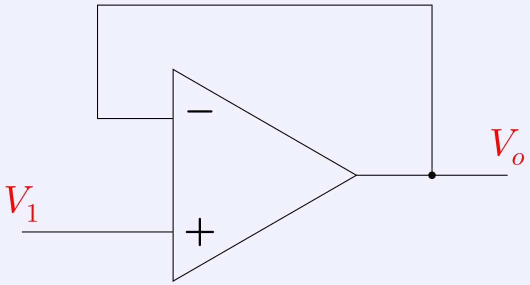
Q: V_o を V_i で表わせ。



答: $V_o = -\dfrac{R_1}{R_2}V_i$

(逆相 (反転) 増幅回路)

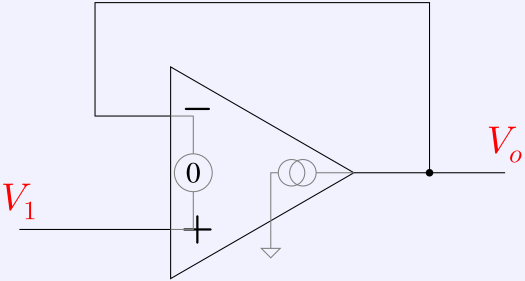
Q: V_o を V_1 で表わせ。



答:

$$V_o =$$

Q: V_o を V_1 で表わせ。

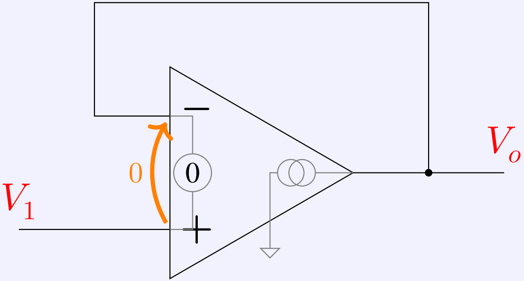


答:

$$V_o =$$

練習問題

Q: V_o を V_1 で表わせ。

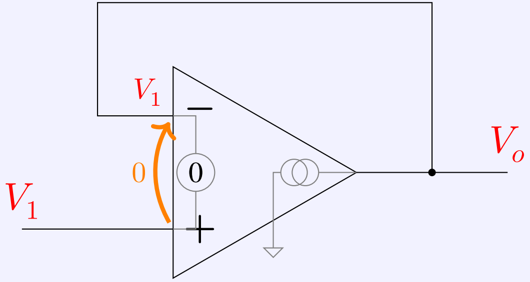


答:

$$V_o =$$

OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

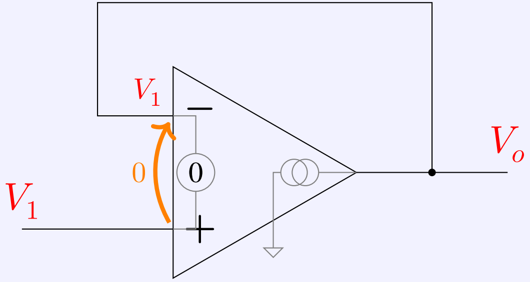
Q: V_o を V_1 で表わせ。



答:

$$V_o =$$

Q: V_o を V_1 で表わせ。

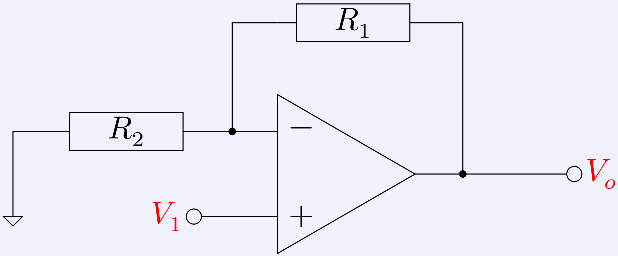


答: (ボルテージフォロワ)

$$V_o = V_1$$

練習問題

Q: V_o を V_1 で表わせ。

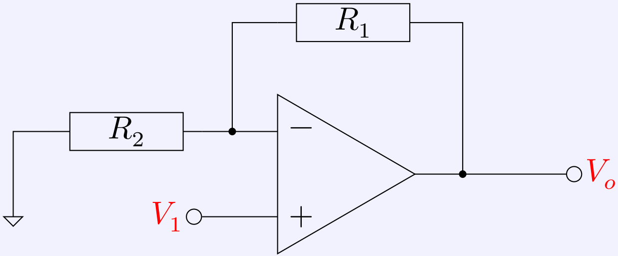


答:

$$V_o =$$

練習問題

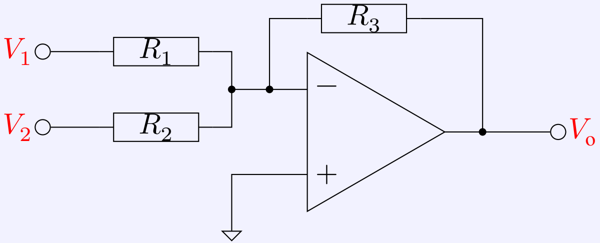
Q: V_o を V_1 で表わせ。



答: (正相 (非反転) 増幅回路)

$$V_o = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) V_1$$

Q: V_o を V_1, V_2 で表わせ。

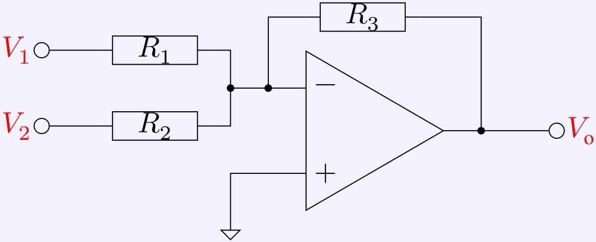


答:

$$V_o =$$

練習問題

Q: V_o を V_1, V_2 で表わせ。



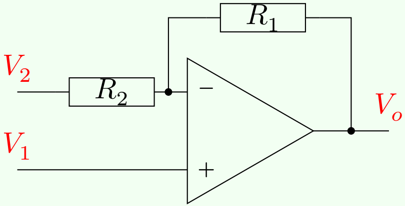
答: (加算回路)

$$V_o = -\left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2}\right) R_3$$

減算回路を作ろう (1/2)

OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

こんな感じで作れそう? (わかる?)

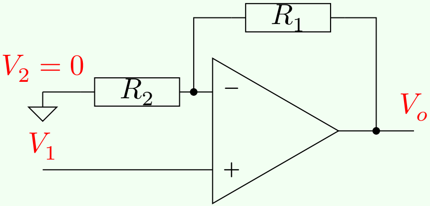


$$V_o =$$

減算回路を作ろう (1/2)

OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

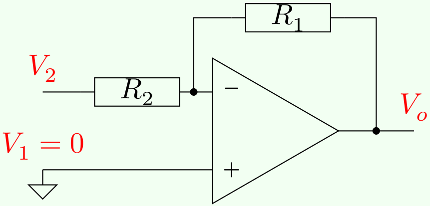
こんな感じで作れそう? (わかる?)



$$V_o = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) V_1$$

減算回路を作ろう (1/2)

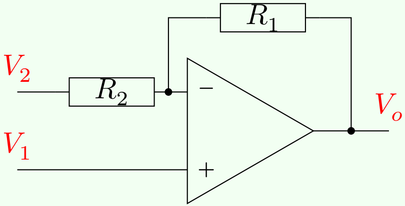
こんな感じで作れそう? (わかる?)



$$V_o = -\frac{R_1}{R_2}V_2$$

減算回路を作ろう (1/2)

こんな感じで作れそう? (わかる?)

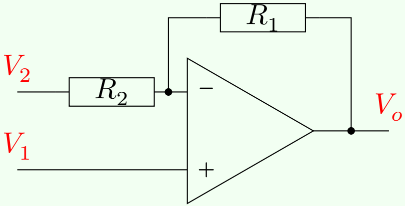


$$V_o = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) V_1 - \frac{R_1}{R_2} V_2$$

減算回路を作ろう (1/2)

OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

こんな感じで作れそう? (わかる?)



$$V_o = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) V_1 - \frac{R_1}{R_2} V_2$$

惜しい！V_1, V_2 の係数が異なるので引き算にならない。

減算回路を作ろう (2/2)

以下を満たす K を考える。

$$V_o = K\left(1+\frac{R_1}{R_2}\right)V_1 - \frac{R_1}{R_2}V_2 = \frac{R_1}{R_2}(V_1 - V_2) \qquad \Rightarrow K =$$

つまり OP amp+ 端子の入力電位
を K 倍すれば良いわけだから…

減算回路を作ろう (2/2)

以下を満たす K を考える。

$$V_o = K\left(1+\frac{R_1}{R_2}\right)V_1 - \frac{R_1}{R_2}V_2 = \frac{R_1}{R_2}(V_1 - V_2) \qquad \Rightarrow K = \frac{R_1}{R_1+R_2}$$

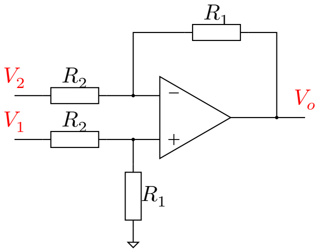
つまり OP amp+ 端子の入力電位
を K 倍すれば良いわけだから…

減算回路を作ろう (2/2)

以下を満たす K を考える。

$$V_o = K\left(1+\frac{R_1}{R_2}\right)V_1 - \frac{R_1}{R_2}V_2 = \frac{R_1}{R_2}(V_1 - V_2) \quad \Rightarrow K = \frac{R_1}{R_1+R_2}$$

つまり OP amp+ 端子の入力電位を K 倍すれば良いわけだから…



まとめ

OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

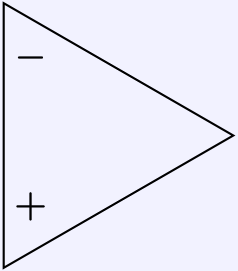
OP アンプの各種回路それ自体はこの授業全体の中で実はそれほど重要ではない。

重要なこと

- 一次近似 (復習) ➡ 次回に続く。
- KVL, KCL (復習)
- 重ね合わせの理（aka 重ねの理）(復習)
- nullator, norator

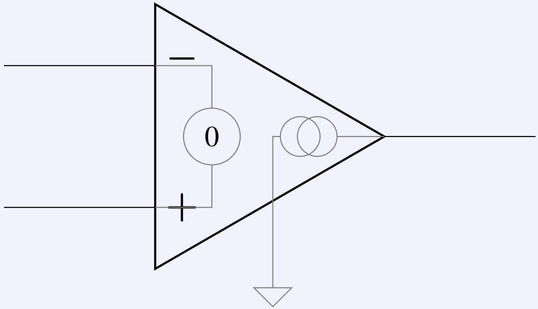
最終回予告

素朴な疑問



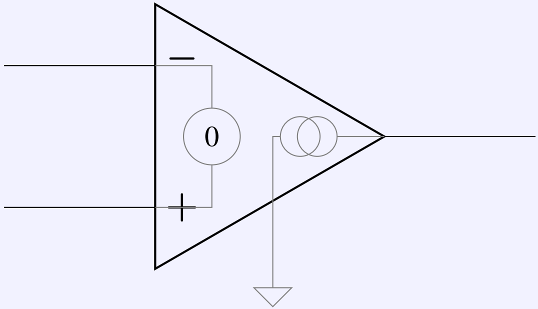
＋と−って

素朴な疑問



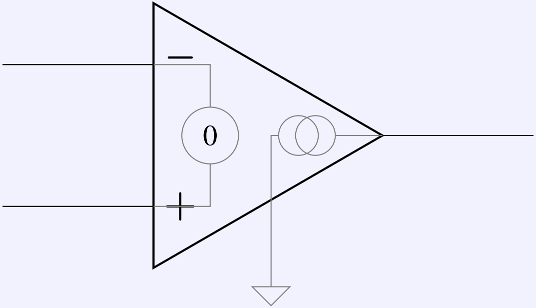
＋と−って

素朴な疑問



＋と－って**逆でもいい**のでは？

素朴な疑問



＋と－って**逆でもいい**のでは？

答えは最終回のお楽しみ！

練習: 1 次近似と 2 次近似を求めよ。

OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

1. $f(x) = x^2$ について、$f(2) = 4$ を使って $f(2 + 0.3)$ の近似値を求めよ。(ちなみに真値は $2.3^2 = 5.29$)
2. $f(x) = \exp(x)$ について、$f(0) = 1$ を使って $f(0 + 1)$ の近似値を求めよ。(ちなみに真値は $2.718128\cdots$)

練習: 1 次近似と 2 次近似を求めよ。

OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

1. $f(x) = x^2$ について、$f(2) = 4$ を使って $f(2+0.3)$ の近似値を求めよ。(ちなみに真値は $2.3^2 = 5.29$)

   1st $f(2+0.3) \simeq f(2) + f'(2) \times 0.3 =$

2. $f(x) = \exp(x)$ について、$f(0) = 1$ を使って $f(0+1)$ の近似値を求めよ。(ちなみに真値は $2.718128\cdots$)

練習: 1 次近似と 2 次近似を求めよ。

1. $f(x) = x^2$ について、$f(2) = 4$ を使って $f(2+0.3)$ の近似値を求めよ。(ちなみに真値は $2.3^2 = 5.29$)

   1st $f(2+0.3) \simeq f(2) + f'(2) \times 0.3 =$

   2nd $f(2+0.3) \simeq f(2) + f'(2) \times 0.3 + \frac{1}{2} f''(2) \times 0.3^2 =$

2. $f(x) = \exp(x)$ について、$f(0) = 1$ を使って $f(0+1)$ の近似値を求めよ。(ちなみに真値は $2.718128 \cdots$)

ミニレポート課題 (受付期間: 授業当日〜次回授業の前日)

受付期間外には提出しないこと。（自動処理しています。）

OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

反転増幅回路の動作 $V_o = -\dfrac{R_1}{R_2}V_i$ を説明せよ。ただし、**すべての式について日本語で説明**すること。また、以下の語を一つ残らず使うこと。

- 電流, 電圧, 電位, グラウンド, ナレータ, オームの法則

提出は下記 URL の Google Forms。歪んでいない、開いた時に横倒しになっていない、コントラストが読むに耐えうる **PDF で提出**すること。**手書きを写真撮影する場合はスキャナもしくはスキャナアプリの使用を必須とする**。

`https://forms.gle/MpUmErDi6qk8GSUC6`