

機械知能工学科
メカトロニクス総合

第05回

MC-05/Rev 15-1.0

増幅回路の設計

工学部 機械知能工学科

熊谷 正 朗

kumagai@mail.tohoku-gakuin.ac.jp

東北学院大学工学部
ロボット開発工学研究室 **RDE**

今回の到達目標

○具体的な回路の設計(関連:工総演K03)

- ◇回路への要求仕様を数式に表すことができる。
 - ・入力と出力の電圧レンジを合わせる設計
- ◇回路テンプレートを選び、抵抗値を定めることができる。
 - ・式の形に基づく回路選び
 - ・抵抗値の決定
- ◇目的に応じて回路図を書き換えることができる。
 - ・数値の計算、部品番号 & 値の変更

ステップ0：大まかな方針

○回路全体の特性・要請の確認

◇電源の仕様 正負両電源(±) or 片電源(+)

- ・電圧範囲→信号の範囲、回路構成

◇後段の仕様

- ・増幅の極性の必然性(正、負、どちらでも可)
制約無ければ、「どちらでも」→反転系使用
- ・なにを繋ぐか(主にアナログデジタル変換)

◇おおざっぱな増幅率→段数(上に関連)

※目安 ・オペアンプ1段で限度100倍(計装は1万)

ステップ1：仕様の数式化

○入力電圧範囲→出力電圧範囲

◇入力側仕様：センサ出力など

◇出力側仕様：AD変換入力

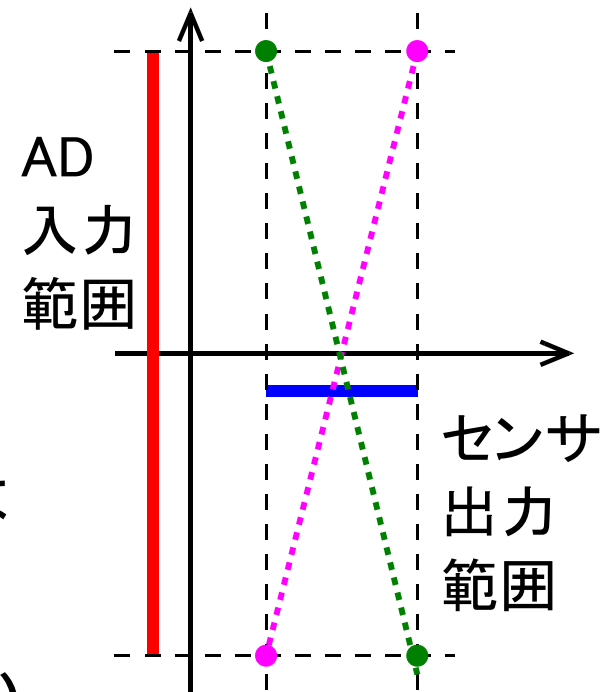
◇変換式(増幅の場合)

$$V_o = a(V_i - b) \text{ 型}$$

にする(a, b は正負有り)

◇他の回路も増幅の有無は
明確にしておく。

※増幅もできる場合が多い



ステップ2：回路の選択

○どの回路を用いるか

◇目的が明確な場合 （例：加算、電流入力）

- ・ 目的の機能の回路を選ぶ

◇目的が「増幅」の場合 $V_o = a(V_i - b)$

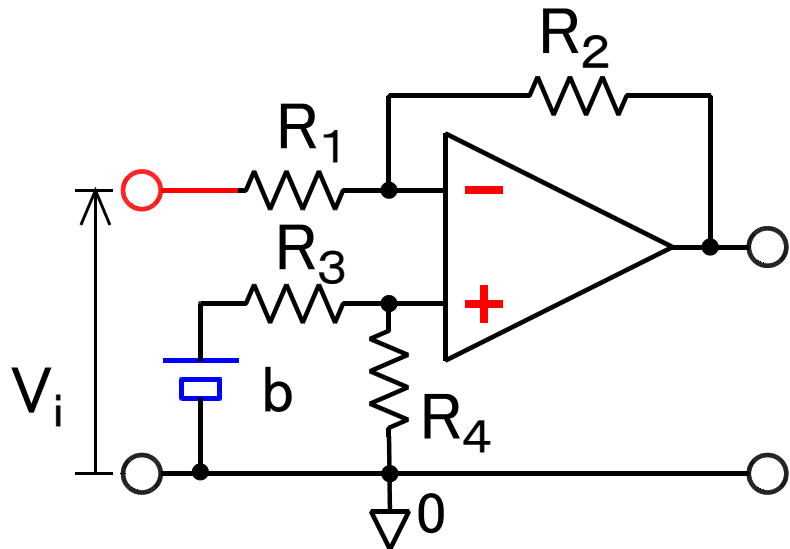
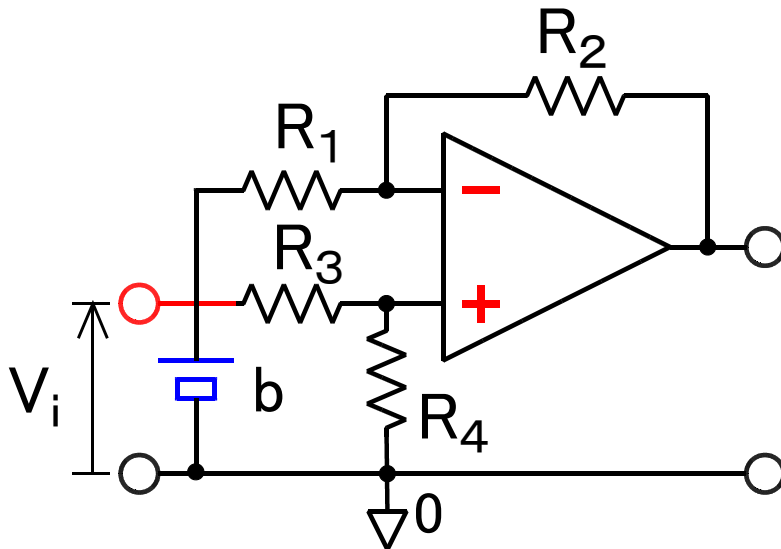
- ・ $b=0$ の場合 ($V_o = aV_i$)
 - ・ 特別の指定なければ反転増幅
 - ・ 入力インピ、1段で正の場合→非反転
- ・ $b \neq 0$ の場合
 - ・ 差動増幅、加算、オフセット付き反転

ステップ2：回路の選択

○オフセットのある増幅 $V_o = a(V_i - b)$

◇差動増幅を使う場合 $V_o = (R_2/R_1)(V_2 - V_1)$

- ・ $(R_2/R_1) = |a|$ 、一方の入力に V_i 、他方に b
- ・ b は専用の電圧源 or 分圧 + V フォロワ



ステップ2：回路の選択

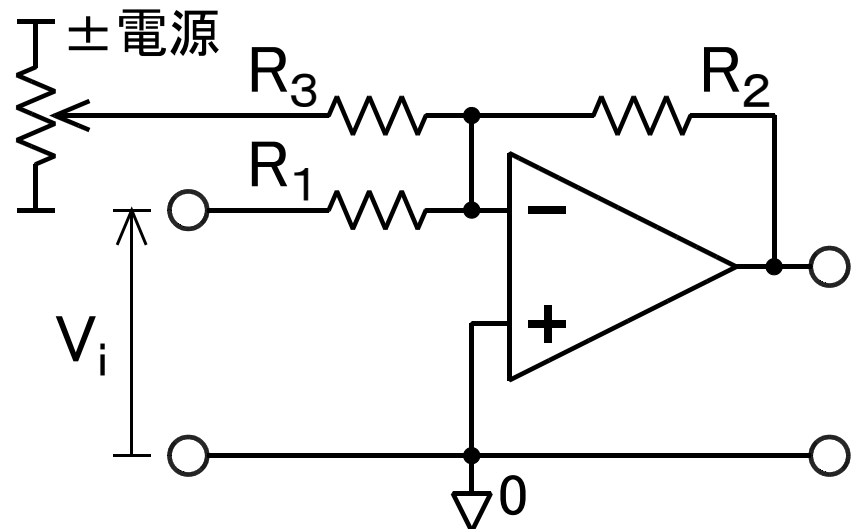
○オフセットのある増幅 $V_o = a(V_i - b)$

◇オフセット付き反転増幅

- ・そもそも片電源で増幅の基準が指定電圧
- ・ V_+ を適宜計算して与える（電源の分圧で可）

◇加算回路

- ・ちょっと調整するのには便利



ステップ3：抵抗の決定

○増幅率を決める抵抗比＋抵抗の値

◇増幅回路の増幅率は抵抗【比】で決まる

＝ 回路の増幅率を定めると比は決まる

◇具体的な抵抗値の決定

↓出力とーの間

- ・目安：フィードバック位置の抵抗が

10[k Ω]～100[k Ω]になるように

- ・根拠：電流が流れすぎず、少なすぎず

- ・現実的には市販の抵抗値：“E24系列”

→ 作れる増幅率に制限(あまり気にせず)

ステップ4：回路の書き換え

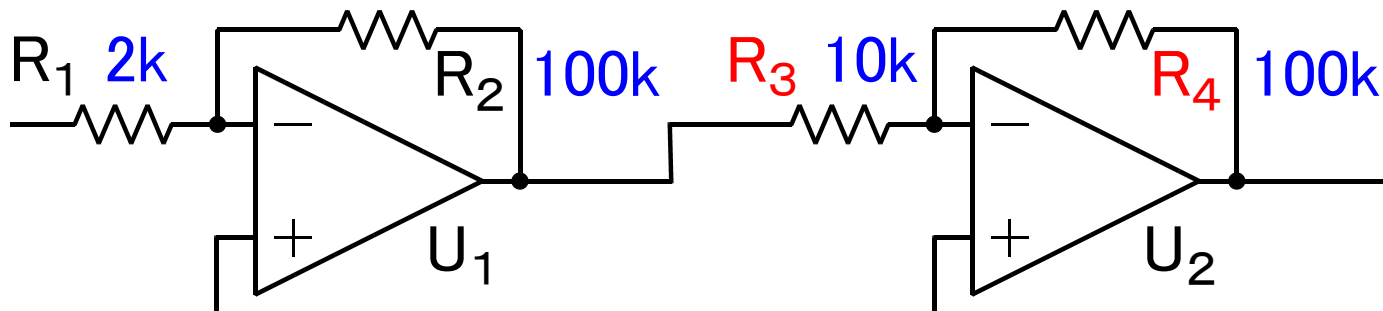
○テンプレ→設計図の一部

◇全ての部品に固有の番号

- ・ R1は図内に1個だけ
- ・ オペアンプにもU1、OP1等つける

◇部品の値をそばに明記する

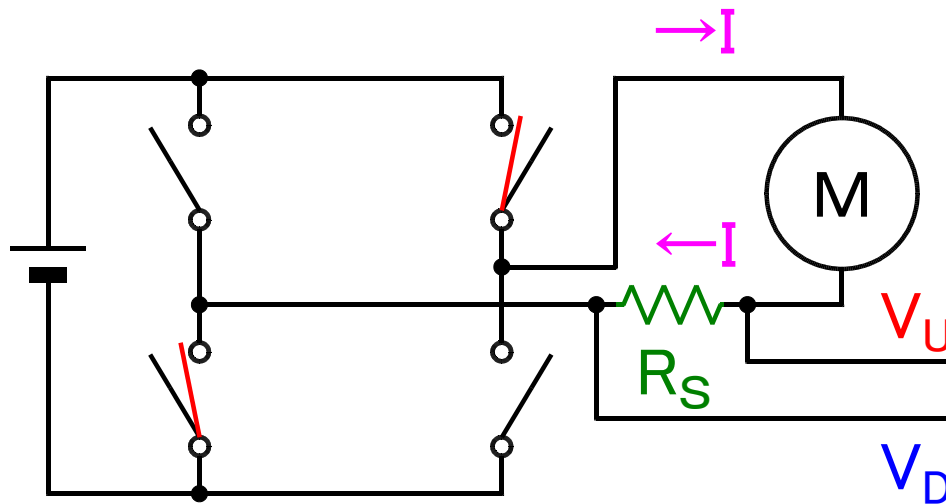
- ・ 図だけを見て値が分かるように



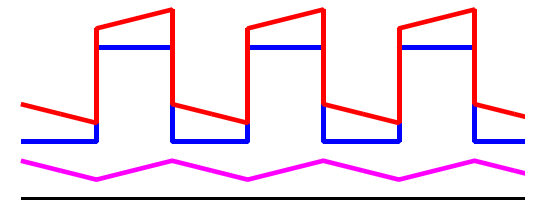
設計例

○モータの電流の計測

- ◇モータの配線に抵抗→電圧→電圧を増幅
 - ・2点の差→差動増幅を使用



電流に比例して
電圧 V_U 、 V_D に
差が生じる
→ 差動増幅



設計例：モータの電流の計測

○回路の定数決定

◇ステップ0： 電流測定抵抗 R_S

- ・ 大きすぎるとロス、小さすぎると要高増幅
- ・ $\pm 1[A]$ の測定→ $\pm 100[mV]$ （例）
とする場合、 $R_S = 0.1[\Omega]$

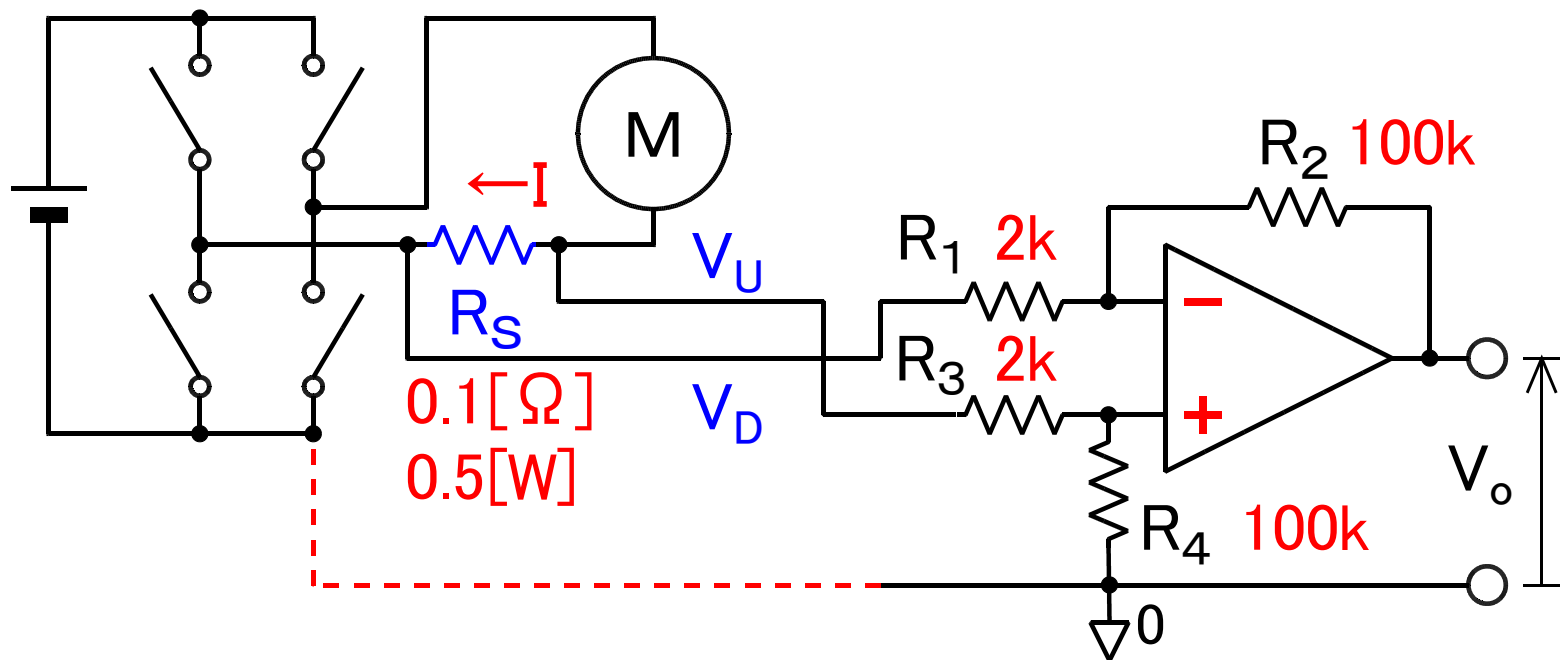
◇ステップ0, 1, 3： 回路の増幅率

- ・ $\pm 5[V]$ まで大きくする場合、増幅率は50倍
 $V_o = 50 (V_U - V_D)$
- ・ 差動増幅、抵抗比(R_2/R_1) = 50→100k/2k

設計例：モータの電流の計測

○回路図の完成

◇図の接続、値の書き込みなど



設計例：モータの電流の計測

○この回路を実際に作るときの課題点

◇パワー系と直結したアナログ系

- ・スイッチングノイズの影響を受けやすい。
- ・オペアンプの入力許容範囲より大きな電圧のモータには使えない。
- ・PWMのオンオフに伴う電流の増減の波（リップル）が見えてしまい、平均的な電流をとりにくい。
- ・駆動系は単電源なのに、計測結果が正負。

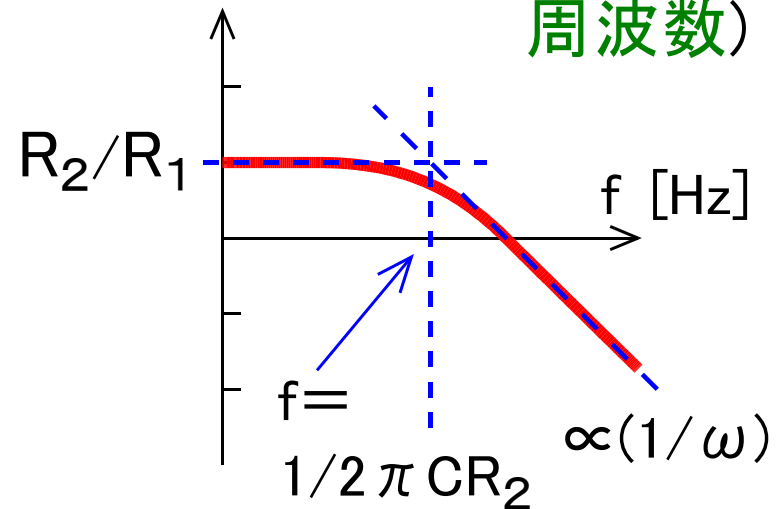
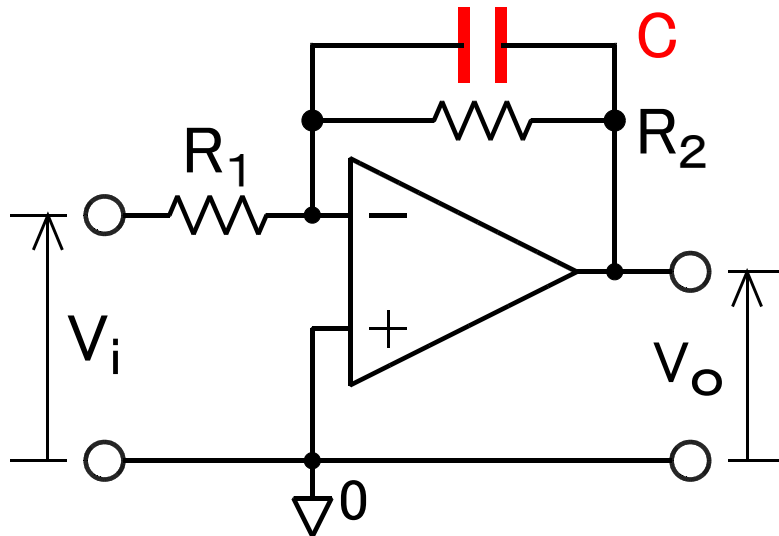
ステップEx: 増幅回路のローパスフィルタ化

○ノイズ除去機能の付加

◇反転増幅の抵抗にコンデンサを並列

→ ローパスフィルタになる → 高域ノイズ低減

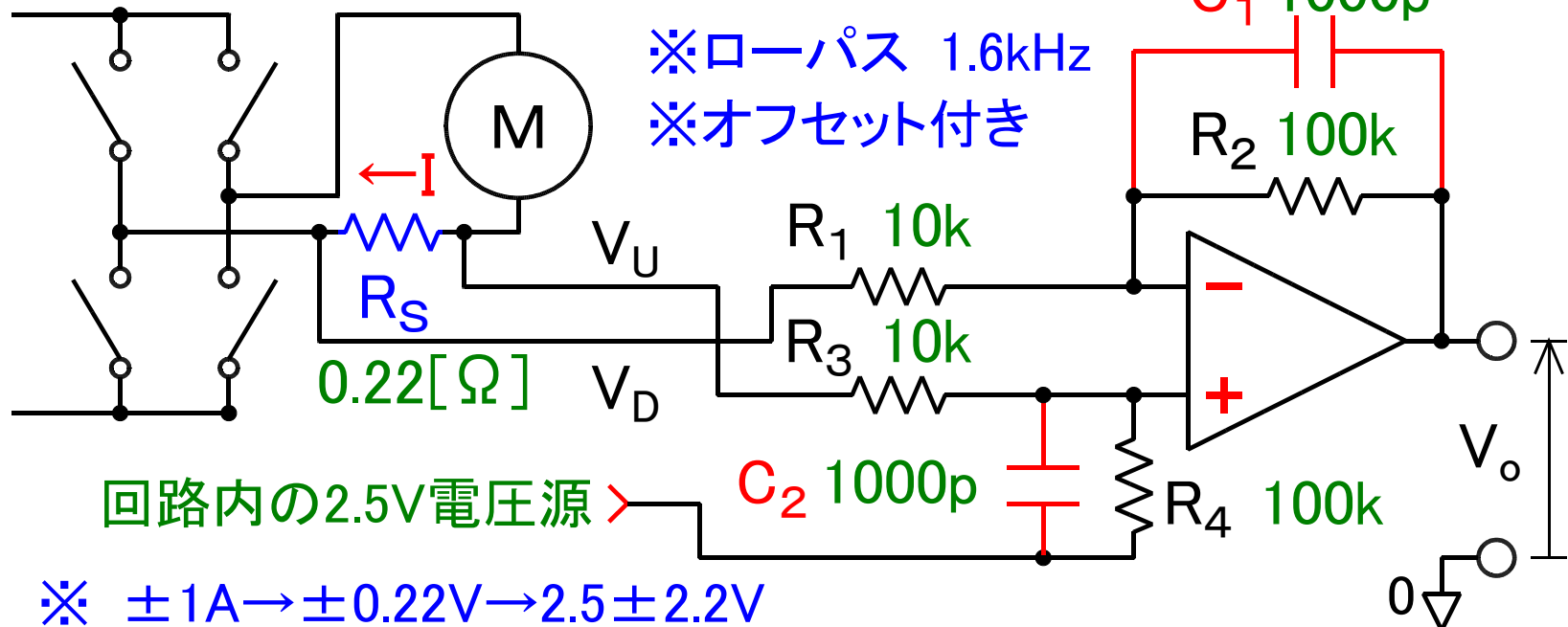
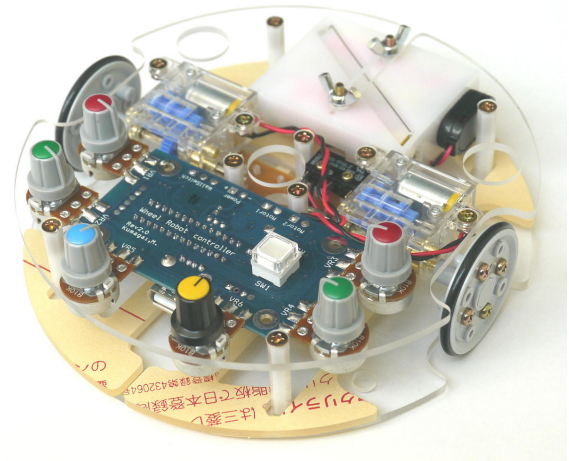
・ 周波数 $1/2\pi R_2 C$ が減衰の境界(カットオフ
周波数)



設計例：モータの電流の計測

○最終的な回路

◇小型ロボット用モータの 電流計測回路



本日のプチテスト

○増幅回路の設計

◇センサの出力: $V_i = 2 \pm 1 [V]$ (1~3V)

◇受けるAD変換器の入力: $V_o = \pm 5 [V]$ (-5~5)

◇の間の変換をする回路を設計せよ。

◇手順

1: $V_o = a(V_i - b)$ の形の式で表せ。

2: それを実現する回路を検討し、
数値を含めて回路図として示せ。