

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

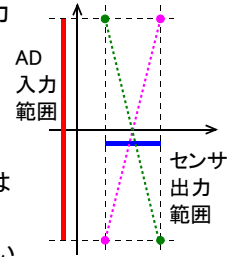
○回路全体の特性・要請の確認

- ◇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) $V_o = a(V_i - b)$ 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

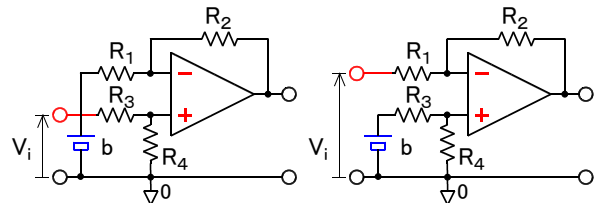
○どの回路を用いるか

- ◇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≠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 $V_o = a(V_i - b)$

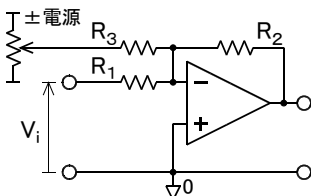
- ◇差動増幅を使う場合 $V_o = (R_2/R_1)(V_2 - V_1)$
 - ・ $(R_2/R_1) = |a|$ 、一方の入力に V_i 、他方に b
 - ・bは専用の電圧源 or 分圧+Vフォロウ



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

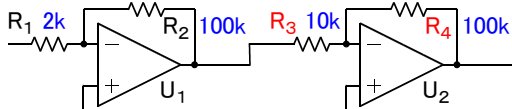
○増幅率を決める抵抗比+抵抗の値

- ◇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 $10[k\Omega] \sim 100[k\Omega]$ 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

○テンプレート→設計図の一部分

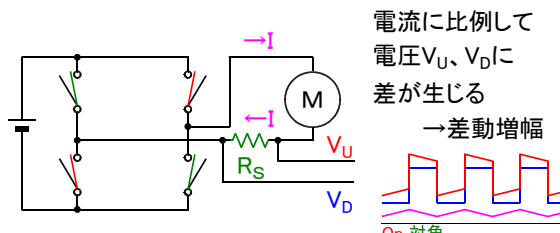
- ◇全ての部品に固有の番号
 - ・R1は図内に1個だけ
 - ・オペアンプにもU1、OP1等つける
- ◇部品の値をそばに明記する
 - ・図だけを見て値が分かるように



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



設計例: モータの電流の計測

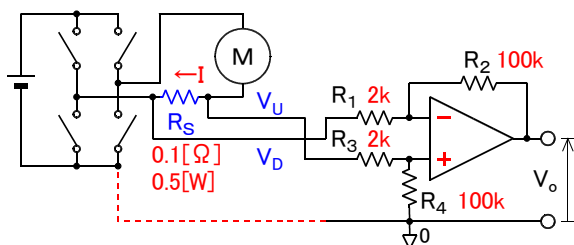
○回路の定数決定

- ◇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 $(R_2/R_1) = 50 \rightarrow 100k/2k$

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

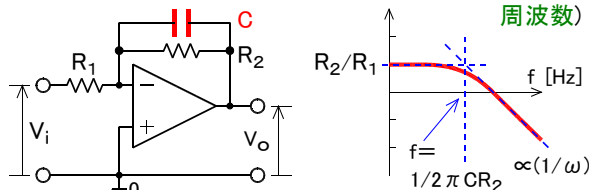
○この回路を実際に作るときの課題点

- ◇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

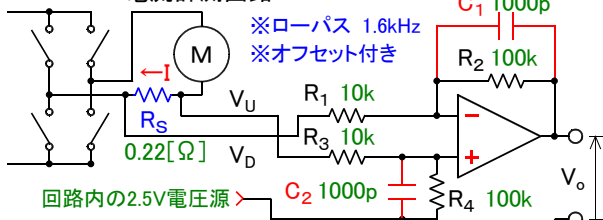
- ◇反転増幅の抵抗にコンデンサを並列
 - ローパスフィルタになる → 高域ノイズ低減
 - ・周波数 $1/2\pi R_2 C$ が減衰の境界(カットオフ周波数)



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。