

今年度の OP アンプの実験は、テキスト記載内容と一部差異があるため、現テキストとの差分情報を以下に示す。

実験の前提条件

本実験では、OP アンプ (LM358) を両電源 OP アンプとして使用する。両電源電圧は±12[V]とし、直流安定化電源 2 台によって実現する。

実験において参照不要となるテキスト箇所

以下 3 つの章と図は、OP アンプ (LM358) を単電源 OP アンプとして使用する際の説明であることから、本実験では参照不要とする。

3.4 章 基準電圧

3.5 章 電源

C 章 実験 1 の実験手順

図 16～23 (※注)

※図 16～23 は LM358 を単電源 OP アンプとして用いた場合の回路構成であり、中間電圧作成や、バイパスコンデンサ配置を本実験では扱わないため参照不要とするが、ブレッドボードの使い方、実体配線図作成の観点では参照できる。

現テキスト内容を別紙と差し替える箇所

以下 5 つの章、および図 5～8 については、テキスト内容を別紙 (次ページ以降) と差し替えて使用する。

4 章 実験

5 章 予習

6 章 実験の実施手順

7 章 検討事項

8 章 報告における注意点

現テキストを参照する箇所

上記で言及しない章 (1 章、2 章、3 章の一部、A 章、B 章、D 章) に関しては、テキスト内容を参照する。

4. 実験

以下のそれぞれの実験を実施せよ。なお、5章に実験前の準備作業をまとめた。あらかじめ準備作業と予習を行ったあと、実験を行うこと。

実験ではテキサス・インスツルメンツ製の2回路入りOPアンプLM358を使用する。本実験では、反転増幅回路、非反転増幅回路の実験を行うため、この2回路を各実験に使用してもよい。(1回路しか使用しない場合には、余っているもう一方のOPアンプはボルテージフォロア回路を作り、入力を0[V] (GND) に繋ぎ、出力は開放しておく。)

図5にLM358のピン配置を示す。

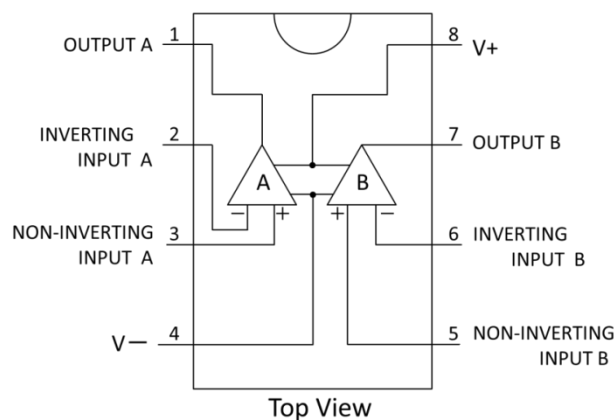


図5：LM358のピン配置

本実験では、LM358を両電源OPアンプとして利用するため、8番ピンをV+、4番ピンをV-の両電源入力として扱う。すなわち、V+には+12[V]、V-には-12[V]を入力する。この±12[V]の電源を、直流安定化電源2台によって実現する。(図6に示すように、直流安定化電源2台を直列接続し、その間をGNDへ繋ぐことで±12[V]の両電源を実現する。)

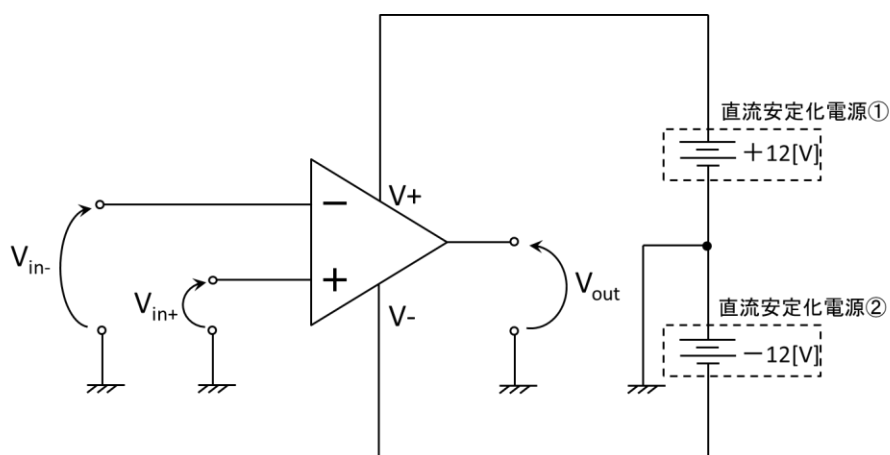


図6：両電源入力イメージ

4.1. 実験 1

図 7 に示す反転増幅回路をブレッドボード上に構成する。

(以降に示す回路図においては、図 6 に示したオペアンプの電源配線を省略する。)

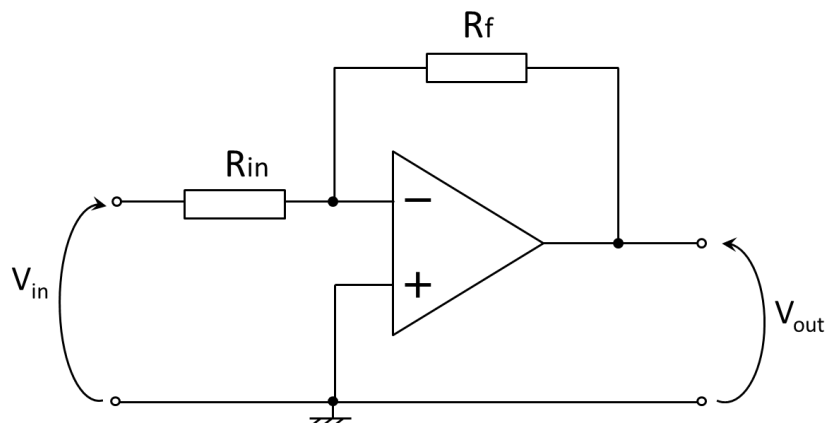


図 7: 反転増幅回路

- (1) 電圧利得 $A=20[\text{dB}]$ となるように抵抗値を選定せよ。(必要な抵抗値が手元に無い場合には、教員に申し出ること)
- (2) $V_{in} \sim 100[\text{mV}]$ の直流電圧入力を行い、これに対する電圧利得を測定せよ。このとき、入出力電圧の波形も記録すること。

4.2. 実験 2

実験 1 で用いた反転増幅回路を用いて以下実験を行う。

- (1) $V_{in} \sim$ 周波数 $1[\text{kHz}]$ 、最大振幅 $\pm 100[\text{mV}]$ の正弦波入力を行い、これに対する電圧利得を測定せよ。このとき、入出力電圧の波形も記録すること。
(交流電圧の測定は基本的にオシロスコープで行うこと。)
- (2) 最大振幅 $\pm 1.5[\text{V}]$ の正弦波入力についても、(1)と同様に測定を実施せよ。
- (3) 次に、 V_{in} を最大振幅 $\pm 100[\text{mV}]$ の正弦波入力とし、周波数を $100[\text{Hz}]$ から上げていったときの出力電圧の周波数特性を調べ、結果を両対数グラフに描け。
このとき、 V_{in} に入力する発振器の出力電圧を最大振幅 $\pm 100[\text{mV}]$ 一定に保つように、周波数を変えたときには発振器の出力電圧を微調整すること。(発振器の出力電圧の様子は、オシロスコープによる V_{in} の観測によって確認できる)
なお、出力電圧は最大振幅を測定すること。

- (4) 出力電圧が $1/\sqrt{2}$ 倍になる周波数（遮断周波数）を求めよ。なお、遮断周波数は、オシロスコープを活用して測定すること。
また、そのときの入出力電圧波形を記録せよ。

4.3. 実験 3

反転増幅回路の電圧利得を実験 1, 2 から変更し、実験 2 と同様な測定を行う。

- (1) 電圧利得 $A=40[\text{dB}]$ となるように抵抗値を選定せよ。(必要な抵抗値が手元に無い場合には、教員に申し出ること)
- (2) V_{in} へ周波数 $1[\text{kHz}]$ 、最大振幅 $\pm 100[\text{mV}]$ の正弦波入力を行い、これに対する電圧利得を測定せよ。このとき、入出力電圧の波形も記録すること。
(交流電圧の測定は基本的にオシロスコープで行うこと。)
- (3) 次に、 V_{in} を最大振幅 $\pm 100[\text{mV}]$ の正弦波入力とし、周波数を $100[\text{Hz}]$ から上げていったときの出力電圧の周波数特性を調べ、結果を両対数グラフに描け。
このとき、実験 2 同様、 V_{in} に入力する発振器の出力電圧を最大振幅 $\pm 100[\text{mV}]$ 一定に保つようにすること。
なお、出力電圧は最大振幅を測定すること。
- (4) 出力電圧が $1/\sqrt{2}$ 倍になる周波数（遮断周波数）を求めよ。また、そのときの入出力電圧波形を記録せよ。

4.4. 実験 4

図 8 に示す非反転増幅回路をブレッドボード上に構成する。

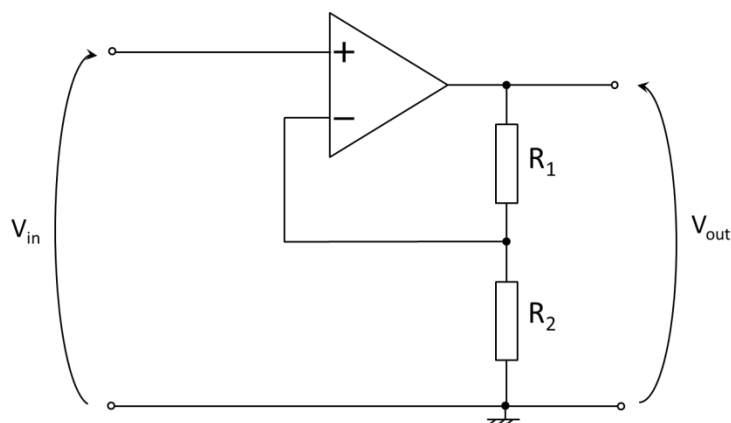


図 8：非反転増幅回路

- (1) V_{in} へ周波数 1[kHz]、最大振幅 ± 100 [mV] の正弦波入力を行い、これに対する電圧利得を測定するための外付け抵抗値 R_1, R_2 を選定せよ。
なお、抵抗値 R_1, R_2 の選定にあたっては、後述の 5.3 章を参照の上、実験に適切と考えられる値を算出すること。(必要な抵抗値が手元に無い場合には、教員に申し出ること)
- (2) V_{in} へ周波数 1[kHz]、最大振幅 ± 100 [mV] の正弦波入力を行い、これに対する電圧利得を測定せよ。このとき、入出力電圧の波形も記録すること。
(交流電圧の測定は基本的にオシロスコープで行うこと。)

5. 予習

これらの実験を行うに際し、以下の手順に従って予習を行うこと。

5.1. 実体配線図の作成

各実験について、あらかじめブレッドボードの実体配線図を設計せよ。

なお、設計においては方眼紙を使用し、配線の接続点や GND を明確に示すこと。

以下に使用機材を示す。

- (a) OP アンプ LM358
- (b) オシロスコープ
- (c) 直流安定化電源 3 台
- (d) 発振器
- (e) デジタルマルチメータ
- (f) 小型ブレッドボード
- (g) 抵抗 (使用する抵抗値は任意。算出については以下 5.3 章を参照)

5.2. 機材表の作成

実体配線図が完成したら、実験に必要な機材表を作成する。機材表は、準備時と片付け時にチェックをできるように工夫しておくこと。

5.3. 抵抗値の算出

本実験において、OP アンプの電源電圧を ± 12 [V] とすることから、OP アンプの内部抵抗による電圧降下を考慮すると、OP アンプの動作可能範囲は ± 11 [V] 程度であると見込まれる。よって、増幅器として正常に動作をさせるためには、出力電圧が OP アンプの動作可能範囲に収まるような電圧利得を実現する抵抗値を選ぶ必要がある。(出力電圧が OP アンプの動作可能範囲に収まっていない場合、出力波形のピークがクリップする)

6. 実験の実施手順

実験の進め方は以下の通りである。

6.1. 準備

担当教員に予習ノートなどを見せ、実験の実施内容を説明する。説明に必須な内容は次の通りである。

1. 実体配線図の提示 (提出用に記名をしておくこと)
2. 必要実験機材表の提示
3. 実験に使用予定の抵抗値の算出結果報告 (各班で使用抵抗値を決めておくこと)

6.2. 実施

実験は一度に全てを組まず、次のように手順を追うこと。

1. 直流安定化電源 2 台で $\pm 12[V]$ の両電源を実現し、電源ラインをブレッドボードに組む。
2. 一旦電源をつなぎ、必要な電圧に設定されているかをテスターで測定する。
3. 次に OP アンプを含む回路全体を組む。
4. 電源につなぐ前に、電源間が短絡していないかどうか、OP アンプと電源が適切に接続しているかなどをテスターで測定する。
5. 実験 1 では、直流安定化電源をテスターに接続し、指定された電圧値が出力されるように直流安定化電源を調整する。
6. 実験 2 以降では、オシロスコープの CH1 を発振器に接続し、指定された信号が出力されるように発振器の周波数や出力電圧を調整する。
7. 各実験においては、上記 5 又は 6 の作業の後に、直流安定化電源又は発振器を回路に接続する。
このとき、実験回路の入力にオシロスコープの CH1、出力にオシロスコープの CH2 を接続し、入出力波形を常に確認できるようにしておく。
8. OP アンプの電源を接続し、オシロスコープに想定している波形が出力されていることを確認する。
9. 電源を切り、測定に必要な測定器を接続する。
10. 測定を行う。

6.3. 片付け

実験を終えたら、機材表を使用しながら機材の後片付けをし、補助員に機材の片付けの確認をしてもらう。

7. 検討事項

7.1. 必要事項

実験 2, 3 で得られた周波数特性から、それぞれの場合の帯域幅を求めよ。また、このオペアンプの GB 積、ユニティゲイン周波数 (電圧利得 $A=1$ [倍]となる周波数) を求めよ。

7.2. 発展事項

シミュレータから得られた周波数特性と、実実験で得られた周波数特性を比較せよ。

8. 報告における注意点

1. 報告することからは、何をしたらどうなったという一連の経過と、それに関する考察である。よって、実験における以下を示すこと。

- (a) 実際に測定をするのに使用した全回路 (電源、発振器、オシロスコープなどの計測器を含む)
- (b) 実験の手順
- (c) 測定波形
- (d) 電圧の読み取り値
- (e) 観測値の変化

その上で、行った実験が妥当で成功していることを

- (f) 理論計算
 - (g) 誤差などの妥当性
- などを理由に示すこと。

2. 波形の測定結果は、デジタルオシロスコープより USB メモリを用いたコピー機能で取得すればよい。必要に応じて、軸、目盛り、線、測定値などを加筆し、波形から振幅、周波数、位相などを読み取ることができるようにすること。

3. 周波数特性は両対数グラフに作成すること。そのため、両対数グラフ上の周波数特性がなめらかになるように、測定間隔を工夫すること。また、測定した周波数特性に対して、近似曲線を引き、それにより遮断周波数などを求めてもよい。なお、周波数特性のまとめ方については付録 D を参照のこと。