

1 目的

1. オペアンプを用いた差動増幅回路における利得、特に重要なパラメータである同相信号除去比 (CMRR) の周波数特性などを評価する。
2. 特性評価を通じて差動増幅回路の特徴や理想との違い、回路作成時の注意点を理解し、それを他者に説明できるようにする。

2 方法

実験回路は別紙の図 1 に示されたものを用いる。

2.1 周波数一同相利得特性の測定

周波数範囲 10 500kHz において、「振幅 10V の正弦波」を入力した場合の周波数一同相利得特性を調べる。

- 各オードごとに 5 点以上測定する (例:1,2,5,6,8 kHz)。
- 100kHz 以上も 5 点以上測定する。
- 測定前に可変抵抗を調整して出力波形が最小振幅であることを確認する。

2.2 反転増幅回路の確認

- $R_1 = R_2 = 10\text{k}\Omega$ で反転増幅回路を組み、正しく反転されていることを確認する。

2.3 周波数一差動利得特性の測定

- 振幅 100mV の正弦波を入力した場合の周波数一差動利得特性を調べる。
- V_- 端子に反転信号を入力することとする。
- 測定点数は周波数一同相利得特性の測定と同様に行う。
- 結果を確認する。

2.4 CMRR の計算とグラフ作成

- CMRR を計算し、グラフを作成する。

3 結果

3.1 周波数—同相利得特性の測定

低周波数 (10Hz 100Hz) および中周波数 (200Hz 10000Hz) では電圧利得がほぼ一定の-49dB で安定していることが確認されました。高周波数 (20000Hz 以上) では、電圧利得が徐々に上昇し、特に 50000Hz を超えると顕著に上昇し始め、100000Hz で-38.8dB、200000Hz で-37.4dB に達することが分かりました。

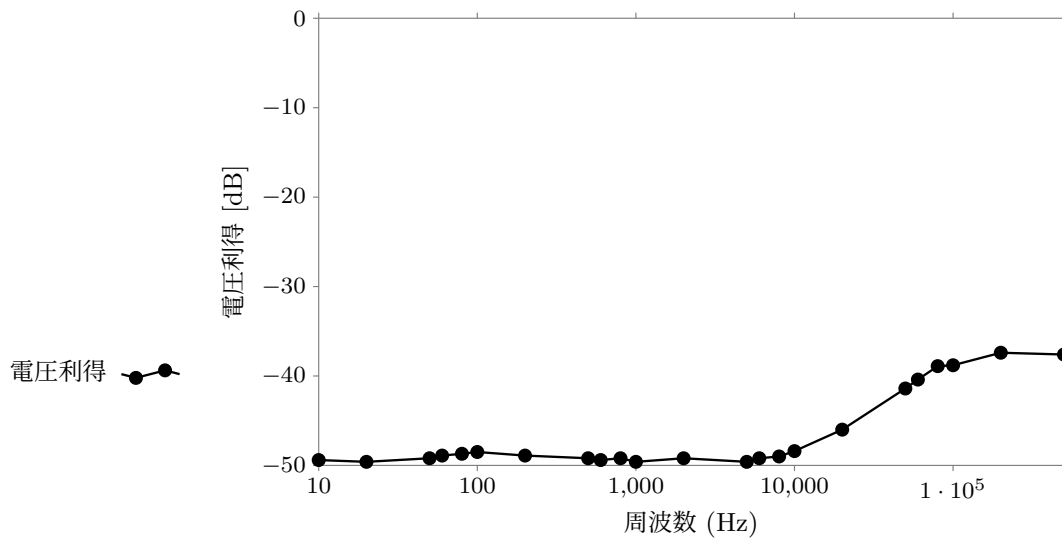


図1 周波数と電圧利得の関係

| 周波数 [Hz] | 入力電圧 [V] | 出力電圧 [mV] | 電圧利得 [dB] |
|----------|----------|-----------|-----------|
| 10 | 10.2 | 34.4 | -49.4 |
| 20 | 10.2 | 33.6 | -49.6 |
| 50 | 10.2 | 35.2 | -49.2 |
| 60 | 10.2 | 36.8 | -48.9 |
| 80 | 10.2 | 37.6 | -48.7 |
| 100 | 10.2 | 38.4 | -48.5 |
| 200 | 10.2 | 36.8 | -48.9 |
| 500 | 10.2 | 35.2 | -49.2 |
| 600 | 10.2 | 34.4 | -49.4 |
| 800 | 10.2 | 35.2 | -49.2 |
| 1000 | 10.2 | 33.6 | -49.6 |
| 2000 | 10.2 | 35.2 | -49.2 |
| 5000 | 10.2 | 33.6 | -49.6 |
| 6000 | 10.2 | 35.2 | -49.2 |
| 8000 | 10.2 | 36.0 | -49.0 |
| 10000 | 10.2 | 39.0 | -48.4 |
| 20000 | 10.2 | 51.2 | -46.0 |
| 50000 | 10.2 | 87.2 | -41.4 |
| 60000 | 10.2 | 97.6 | -40.4 |
| 80000 | 10.2 | 116 | -38.9 |
| 100000 | 10.2 | 117 | -38.8 |
| 200000 | 10.2 | 137 | -37.4 |
| 500000 | 10.2 | 134 | -37.6 |

表1 周波数と電圧に関するデータ

3.2 周波数—差動利得特性の測定

周波数を 10 Hz から 500 kHz まで変化させた際の電圧利得の変化が記録されています。低周波数域 (10 Hz から 10 kHz) では電圧利得は約 38.97 dB で一定しており、高周波数域 (10 kHz 以上) では周波数が増加するにつれて電圧利得が減少し、500 kHz では 18.81 dB まで低下しました。また、各周波数における具体的な電圧利得の数値を示した表では、周波数が 10 Hz から 100 kHz までは比較的安定しているが、100 kHz を超えると急激に利得が低下することがわかりました。

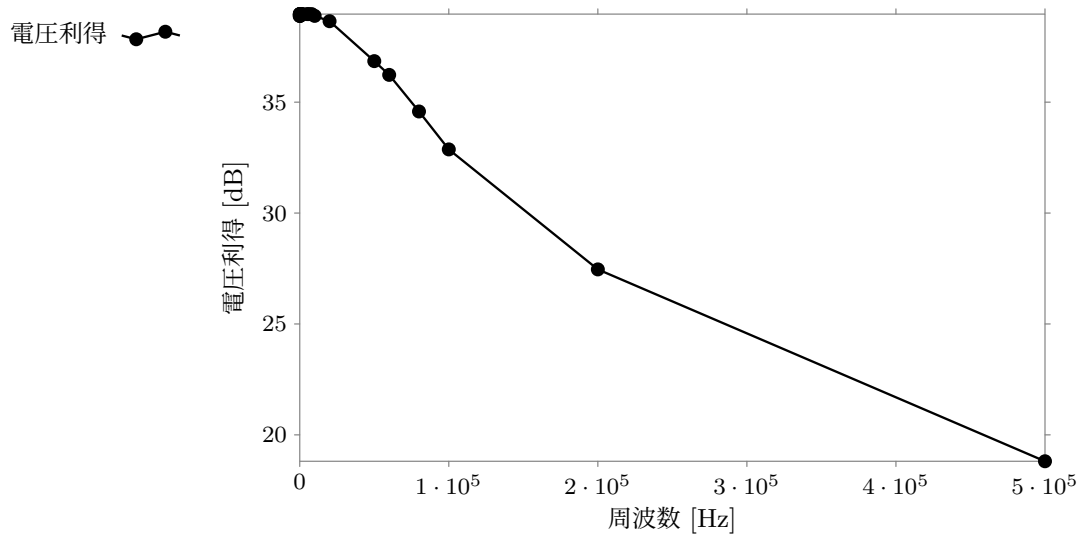


図2 周波数対電圧利得

| 周波数 [Hz] | 電圧利得 [dB] |
|----------|-----------|
| 10 | 38.89 |
| 20 | 38.89 |
| 50 | 38.97 |
| 60 | 38.97 |
| 80 | 38.97 |
| 100 | 38.97 |
| 200 | 38.89 |
| 500 | 38.97 |
| 600 | 38.97 |
| 800 | 38.97 |
| 1000 | 38.97 |
| 2000 | 38.97 |
| 5000 | 38.97 |
| 6000 | 38.97 |
| 8000 | 38.97 |
| 10000 | 38.89 |
| 20000 | 38.65 |
| 50000 | 36.85 |
| 60000 | 36.23 |
| 80000 | 34.58 |
| 100000 | 32.87 |
| 200000 | 27.46 |
| 500000 | 18.81 |

表2 周波数と電圧利得の表

3.3 CMRR の計算とグラフ作成

周波数を 10 Hz から 500 kHz まで変化させた際の CMRR の変化が記録されています。低周波数域（10 Hz から 10 kHz）では CMRR は約 88 dB 前後で安定しており、高周波数域（10 kHz 以上）では周波数が増加するにつれて CMRR が減少し、500 kHz では 56.44 dB まで低下しました。また、各周波数における具体的な CMRR の数値を示した表では、周波数が 10 Hz から 10 kHz までの間で CMRR は比較的高い値を維持し、その後周波数の増加に伴い徐々に減少することがわかりました。結論として、CMRR は低周波数域において非常に高い値を示し、良好なコモンモード除去性能を持つ一方で、高周波数域では CMRR が減少するため、高周波成分のコモンモードノイズに対する除去能力が低下します。

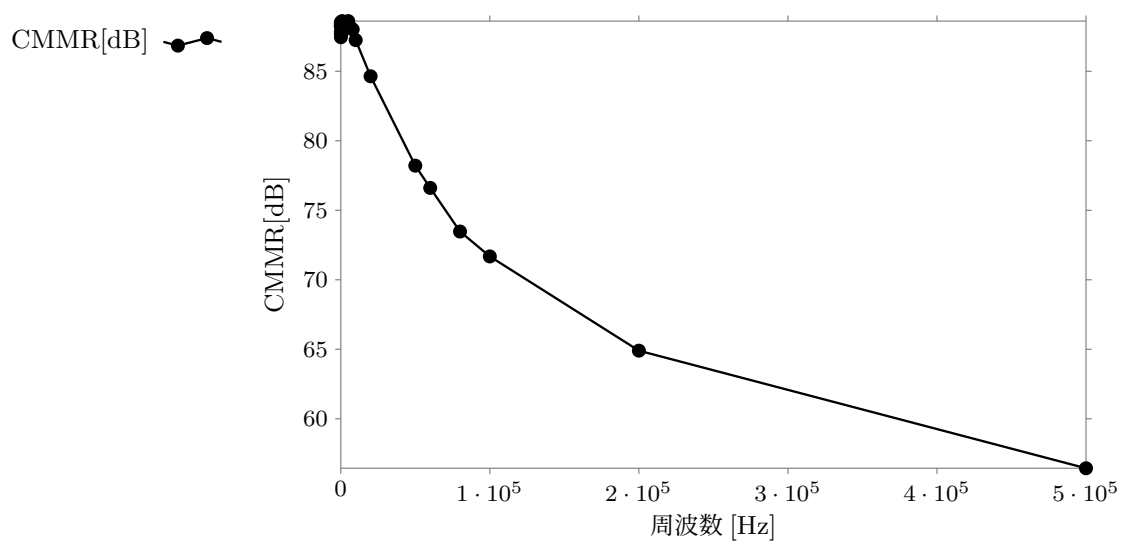


図3 CMMR vs 周波数

| 周波数 [Hz] | CMMR[dB] |
|-----------|----------|
| 10.00 | 88.33 |
| 20.00 | 88.53 |
| 50.00 | 88.21 |
| 60.00 | 87.82 |
| 80.00 | 87.64 |
| 100.00 | 87.45 |
| 200.00 | 87.74 |
| 500.00 | 88.21 |
| 600.00 | 88.41 |
| 800.00 | 88.21 |
| 1000.00 | 88.61 |
| 2000.00 | 88.21 |
| 5000.00 | 88.61 |
| 6000.00 | 88.21 |
| 8000.00 | 88.01 |
| 10000.00 | 87.24 |
| 20000.00 | 84.64 |
| 50000.00 | 78.21 |
| 60000.00 | 76.61 |
| 80000.00 | 73.47 |
| 100000.00 | 71.68 |
| 200000.00 | 64.90 |
| 500000.00 | 56.44 |

表3 周波数と CMMR の対応表

4 考察

この実験では、同相利得特性、差動利得特性、CMRR の特性が詳細に測定され、低周波数域では利得が安定し、高周波数域では利得が減少することが明らかになりました。特に CMRR は低周波数域で高性能を示し、高周波数域では性能が低下しました。低下した原因としてはオペアンプの特性によるものと考えられます。設計・製作した回路は、同相利得、差動利得、および CMRR の特性を測定するものであり、低周波数域では安定した利得と高い CMRR を示し、高周波数域では低下することが確認されました。評価時の不具合としては、高周波数域での測定の不安定性や環境ノイズの影響がありました。また、可変抵抗の調整に手間がかかることがありました。実験結果か

ら、低周波数域では安定した利得と高い CMRR が確認されましたが、高周波数域では性能が劣化することが分かり、高周波成分のノイズ除去に課題があることがわかりました。

5 結論

この実験では、同相利得特性、差動利得特性、CMRR の特性が詳細に測定され、低周波数域では利得が安定し高い CMRR が確認されましたが、高周波数域では利得と CMRR が低下することが明らかになりました。この低下の原因はオペアンプの特性によるものであると考えられます。評価時における高周波数域での測定の不安定性や環境ノイズの影響も確認されました。