

第1週レポート

10 班 山村優太

2024 年 10 月 17 日

1 目的

ハイパスフィルタ (HPF) の周波数特性を測定し、フィルタの電圧利得と位相の特性を理解すること。

2 原理

ハイパスフィルタ (HPF) は、コンデンサの持つ周波数特性を利用した回路であり、特定のカットオフ周波数より高い周波数の信号を通過させ、低い周波数の信号を遮断する機能を持つ。信号の角周波数を ω 、コンデンサのキャパシタンスを C 、抵抗の抵抗値を R 、入力電圧と出力電圧のフェーザをそれぞれ \dot{E}_i, \dot{E}_o とおくと、電圧利得 $|\dot{E}_o|/|\dot{E}_i|$ は

$$\frac{|\dot{E}_o|}{|\dot{E}_i|} = \frac{\omega CR}{\sqrt{1 + (\omega CR)^2}}$$



入出力の位相差 θ_D は

$$\theta_D = \tan^{-1} \frac{1}{\omega CR}$$



(1)

と表される。



3 方法

実験手順は以下の通りである。

1. ファンクションジェネレータ (FG) から振幅約 2V の正弦波を回路に入力する。入力信号をオシロスコープの CH1 に接続する。
2. 回路の出力をオシロスコープの CH2 に接続し、自動測定 (Measurement) 機能を用いて CH2 で出力信号の振幅を測定する。入力信号の振幅も記録し、電圧利得を計算する。
3. オシロスコープで入力信号と出力信号の位相差を測定し、特徴的な位相差の周波数も記録する。

4. カットオフ周波数 f_0 を中心に, 上下 2 桁程度の範囲で周波数を対数ステップで測定する.
5. 測定結果を記録しながら, 周波数 (常用対数) を横軸, 電圧利得 (dB) を縦軸にしたグラフを作成する.

実験に用いた回路を図 1 に示す. 入力信号は Input の電圧, 出力信号は Output の電圧である. 回路素子の値は, コンデンサのキャパシタンスが $0.01\mu\text{F}$, 抵抗の抵抗値が $3.3\text{k}\Omega$ である.

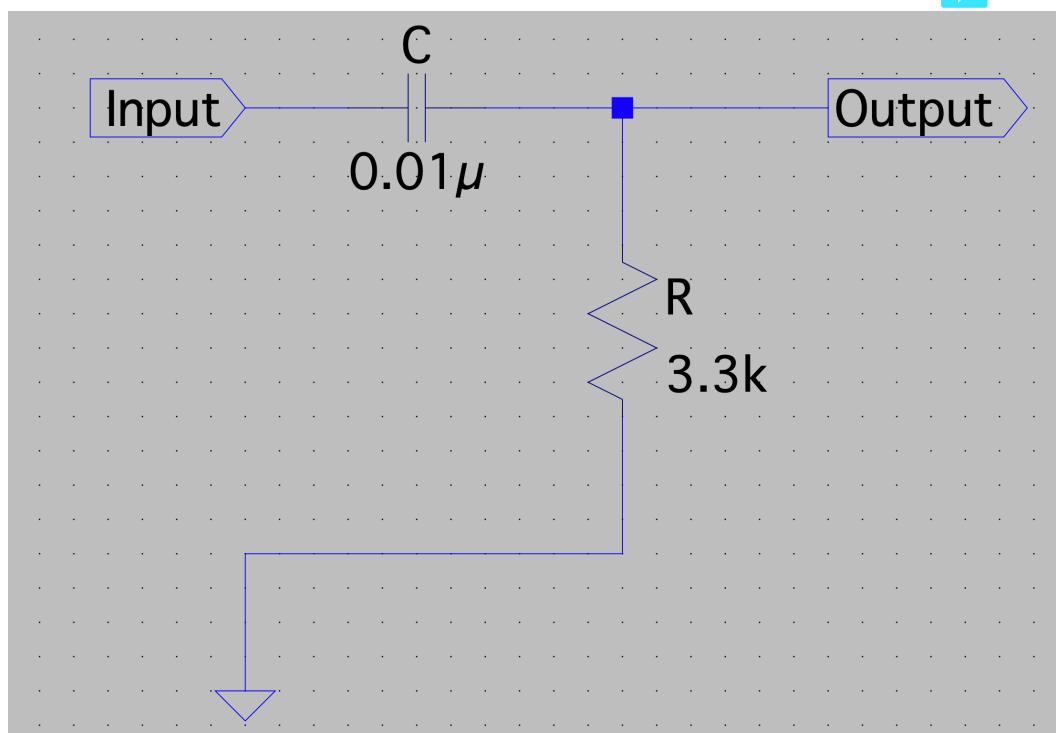


図 1 HPF の回路図

4 使用器具

- ファンクションジェネレータ
- オシロスコープ
- 炭素皮膜抵抗 $3.3\text{k}\Omega$
- マイラコンデンサ $0.01\mu\text{F}$
- ブレッドボード
- ジャンパーワイヤー, コード, アダプター各種

5 実験結果

得られた結果は以下の表にまとめた通りである。また、電圧利得と位相差を対数グラフにプロットしたものを図 2 に示す。なお、電圧利得の計算には Google スプレッドシートを、データのプロットには MATLAB を用いた。

周波数 (Hz)	入力電圧 (V)	出力電圧 (V)	出力電圧/入力電圧	電圧利得 (dB)	位相差 (°)
10	1.61	0.03	0.018634	-34.594092	
100	1.65	0.06	0.036364	-28.786654	
500	1.70	0.20	0.117647	-18.588379	90
1000	1.71	0.36	0.210526	-13.533872	80
2000	1.74	0.67	0.385057	-8.289489	70
3000	1.77	0.93	0.525424	-5.589806	60
4000	1.81	1.13	0.624309	-4.092003	50
4500	1.83	1.22	0.666667	-3.521825	45
4800	1.83	1.27	0.693989	-3.172947	45.2
5000	1.84	1.29	0.701087	-3.084562	
6000	1.87	1.43	0.764706	-2.330111	40
8000	1.91	1.62	0.848168	-1.430367	32
10000	1.93	1.72	0.891192	-1.000577	27
50000	2.01	1.99	0.990050	-0.086860	7
100000	2.02	2.00	0.990099	-0.086427	

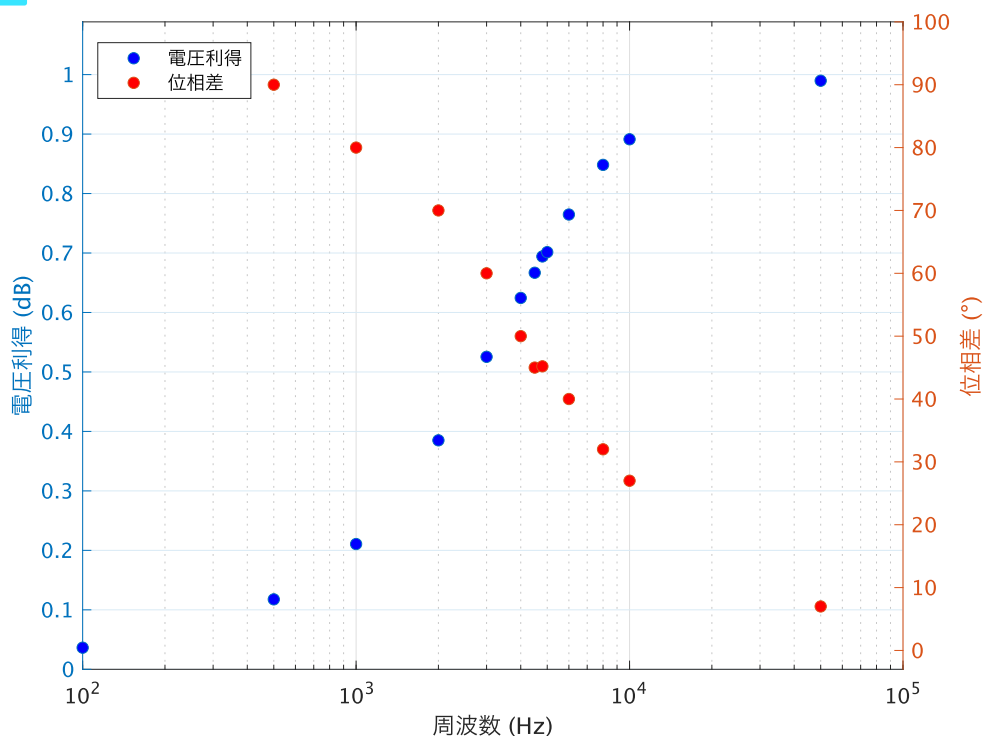


図 2 電圧利得と位相差の周波数特性

周波数特性のグラフから、電圧利得は低周波領域で直線的に変化し、高周波領域ではおよそ 0dB に収束している。また、位相差は低周波領域で 0° に近く、高周波領域では 90° に近づくことが確認できる。電圧利得が -3dB となるカットオフ周波数 f_0 は、グラフからおおよそ 4kHz 付近と読み取ることができる。

6 考察

概ね理論通りのグラフが得られたが、周波数 10Hz における電圧利得の値が理論値と大きく異なっている。原因の一つとしては、微小な電圧の測定においてオシロスコプの測定誤差が大きくなることが考えられる。また、測定値のカットオフ周波数 $f_0 = 4\text{kHz}$ と、理論値のカットオフ周波数 $f_0 = 4.8\text{kHz}$ の誤差の要因としては、**グラフの読み取り誤差**が考えられる。

7 感想

今回の実験を通して、CR 回路の周波数特性と HPF の動作原理を深く理解することができた。また、実際に回路を組み、測定を行いながらグラフを作成することで、実験手順や測定機器の扱いに慣れることができた。

8 問題

問題 1.1



実験 1.1 1. においてテスターの交流電圧計 V の表示値が 1.0V となるときの、FG の表示電圧は 1.41V であり、両者は一致しなかった。その理由は交流電圧の測定方法の違いである。FG の表示電圧は最大値であり、テスターの表示電圧は実効値である。実際、電圧の実効値 V_{rms} と最大値 V_{max} に関する次の関係が成り立っている。

$$V_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{max}}}{\sqrt{2}}$$

問題 1.2



$|\dot{E}_o/\dot{E}_i| = 1/\sqrt{2}$ のとき、

$$\begin{aligned}\frac{\omega_0 CR}{\sqrt{1 + (\omega_0 CR)^2}} &= \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \omega_0 &= \frac{1}{CR} \\ \therefore f_0 &= \frac{1}{2\pi CR}\end{aligned}$$

$C = 0.01\mu\text{F}$, $R = 3.3\text{k}\Omega$ を代入すると、

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot 3.14 \cdot 0.01 \cdot 10^{-6} \cdot 3.3 \cdot 10^3} = 4.8 \times 10^3 \text{Hz}$$

となり、実験値とおおよそ一致する。カットオフ周波数を求める際に電圧利得が -3dB となる周波数を読み取る理由は、以下に示す関係があるためである。

$$\frac{|\dot{E}_o|}{|\dot{E}_i|} = \frac{1}{\sqrt{2}} \rightarrow 20 \log_{10} \frac{|\dot{E}_o|}{|\dot{E}_i|} = -0.3010$$