

基礎実験第二週レポート

2020/8/24 電電 電

目的

CR 回路の周波数特性を測定し、その電圧利得と位相の周波数特性を理解する。

原理

高域透過フィルタ（High Pass Filter: HPF）は以下の図に示す回路である。CR 回路の特性を利用して、遮断周波数より低い周波数成分を逓減させるフィルタ回路の一種である。

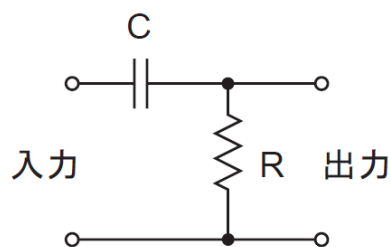


図 1 HPF の回路図

HPF の入出力特性は、 E_i , E_o をそれぞれ入力、出力電圧、 C , R をそれぞれキャパシタンス、抵抗値、 ω を入力信号の周波数としたとき、以下の式で表される。

$$\frac{\dot{E}_o}{\dot{E}_i} = \frac{j\omega CR}{1 + j\omega CR} \quad (Eq. 1)$$

この式から電圧利得は

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

と表され、入力信号と出力信号の位相差 θ_D は

$$\theta_D = \tan^{-1} \frac{1}{\omega CR} \quad (Eq. 3)$$

となる。

$\omega \ll 1/CR$ の成り立つ範囲では、入出力特性は

$$\frac{\dot{E}_o}{\dot{E}_i} \sim j\omega CR \quad (Eq. 4)$$

$\omega \gg 1/CR$ の成り立つ範囲では

$$\frac{\dot{E}_o}{\dot{E}_i} \sim 1 \text{ (Eq. 5)}$$

となる。

また出力電力が入力電力の 1/2 (-3dB) に低下する周波数 $f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$ はカットオフ周波数と呼ばれる。

Eq.2 から、カットオフ周波数は

$$f_0 = \frac{1}{2\pi CR} \text{ (Eq. 6)}$$

と求められ、そのときの入出力の位相差は Eq.3 から、

$$\theta_0 = \tan^{-1} \frac{1}{\frac{1}{CR} \cdot CR} = \frac{\pi}{4}$$

となる。

方法

実験の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、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 2 に示す。回路定数は $C=0.01 \mu F$, $R=3.3k\Omega$ である。

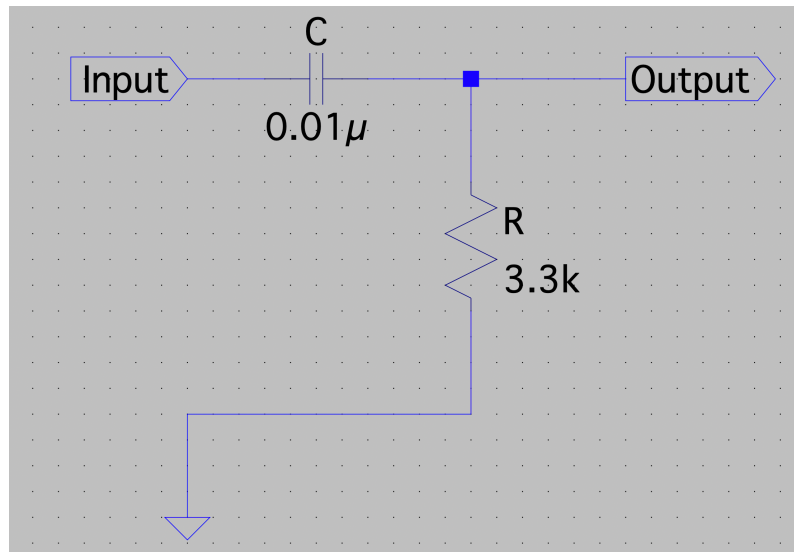


図 2 実験に用いた回路

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 $3.3k\Omega$
- マイラコンデンサ $0.01\mu F$
- 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

結果

測定によって得られた電圧利得, 位相差の周波数特性をそれぞれ図 3, 4 に示す. 横軸は周波数(対数表示, Hz), 縦軸はそれぞれ電圧利得(dB), 位相差(deg)である. (すでにデータのプロットが行われているため新しくグラフを作成しないが, グラフの軸にはラベリングをすべきである. また, 隣り合う点を単純に繋ぎ合わせるのは無意味であり, 点をプロットするだけでよい. 横軸のメモリは 10° と指数で表示したほうがわかりやすい.)

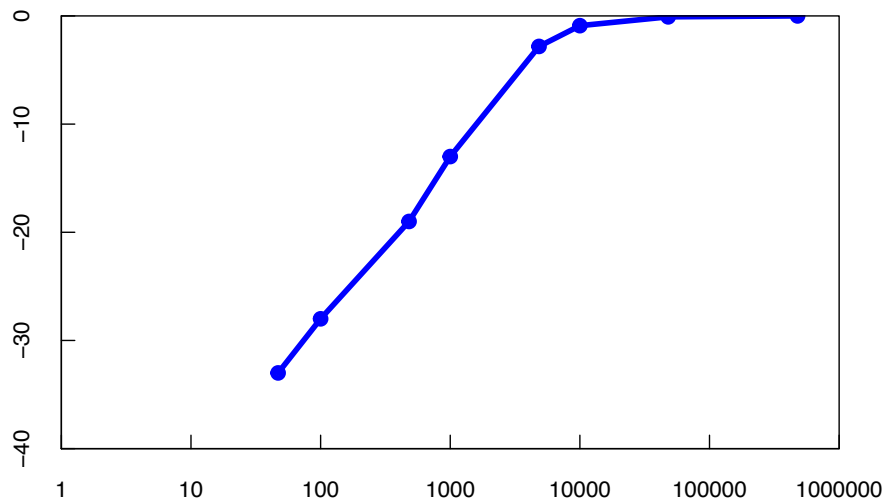


図 3 電圧利得の周波数特性

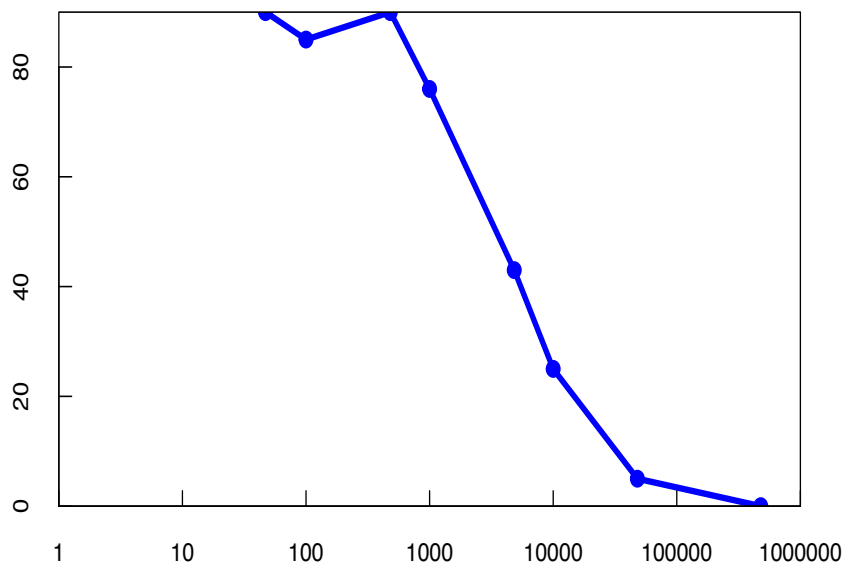


図 4 位相差の周波数特性

電圧利得のグラフより、電圧利得は低周波領域では直線的に変化し、高周波領域では 0dB に収束している。また、位相差のグラフより、低周波領域では 90° に近く、高周波領域では 0° に近づいている。電圧利得が -3dB となるカットオフ周波数は、電圧利得のグラフより 5kHz ほどである。

考察

電圧利得の周波数特性は理論的な HPF の特性と一致している。また、理論値のカットオフ周波数 f_0 は 4.8kHz であり、測定値の 5kHz は理論値とおおよそ一致している。若干の誤差の要因

としては、グラフの読み取り誤差や回路定数の誤差が考えられる。位相差の周波数特性は、800Hzの点を除き理論的なHPFの特性と一致している。800Hzの点における位相差の誤差の要因としては、位相差を目視で確認したことが影響していると考えられる。

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。測定においては目視での確認が難しいこともあり、データの正確性を高めるための工夫が必要であると感じた。