

1 Frequency filters

based on operational amplifiers (4th & 5th day)

1.0.1 Purpose

増幅器を使い low-pass filter, high-pass filter 作り, それを用いて周波数時間特性を調べる.

1.1 Equipment

- 実験 3 と同様のもの

1.1.1 Procedure

まず図 1 に示すように Low-pass-filter を作る. この時オペアンプのパワーラインと GND に前回同様 $0.1\mu\text{F}$ のコンデンサを挟むことを確認する. 今回の実験ではファンクションジェネレーターを用いて矩形波, 正弦波を作る. まず V_{in} にファンクションジェネレーターを用いて矩形波を入力とし, 10Hz から 10KHz まで 10 倍ずつ変化させながら測定した. この時オシロスコープを用いて矩形波の入力電圧と出力電圧を同時に表示して観察した. またこの時のデータを USB に保存した. 次に正弦波を同様の手順で測定し記録した.

次に図 2 に示すように High-pass-filter を作り, 前回同様ファンクションジェネレーターにより矩形波の入力電圧と出力電圧の関係を測定し, 次に正弦波の入力電圧と出力電圧の関係を測定した.

最後に図 3 に示すように Band-pass-filter を作り, 前回同様に矩形波, 正弦波の入力電圧においてそれぞれ周波数を変えながら測定を行なった.

これらの実験から得られた結果を対数グラフにプロットすることによって周波数と振幅の関係について調べる. また出力電圧の波形と入力電圧の波形を見比べてその位相差について調べる.

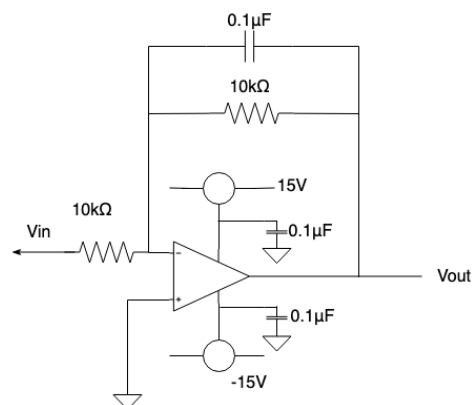


図 1: High pass filter

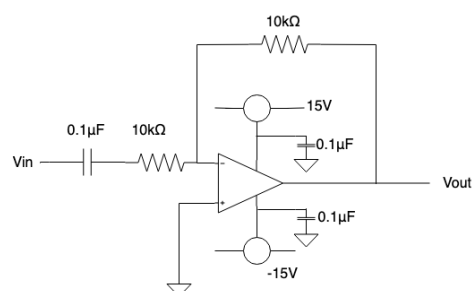


図 2: Low pass filter

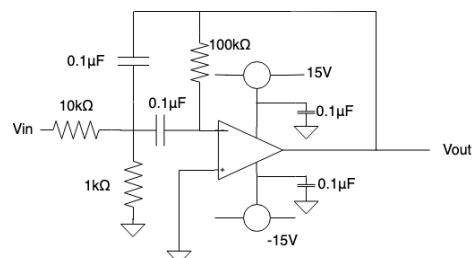


図 3: Band pass filter

1.1.2 Result

測定の結果まず, Low pass filter について以下のような結果が得られた. まずは矩形波についての結果をしめす.

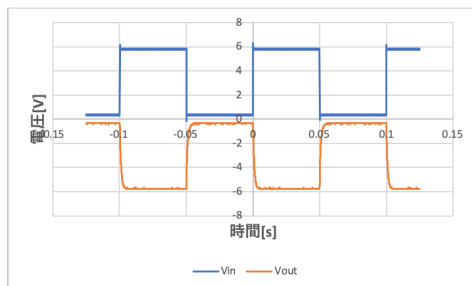


図 4: Low pass filter(Vin 10Hz)

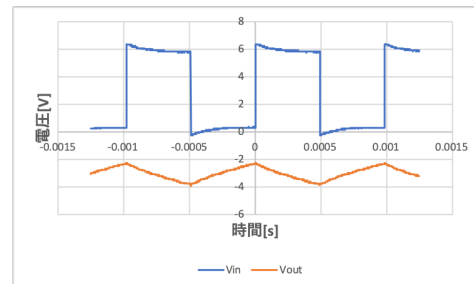


図 6: Low pass filter(Vin 1kHz)

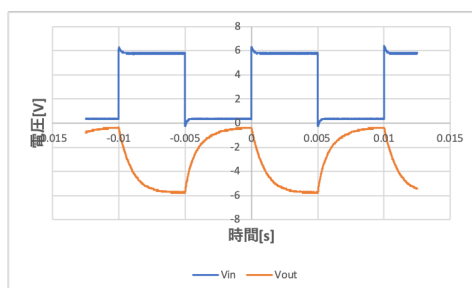


図 5: Low pass filter(Vin 100Hz)

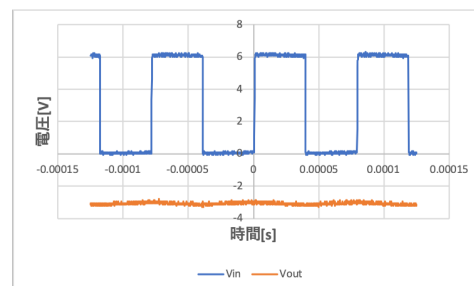


図 7: Low pass filter(Vin 10kHz)

続いて正弦波についての結果を示す.

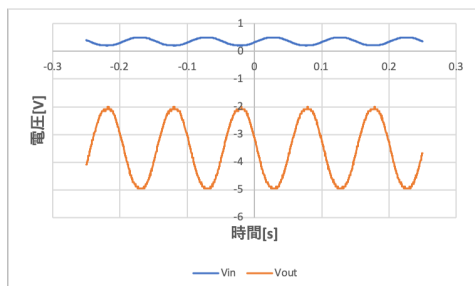


図 8: Low pass filter(Vin 10Hz)

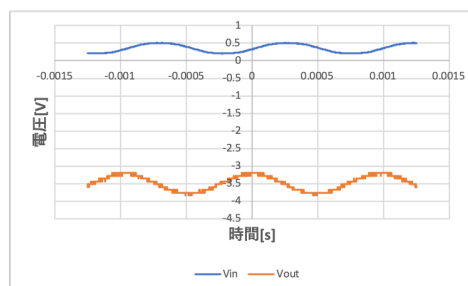


図 10: Low pass filter(Vin 1kHz)

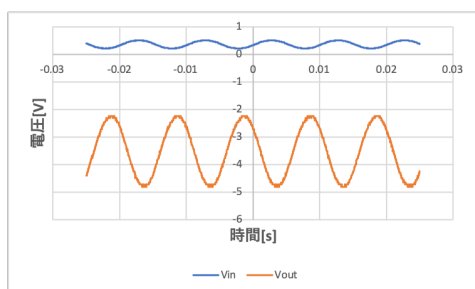


図 9: Low pass filter(Vin 100Hz)

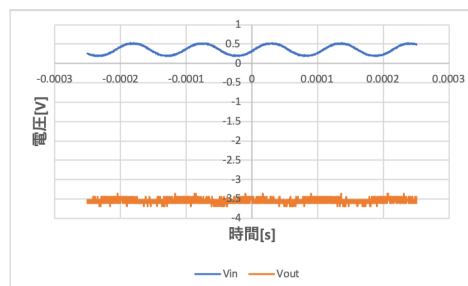


図 11: Low pass filter(Vin 10kHz)

さらに High pass filter についても以下のような結果が得られた。まずは矩形波の結果を示す。

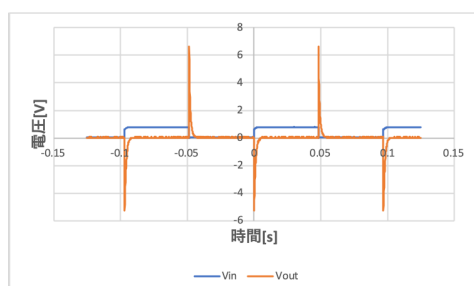


図 12: High pass filter(V_{in} 10Hz)

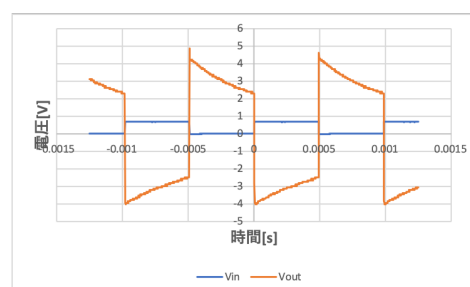


図 14: High pass filter(V_{in} 1kHz)

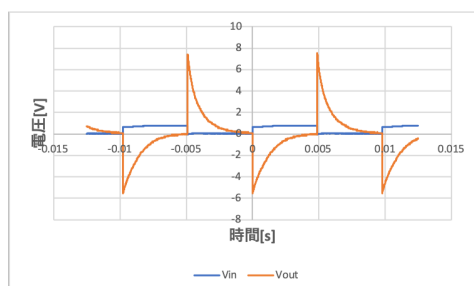


図 13: High pass filter(V_{in} 100Hz)

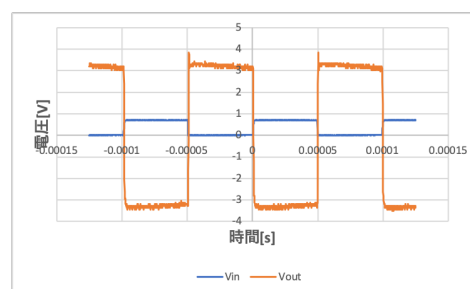


図 15: High pass filter(V_{in} 10kHz)

続いて正弦波の結果を以下に示す。

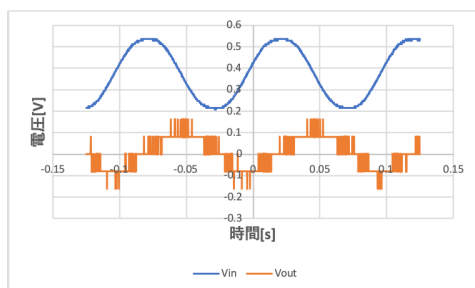


図 16: High pass filter(Vin 10Hz)

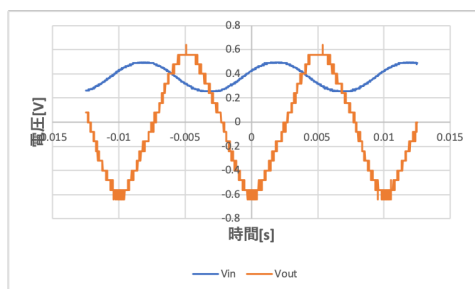


図 17: High pass filter(Vin 100Hz)

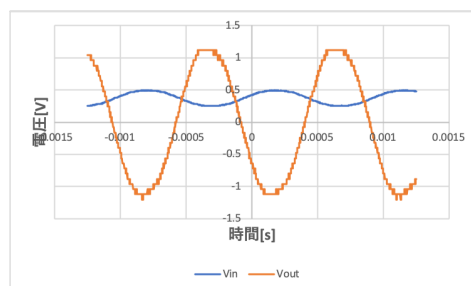


図 18: High pass filter(Vin 1kHz)

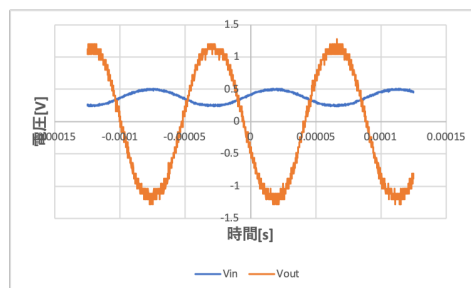


図 19: High pass filter(Vin 10kHz)

最後に Band pass filter についても以下のような結果が得られた。まずは矩形波の結果を示す。

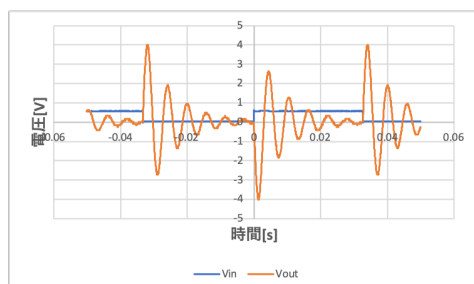


図 20: Band pass filter(Vin 10Hz)

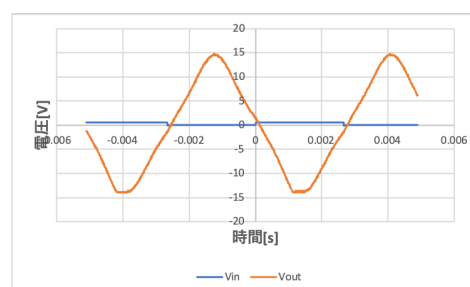


図 22: Band pass filter(Vin 2kHz)

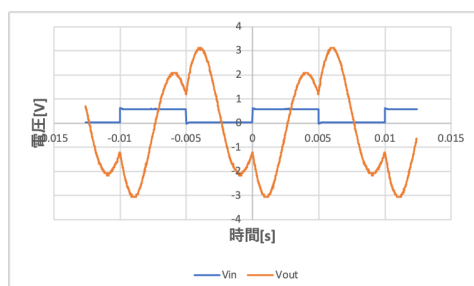


図 21: Band pass filter(Vin 100Hz)

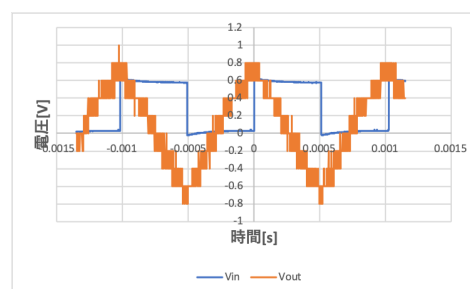


図 23: Band pass filter(Vin 10kHz)

続いて正弦波の結果を以下に示す。

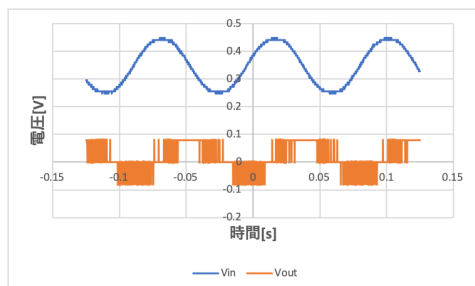


図 24: Band pass filter(V_{in} 10Hz)

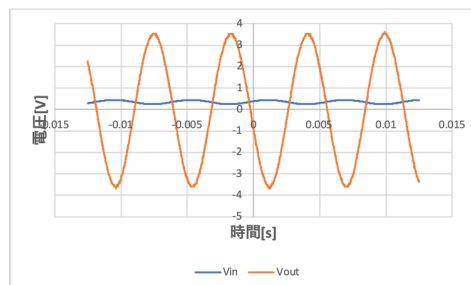


図 26: Band pass filter(V_{in} 1kHz)

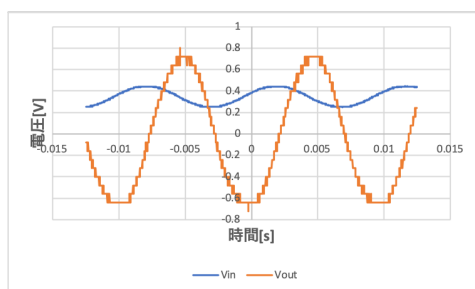


図 25: Band pass filter(V_{in} 100Hz)

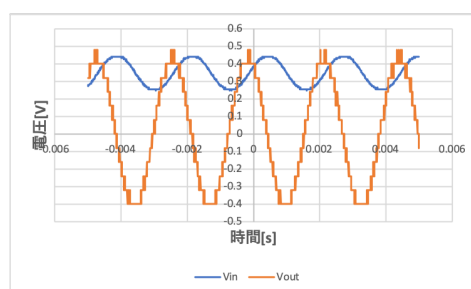


図 27: Band pass filter(V_{in} 5kHz)

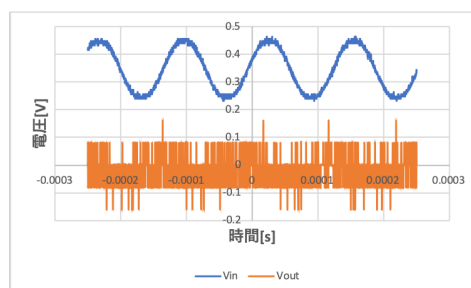


図 28: Band pass filter(V_{in} 10kHz)

実験結果より Low pass filter では入力電圧の周波数が小さい時は元の矩形波を反転させた形の出力が得られたが，周波数が上がるにつれて元の矩形波が変化した際に遅れを生じるようになり指数関数的に追いつくような波形が得られた．特に 1kHz での出力波は三角波のようになり，それ以上周波数が上がると出力は一定値となった．

また，High pass filter では入力電圧の周波数が高くなるにつれて元の矩形を反転させたような出力が得られた．また低周波数領域では入力電圧が変化した瞬間だけ一瞬電圧の大きさが大きくなりその後指数関数的に減少するような結果となった．

さらに Band pass filter では 10Hz 付近では正弦波の重ね合わせのような出力が得られた．これらの波の振幅は非常に小さかった．また，100Hz 付近になると入力矩形波を反転させたような出力が得られた．さらに周波数をあげると出力は一定値となった．

またそれぞれの場合において正弦波の入力を与えると Low pass filter では高周波数領域で振幅が小さくなり，High pass filter では低周波数領域で振幅が小さくなり，Band pass filter では低周波数領域と高周波数領域で振幅が小さくなった．また総じてカットされる周波数での出力波は滑らかではなく不連続な波となった．

1.1.3 Discussion

今回はなぜ低周波数領域や高周波数領域の入力をカットできるのかを考察していく．まず Low pass filter について考察を行う．図 2 において