

1:目的

オペアンプを使用して作る発振器とフィルター回路について理解する。

2:理論

2. 1:発振回路

拡声器のスピーカにマイクを近づけると、「ハウリング」が発生する。これは拡声器のスピーカとマイクがフィードバック現象を起こし、特定の周波数が共振してしまうために起こる。同様の現象は、任意のアンプの出力を入力に、つまりフィードバックすることにより再現できる。

この現象をオペアンプに対して実行したのが今回の実験である。

2. 2:フィルタ

市販されている2ウェイ以上のスピーカの中には大抵「ターミナル」と呼ばれる回路が組み込まれている。

また、一部の高級スピーカでは、「ターミナル」をスピーカ内に複数存在させ、それぞれ別のアンプで駆動できるようになっている。

何故、スピーカの中にターミナルが必要なのか？

スピーカユニットはコーン紙の材質、大きさ、形状、及び駆動形式等によりそのスピーカが得意とする領域がある。しかしながら、ただスピーカユニットを並列に繋いただけでは、そのスピーカの駆動を邪魔する不得意な音波まで再生する事になってしまい、また、隣接する他のユニットとの干渉がおきてしまい、設計者の意図する通りに音が使用者に伝わらなくなってしまう。

そこで登場するのが「ターミナル」である。「ターミナル」とは特定(以上、以下)の周波数を通すような仕組みが組み込まれており(これをフィルタという)、設計者の意図する通りの周波数のみをそのスピーカに送り込むことが出来るようになっている。

今回は、「フィルタ」の仕組みについて実験、考察している。

フィルターには「高域を通すもの」「低域を通すもの」「一定の周波数を通すもの」「一定の周波数以外を通すもの」の4つがある。

基本的には、回路にコンデンサを並列に入れると高域を通し、直列に入れると低域を通すようになる。

また、LPF と HPF を組み合わせることにより一定周波数のみを通したり、逆に一定周波数のみを通さないフィルターを作ることが出来る。

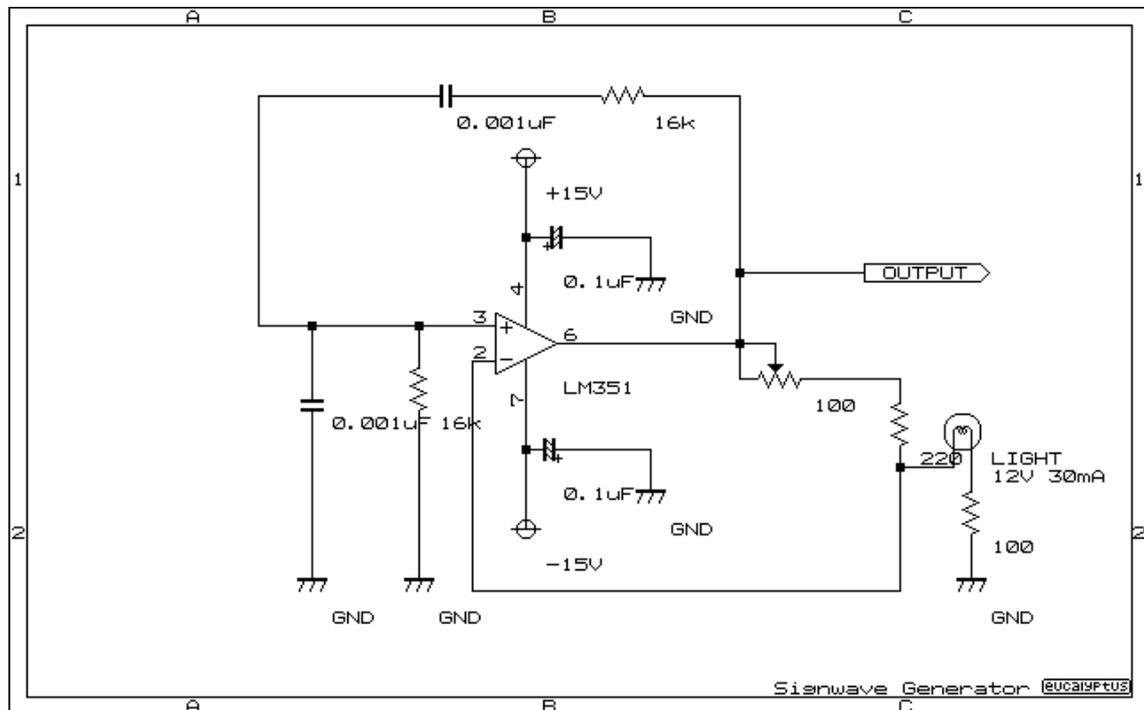
しかしながら、CR、LR のみを使用したフィルターは、減衰特性が 6db/oct と緩やかである。

そこで、アンプのフィードバック特性を利用し、減衰特性を激しくしたものがアクティブフィルタと呼ばれる。

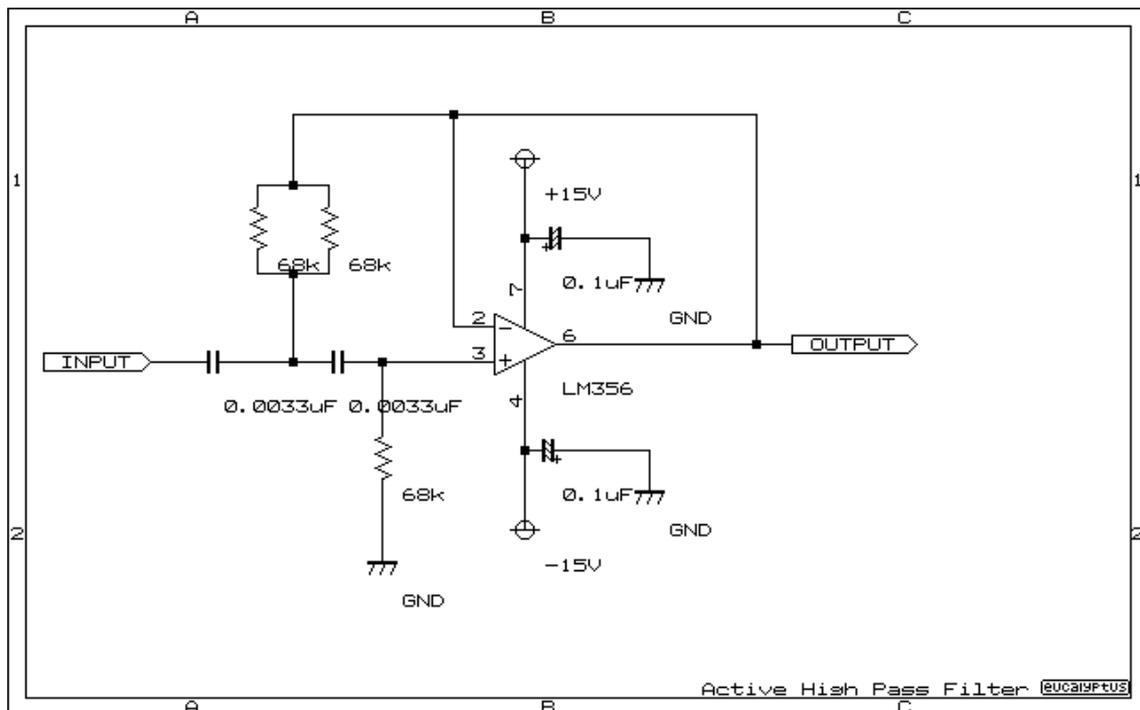
今回はこのアクティブフィルタを使用して特性を見てみる。

3: 実験

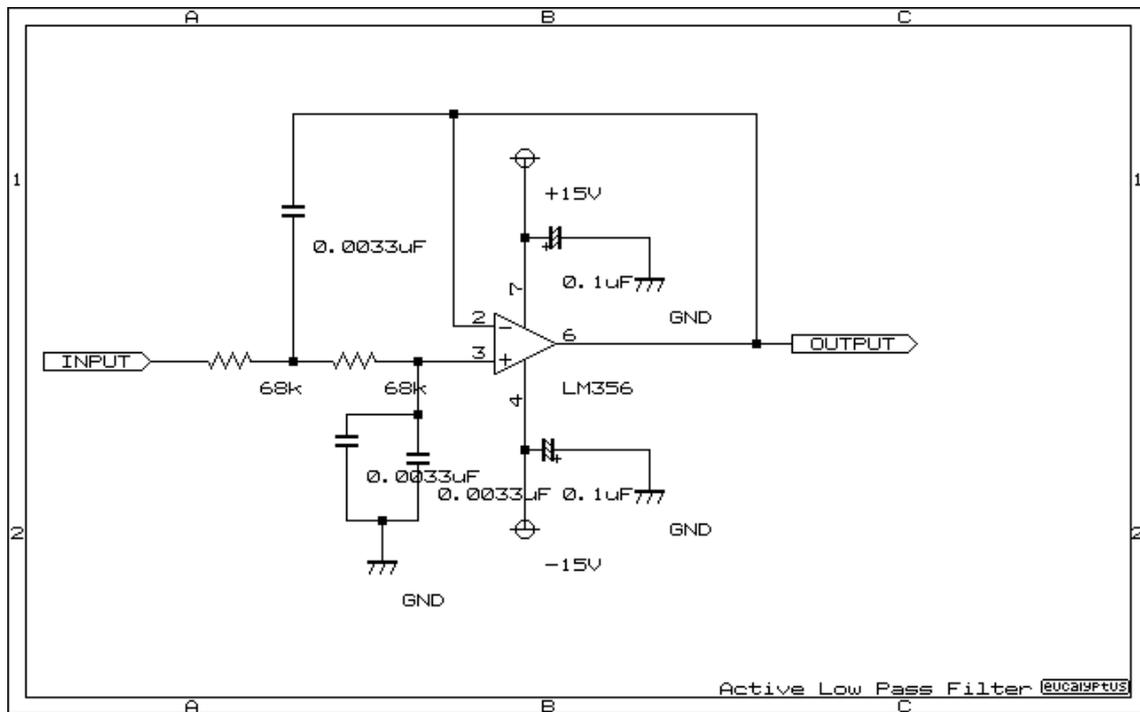
3. 1: 正弦波発振回路



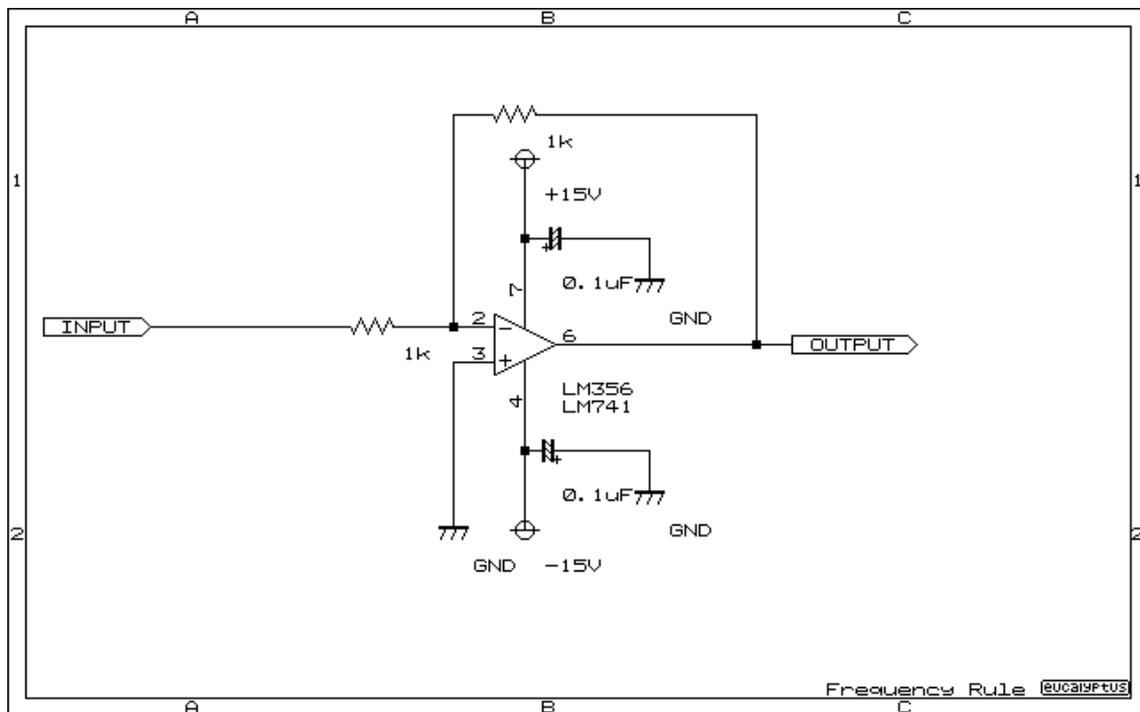
3. 2. 1: アクティブハイパスフィルター



3. 2: アクティブローパスフィルター



3. 3: 周波数特性回路



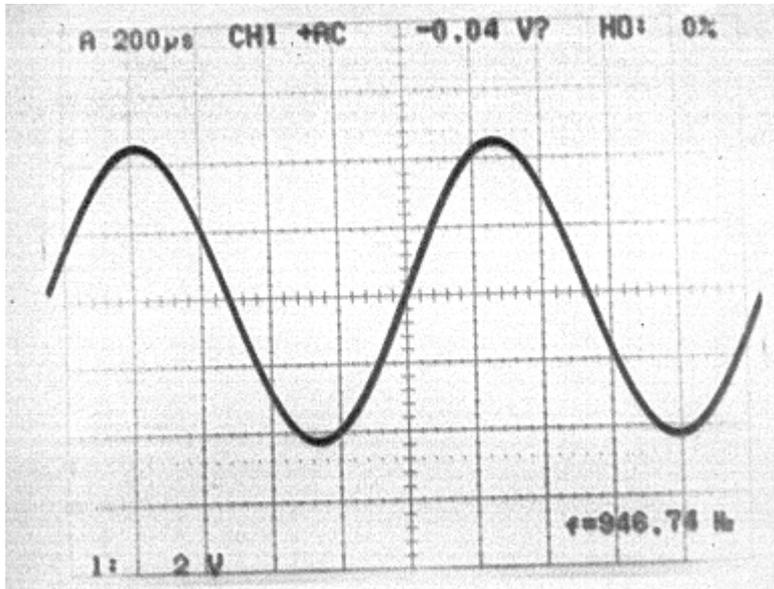
使用機材(1999/06/02 3.4 時限 24°C 47%)

テストサーキットボックス	Dengineer	アナログ実験パーツ	#13
オシロスコープ	IWATSU	SS-7602	52598227
ファンクションジェネレータ	IWATSU	FG-330	22275666
	ANDO	AJ-2730B	10581105
電源	Dengineer	DSP-515	A383434

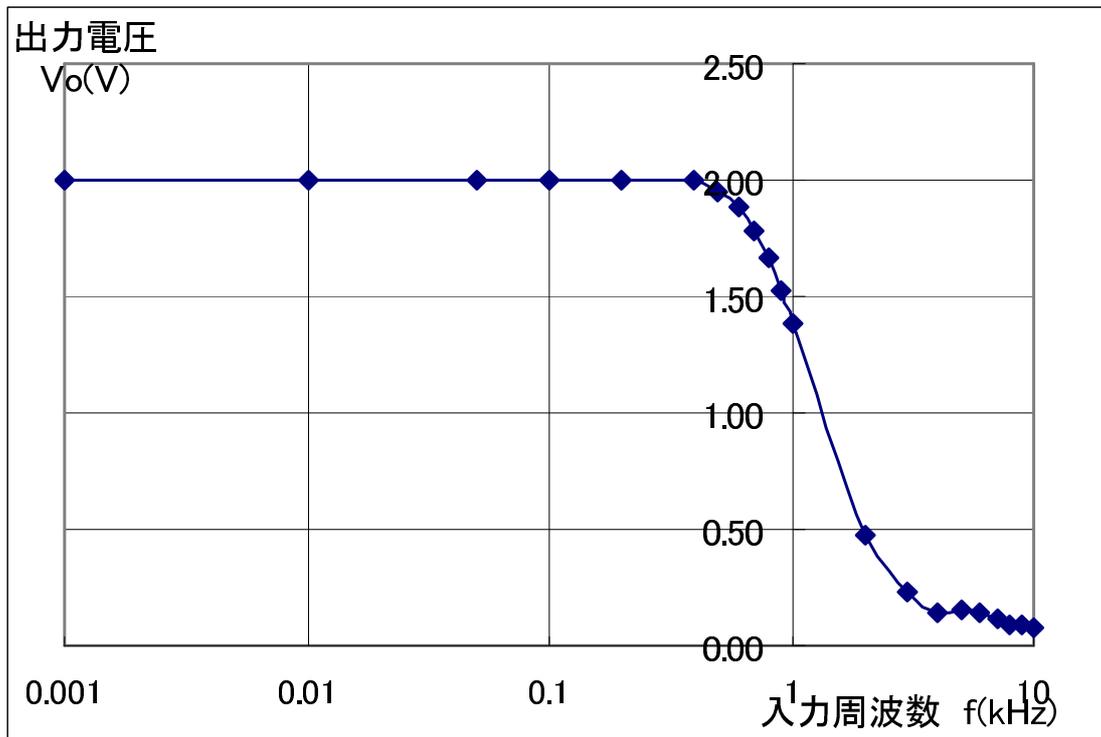
4:結果

4. 1:周波数特性

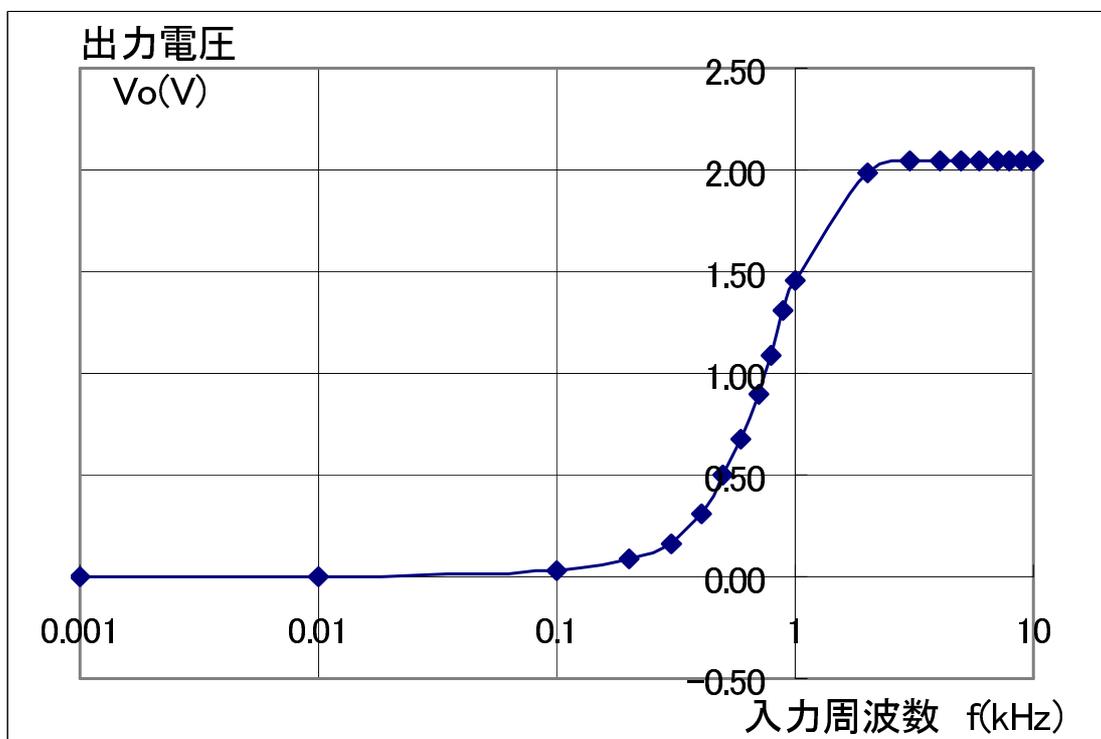
$f=946.74\text{Hz}$



4. 2. 1: アクティブ LPF

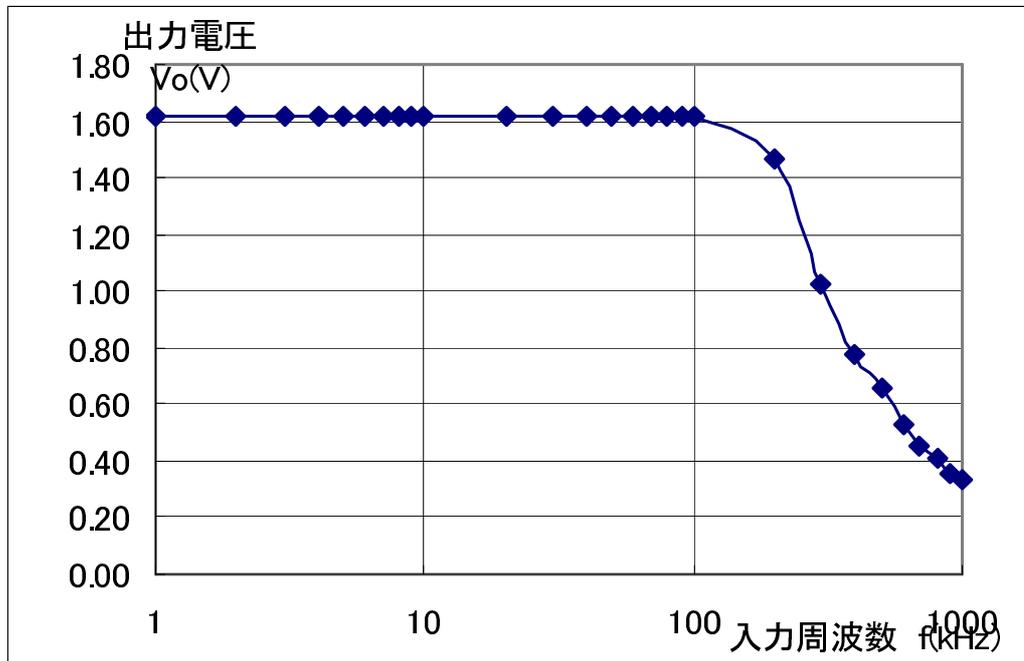


4. 2. 2: アクティブ HPF

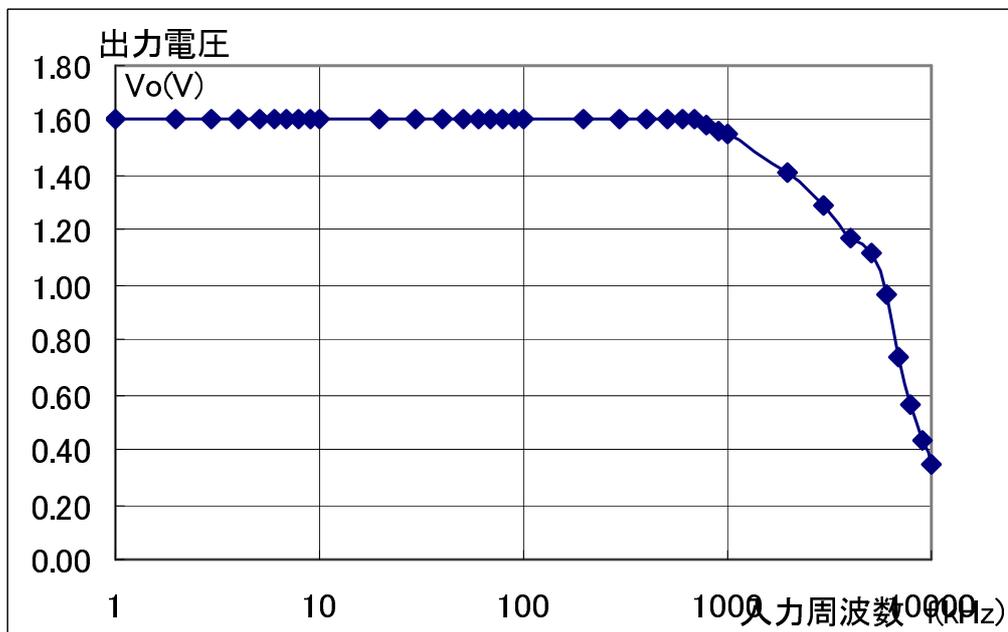


4. 3:周波数特性

LM741



LF356



5: 考察

■ 正弦波発振回路

実験で使用した「ウィーンブリッジ基本発振回路」は、回路中の抵抗、及びコンデンサの容量によって発振周波数が決まる。

抵抗、コンデンサの容量と周波数の関係は下記の通りである。

$$f = \frac{1}{2\pi R_T C_T}$$

今回の実験では、 $R_T=16\text{K}\Omega$ 、 $C_T=0.01\mu\text{F}$ なので、

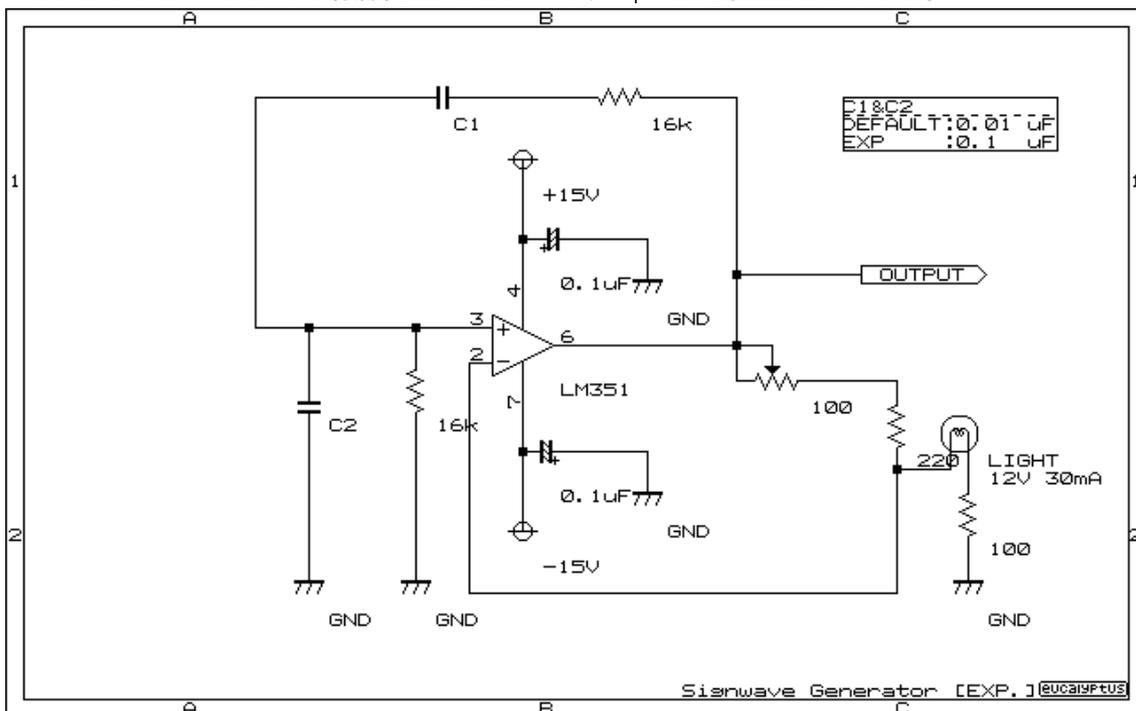
$$f = \frac{1}{2\pi \times (16 \times 10^3) \times (0.01 \times 10^{-6})}$$

$$f \approx 994.7184$$

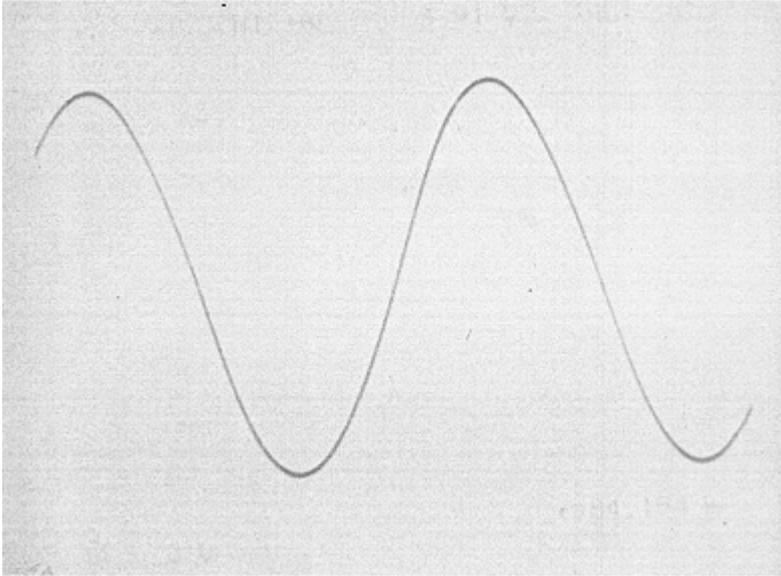
となる。

今回の実験で得られた結果は 946.74Hz なので、誤差は 4%となり、機器の測定誤差内に納まっている。

しかしながらこのままでは結論を出せないなので、 C_T の値を変化させてみた。



上図に示すように、 C_T の値を $0.1\mu\text{F}$ として計測すると、次ページのような結果になった。



F=84.153Hz

これを演算式に入れてみると…

$$f = \frac{1}{2\pi \times (16 \times 10^3) \times (0.1 \times 10^{-6})}$$

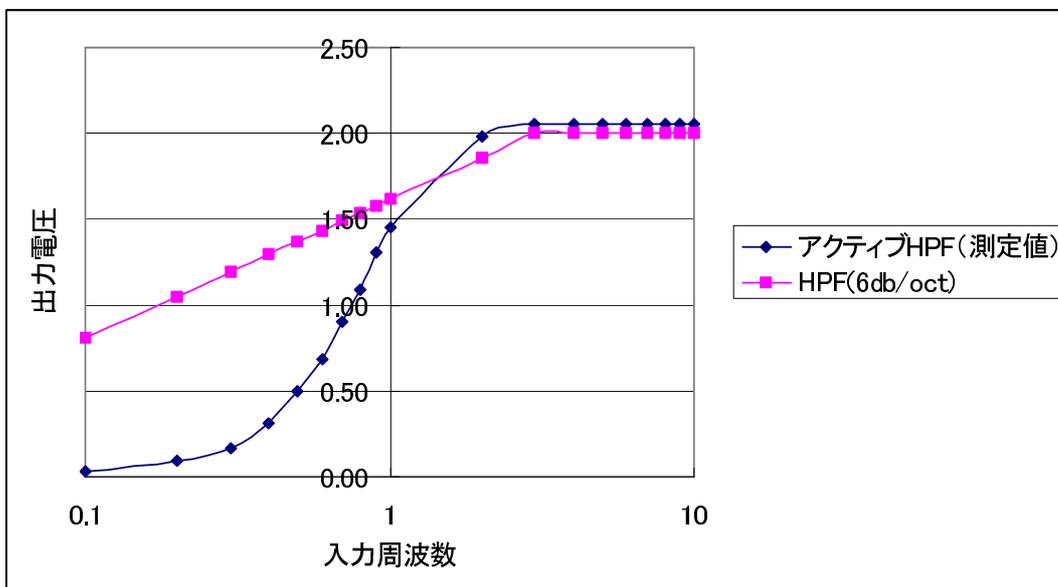
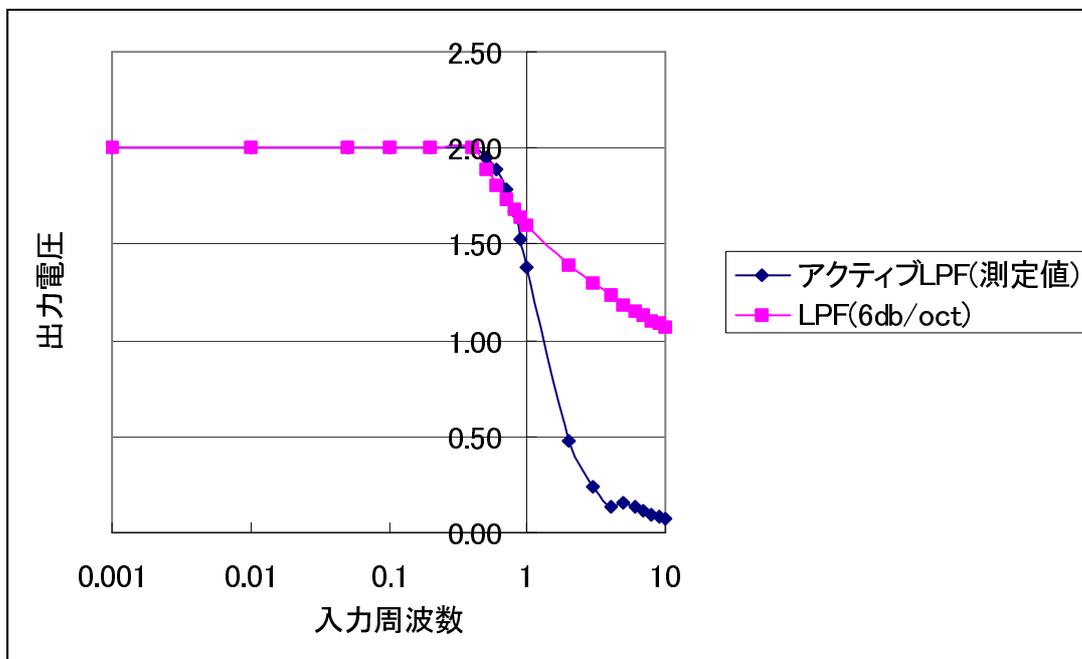
$$f \neq 99.47184$$

となり、誤差は 15%と開いてしまった。

■ アクティブ HPF/LPF と理想的なCRフィルタの比較

アクティブHPF/LPFは、理想的なCRフィルタに比べて遮断周波数のカーブが急なはずである。

そこで、測定結果グラフに理想的なCRフィルタの減衰特性(6db/oct)を重ねてみた。



結果確かにアクティブ HPF/LPF は通常の LPF/HPF に比べて急激に信号がカットオフされていることがわかる。

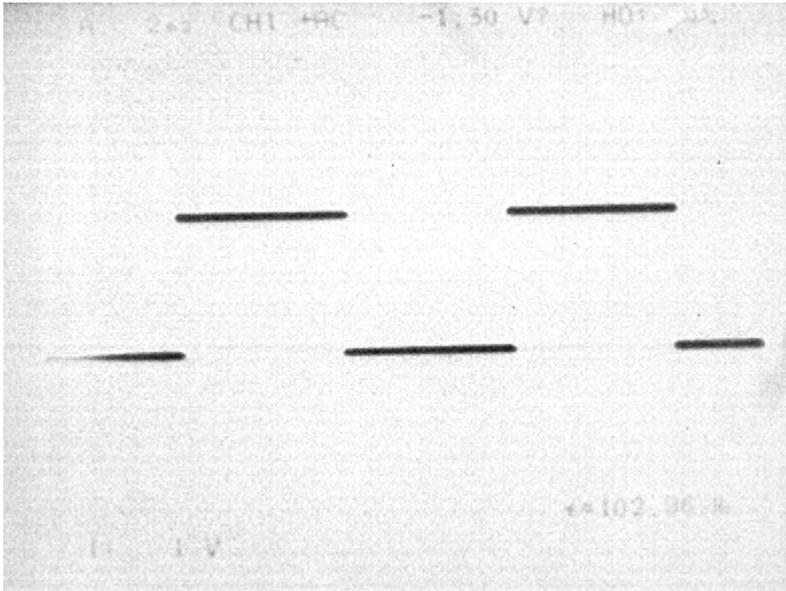
■オペアンプの周波数応答

オペアンプに一定周波数以上の正弦波をかけると、信号が追いつかなくなり、だんだん三角波となってしまふ。

それではオペアンプに矩形波を入力した場合はどうなるのだろうか？

下に得られた波形を示す。

F=100Hz の場合



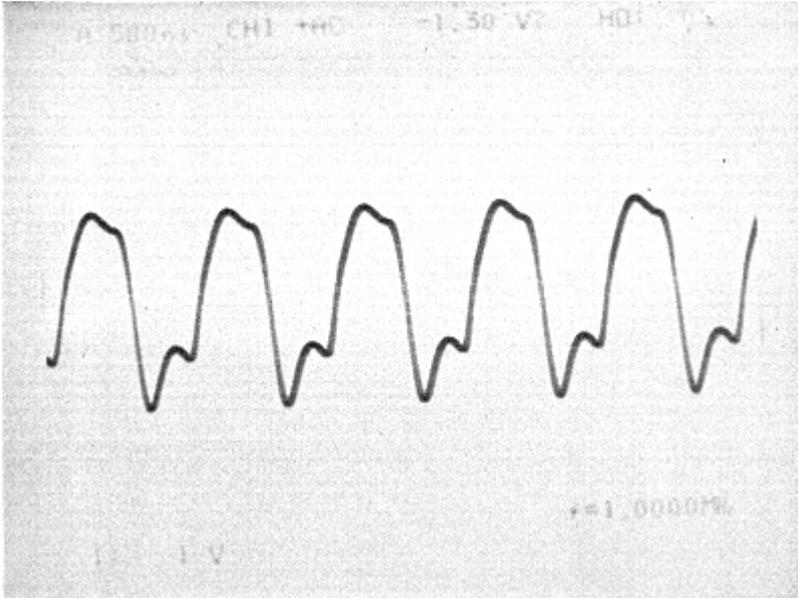
信号がきちんと増幅されている。

F=10KHz の場合



シュートノイズと思われるノイズにより、信号が一部変形している。

F=1MHz の場合



オペアンプの過渡現象が起き、元の信号が再生されなくなっている。

以上のことからオペアンプの特性について考察すると、信号がなまるとされる周波数 (LM741:225KHz /LF356:5.4MHz) 以上の信号を付加した場合、オペアンプの応答のほかに、ノイズなどの影響もあるのではないか？と結論づけられる。