

1 : 目的

入力信号中の特定の周波数帯域成分のみを選択して出力する回路をフィルタと言う。今回は、前回迄に学習したL、C、及びLC共振回路を組み合わせることで各種のフィルタを構成し、その周波数特性を実験的に理解する。

2 : 理論

フィルタには次の4種類がある。

- 1 : [LPF]低域フィルタ
- 2 : [HPF]広域フィルタ
- 3 : [BPF]帯域フィルタ
- 4 : [BEF]帯域消去フィルタ

概念的には、Cを回路に直列に挿入すれば、コンデンサは低域を通す為、その回路はLPFとなる。

逆に、Cを回路に並列に挿入すれば、コンデンサは低域を通してしまふ為、その回路はHPFとなる。

Lも同様の事がいえる。

Lを回路に直列に挿入すればHPFになるし、Lを回路に並列に挿入すればLPFとなる。

では、LとCを組み合わせたらどうなるのであろうか？

それが今回のフィルタの実験である。

フィルタの実験では、回路（ブラックボックスと定義）の入力、及び出力に注目する。

演算方法は、入力及び出力の電圧・電流を行列式に展開し、 f の変化による信号減衰を定義する。

フィルタの周波数特性を解析する為に、フィルタに入力した信号がおどの程度その出力に伝えられるかを表す伝送量を定式化しておく必要がある。この伝送量にもいくつかの種類があるが、今回は動作伝送係数と呼ばれるものを用いることにする。

ブラックボックスとなる回路の電力 P は、

$$P1 = \text{出力側電圧} * \text{出力側電流}$$

で表される。次にブラックボックスとなる回路が無い状態では、

$$P2 = \text{入力電圧の 2 乗} / (4 * \text{抵抗})$$

である。

このとき、

$$Sb = \sqrt{P1/P2} = \text{電圧} / (2 * \text{出力側電圧})$$

となる。

フィルタの周波数特性は、通常、「dB」(デシベル)で表される。

$$a = 10 \log(1 + (1/4 * (\text{入力側角周波数} / \text{出力側角周波数})^4))$$

ただし、減衰量なので、出力された式の逆数を取る。

3 : 実験

実験に使用した機器

信号発生器	: 岩崎通信機製 FG-330(0.01Hz...1MHz) / SN:22275066
シンクロスコープ	: 岩崎通信機製 SS-7804(DC-40MHz / 2 現象) / SN:7147899
LC フィルタ	: デンジニア DLC-1 / SN:A474015
R(外付け抵抗)	: 600 ohm(誤差:+-5%)
C(内蔵キャパシタ)	: 0.267*10E-6

実験回路

実験回路は、LC フィルタ入力側に信号発生器を、出力側に外付け抵抗を接続した回路にて行う。

使用機器を適切に設定し、LC フィルタ上の端子間を任意に繋ぎ、現象をシンクロスコープにて計測する。

4 : 結果

1 段 LC 低域フィルタ

F(HZ)	E[V]	V2[V]	SB=E/(2V2)	-20LOGSB [DB](実験値)	減衰度 (計算値)
100	2.0	0.99	1.01E+00	-8.73E-02	-5.24E-05
200	2.0	0.99	1.01E+00	-8.73E-02	-8.38E-04
300	2.0	0.99	1.01E+00	-1.05E-01	-4.24E-03
400	2.0	0.98	1.02E+00	-1.58E-01	-1.34E-02
500	2.0	0.97	1.03E+00	-2.29E-01	-3.26E-02
600	2.0	0.96	1.04E+00	-3.18E-01	-6.73E-02
700	2.0	0.95	1.05E+00	-4.64E-01	-1.24E-01
800	2.0	0.93	1.08E+00	-6.30E-01	-2.09E-01
900	2.0	0.91	1.10E+00	-8.19E-01	-3.31E-01
1,000	2.0	0.90	1.12E+00	-9.54E-01	-4.94E-01
2,000	2.0	0.54	1.87E+00	-5.42E+00	-4.67E+00
3,000	2.0	0.32	3.11E+00	-9.84E+00	-1.03E+01
4,000	2.0	0.23	4.39E+00	-1.28E+01	-1.50E+01
5,000	2.0	0.16	6.29E+00	-1.60E+01	-1.88E+01
6,000	2.0	0.13	7.58E+00	-1.76E+01	-2.20E+01
7,000	2.0	0.11	9.35E+00	-1.94E+01	-2.46E+01
8,000	2.0	0.09	1.16E+01	-2.13E+01	-2.69E+01
9,000	2.0	0.08	1.33E+01	-2.25E+01	-2.90E+01
10,000	2.0	0.06	1.75E+01	-2.49E+01	-3.08E+01
20,000	2.0	0.02	5.56E+01	-3.49E+01	-4.29E+01
30,000	2.0	0.01	8.33E+01	-3.84E+01	-4.99E+01

2 段 LC 低域フィルタ

F(HZ)	E[V]	V2[V]	SB=E/(2V2)	-20LOGSB [DB](実験値)
100	2.0	0.99	1.01E+00	-5.23E-02
200	2.0	0.99	1.01E+00	-6.98E-02
300	2.0	0.98	1.02E+00	-1.93E-01
400	2.0	0.96	1.04E+00	-3.55E-01
500	2.0	0.94	1.06E+00	-5.19E-01
600	2.0	0.92	1.09E+00	-7.24E-01
700	2.0	0.90	1.12E+00	-9.54E-01
800	2.0	0.87	1.14E+00	-1.17E+00
900	2.0	0.86	1.17E+00	-1.35E+00
1,000	2.0	0.84	1.20E+00	-1.56E+00
2,000	2.0	0.52	1.93E+00	-5.71E+00
3,000	2.0	0.22	4.52E+00	-1.31E+01
4,000	2.0	0.14	7.04E+00	-1.70E+01
5,000	2.0	0.09	1.18E+01	-2.14E+01
6,000	2.0	0.06	1.64E+01	-2.43E+01
7,000	2.0	0.04	2.27E+01	-2.71E+01
8,000	2.0	0.04	2.78E+01	-2.89E+01
9,000	2.0	0.03	3.33E+01	-3.05E+01
10,000	2.0	0.03	4.00E+01	-3.20E+01
20,000	2.0	0.00	3.33E+02	-5.05E+01
30,000	2.0	0.00	5.00E+02	-5.40E+01

LC 帯域フィルタ

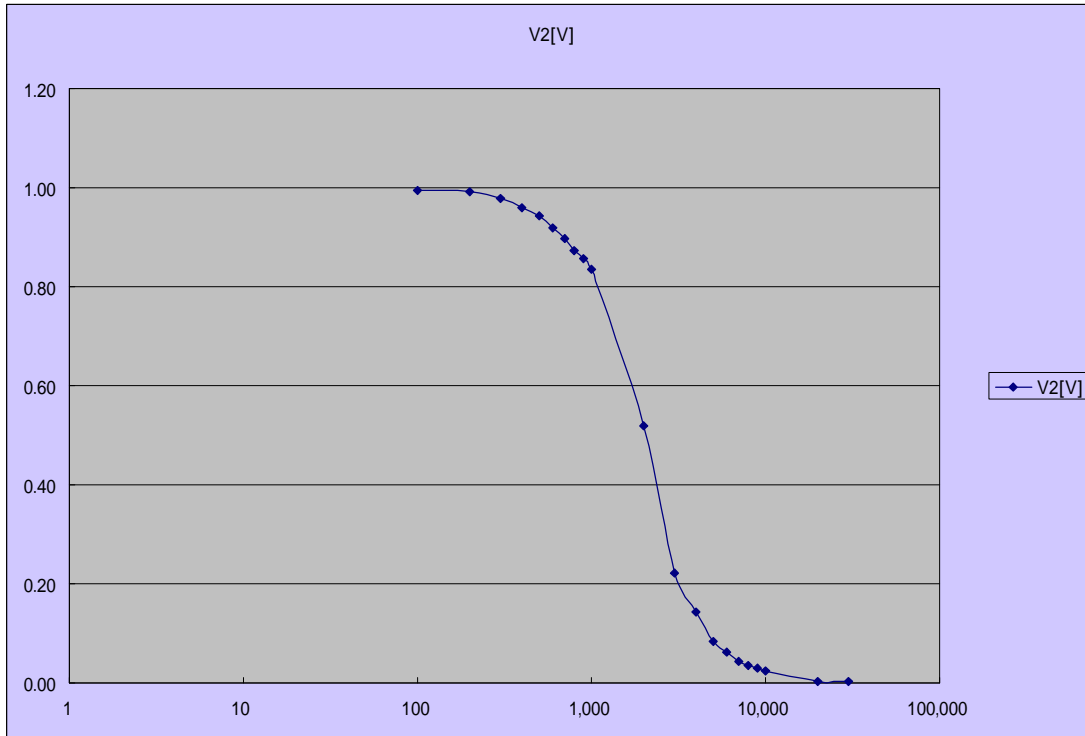
F(HZ)	E[V]	V2[V]	SB=E/(2V2)	-20LOGSB [DB](実験値)
100	2.0	0.19	5.21E+00	-1.43E+01
200	2.0	0.32	3.16E+00	-1.00E+01
300	2.0	0.45	2.20E+00	-6.86E+00
400	2.0	0.55	1.81E+00	-5.13E+00
500	2.0	0.63	1.59E+00	-4.01E+00
600	2.0	0.68	1.48E+00	-3.40E+00
700	2.0	0.71	1.42E+00	-3.02E+00
800	2.0	0.73	1.37E+00	-2.73E+00
900	2.0	0.75	1.33E+00	-2.48E+00
1,000	2.0	0.76	1.32E+00	-2.38E+00
2,000	2.0	0.58	1.71E+00	-4.67E+00
3,000	2.0	0.35	2.86E+00	-9.12E+00
4,000	2.0	0.23	4.35E+00	-1.28E+01
5,000	2.0	0.16	6.33E+00	-1.60E+01
6,000	2.0	0.12	8.33E+00	-1.84E+01
7,000	2.0	0.10	1.04E+01	-2.04E+01
8,000	2.0	0.08	1.25E+01	-2.19E+01
9,000	2.0	0.06	1.56E+01	-2.39E+01
10,000	2.0	0.06	1.72E+01	-2.47E+01
20,000	2.0	0.02	4.55E+01	-3.32E+01
30,000	2.0	0.01	7.69E+01	-3.77E+01

LC 帯域消去フィルタ

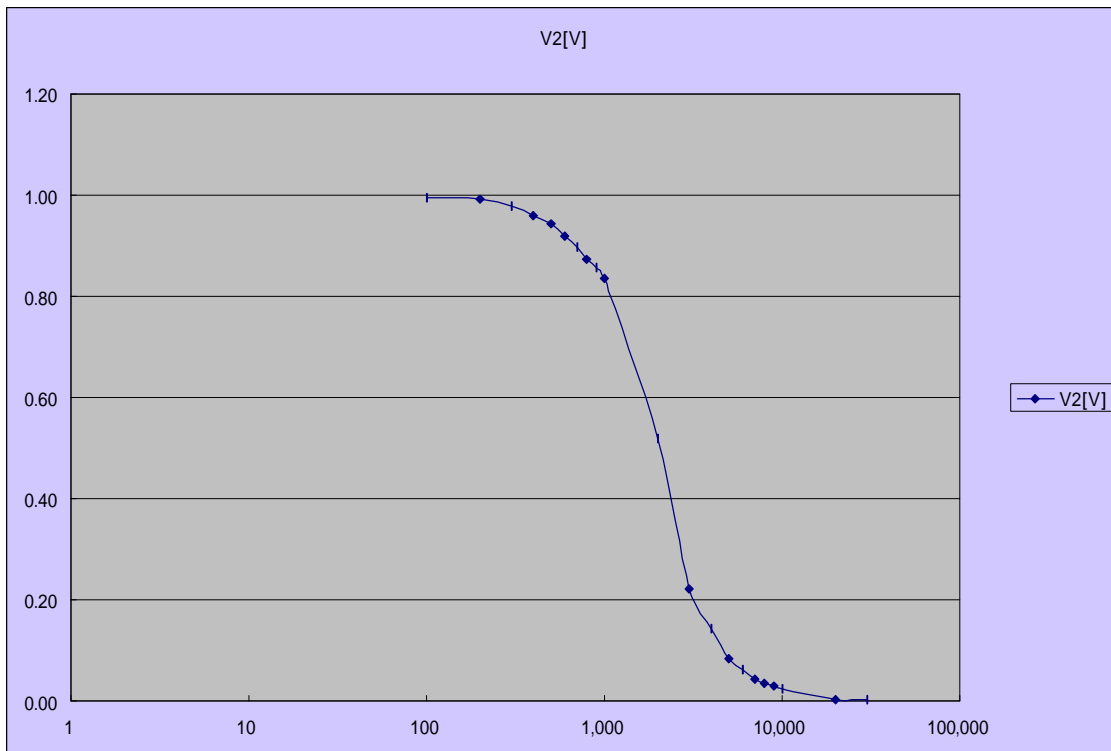
F(HZ)	E[V]	V2[V]	SB=E/(2V2)	-20LOGSB [DB](実験値)
100	2.0	0.99	1.01E+00	-5.23E-02
200	2.0	0.99	1.01E+00	-5.23E-02
300	2.0	0.99	1.01E+00	-5.23E-02
400	2.0	0.98	1.02E+00	-1.58E-01
500	2.0	0.97	1.04E+00	-3.00E-01
600	2.0	0.95	1.06E+00	-4.82E-01
700	2.0	0.91	1.10E+00	-8.19E-01
800	2.0	0.82	1.22E+00	-1.70E+00
900	2.0	0.69	1.45E+00	-3.22E+00
1,000	2.0	0.55	1.82E+00	-5.22E+00
1,100	2.0	0.43	2.33E+00	-7.33E+00
1,200	2.0	0.33	3.03E+00	-9.63E+00
1,300	2.0	0.22	4.59E+00	-1.32E+01
1,400	2.0	0.18	5.62E+00	-1.50E+01
1,500	2.0	0.15	6.85E+00	-1.67E+01
1,600	2.0	0.12	8.33E+00	-1.84E+01
1,700	2.0	0.10	1.02E+01	-2.02E+01
1,800	2.0	0.09	1.09E+01	-2.07E+01
1,900	2.0	0.08	1.19E+01	-2.15E+01
2,000	2.0	0.33	3.07E+00	-9.74E+00
3,000	2.0	0.74	1.36E+00	-2.66E+00
4,000	2.0	0.84	1.19E+00	-1.51E+00
5,000	2.0	0.87	1.15E+00	-1.25E+00
6,000	2.0	0.88	1.13E+00	-1.09E+00
7,000	2.0	0.88	1.13E+00	-1.09E+00
8,000	2.0	0.89	1.13E+00	-1.03E+00
9,000	2.0	0.90	1.11E+00	-8.77E-01
10,000	2.0	0.91	1.10E+00	-8.19E-01
20,000	2.0	0.92	1.09E+00	-7.62E-01
30,000	2.0	0.93	1.08E+00	-6.49E-01

5 : グラフ

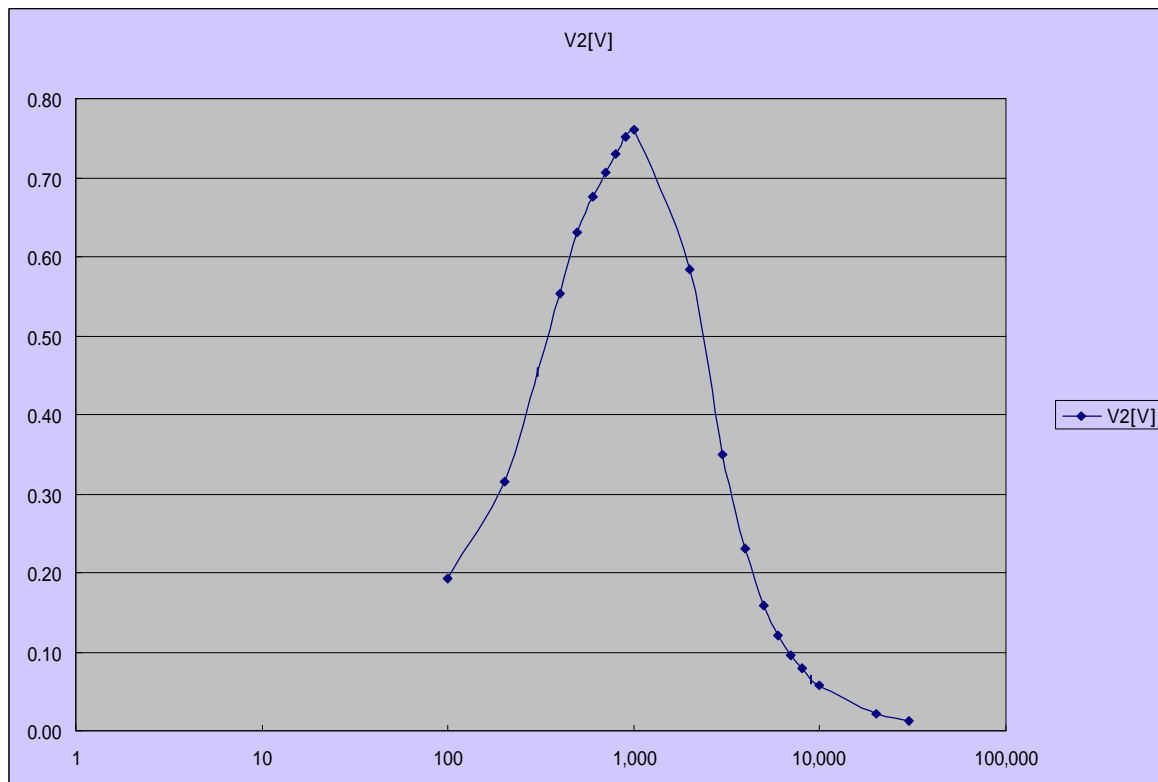
1 段 LC 低域フィルタ



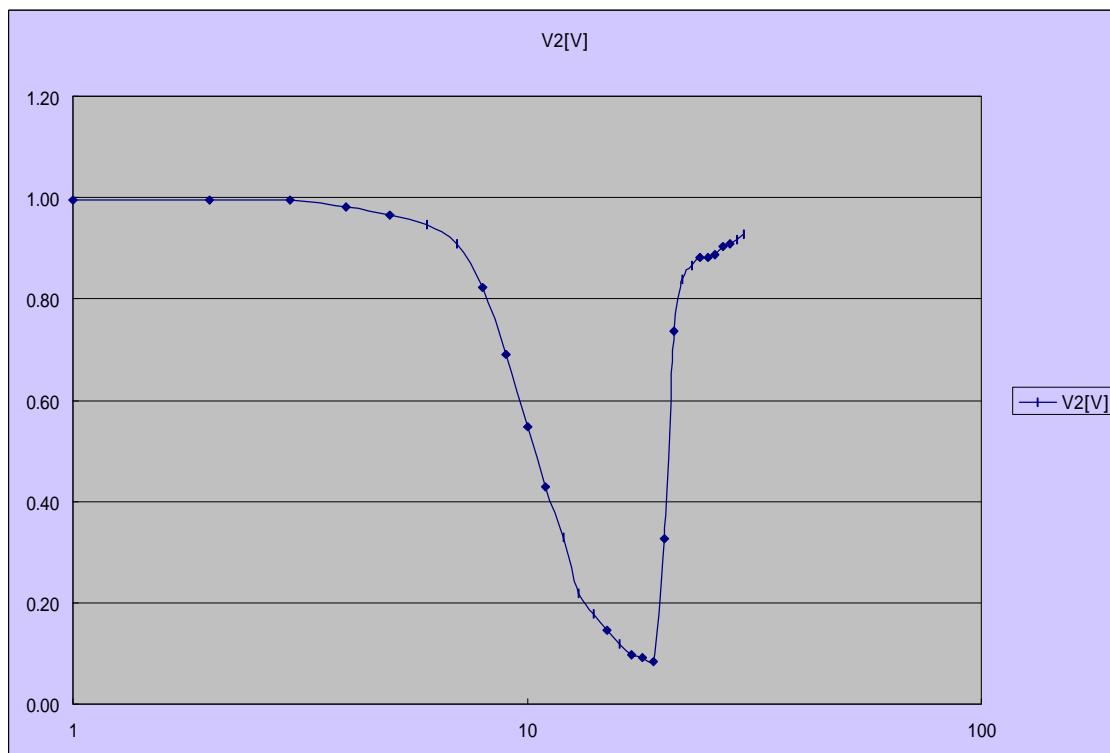
2 段 LC 低域フィルタ



LC 帯域フィルタ



LC 帯域消去フィルタ



5 : 考察

周波数特性の計算値と実験値の誤差

- ・配線によるノイズ混入
- ・配線がLの役割を果たした
- ・周波数サンプルの誤差(シンクロスコープの動作範囲の逸脱)

今回の実験では、ノイズ混入による周波数の誤認識が多かった

フィルタの段数を増やすことによる特性の効果

- ・今回の実験では、データの差異は殆ど見られなかった

フィルタ応用例

- ・スピーカーネットワークへの応用

オーディオに使用されるスピーカーでは、ツイーター・ウーファの構成で音成分を出力している事が多い。

ツイーター部分に HPF を、ウーファーには LPF を用い、クロスオーバーさせることにより、より平均化された音成分の出力が可能となる。

同様に、ツイーターに HPF を、ウーファーに BPF を、サブウーファーには LPF といった組み合わせが考えられる。

コンピューターのバスは、年々高速化してきており、ノイズ除去用の LPF を電源ラインに取り付ける事はすでに常識となっている。

最近の 100MHz 対応 SDRAM は、信号線に BPF を取り付ける事が必須となっている。

ドルビーサウンドシステムのノイズキャンセラーは、録音時に BPF により得られた波形を付加し、再生時に BEF にて消去し、SN 比を上げている。

6 : 感想

- ・データの取り方が悪かったのか、1段フィルタと2段フィルタの値がかぶってしまった。
- ・フィルタ回路の構成が理解出来た。